

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación de los servicios básicos y propuesta de mejora de la condición
de vida en Cambio Puente 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autores:

Bach. Avalos Ávila, Julio Eduardo

Bach. Rubiños Salazar, Doris Stephany

Asesor:

MS. Ing. Sparrow Alamo, Edgar Gustavo
DNI N° 32904375

Código ORCID: 0000-0003-4469-0288

Nuevo Chimbote-Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente tesis ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro del trabajo de investigación, la tesis y el trabajo de suficiencia profesional conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D. N° 492-2017-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente:

**“EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS BÁSICOS Y PROPUESTA DE MEJORA
DE LA CONDICIÓN DE VIDA EN CAMBIO PUENTE 2022”
TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autores:

Bach. Avalos Ávila, Julio Eduardo

Bach. Rubiños Salazar, Doris Stephany

ASESOR

Ms. SPARROW ALAMO EDGAR GUSTAVO

DNI 32904375

CÓDIGO ORCID: 0000-0003-4469-0288

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



CARTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

La presente tesis titulada: “EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS BÁSICOS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA CONDICIÓN DE VIDA EN CAMBIO PUENTE 2022” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, presentado por los bachilleres: AVALOS ÁVILA JULIO EDUARDO Y RUBIÑOS SALAZAR DORIS STEPHANY, con código de matrícula: 0201313049 y 0201313053, quienes tienen como asesor al Ms. SPARROW ALAMO EDGAR GUSTAVO. Ha sido revisado y aprobado el día 25 de junio del 2026 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante resolución N° 147-2026-UNS-CFI

Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio Gonzalez
Presidente
DNI 26673663
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-3500-2378

Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario
DNI 32965940
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-3631-2001

Ms. Edgar Gustavo Sparrow Alamo
Integrante
DNI 32904375
CÓDIGO ORCID: 0000-0003-4469-0288



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 25 días del mes de junio del año dos mil veintiséis, siendo las 11:30 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 147-2026-UNS-CFI, con fecha 21.05.2026, integrado por los siguientes docentes: **Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio Gonzalez** (Presidente), **Dr. Atilio Rubén López Carranza** (Secretario), **Edgar Gustavo Sparrow Alamo** (Integrante), **Ms. Luz Esther Álvarez Asto** (Accesitario) en base a la Resolución Decanal N° 304-2026-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS BÁSICOS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA CONDICIÓN DE VIDA EN CAMBIO PUENTE 2022", presentado por los Bachilleres **AVALOS AVILA JULIO EDUARDO** con cód. N° 0201313049 y **RUBIÑOS SALAZAR DORIS STEPHANY** con cód. N° 0201313053, quienes fueron asesorados por el docente **Ms. Edgar Gustavo Sparrow Alamo**, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 488-2022-UNS-FI, de fecha 31.08.2022.

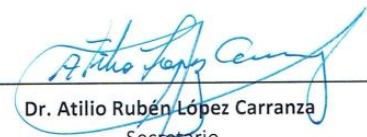
El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
RUBIÑOS SALAZAR DORIS STEPHANY	17	BUENO

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 25 de junio de 2026.


Ms Felipe Eleuterio Villavicencio Gonzalez
Presidente


Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario


Ms. Edgar Gustavo Sparrow Alamo
Integrante



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 25 días del mes de junio del año dos mil veintiséis, siendo las 11:30 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 147-2026-UNS-CFI, con fecha 21.05.2026, integrado por los siguientes docentes: **Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio Gonzalez** (Presidente), **Dr. Atilio Rubén López Carranza** (Secretario), **Edgar Gustavo Sparrow Alamo** (Integrante), **Ms. Luz Esther Álvarez Asto** (Accesitario) en base a la Resolución Decanal N° 304-2026-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS BÁSICOS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA CONDICIÓN DE VIDA EN CAMBIO PUENTE 2022", presentado por los Bachilleres **AVALOS AVILA JULIO EDUARDO** con cód. N° 0201313049 y **RUBIÑOS SALAZAR DORIS STEPHANY** con cód. N° 0201313053, quienes fueron asesorados por el docente **Ms. Edgar Gustavo Sparrow Alamo**, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 488-2022-UNS-FI, de fecha 31.08.2022.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
AVALOS AVILA JULIO EDUARDO	17	BUENO

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 25 de junio de 2026.


Ms Felipe Eleuterio Villavicencio Gonzalez
Presidente


Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario


Ms. Edgar Gustavo Sparrow Alamo
Integrante



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Turnitin Perú +51 935 926 062
Título del ejercicio: 12
Título de la entrega: TESIS FINAL_UNN_DORISCOMPLETO.pdf
Nombre del archivo: TESIS_FINAL_UNN_DORISCOMPLETO.pdf
Tamaño del archivo: 4.53M
Total páginas: 166
Total de palabras: 34,366
Total de caracteres: 185,231
Fecha de entrega: 03-mar-2026 01:45a. m. (UTC+0530)
Identificador de la entrega: 2892651113

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

 **UNS**
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

"EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS BÁSICOS Y PROPUESTA DE
MEJORA DE LA CONDICIÓN DE VIDA EN CAMBIO PUENTE 2022"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

Autores:
Bach. Avalos Ávila, Julio Eduardo
Bach. Rubinos Salazar, Doris Stephany

Asesor:
MS. Ing. Sparrow Alamo, Edgar Gustavo
DNI N° 32904375
Código ORCID: 0000-0003-4469-0288

Nuevo Chimbote-Perú
2025

TESIS FINAL_UNS_DORISCOMPLETO.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%	21%	9%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	1%
4	docslide.us Fuente de Internet	1%
5	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
8	cmx.org.mx Fuente de Internet	<1%
9	vsip.info Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	Submitted to Universidad de Guayaquil Trabajo del estudiante	<1%
12	dicyt.uajms.edu.bo Fuente de Internet	<1%



DEDICATORIA

A Dios en primer lugar por brindarme la vida y la salud, por acompañarme en cada paso que doy.

A mis padres Alicia Salazar y Carlos Rubiños, por su amor, sacrificio y motivación para seguir adelante ante las adversidades, por inculcarme los principios y los valores que rigen mi vida y fomentar el deseo de superación personal y profesional.

A mis hermanos por su ayuda y apoyo incondicional, por ser mi ejemplo de superación y con quienes comparto cada logro.

Doris Stephany Rubiños Salazar



DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por haberme dado la vida y cuidado en todo momento, tanto a mi como a mis padres, familia y amigos en general.

A mis padres, hermanos, sobrinos y cuñados, que, durante mis años de existencia, me inculcaron buenos valores y hábitos que me ayudaron a escoger el camino correcto en mi vida; asimismo por haber estado siempre presentes en los buenos y malos momentos, brindándome su apoyo incondicional día tras día.

A mis profesores y amigos, que compartieron sus conocimientos y experiencias, siendo de mucha importancia para mi formación profesional

Julio Eduardo Avalos Avila



AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarnos en cada momento, por brindarnos la fortaleza y sabiduría para desempeñarnos en nuestros estudios y en cada etapa de nuestras vidas.

A nuestros padres, hermanos y sobrinos por estar siempre apoyándonos, por su comprensión y soporte en los tiempos difíciles e impulsarnos a seguir adelante a cumplir nuestros objetivos;

A nuestro asesor MS. Ing. Edgar Sparrow Álamo por su apoyo y dirección profesional, en la elaboración de la presente tesis.

A nuestros docentes de la Universidad Nacional del Santa quienes compartieron sus conocimientos y experiencias durante nuestra formación profesional.

Doris Stephany Rubiños Salazar

Julio Eduardo Avalos Ávila



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
I. CAPITULO	9
I: INTRODUCCIÓN	9
1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA	10
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1. Objetivo General	11
1.2.2. Objetivos Específicos	11
1.3 FORMULACION DE LA HIPOTESIS	12
1.4 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA.....	12
1.5 VARIABLES	13
1.5.1. Variable Dependiente	13
1.5.2. Variable Independiente.....	13
II. CAPITULO II: MARCO CONTEXTUAL	14
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	15
2.2 LIMITE GEOGRÁFICA.....	15
2.3 DESCRIPCIÓN FÍSICA	15
2.4 CARACTERISTICAS DEL SUELO	15
2.5 DESCRIPCION CLIMATICA.....	16
2.6 DESCRIPCION SOCIAL	16
III. CAPITULO III: MARCO TEORICO	18
3.1 ANTECEDENTES	19
3.1.1. Nacionales	19
3.1.2. Locales	19
3.2 MARCO CONCEPTUAL	20
3.2.1. CRITERIOS TECNICOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	20



3.2.2.	BASES TEORICAS	39
3.2.3.	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR)	57
IV.	CAPITULO: MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	78
4.1	MATERIALES.....	79
4.1.1.	Materiales de gabinete.....	79
4.1.2.	Materiales utilizados en Campo	80
4.2	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	81
4.3	ESCENARIO DE ESTUDIO	82
4.4	POBLACIÓN Y MUESTRA	82
4.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS	82
4.6	PROCEDIMIENTO	84
4.7	MÉTODO DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	86
V.	CAPITULO V : RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	87
5.1	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE SERVICIOS BÁSICOS	88
5.1.1.	Servicio de agua Potable	88
5.1.2.	Servicio de Alcantarillado	89
5.2	DISEÑO HIDRÁULICO	90
5.2.1.	SISTEMA DE ALCANTARILLADO	90
5.2.2.	PROPUESTA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	138
5.2.3.	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	140
VI.	CAPITULO VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	153
6.1	CONCLUSIONES.....	154
6.2	RECOMENDACIONES	157
VII.	CAPITULO VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	158
VIII.	ANEXOS.....	163



RESUMEN

El presente Tesis tiene como objetivo evaluar los servicios básicos y proponer un sistema de alcantarillado sanitario junto con una planta de tratamiento de aguas residuales con el propósito de optimizar la evacuación de las aguas residuales y mejorar la condición de vida de los pobladores.

Se realizaron estudios previos para determinar las condiciones topográficas y composición del suelo de la zona, así mismo se determinó los parámetros de diseño que se utilizaron al momento de proyectar las redes de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento, sustentados en base a los parámetros del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Se identificó que la población carece de sistema de alcantarillado, y elimina sus excretas a través de pozos ciegos y pozos sépticos las cuales han colapsado y son foco de propagación de enfermedades y contaminación del medio ambiente. Además, el agua que se vierte sobrepasa los límites permitidos por la Norma de Recursos Hídricos y reúso de agua, generando consecuencias adversas para los pobladores al ser vertida directamente a las calles. La solución propuesta es el diseño de un sistema de alcantarillado y la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales bajo la Norma OS.090 mediante un reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA) complementado con filtro biológico, permitiendo una remoción superior al 90% de DBO y el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente.

Palabras claves: Centro Poblado, Alcantarillado, SewerCAD, Diseño Hidráulico, Ptar



ABSTRACT

This thesis aims to evaluate basic services and propose a sanitary sewer system along with a wastewater treatment plant to optimize wastewater disposal and improve the living conditions of the residents.

Preliminary studies were conducted to determine the topographic conditions and soil composition of the area. Design parameters were also established for the sanitary sewer network and treatment plant, based on the parameters of the National Building Code.

It was identified that the population lacks a sewer system and disposes of excreta through cesspools and septic tanks, which have collapsed and are breeding grounds for disease and environmental contamination. Furthermore, the wastewater discharge exceeds the limits permitted by the Water Resources and Water Reuse Standard, generating adverse consequences for the residents as it is discharged directly into the streets. The proposed solution is the design of a sewerage system and the implementation of a wastewater treatment plant under Standard OS.090 using an upflow anaerobic reactor (RAFA) complemented with a biological filter, allowing a removal of more than 90% of BOD and compliance with the Maximum Permissible Limits established in the current environmental regulations.

Keywords: Populated center, Sewer System, SewerCAD, hydraulic design, WWT

CAPITULO I:

INTRODUCCIÓN



1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA

El acceso a los servicios de saneamiento básico constituye un componente esencial para el desarrollo social, sanitario y ambiental del país. Si bien en el Perú se han registrado avances en cobertura de servicios básicos, persisten brechas significativas en infraestructura de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, especialmente en centros poblados periurbanos que presentan crecimiento progresivo sin planificación integral.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2020), aproximadamente el 74,8 % de la población peruana cuenta con acceso a red pública de alcantarillado; sin embargo, este indicador promedio no refleja la realidad de numerosos centros poblados donde el servicio es inexistente o técnicamente insuficiente. El problema estructural del sector saneamiento no radica únicamente en la ampliación de cobertura, sino en garantizar sistemas técnicamente diseñados que permitan la adecuada recolección, conducción y tratamiento de las aguas residuales conforme al Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y a la normativa ambiental vigente.

En este contexto, el centro poblado Cambio Puente, con más de 50 años de consolidación urbana, dispone de abastecimiento de agua potable; no obstante, carece de un sistema de alcantarillado sanitario que permita evacuar de manera segura las aguas residuales generadas por la población. La inexistencia de redes colectoras y de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ha originado que la disposición final de excretas y aguas servidas se realice mediante pozos ciegos y tanques sépticos individuales, muchos de ellos sin criterios técnicos adecuados de diseño, construcción ni mantenimiento.



Desde el punto de vista hidráulico–sanitario, la ausencia de un sistema de alcantarillado impide el control de caudales máximos horarios, la aplicación de criterios de autolimpieza mediante tensión tractiva mínima, la determinación de pendientes normativas y el adecuado dimensionamiento de cámaras de inspección. Asimismo, la inexistencia de una PTAR conlleva a que las aguas residuales no reciban tratamiento previo, generando acumulación de carga orgánica expresada en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendedos Totales (SST), lo que representa un potencial incumplimiento de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la normativa ambiental peruana.

Esta situación genera impactos negativos en el suelo, el subsuelo y el entorno urbano, incrementa el riesgo sanitario en la población y limita el desarrollo urbano ordenado del centro poblado. La falta de infraestructura sanitaria integral evidencia la necesidad de un diseño técnico que permita gestionar adecuadamente las aguas residuales bajo criterios hidráulicos, sanitarios y ambientales sostenibles.

Tomando en cuenta estos problemas, nos planteamos la siguiente pregunta:

¿Si se realiza la evaluación y el diseño de un sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas residuales, se conseguirá mejorar la condición de vida de los pobladores del centro poblado de Cambio Puente?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

-Realizar la evaluación de los servicios básicos y proponer el diseño de un sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas residuales en el centro poblado de Cambio Puente.

1.2.2. Objetivos Específicos



- Identificar los servicios básicos existentes en el centro poblado Cambio Puente.
- Determinar las características topográficas del terreno del centro poblado de Cambio Puente.
- Determinar los parámetros necesarios para su diseño hidráulico, como la cantidad de habitantes con la que cuenta la zona de estudio del centro poblado de Cambio Puente.
- Determinar y realizar el diseño hidráulico sanitario y las dimensiones de las estructuras de la planta de tratamiento de aguas residuales.

1.3 FORMULACION DE LA HIPOTESIS

Si se realiza la evaluación de los servicios básicos y se propone el diseño de un sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas residuales, si se conseguirá mejorar la condición de vida de los pobladores del Centro Poblado de Cambio Puente.

1.4 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

El centro poblado Cambio Puente presenta una brecha significativa en infraestructura sanitaria debido a la inexistencia de un sistema de alcantarillado sanitario y una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), situación que genera riesgos para la salud pública y el equilibrio ambiental. El crecimiento urbano sin planificación sanitaria adecuada ha originado la disposición de aguas residuales mediante pozos ciegos y tanques sépticos precarios que no cumplen criterios técnicos. En una zona costera como Chimbote, caracterizada por suelos arenosos y de alta permeabilidad, esta condición incrementa el riesgo de infiltración y contaminación del subsuelo.

Desde el enfoque normativo, esta problemática evidencia la necesidad de implementar infraestructura conforme al Reglamento Nacional de Edificaciones (OS.070 y



OS.090) y al D.S. N.º 003-2010-MINAM sobre Límites Máximos Permisibles, garantizando la adecuada recolección, conducción y tratamiento de las aguas residuales.

En el ámbito técnico, el diseño hidráulico permitirá dimensionar colectores, pendientes, diámetros y cámaras de inspección bajo criterios de autolimpieza y seguridad operativa, mientras que la PTAR será proyectada según la carga orgánica generada (DBO₅, DQO y SST), asegurando cumplimiento ambiental.

Desde la perspectiva social y ambiental, el proyecto reducirá riesgos sanitarios, disminuirá la contaminación del suelo y subsuelo y promoverá un desarrollo urbano ordenado y sostenible.

En el plano académico e institucional, el presente estudio constituye un sustento técnico para la futura ejecución del proyecto orientado a la construcción del sistema de alcantarillado sanitario y la PTAR, contribuyendo directamente a la mejora progresiva de la calidad de vida de la población y al desarrollo urbano ordenado del centro poblado Cambio Puente. Asimismo, representa un aporte de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil en la búsqueda de soluciones técnicas que permitan reducir las brechas de saneamiento en sectores con infraestructura inexistente.

1.5 VARIABLES

1.5.1. Variable Dependiente

-Diseño de un sistema de alcantarillado y Propuesta de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el centro Poblado Cambio Puente.

1.5.2. Variable Independiente

-Servicios Básicos deficientes en el centro Poblado Cambio Puente.



CAPITULO II:

MARCO

CONTEXTUAL



2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El centro Poblado Cambio Puente se encuentra ubicada en la Provincia de Santa en el distrito de Chimbote, con coordenadas UTM en el sistema WGS-ONA 17S.

Distrito: Chimbote

Provincia: Santa

Departamento: Ancash

2.2 LIMITE GEOGRÁFICA

Por el Norte: Terrenos eriazos y parcelas agrícolas

Por el Sur : Parcelas agrícolas

Por el Este : Parcelas agrícolas

Por el Oeste : Terrenos eriazos y parcelas agrícolas

2.3 DESCRIPCIÓN FÍSICA

El Centro Poblado Cambio Puente se caracteriza por presentar infraestructura urbana básica incompleta. Dispone de un sistema de abastecimiento de agua potable con conexiones domiciliarias; sin embargo, no cuenta con una red de alcantarillado sanitario que permita la recolección y conducción técnica de las aguas residuales.

Las vías del sector no se encuentran pavimentadas, predominando superficies de terreno natural.

2.4 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

-Suelos: La zona de estudio, presenta matriz de arenas pobremente graduadas.



-Usos Del Suelo El Centro Poblado de Cambio es de 1,172,610.59 .m2, la cual está repartido en 90 manzanas y en 1156 lotes.

-Topografía El distrito de Chimbote presenta predominantemente un relieve plano; sin embargo, el área específica de estudio se caracteriza por una topografía ligeramente ondulada, con cotas que varían entre los 82 y 91 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.).

.

2.5 DESCRIPCION CLIMATICA

-Precipitaciones Las precipitaciones registradas durante las estaciones de primavera y verano presentan valores que oscilan entre 0 y 4 mm, mientras que en el periodo comprendido entre abril y septiembre las lluvias son prácticamente inexistentes, con rangos que varían entre 0 y 2 mm, evidenciando un régimen pluviométrico bajo característico de la zona costera.

-Velocidad Del Viento A lo largo del año, la velocidad del viento se mantiene dentro de un rango moderado, fluctuando entre 6 y 18 km/h, lo que refleja un comportamiento eólico constante propio de áreas cercanas al litoral.

-Temperatura El centro poblado presenta un clima predominantemente cálido, con temperaturas que durante las estaciones de verano y primavera varían entre 15 °C y 28 °C. En cambio, durante otoño e invierno, los valores térmicos se mantienen en un rango más estable, entre 15 °C y 19 °C.

2.6 DESCRIPCION SOCIAL

La población del Centro Poblado Cambio Puente desarrolla sus actividades cotidianas en condiciones sanitarias limitadas debido a la inexistencia del



servicio de alcantarillado. Para la disposición de excretas y aguas residuales, los habitantes emplean sistemas individuales como pozos ciegos y tanques sépticos. Asimismo, la comunidad cuenta con servicio de energía eléctrica continuo las 24 horas del día, cuya distribución está a cargo de la empresa Hidrandina. Estas condiciones reflejan un nivel parcial de acceso a servicios básicos, evidenciando una brecha en el sector saneamiento.



CAPITULO III:

MARCO TEÓRICO



3.1 ANTECEDENTES

3.1.1. Nacionales

- ✓ Gonzales Ruiz. (2020), en su tesis, ***Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario en la Urbanización Mirador de Rumiycu, sector Uchuglla en el Distrito de Moyobamba, Provincia de Moyobamba, 2019***, tuvo como objetivo desarrollar el diseño técnico de un sistema de alcantarillado sanitario para la zona de estudio. Para ello, realizó un levantamiento de información en campo y empleó el software SewerCAD para el modelamiento y dimensionamiento hidráulico de la red propuesta.
- ✓ Acosta, y Delgado (2020) en su tesis, ***Diseño de Alcantarillado Sanitario y Tratamiento de Aguas Residuales para mejorar la Disposición de excretas en el Centro Poblado el Nazareno del Distrito San José, Provincia y Región Lambayeque***, tuvieron como finalidad elaborar el diseño de un sistema integral de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, con el propósito de optimizar la disposición de excretas y mejorar las condiciones sanitarias de la población del distrito de San José, en la región Lambayeque.
- ✓ Nevado Hernández (2022), en su tesis Evaluación y Estudio de la Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Cayaltí en el Departamento de Lambayeque 2020, tuvo como objetivo evaluar el desempeño operativo de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Cayaltí, a fin de determinar su nivel de funcionamiento y eficiencia en el tratamiento de los efluentes generados.

3.1.2. Locales



- ✓ Ramírez y Zavaleta (2019), en su tesis denominada *Evaluación y Propuesta de un Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en el H.U.P. Villa Santa Rosa del Sur, Distrito de Nvo. Chimbote, Provincia de Santa – Ancash*, orientaron su investigación al diagnóstico de la situación actual de los servicios básicos en la zona de estudio, con la finalidad de plantear el diseño de un sistema de agua potable y alcantarillado que permitiera atender la creciente demanda y mejorar las condiciones sanitarias de la población beneficiaria.

3.2 MARCO CONCEPTUAL

3.2.1. CRITERIOS TECNICOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

3.2.1.1. Sistema De Alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado están conformados por una red pública de conductos cerrados, diseñados para la captación, conducción y evacuación de aguas residuales, los cuales funcionan principalmente mediante flujo gravitacional y operan bajo condiciones hidráulicas naturales en régimen estándar (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

3.2.1.2. Tipos De Alcantarillado

-Alcantarillado Sanitario

Corresponde al sistema de recolección destinado exclusivamente a la conducción de aguas residuales de origen doméstico e industrial, sin incluir aportes pluviales (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

-Alcantarillado Pluvial

Este sistema drena el agua de lluvia que se acumula en la superficie debido a las precipitaciones. (Comisión Nacional del agua, 2010)

-Alcantarillado Combinado

Se denomina alcantarillado combinado al sistema que integra en una misma red la conducción de aguas residuales de origen doméstico e industrial junto con las aguas pluviales provenientes de las precipitaciones (Nogales & Quispe, 2009).

3.2.1.1. Clasificación de Alcantarillado

Desde el enfoque de la ingeniería hidráulica, los sistemas de alcantarillado pueden clasificarse no solo según el tipo de agua que conducen, sino también de acuerdo con la forma en que se desplaza el flujo dentro de las tuberías. Esta diferenciación se basa en los principios de la mecánica de fluidos aplicados a conductos cerrados, considerando factores como la pendiente, el régimen de flujo y la presión. En función de ello, el transporte de las aguas residuales puede realizarse mediante flujo libre por gravedad o mediante flujo presurizado a través de bombeo, dando lugar a sistemas por gravedad y sistemas por impulsión de acuerdo a la normativa 0.s070 del RNE.

Alcantarillados por gravedad:

Un sistema de alcantarillado por gravedad es aquel en el cual las aguas residuales se conducen mediante flujo libre dentro de tuberías, aprovechando únicamente la diferencia de niveles del terreno, sin requerir equipos de bombeo para su desplazamiento. En este tipo de sistemas, el flujo suele desarrollarse de manera parcialmente llena,



presentando un comportamiento hidráulico que puede clasificarse como uniforme o gradualmente variado, dependiendo de las condiciones de pendiente y geometría del conducto. El control hidráulico está determinado principalmente por la inclinación de la tubería y su diámetro, conforme a la Norma 0.S.070 del RNE (MVCS, 2006).

Alcantarillados por impulsión o Presión

El sistema de alcantarillado por impulsión o presión es aquel en el que el transporte de las aguas residuales se realiza mediante bombeo, cuando las condiciones topográficas no permiten su conducción por gravedad. En estos sistemas, el flujo circula a tubería llena y en régimen presurizado, requiriendo el uso de estaciones de bombeo y líneas de impulsión diseñadas bajo criterios de mecánica de fluidos para conductos cerrados.

De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones, las estaciones de bombeo de aguas residuales y los sistemas asociados de impulsión se regulan en la Norma OS.080 – Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales, la cual establece los criterios técnicos para el diseño hidráulico, selección de equipos, cálculo de pérdidas de carga, protección contra sobrepresiones y disposición de válvulas y accesorios. Asimismo, la Norma OS.070 regula las redes que operan por gravedad, complementando el marco normativo del sistema de alcantarillado (MVCS, 2006; MVCS, 2009).

3.2.1.2. Componentes De Las Redes De Alcantarillado Sanitario

Los componentes principales de una red de alcantarillado son:

3.2.1.2.1 Red De Recolección

El sistema de alcantarillado se encuentra constituido por una red estructurada de tuberías matrices y ramales colectores, cuya función es interceptar y transportar las aguas residuales provenientes de las edificaciones domiciliarias hacia los colectores principales del sistema (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

3.2.1.2.2 Ramal Colector

Corresponde al colector principal encargado de recibir y conducir los caudales provenientes de redes secundarias y ramales colectores, integrando los aportes hacia tramos de mayor jerarquía dentro del sistema de alcantarillado (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

3.2.1.2.3 Tubería Principal

Se define como el conducto principal que integra y transporta los caudales aportados por colectores secundarios y ramales de la red, concentrando el flujo hacia tramos de mayor capacidad dentro del sistema de alcantarillado (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

3.2.1.2.4 Tensión Tractiva

Se define como la fuerza tangencial por unidad de área generada por el flujo gravitacional dentro de la tubería de alcantarillado, la cual actúa sobre los sedimentos o materiales depositados en el fondo del conducto (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).



3.2.1.2.5 Pendiente Mínima

Corresponde a la inclinación mínima requerida en la tubería, determinada a partir del criterio de tensión tractiva, que garantiza condiciones de autolimpieza y evita la acumulación de sedimentos en el conducto (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

3.2.1.2.6 Profundidad

Corresponde a la distancia vertical existente entre la superficie del terreno natural y la generatriz inferior externa de la tubería instalada (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

3.2.1.2.7 Recubrimiento

Se define como la distancia vertical comprendida entre la superficie del terreno y la generatriz superior externa de la tubería, conocida técnicamente como la clave del conducto (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

3.2.1.3. PARAMETROS DISEÑO RED DE ALCANTARILLADO

3.2.1.3.1 Periodo De Diseño

Para el desarrollo del presente estudio, se adoptó un periodo de diseño de 20 años, conforme a los lineamientos técnicos recomendados para sistemas de tuberías de distribución.

3.2.1.3.2 Coeficiente de Variación De Consumo

En el presente estudio se adoptaron los siguientes coeficientes de variación del consumo para la determinación de caudales de diseño:

Consumo máximo diario (Q_{md}) = $1.3 \times Q_m$ (l/s).

Consumo máximo horario (Q_{rnh}) = $2.00 \times Q_m$ (l/s).



3.2.1.3.3 Población Actual Y Futura

La población futura fue estimada mediante los métodos de crecimiento aritmético y geométrico, con el fin de proyectar la demanda del sistema. De acuerdo con el MVCS (2021), las obras hidráulicas deben diseñarse para un periodo de entre 20 y 30 años; por ello, la definición del horizonte de diseño resulta fundamental para dimensionar adecuadamente las infraestructuras sanitarias, especialmente la PTAR, considerando las condiciones proyectadas al año final

.-Método Aritmético

Se trata de un método de proyección de carácter teórico, cuya aplicación en escenarios reales es poco frecuente, ya que el crecimiento poblacional rara vez sigue un comportamiento estrictamente lineal. Para estimar la población de diseño mediante este procedimiento, únicamente se requiere conocer el tamaño poblacional en dos momentos distintos (UDEP, 2018).

La población futura a través de este método se calcula a través de la siguiente

fórmula:

$$P_f = P_a (1 + rt)$$

Donde:

P=poblacion a futuro.

Pa=Poblacion del ultimo censo

r=tasa de crecimiento

t= Numero de años.

-Método Geométrico

El crecimiento poblacional de tipo geométrico o exponencial se caracteriza por presentar una tasa de incremento constante, lo que significa que la población aumenta de manera proporcional en cada intervalo de tiempo. No obstante, en términos absolutos, el número de habitantes se incrementa progresivamente, generando aumentos cada vez mayores conforme transcurre el tiempo.

Se explica en la siguiente ecuación:

$$P_t = P_0 \times (1+r)^t$$

Donde:

P_t : Población de diseño.

P₀ : Población actual (hab)

r: Tasa de crecimiento anual

t: Periodo de diseño (años)

3.2.1.3.4 Dotación

En el desarrollo del presente estudio se consideró una dotación de 220 litros por habitante por día (l/hab/día), valor adoptado en función de las condiciones climáticas templadas y cálidas predominantes en la zona de estudio.

3.2.1.3.5 Caudal De Contribución Al Alcantarillado

El caudal que ingresa al sistema de alcantarillado se determina aplicando un coeficiente de retorno (C) equivalente al 80 % del volumen de agua consumida, considerando que no la totalidad del agua abastecida es



descargada al sistema sanitario (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

Caudal de diseño (q)= 0.80 x Qmh (1/s).

3.2.1.4. PROPIEDADES HIDRÁULICAS PARA LOS CONDUCTOS CIRCULARES

3.2.1.4.1 FORMULA PARA EL DISEÑO

La ecuación de Manning constituye uno de los métodos más utilizados en el diseño hidráulico de sistemas de alcantarillado en conductos cerrados, debido a su simplicidad operativa y adecuada aplicabilidad en el cálculo de flujo a superficie libre.

- Formula de Manning:

Ecuación N° 16 Velocidad (Formula de Manning)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Donde:

V: velocidad (m/s)

R: Radio hidráulico (m)

S: pendiente de la línea de agua (m/m).

n: coeficiente de Manning dependen de la rugosidad de las paredes de la tubería (adimensional).

3.2.1.4.2 FLUJO A TUBO LLENO

Para un flujo a tubo lleno se tiene:

-Radio hidráulico

Ecuación n° Radio hidráulico a tubo lleno

$$R = \frac{D}{4}$$

Para determinar la velocidad del flujo de aguas residuales en régimen de escurrimiento libre a sección completamente llena, la ecuación de Manning se expresa en la siguiente forma matemática.

En función de la Velocidad:

Ecuación N° Velocidad de escurrimiento a tubo lleno.

$$V = \frac{0.397 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Donde:

V: velocidad (m/s)

D: Diámetro de la tubería (m)

S: pendiente de la línea de agua (m/km).

n: coeficiente de manning dependen de la rugosidad de las paredes de la tubería (adimensional).

Para el cálculo en función del caudal de Aguas servidas de escurrimiento libre a tubo lleno, la ecuación de Manning genera la siguiente ecuación.

-En función del caudal

Ecuación n° Caudal de escurrimiento a tubo lleno

$$V = \frac{0.397 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Donde:

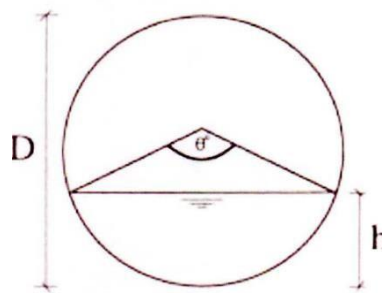
Q: Caudal del agua en (m³/s)

D: Diámetro de la tubería (m)

S: pendiente de la línea de agua (m/km).

n: coeficiente de Manning dependen de la rugosidad de las paredes de la tubería.

3.2.1.4.3 FLUJO A TUBO PARCIALMENTE LLENA



Figur Combinado Seccion de tuberia parcialmente llena

Fuente(Arias Govea, 1995).

- El ángulo central θ° expresado en grado sexagesimal.

Ecuación N°20 Ángulo central (Grado sexagesimal)

$$\theta^\circ = 2 \arccos \times \left(1 - \frac{2h}{D} \right)$$

Radio Hidraulico

Ecuación N° 21 Radio hidráulico de tubo parcialmente llena

$$R = \frac{D}{4} \times \left(1 - \frac{360 \sin \theta^\circ}{2\pi \theta^\circ} \right)$$

Sustituyendo el valor del radio hidráulico (R) en la fórmula de Manning, se obtienen las siguientes expresiones en función de la velocidad y del caudal para tuberías con la sección parcialmente llena.

-En función de la velocidad

Ecuación N° 22 Velocidad de flujo a tubo parcialmente llena

$$V = \frac{0.397}{n} \times D^{2/3} \left(1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta^\circ}{2\pi \theta^\circ} \right)^{2/3} \times S^{1/2}$$

-En función del caudal

Ecuación N°23 Caudal de flujo a tubo parcialmente llena

$$Q = \frac{D^{8/3}}{7257.15 \times n (2\pi \theta^\circ)^{2/3}} \times (2\pi \theta^\circ - 360 \operatorname{sen} \theta^\circ)^{5/3} \times S^{1/2}$$

3.2.1.5. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

3.2.1.5.1 CAUDAL MINIMO

En cada tramo de la red de alcantarillado se determinarán tanto el caudal inicial (Qi) como el caudal final (Qf), considerando además un caudal mínimo de diseño de 1.5 L/s conforme a los lineamientos establecidos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

3.2.1.5.2 TENSION TRACTIVA

En cada tramo de la red se verificará el valor de la tensión tractiva (τ), a fin de garantizar condiciones adecuadas de autolimpieza del conducto. Para ello, se adoptará un valor mínimo de 1.0 Pa, calculado en función del caudal inicial (Q). Este criterio es aplicable considerando un

coeficiente de rugosidad de Manning igual a $n = 0,013$ (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

Ecuación N° 24 Tensión tractiva

$$\sigma_t = g \times \gamma \times RH \times S \quad \dots (23)$$

Donde:

σ_t : Tensión tractiva en Pascal

g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

γ : 1000 kg/m³ Peso específico del líquido

S : Pendiente de la tubería en m/m

RH : Radio hidráulico en m.

3.2.1.5.3 PENDIENTE MINIMA

Las pendientes de las tuberías deben establecerse de manera que garanticen condiciones adecuadas de autolimpieza del conducto, para lo cual se emplea el criterio de tensión tractiva como parámetro de verificación hidráulica (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

La pendiente mínima requerida para cumplir con dicha condición puede estimarse mediante la siguiente expresión aproximada:

Ecuación N° 25 Pendiente mínima

$$S_{o\ min} = 0.0055 Q_i^{-0.47}$$



Donde:

$S_{o\ min}$: Pendiente mínima (m/m)

Q_i : Caudal inicial (lt/s)

3.2.1.5.4 PENDIENTE MAXIMA Y VELOCIDAD MAXIMA

La pendiente máxima permitida será aquella que genere una velocidad final (V_f) de hasta 5 m/s en el conducto. En casos particulares, cualquier variación a este criterio deberá estar debidamente justificada por el proyectista (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

3.2.1.5.5 VELOCIDAD CRITICA

Cuando la velocidad final del flujo (V_f) supera la velocidad crítica (V_c), la altura máxima permisible de la lámina de agua no deberá exceder el 50 % del diámetro interno del colector, con la finalidad de garantizar una adecuada ventilación del tramo y evitar condiciones de flujo presurizado. La velocidad crítica se determina mediante la siguiente expresión:

$$V_c = 6\sqrt{g \times R_H}$$

Donde:

V_c : Velocidad critica (m/s)

G : Aceleración de la gravedad (m/s²)

R_H : Radio hidráulico (m).

3.2.1.5.6 TIRANTE MAXIMA



El tirante hidráulico será determinado considerando condiciones de flujo uniforme y permanente dentro del conducto. Asimismo, para el caudal final (Q_f), el nivel máximo de llenado no deberá superar el 75 % del diámetro interno del colector, conforme a los criterios establecidos para su adecuado funcionamiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

3.2.1.5.7 DIAMETRO NOMINAL MINIMO

Los colectores principales encargados de recibir los aportes provenientes de los ramales secundarios deberán proyectarse con un diámetro nominal mínimo de 160 mm, conforme a los criterios establecidos para el diseño de redes de alcantarillado sanitario (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

3.2.1.5.8 CAMARAS DE INSPECCION

De acuerdo con la Norma OS.070 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006), las estructuras de inspección en redes de alcantarillado pueden clasificarse como buzonetos o buzones de inspección. Estas deberán proyectarse en todos los puntos donde se requiera facilitar labores de inspección y mantenimiento del sistema, así como en los siguientes casos específicos:

- Al inicio de cada colector.
- En las intersecciones o empalmes entre colectores.
- En los cambios de alineamiento o dirección.
- En variaciones de pendiente.
- En modificaciones de diámetro.



-En cambios del material de las tuberías.

3.2.1.5.9 BUZONETAS

Su instalación está prevista en vías de tránsito peatonal cuando la profundidad desde la superficie hasta la clave del tubo sea menor a 1,00 m. Estas estructuras se proyectan para colectores con diámetros de hasta 200 mm y presentan un diámetro interno de 0,60 m (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

3.2.1.5.10 BUZONES

De acuerdo con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006), estas estructuras se emplean cuando la profundidad medida desde la superficie del terreno hasta la clave de la tubería supera 1,00 m. El diámetro interno de los buzones deberá ser de 1,20 m para colectores con diámetros de hasta 800 mm, y de 1,50 m para aquellos cuya sección alcance hasta 1 200 mm.

3.2.1.5.11 DISTANCIA ENTRE CAMARAS DE INSPECCION

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006), las distancias entre cámaras de inspección y limpieza deben establecerse conforme a los valores indicados en la tabla correspondiente, siendo la separación entre ellas función directa del diámetro de la tubería proyectada.

DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA (MM)	DISTANCIA MÁXIMA (M)
100 - 150	60
200	80
250 - 300	100
Diámetros mayores	150

FUENTE: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006, pág. 79)

Imagen : Espaciamiento máximo entre estructuras de inspección en relación con el diámetro del colector.

3.2.1.6. CRITERIOS COMPLEMENTARIOS

3.2.1.6.1 SISTEMA DE ALCANTARILLADO A PRESIÓN

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2009) señala que, cuando la configuración topográfica no permite conservar pendientes hidráulicamente apropiadas o cuando el sistema por gravedad conduce a profundidades considerables en colectores y cámaras, se incrementa la dificultad técnica y constructiva del proyecto.

a) Fundamento hidráulico del flujo a presión

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2009) señala que, a diferencia del flujo a superficie libre, en las tuberías de impulsión el transporte del fluido se efectúa con la sección completamente llena y sometida a una presión interna superior a la

atmosférica. El análisis hidráulico de este tipo de conducción se sustenta en la aplicación de la ecuación general de la energía.

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z = Constante$$

donde:

- P/γ representa la carga de presión,
- $V^2/2g$ la carga de velocidad,
- Z la carga de posición.

La pérdida de energía ocasionada por fricción en tuberías de impulsión se calcula habitualmente mediante la ecuación de Hazen–Williams, la cual es ampliamente utilizada en el análisis hidráulico de conducciones a presión.

$$h_f = 10.67 \frac{LQ^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.87}}$$

donde:

- h_f = pérdida por fricción (m)
- L = longitud de la tubería (m)
- Q = caudal (m³/s)
- D = diámetro interno (m)
- C = coeficiente de rugosidad

Para tuberías de PVC o HDPE empleadas en sistemas sanitarios, el coeficiente CCC suele adoptarse entre 130 y 150, dependiendo del material.

b) Altura Dinámica Total (HDT)

El parámetro fundamental para el diseño del bombeo es la Altura Dinámica Total, definida como:

$$HDT = H_{estática} + h_f + h_{local}$$

Donde:

- $H_{estática}$ corresponde a la diferencia de cotas entre el nivel de succión y el punto de descarga,
- h_f son pérdidas por fricción,
- h_{local} son pérdidas en accesorios.

Este valor permite seleccionar el equipo de bombeo adecuado conforme a las curvas características del fabricante.

c) Criterios de diseño hidráulico

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2009) establece que el diseño del sistema de impulsión incluye la definición de la línea de impulsión y de la cámara de bombeo, considerando los criterios hidráulicos señalados en la normativa vigente.

En la línea de impulsión, el diámetro se determina en función del caudal de bombeo y de las características hidráulicas del trazado, evaluando las pérdidas de carga y la altura dinámica total necesaria para la operación del sistema. Asimismo, en conducciones a presión se debe analizar el comportamiento frente a transitorios hidráulicos, con el propósito de garantizar la estabilidad del régimen de flujo.



En cuanto a la cámara de bombeo, su dimensionamiento se realiza considerando el caudal de contribución y los criterios operativos establecidos en la Norma OS.080, contemplando el volumen útil requerido para el almacenamiento temporal del efluente y asegurando condiciones adecuadas para el funcionamiento eficiente del equipo de bombeo.

d) Aplicación en redes sanitarias

En los sistemas de alcantarillado sanitario, el flujo por gravedad constituye el criterio fundamental de diseño. No obstante, el Reglamento Nacional de Edificaciones, a través de las Normas OS.070 – Redes de Aguas Residuales y OS.080 – Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales, establece que pueden incorporarse tramos de impulsión cuando las condiciones topográficas o constructivas dificultan la conservación de pendientes hidráulicamente adecuadas o generan excavaciones a profundidades excesivas (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2009).

En este contexto, la impulsión se plantea como una alternativa complementaria en sectores específicos del trazado, permitiendo restablecer posteriormente el régimen de flujo por gravedad y optimizar el perfil longitudinal del sistema. De esta manera, la conducción a presión no reemplaza el esquema gravitacional, sino que se integra estratégicamente para superar puntos críticos, asegurando la continuidad hidráulica y la eficiencia operativa del sistema.



3.2.2. BASES TEORICAS

3.2.2.1. Agua Residual (AR)

Es aquella que ha sido empleada por una comunidad o industria, y que presentan la presencia de material orgánicos e inorgánicos en forma disuelta o en suspensión, según el ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento MVCS 2022.

Según el OEFA (2014), son aguas cuyas propiedades naturales han sido alteradas debido a las actividades humanas, y que, debido a su calidad, necesitan ser tratadas antes de ser reutilizadas, o descargadas en un cuerpo de agua natural o vertidas en un sistema de alcantarillado.

3.2.2.2. Clasificación según su origen

Según el OEFA (2014), las aguas residuales se clasifican según su procedencia.

Las aguas residuales domésticas son procedentes de entornos residenciales y comerciales que incluyen desechos fisiológicos y otros generados por la actividad humana.

Las aguas residuales industriales son las aguas generadas de la ejecución del proceso de producción y manufactura.

Las aguas residuales municipales son aquellas conformadas por la mezcla de las aguas domésticas y las aguas industriales previamente tratadas, y conducidas hacia el alcantarillado.

3.2.2.3. Elementos dañinos de las aguas residuales.

Las aguas residuales contienen contaminantes y sustancias químicas, las cuales una vez descargadas al medio ambiente sin un previo



tratamiento generan consecuencias negativas tanto para la salud humana como para el medio ambiente.

Rodríguez (2017), exdirector del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) de La República Dominicana y presidente de la Fundación ProAguaRD, señalo en el portal web especializado en agua “iAgua” , los elementos dañinos de las aguas residuales:

-Bacterias y virus: de diversos orígenes, la cual produce enfermedades de origen hídrico como fiebre tifoidea, fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería, cólera, entre otras; otras enfermedades como poliomielitis, hepatitis infecciosa, y la presencia de microorganismos que producen disentería amebiana, bilharziasis, entre otras.

-Olores desagradables: resultado de la presencia de sustancias extrañas y la generación de la descomposición de sus complejos orgánicos.

-Proliferación de compuestos tóxicos: Causada por la liberación de sustancias que alteran el ecosistema de los cuerpos receptores y a su vez al hombre.

–Transmisión de infecciones: Las aguas contaminadas, transmiten infecciones y la generación de enfermedades, así como de epidemias por el contagio a través de flora y fauna, lo cual es un peligro para la población

– Contaminación térmica: Producido por los residuos a altas temperaturas de las industrias.

– Cambio en el aspecto estético: la alteración estética en los cuerpos receptores, lo cual reduce la buena apariencia de las zonas.

3.2.2.4. Beneficios del tratamiento de las aguas residuales

Los beneficios del tratamiento de aguas residuales son variados y de gran importancia.

Según el Banco Mundial (2020), la gestión en el tratamiento de aguas residuales, es fundamental para obtener beneficios significativos en términos de salud pública, en la preservación del medio ambiente y la mejora de la calidad de vida de los pobladores.

En primer lugar, el proceso de tratamiento del agua disminuye el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, tales como diarrea, el colera o la fiebre tifoidea. Asimismo, contribuye a prevenir la propagación de enfermedades infecciosas.

Adicionalmente, el tratamiento de las aguas, contribuye a la preservación del entorno natural. Los distintos procesos encargados de eliminar los contaminantes pesados, pesticidas y productos químicos, disminuye notablemente el impacto adverso en el medio ambiente y en la vida silvestre y vegetación, que dependen del agua para su existencia.

Asimismo, la purificación del agua genera un impacto beneficioso en la economía al disminuir los gastos relacionados con la salud pública vinculados a la contaminación del agua, al mismo tiempo eleva la calidad de vida de los residentes de la zona. Además, posibilita la reutilización del agua tratada con fines agrícolas o industriales, reduciendo así la demanda de extracción de agua fresca de las fuentes naturales.

3.2.2.5. Definición de planta de tratamiento de aguas residuales



El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2021), a través del Reglamento Nacional de Edificaciones, define a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) como el conjunto de infraestructuras y procesos destinados a la depuración de las aguas residuales.

Asimismo, la Plataforma Digital Única del Estado Peruano (2020) señala que las PTAR son instalaciones donde se remueven los contaminantes presentes en las aguas provenientes de los desagües mediante la aplicación de procesos físicos, químicos y biológicos, con la finalidad de que el efluente tratado alcance condiciones adecuadas para su descarga en cuerpos receptores como ríos o quebradas.

3.2.2.6. Procesos de tratamiento de las aguas residuales

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) está conformada por un conjunto integrado de procesos físicos, químicos y biológicos destinados a remover los contaminantes presentes en el efluente generado por las actividades humanas, con el propósito de mejorar su calidad antes de su disposición final.

Tratamiento Preliminar

Esta etapa acondiciona la entrada de las aguas residuales para su tratamiento subsiguiente, al reducir o eliminar desechos que podrían obstaculizar el funcionamiento de los procesos y equipos posteriores.

De acuerdo a (MVCS, 2021). Se usan las cribas y los desarenadores,

Tratamiento Primario



Esta etapa consiste en eliminar los residuos sólidos sedimentables, que se encuentran en el agua, los cuales deben tratados previos a su eliminación. Las estructuras que se utilizan generalmente son tanque de sedimentación, tanque Imhoff, tanques de flotación, tanques sépticos, reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA).(MVCS, 2021).

Tratamiento Secundario

Comprende los procesos de tratamiento biológico orientados a alcanzar una eficiencia de remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) soluble superior al 80 %. Entre los sistemas más utilizados se encuentran las lagunas de estabilización, los lodos activados y los filtros biológicos, entre otros (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2021).

Tratamiento Terciario

Es la etapa final, utilizada cuando se requiere un tratamiento mayor que el secundario, dependiendo de las características finales del cuerpo receptor o para su utilización, su implementación deberá ser sustentada técnicamente. Los métodos son la ósmosis inversa, electrodiálisis, la destilación, coagulación, entre otros. (MVCS, 2021)

3.2.2.7. Diseño de la PTAR

El diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales requiere la recopilación y análisis de información técnica para garantizar un tratamiento eficiente acorde con las condiciones del área de estudio. El nivel de tratamiento se determina según la calidad del cuerpo receptor o las normas

de reutilización vigentes (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2021).

Asimismo, debe definirse la disposición final del efluente tratado, evaluando tecnologías apropiadas y asegurando el cumplimiento de la normativa ambiental, incluyendo el manejo adecuado de residuos sólidos (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS], 2015). Para el diseño se consideran estudios previos como la caracterización del agua residual, análisis topográfico, proyección de caudales y selección del proceso de tratamiento, además del desarrollo de los diseños hidráulico, sanitario, estructural y electromecánico, junto con sus respectivas especificaciones técnicas y manuales de operación (MVCS, 2021).

3.2.2.8. TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES

De acuerdo con la Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones, el proceso anaeróbico consiste en la degradación controlada de materia orgánica por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2021).

Este proceso se aplica en el tratamiento biológico de aguas residuales, así como en la estabilización de lodos y residuos orgánicos de origen agrícola. Durante su desarrollo, los compuestos orgánicos son transformados principalmente en metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y biomasa microbiana, mediante una secuencia compleja de reacciones bioquímicas (Comisión Nacional del Agua, 2010).



El tratamiento anaeróbico constituye una alternativa eficiente para la remoción de altas cargas orgánicas, destacando por su bajo requerimiento energético y la generación de biogás como subproducto aprovechable. Además, produce menores volúmenes de lodos de purga en comparación con procesos aerobios y permite la estabilización de la materia orgánica conservando nutrientes con potencial fertilizante.

Para garantizar su adecuado funcionamiento, es indispensable controlar parámetros operativos como la temperatura y el volumen dentro del reactor, ya que variaciones significativas pueden alterar el equilibrio microbiológico del consorcio bacteriano responsable de la degradación.

-BIOQUIMICA DEL PROCESO ANAEROBICO

En condiciones donde no hay presencia de oxígeno molecular, nitratos o sulfatos, la materia orgánica se convierte en metano y dióxido de carbono mediante la colaboración de cinco grupos diferentes de microorganismos. Se producen diversos procesos complejos en los que participan distintos grupos bacterianos, tanto anaerobios estrictos como facultativos. A lo largo de una serie de etapas y en ausencia de oxígeno, se produce principalmente la formación de metano y dióxido de carbono. Cada etapa del proceso, detallada a continuación, es ejecutada por grupos bacterianos diferentes, los cuales deben mantener un equilibrio adecuado. (Comisión Nacional del agua, 2010).

La descomposición de la materia orgánica a través del proceso anaeróbico se lleva a cabo en tres fases: hidrólisis,



Hidrólisis

Se refiere a la descomposición de moléculas grandes, tanto solubles como insolubles, en moléculas más pequeñas que pueden ser transportadas dentro de las células y metabolizadas. Este proceso no resulta en la producción de metano (CH_4) y, en la mayoría de los casos, constituye una etapa de desarrollo lento.

Acidogénesis y Acetogénesis

Los resultados finales de la hidrólisis se convierten en ácidos orgánicos de cadena corta, junto con otros compuestos de bajo peso molecular, hidrógeno y dióxido de carbono. Estas bacterias muestran una gran resistencia a cambios en las condiciones ambientales. Aunque su actividad metabólica alcanza su punto óptimo en un pH de 5 a 6, en los procesos anaerobios generalmente se lleva a cabo a un pH de 7, y aún bajo estas condiciones, su actividad metabólica no disminuye.

Metanogénesis

En el proceso anaerobio interviene un consorcio de microorganismos metanogénicos, los cuales se clasifican en dos grupos principales. El primero corresponde a los metanógenos acetoclásticos, responsables de transformar el acetato en metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). El segundo grupo está conformado por los metanógenos hidrogenotróficos, que emplean el hidrógeno como fuente de electrones y el dióxido de carbono como aceptor para la producción de metano.

Asimismo, dentro de la digestión anaerobia participan bacterias acetogénicas, encargadas de convertir compuestos intermedios en ácido



acético y otros productos simples, los cuales posteriormente pueden ser transformados en metano, aunque en menor proporción dentro del balance global del proceso.

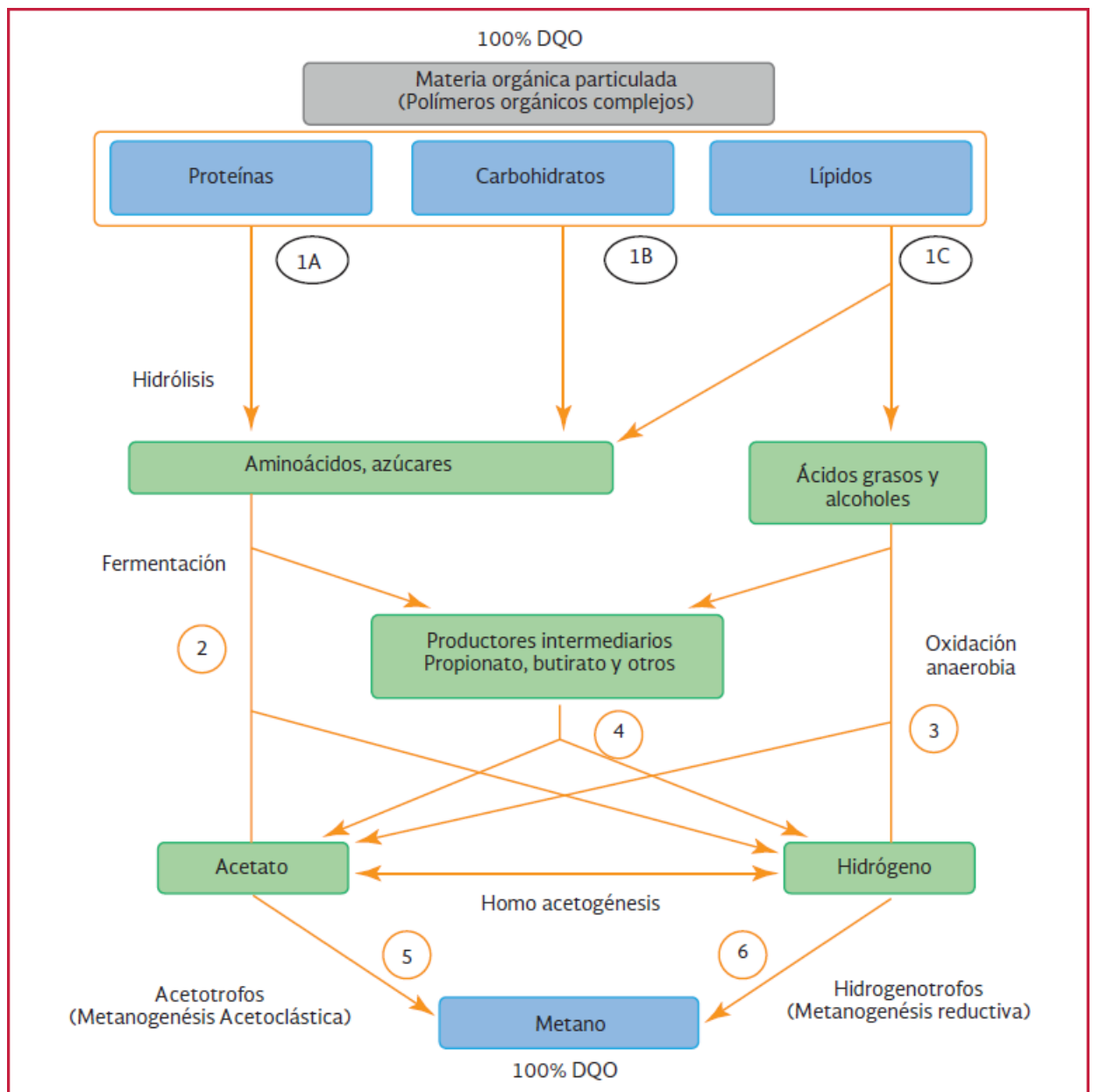


Imagen: Procesos de conversión del tratamiento anaerobio. (Gujer & Zehnder, 1983).

3.2.2.9. DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro que cuantifica la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación química de los compuestos orgánicos presentes en una muestra de agua, proceso mediante el cual se degradan tanto sustancias biodegradables como no biodegradables (Arroyo & Bermúdez, 2015).

Asimismo, la DQO se expresa generalmente en mg/L y constituye un indicador fundamental en la evaluación de la calidad del agua y de los efluentes, ya que permite estimar la concentración de materia susceptible de oxidación química. Este parámetro resulta especialmente relevante en el control de vertimientos y en la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales (Aquanova, s. f.).

3.2.2.10. DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es un parámetro que expresa la cantidad de oxígeno disuelto requerida por los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua, bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo (Reglamento Nacional de Edificaciones [RNE], 2021).

Este indicador permite estimar el contenido de materia orgánica biodegradable susceptible de oxidación biológica aerobia. En aguas residuales, la DBO está asociada principalmente a tres componentes: la materia orgánica utilizada como fuente de carbono por los microorganismos, el nitrógeno oxidable y otros compuestos reductores presentes en el medio acuático (Ramalho, 1993).

Asimismo, la DBO se determina comúnmente en un periodo estándar de cinco días, conocido como DBO₅, el cual representa la cantidad de oxígeno necesaria para que las bacterias oxiden la fracción biodegradable de la materia orgánica durante dicho intervalo (Aquanova, s. f.).

3.2.2.11. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EFLUENTES DE PTAR (LMP)

Conforme al Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, el Límite Máximo Permisible (LMP) corresponde a la concentración o nivel máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en una emisión o efluente. La superación de estos valores puede generar impactos negativos en la salud humana, el bienestar de la población y el equilibrio ambiental. Esta normativa establece los valores máximos autorizados para los efluentes provenientes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR) (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2010).

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
PARA LOS EFLUENTES DE PTAR**

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35



Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAN

Imagen: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.

3.2.2.12. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA

El Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, definiendo los niveles máximos de concentración de elementos, sustancias y parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en los cuerpos receptores, los cuales constituyen componentes esenciales de los ecosistemas acuáticos. Dichos valores han sido determinados con la finalidad de prevenir riesgos significativos para la salud humana y evitar impactos negativos sobre el medio ambiente (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017). Clasificadas en Categorías.

Categoría 1 :	Poblacional y recreacional.
Categoría 2	Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.
Categoría 3	Riego de vegetales y bebida de animales.
Categoría 4	Conservación del ambiente acuático.

Imagen: Clasificación en categorías de los ECA.

3.2.2.13. DISEÑO HIDRAULICO DE LA PTAR



a) Determinación del caudal

El caudal medio de diseño se determina mediante la suma del caudal promedio correspondiente a las aguas residuales domésticas y del aporte no doméstico, conforme a lo establecido en la Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. En el caso de sistemas nuevos, el cálculo debe considerar además los factores de contribución definidos en la normativa de redes de alcantarillado. Coeficiente de retorno = 80%

Los coeficientes “K” para hallar:

$$Q_{\text{máx horario}} = Q_{\text{promedio}} * K_{\text{máx}}$$

$$Q_{\text{mín horario}} = Q_{\text{promedio}} * K_{\text{mín}}$$

$$Q_{\text{máx diario}} = Q_{\text{promedio}} * K_1$$

b) Determinación de la calidad de agua

Para el desarrollo del diseño preliminar de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, es indispensable realizar previamente la evaluación del cuerpo receptor, a fin de determinar su calidad y establecer los criterios de descarga del efluente tratado. En el Perú, los estándares de calidad ambiental para agua fueron establecidos mediante el Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM, el cual define los valores máximos permitidos para los diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos en cuerpos de agua (Presidencia del Consejo de Ministros, 2008).



Parámetros	Unidades	Lagunas y Lagos	Ríos		Ecosistemas Marino Costeros	
			Costa y Sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Físicos y Químicos						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBOS)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	mg/L					delta 3°C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
Ph	mg/L	6,5,-8,5	6,5 - 8,5		6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25 - 100	30,000
Inorgánicos						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	-----
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Clanuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Clorofilia A	mg/L	10	-----	-----	-----	-----
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	mg/L		Ausente		Ausente	Ausente
Mercurario	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28

Fuente: La Presidencia de la República, 2008

Fuente:La Presidencia de la Republica, 2008

Imagen: Estandares de calidad de agua.

Para definir la disposición final o el posible aprovechamiento de las aguas residuales tratadas, el Decreto Supremo correspondiente establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) que deben cumplir los efluentes antes de su descarga. En consecuencia, el nivel de tratamiento a implementar estará determinado en función del cumplimiento de dichos LMP (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2010).



**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
PARA LOS EFLUENTES DE PTAR**

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Imagen: Limites maximos Permisible (LMP)

Fuente :La Presidencia de la Republica,2010.

Para el reúso se tiene los siguientes LMP.

Tabla 12

Parámetros del DBO y DQO

Parámetros para bebidas de animales		
Parámetros	Unidad	Valor
Fisicoquímicos		
Conductividad Eléctrica	(Us/cm)	<=5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<=15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40

Fuente: La Presidencia de la República, 2008

En el caso de comunidades que no cuentan con sistema de alcantarillado, la caracterización de las aguas residuales debe estimarse mediante el cálculo de la carga másica de los parámetros representativos, utilizando los aportes per cápita establecidos, conforme se detalla en el cuadro correspondiente.

APORTE PER CÁPITA PARA AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARAMETROS	
- DBO 5 días, 20 °C, g / (hab.d)	50
- Sólidos en suspensión, g / (hab.d)	90
- NH ₃ - N como N, g / (hab.d)	8
- N Kjeldahl total como N, g / (hab.d)	12
- Fósforo total, g/(hab.d)	3
- Coliformes fecales. N° de bacterias / (hab.d)	2x10 ¹¹
- Salmonella Sp., N° de bacterias / (hab.d)	1x10 ⁸
- Nematodos intes., N° de huevos / (hab.d)	4x10 ⁵

Fuente O.S090 RNE

Imagen: Aportes Per Cápita.

A partir de los aportes per cápita estimados se determinan las características del nivel de contaminación de las aguas residuales. Dichos valores son evaluados en función de los Límites Máximos Permisibles (LMP) y de las condiciones del cuerpo receptor donde se efectuará la descarga del efluente tratado, lo que permite establecer el grado de tratamiento requerido.

Posteriormente, se procede a la selección de los procesos de tratamiento para las aguas residuales y los lodos generados, priorizando alternativas tecnológicas que puedan ser ejecutadas, operadas y mantenidas de manera adecuada en la zona de estudio, conforme a los lineamientos establecidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2021).



PROCESO DE TRATAMIENTO	REMOCIÓN (%)		REMOCIÓN ciclos log ₁₀	
	DBO	Sólidos en suspensión	Bacterias	Helmintos
Sedimentación primaria	25-30	40-70	0-1	0-1
Lodos activados (a)	70-95	70-95	0-2	0-1
Filtros percoladores (a)	50-90	70-90	0-2	0-1
Lagunas aeradas (b)	80-90	(c)	1-2	0-1
Zanjas de oxidación (d)	70-95	80-95	1-2	0-1
Lagunas de estabilización (e)	70-85	(c)	1-6	1-4

Imagen: Proceso de tratamiento según la Norma OS. 090.

De acuerdo a la tabla la selección del proceso de tratamiento depende esencialmente del DBO Existente, esta se calcula a partir del aporte per cápita de la población:

$$\text{Cantidad de DBO} = \frac{\text{Población} * \text{Aporte per cápita (DBO)}}{Q_{\text{promedio}} + Q_i}$$

Una vez determinado el valor de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), es posible establecer la eficiencia de remoción necesaria para cumplir con los Límites Máximos Permisibles exigidos para la descarga en el cuerpo receptor. (MCVS).

$$\text{Eficiencia requerida \%} = \frac{\text{DBO existente} - \text{Límite permisible de DBO}}{\text{DBO existente}} * 100$$



3.2.3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR).

3.2.3.1. CAMARA DE REJAS

La función principal de la cámara de rejillas es retener los sólidos de gran tamaño, como ramas o piedras, que puedan ser arrastrados por las aguas residuales. Además, sirve para evitar que objetos arrojados en los flujos de agua, como ropa o basura, ingresen más adelante en el proceso. Esta estructura se ubicará antes que las otras estructuras y su propósito es eliminar los sólidos grandes, así como proteger las estructuras subsiguientes de posibles daños causados por estos residuos sólidos.

Las cámaras de rejillas deben instalarse obligatoriamente en toda Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, siendo su diseño efectuado considerando el caudal máximo horario de operación. Las dimensiones del canal y el espaciamiento entre las barras deberán definirse de manera que se garantice una velocidad de flujo adecuada tanto antes como a través de las rejillas, conforme a lo establecido en la Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

3.2.3.2. DESARENADOR

El desarenador constituye una unidad esencial dentro del tratamiento de aguas residuales, ya que reduce la abrasión y el desgaste prematuro de los equipos mecánicos. Asimismo, evita la acumulación de partículas minerales en tuberías, canales y digestores anaeróbicos, disminuyendo la frecuencia de limpieza requerida por sedimentación excesiva de arena.



Esta estructura está diseñada para reducir la velocidad del flujo del agua residual, favoreciendo la sedimentación de sólidos inorgánicos pesados, como la arena, mediante un proceso de decantación controlada.

De acuerdo con la Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones, los desarenadores de flujo horizontal deben proyectarse para remover partículas con diámetro medio igual o mayor a 0,20 mm. Para ello, se debe mantener una velocidad de flujo aproximada de 0,3 m/s, permitiéndose una variación de $\pm 20\%$. Asimismo, la tasa de aplicación deberá situarse entre 45 y 70 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, verificándose su cumplimiento en función de las condiciones locales y del caudal máximo horario de diseño.

3.2.3.3. MEDIDOR PARSHALL

La canal Parshall es una estructura hidráulica utilizada ampliamente para la medición de caudales en canales abiertos y para facilitar la mezcla rápida de sustancias químicas. Su configuración consiste en un canal con una sección convergente, seguida de una garganta o sección de estrangulamiento, y posteriormente una sección divergente. Esta geometría permite la aceleración y posterior expansión del flujo, posibilitando la determinación precisa del caudal mediante la medición del tirante en un punto específico de la estructura.

Su aplicación es frecuente en plantas de tratamiento de agua potable, instalaciones de tratamiento de aguas residuales y sistemas de riego. Fue desarrollada por Ralph L. Parshall en 1920, quien estableció sus dimensiones a partir de relaciones hidráulicas que permiten su adaptación a



distintos rangos de caudal. Entre sus principales ventajas destacan la transformación eficiente de energía potencial en energía cinética, la baja pérdida de carga y la reducción del riesgo de sedimentación en comparación con otras estructuras de aforo (Chow, 2003).

3.2.3.4. REACTOR ANAREOBICO DE FLUJO ASCENDENTE

Las siglas UASB corresponden a *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*, traducido como Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente. Esta tecnología, desarrollada en Europa —principalmente en Bélgica y los Países Bajos—, se emplea para el tratamiento de aguas residuales con elevada concentración de materia orgánica.

El reactor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos se caracteriza por operar como un sistema de biomasa suspendida granular, sin requerir medios de soporte o empaque. Su configuración incluye una zona de digestión en la cual el afluente circula en dirección ascendente, generándose a cierta altura un manto de lodos anaerobios altamente activo. En esta zona se produce la estabilización de la materia orgánica del influente mediante procesos biológicos que transforman los compuestos orgánicos principalmente en metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) (Caicedo, 2006).

El funcionamiento del reactor UASB se basa en la actividad sinérgica de diversos grupos bacterianos anaerobios, los cuales degradan la materia orgánica a través de relaciones metabólicas complementarias. Estas interacciones favorecen la formación de gránulos densos que sedimentan



dentro del reactor, permitiendo la retención de biomasa sin necesidad de estructuras adicionales de soporte.

En este sistema, el agua residual ingresa generalmente por la parte inferior del reactor y asciende a través del manto de lodos, donde ocurre el proceso de depuración biológica. La producción de biogás —principalmente metano y dióxido de carbono— genera un efecto de mezcla interna que optimiza el contacto entre el sustrato y los microorganismos. En la parte superior del reactor, un sistema de separación trifásica permite dividir el biogás, el lodo y el efluente tratado. El biogás es captado mediante una campana recolectora, mientras que el lodo sedimentado retorna al sistema y el efluente clarificado es evacuado por la parte superior (Comisión Nacional del Agua, 2010).

En la Figura N° 07 se muestra un esquema general de uno de estos reactores, donde se distinguen 4 zonas:

La zona 1 se llama lecho del lodo.

La zona 2 se llama la manta de lodo.

La zona 3 es la zona de bajo nivel de turbulencia.

- La pieza 4 del diagrama sirve como sedimentador.

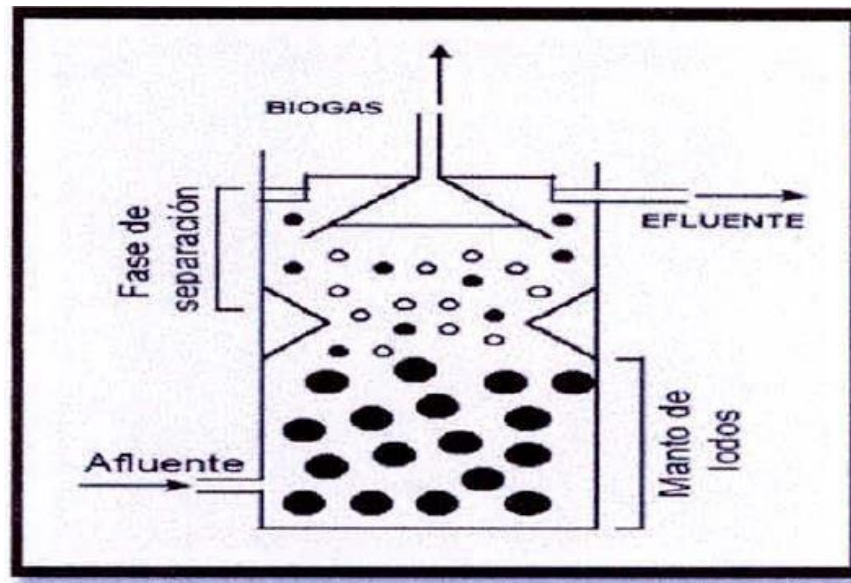


Figura: Esquema general de un reactor UASB

Como se explicó anteriormente, el líquido a purificar asciende con una velocidad relativamente baja y entra en contacto con una concentración muy alta de lodos anaerobios, formando lo que se conoce como "manto de lodos". Este manto tiene la capacidad de expandirse debido al flujo ascendente, pero no se evacua del reactor. Por lo tanto, se realizan simultáneamente procesos de filtración biológica, absorción y adsorción, así como decantación. Para evitar el arrastre de biomasa, se incluyen separadores de fases (gas, líquido, sólido) en la parte superior del tanque, desde donde es posible recuperar el biogás y aumentar el tiempo de retención celular.

a) Arranque

El inicio de la operación del reactor es crucial para su correcto funcionamiento. Se puede considerar que el proceso de arranque comienza con la inoculación y se completa cuando se alcanza una actividad bacteriana suficiente, una alta velocidad de sedimentación y una formación adecuada



de lodos biológicos. La inoculación del reactor juega un papel fundamental en esta fase inicial. Cuando no hay lodos granulares disponibles, una opción efectiva es utilizar lodos activos provenientes de digestores municipales. También es posible iniciar el proceso de arranque utilizando estiércol de vaca o lodos biológicamente activos obtenidos de aguas superficiales contaminadas. (Comisión Nacional del Agua, 2010).

El desafío del arranque de un reactor anaerobio radica en mantener las condiciones óptimas para el crecimiento de la biomasa, siendo los nutrientes esenciales un factor crítico en este proceso. La disponibilidad de nutrientes puede variar considerablemente según la fuente de agua, y en el caso de aguas residuales domésticas, aunque los niveles de los distintos componentes suelen estar equilibrados, frecuentemente la concentración de estos nutrientes es muy baja, lo que puede resultar en un crecimiento de la biomasa anaerobia extremadamente lento y, por ende, en un arranque prolongado. (Pacheco y Magaña, 2003).

b) Ventajas de los U.A.S.B

Los reactores UASB ofrecen diversas ventajas en comparación con los sistemas aerobios convencionales. (Ramírez y Koetz. 1998).

Siendo las siguientes

-Menor inversión inicial: Los costos de instalación y mantenimiento son más económicos en comparación con los sistemas aerobios tradicionales. Esto representa una alternativa más rentable para implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales.

-Reducción en la producción de lodos excedentes: Los reactores UASB generan una menor cantidad de lodos residuales en comparación con otros sistemas, lo que implica menos necesidades de gestión y eliminación de lodos.

-Consumo reducido de energía eléctrica: Estos sistemas requieren menos energía para su operación en comparación con los sistemas aerobios, lo que contribuye a disminuir los costos operativos y el impacto ambiental asociado al consumo de energía.

-Operación simplificada: Los reactores UASB son relativamente simples de operar y mantener. Requieren menos intervención humana y son menos propensos a experimentar problemas de funcionamiento en comparación con sistemas más complejos.

-Eficiencia energética y ambiental: Gracias a su bajo consumo energético y su capacidad para reducir la producción de lodos, los reactores UASB representan una opción más sostenible desde el punto de vista energético y ambiental.

c) Partes de un reactor U.A.S.B

El reactor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos está conformado por cuatro componentes fundamentales dispuestos verticalmente, desde la base hasta la parte superior de la estructura (Lemos Chernicharo, 1997).

-El reactor propiamente dicho, corresponde al cuerpo principal del reactor, donde se desarrolla la biomasa anaerobia responsable de la degradación de

la materia orgánica y su conversión en biogás —principalmente metano y dióxido de carbono— además de la generación de nuevos microorganismos.

-Una zona intermedia de transición ubicada sobre la zona de reacción, en ella el flujo ascendente puede arrastrar partículas no aglomeradas en forma granular o floculada. Su función es minimizar la pérdida de biomasa activa con el efluente tratado.

-Zona de separación trifásica: diseñada para efectuar la separación del gas, los sólidos y la fase líquida, garantizando la retención y el retorno del lodo al sistema.

- Sistema de recolección superior: comprende los colectores de efluente tratado y de biogás. En el funcionamiento del reactor, el influente ingresa por la parte inferior y asciende a través de una cama de lodos granulares densos y un manto de lodos floculados, donde ocurre la transformación de la materia orgánica en metano y dióxido de carbono.

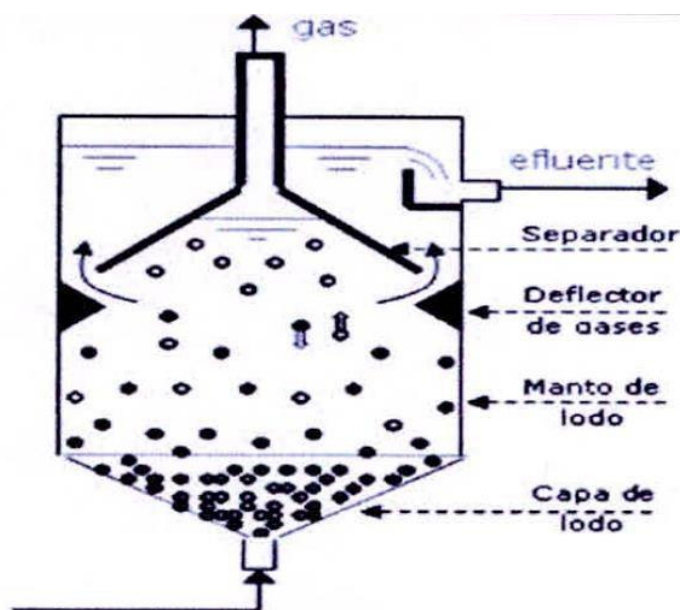


Imagen: Reactor USB

d) Diseño del reactor U.A.S.B

El diseño de un reactor UASB debe realizarse considerando el caudal afluente y la carga orgánica aplicada, garantizando una adecuada distribución hidráulica y control del manto de lodos para asegurar la retención de biomasa. Asimismo, es fundamental incorporar un sistema eficiente de recolección de biogás y un dispositivo de separación trifásica que permita dividir correctamente el gas, el lodo y el efluente tratado. El control de la edad del lodo y el cumplimiento de la normativa vigente aseguran la estabilidad operativa y la eficiencia del proceso anaerobio.

e) Tiempo de retención hidráulica (TRH)

El tiempo de retención hidráulica (TRH) se encuentra directamente vinculado a la cinética del proceso de digestión anaerobia, la cual depende del volumen y dimensiones del reactor. Este parámetro resulta fundamental en el diseño y operación del sistema, debido a su influencia en la eficiencia de remoción de contaminantes y en la estabilización de la materia orgánica. Un TRH adecuado garantiza que los microorganismos dispongan del tiempo necesario para degradar el sustrato orgánico y generar biogás de manera eficiente.

Tabla N° 07. Ejemplos de los lodos encontrados en cada zona de un reactor UASB

Temperatura del agua residual °C	Tiempo de retención hidráulica (h)	
	Media diaria	Mínimo (durante 4 a 6 horas)
16 – 19	> 10 - 14	> 7 - 9
20 – 26	> 6 - 9	> 4 - 6
> 26	> 6	> 4

Fuente: Adaptado de Lettinga & Hulshoff Pol (1991)

Por lo tanto, se emplea la siguiente ecuación:

$$TRH = V/Q$$

Donde:

Q= Caudal medio diario en el afluente (m³/h.)

V=volumen del reactor (m³)

TRH= tiempo de retención hidráulica (h)

f) Velocidad ascensional y Altura del reactor

La velocidad superficial máxima admisible en el reactor está condicionada por las características del lodo presente y por la magnitud de las cargas orgánicas aplicadas. En reactores que operan con lodo de tipo floculento y sometidos a cargas orgánicas de hasta 5 a 6 kg DQO/m³·día, la velocidad superficial promedio recomendada se sitúa entre 0,5 y 0,7 m/h. No obstante, pueden presentarse incrementos temporales durante periodos de 2 a 4 horas, tolerándose valores máximos comprendidos entre 1,5 y 2,0 m/h.

$$COV = \frac{Q_{med} \times S}{Volumen}$$

Donde:

COV = Carga orgánica volumétrica (kg DQO/m³ día)

Qmed = Caudal medio diario (m³/día)

S = concentración del sustrato del afluente (kg DQO/m³)

Caudal del afluente	Velocidad superficial (m/h)
Caudal medio	0.5 - 0.7
Caudal máximo Picos temporarios	0.9 - 1.1 < 1.5

Fuente: Adaptado de Lettinga & Hulshoff Pol (1995)

Imagen: Velocidades superficiales recomendadas para diseño de reactor UASB para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

La altura de diseño del reactor depende de las características del lodo desarrollado, así como de la carga orgánica aplicada y de la carga hidráulica volumétrica, la cual influye directamente en la velocidad ascensional del flujo dentro del sistema. En el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante reactores que generan predominantemente lodos de tipo floculento, las velocidades de operación habituales conducen a alturas útiles comprendidas entre 4 y 5 metros.

Generalmente, esta altura total se distribuye en dos zonas principales: el compartimento de sedimentación, con una altura aproximada entre 1,5 y 2,0 metros, y el compartimento de digestión, cuya altura oscila entre 2,5 y 3,5 metros (Chernicharo de Lemos, 2007).

$$H = TRH \times V$$

Donde:

H= altura del reactor (m)

V= velocidad superficial (m/h).

TRH= Tiempo de retención hidráulica

g) Área del reactor

$$\text{Área del reactor } (A_c) = \frac{\text{Volumen}}{H}$$

La configuración del reactor en planta, existen dos opciones principales: circulares y rectangulares. Los reactores de sección circular suelen ser más



económicos en términos estructurales, aunque la construcción del separador GSL puede resultar más compleja que en los rectangulares. Por otro lado, en los rectangulares, la sección cuadrada suele ser la opción más económica. En nuestro caso, optamos por un reactor de forma rectangular, concretamente de sección cuadrada.

$$\text{Lado del reactor } (L) = \sqrt{A_c}$$

h) Distribución del afluente

En el reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA), el afluente es introducido y distribuido en la zona inferior del reactor con el propósito de maximizar el tiempo de contacto entre el agua residual y el manto de lodos, donde se concentra la biomasa responsable de la degradación de la materia orgánica. Para garantizar un funcionamiento eficiente, es indispensable que la distribución del influente sea homogénea en el fondo del reactor, generalmente a una profundidad aproximada de 10 a 20 cm.

Esta distribución se realiza mediante un sistema de tuberías perforadas o ramales que cubren áreas determinadas del fondo del tanque, permitiendo un control individualizado de los puntos de descarga. Este aspecto resulta particularmente relevante en el tratamiento de aguas residuales domésticas, donde la uniformidad hidráulica influye directamente en la estabilidad del proceso. El afluente es conducido desde la parte superior del sistema hacia la base del reactor a través de tuberías específicas (Comisión Nacional del Agua, 2010).

Tabla N° 09. Área de influencia de los Distribuidores (A_d) en Reactores UASB

Tipo de Lodo	Carga Orgánica Aplicada (kgDQO/m ³ día)	Área de Influencia de Cada Distribuidor (m ²)
Denso y Floculento (Concentración > 40 kgSST/m ²)	< 1.0	0.5 - 1.0
	1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
	> 2.0	2.0 - 3.0
Medianamente Denso y Floculento (Concentración de 20 - 40 kgSST/m ²)	< 1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
	> 3.0	2.0 - 5.0
Granular	< 2.0	0.5 - 1.0
	2.0 - 4.0	0.5 - 2.0
	> 4.0	>2.0

Fuente: Lettinga & Hulshoff Pol (1995)

Imagen: Area de influencia de los distribuidores.

i) Diseño del separador gas — sólido — líquido (GSL)

El separador GSL (Gas–Sólido–Líquido) constituye un elemento esencial dentro del reactor UASB, ya que cumple funciones clave para su adecuado desempeño hidráulico y biológico. Entre sus principales funciones se encuentran:

- Captar y conducir el biogás producido en la zona de digestión ubicada en la parte inferior del reactor, donde se encuentra el manto de lodos responsable del proceso anaerobio.
- Favorecer la sedimentación de los sólidos en suspensión en la zona superior del reactor, permitiendo su retorno al sistema.
- Reducir la concentración de sólidos sedimentables en el efluente tratado, mejorando la calidad de salida.
- Disponer de un volumen adicional sobre el separador que puede utilizarse para la acumulación temporal de lodos durante periodos de sobrecarga hidráulica.

(Comisión Nacional del Agua, 2010).

1. Recomendaciones del diseño del GSL

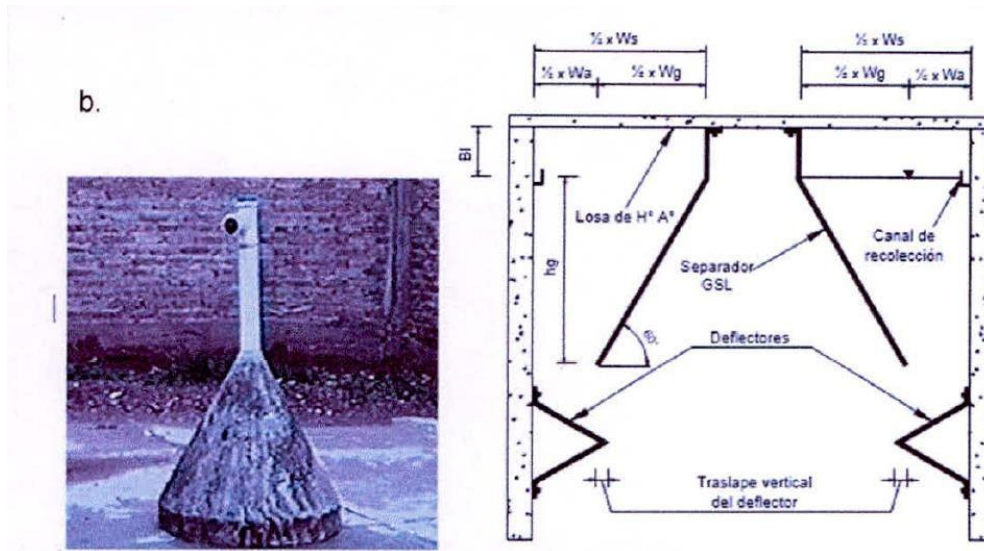


Imagen: Separador GSL (Gas- Sólido-Líquido)

- La inclinación del fondo del sedimentador deberá proyectarse con un ángulo comprendido entre 45° y 60° respecto a la horizontal, con el fin de facilitar el deslizamiento y retorno de los sólidos.
- El área libre de paso entre los colectores deberá representar aproximadamente entre el 15 % y el 20 % del área total del reactor.
- La altura del colector de gas se recomienda entre 1,5 y 2,0 m en reactores cuya altura total esté en el rango de 5 a 7 m.
- Es necesario mantener una interfase líquida-gas dentro del colector, lo cual favorece la captación y liberación eficiente de las burbujas, además de minimizar la formación de espuma superficial.
- El traslape de los deflectores instalados por debajo de la abertura debe situarse entre 10 y 20 cm, con el objetivo de evitar el ingreso de burbujas ascendentes hacia la zona de sedimentación.



- Los deflectores para control de espuma deben disponerse generalmente frente a los vertederos de salida del efluente.
- Los conductos de evacuación de gas deben dimensionarse adecuadamente para asegurar la remoción eficiente del biogás desde la campana de captación, especialmente en condiciones de formación de espuma.
- En la parte superior de la campana de gas se recomienda instalar boquillas aspersoras antiespumantes cuando se trate de aguas residuales con alta tendencia a generar espuma.
- Los materiales de construcción pueden ser acero protegido con recubrimientos plásticos anticorrosivos o plásticos estructurales moldeados, a fin de garantizar durabilidad y resistencia frente a ambientes agresivos.

2. Abertura entre el reactor y el separador GSL

Las aberturas ubicadas entre el reactor y el separador GSL, que permiten el ingreso del flujo hacia el compartimiento de sedimentación, deben diseñarse de manera que cumplan los siguientes criterios:

- Garantizar la adecuada separación de gases antes de que el efluente acceda al sedimentador, favoreciendo así la eficiencia en la sedimentación de sólidos. Para ello, el diseño de las aberturas debe contemplar un traslape con el deflector de gases que asegure la correcta captación y desviación de las burbujas.
- Asegurar la retención de sólidos dentro del compartimiento de digestión, manteniendo las velocidades de paso a través de las aberturas por debajo de los valores recomendados en la normativa o tabla de diseño correspondiente.

-Permitir el retorno de los sólidos sedimentados en el decantador hacia la zona de digestión, lo cual se logra mediante una adecuada inclinación de las paredes del sedimentador y de los deflectores de gas, además de un control apropiado de las velocidades de flujo en las aberturas.

Caudal del afluente	Velocidades (m/h)
Caudal medio	< 2.0 - 2.3
Caudal máximo	< 4.0 - 4.2
Picos temporarios	< 5.5 - 6.0

Fuente: Lettinga & Hulshoff Pol (1995)

Imagen: Velocidades en las aberturas para el decantador.

De acuerdo con Wlidschut (1989), la velocidad máxima admisible del flujo a través de la abertura situada entre el reactor y el separador GSL no debe exceder los 6,0 m/h, recomendándose preferentemente un valor de 4,0 m/h para un funcionamiento más estable. Para condiciones de caudal medio, se adopta una velocidad aproximada de 2,0 m/h, conforme a los criterios establecidos en la Tabla N.º 10.

$$Area\ libre = \frac{Q_{med}}{v}$$

$$Area\ libre = \frac{Q_{max\ d}}{v}$$

Donde:

Qmed= Caudal medio diario (m3/h.)

Qmaxd= Caudal máximo diario (m3/h.)

v= Velocidad en las aberturas para el decantador (m/h.)

Por tanto, el ancho de la abertura (Wa) entre el reactor y el separador

GSL se obtiene reemplazando la mayor área libre de la ecuación (5.9) en la siguiente ecuación:

$$W_d = \frac{\text{Area libre}}{\text{Lado del reactor}}$$

3. Ancho de los lodos de la campana (Wg)

La inclinación de las paredes del separador GSL resulta fundamental para proporcionar una superficie adecuada que facilite la sedimentación de los sólidos y su posterior deslizamiento gravitacional hacia la zona inferior del reactor, correspondiente al compartimiento de digestión.

$$\frac{1}{2} \times W_g = \frac{h_g}{\tan \alpha}$$

Donde:

Wg= Ancho de los lados de la campana (m.)

Hg= Altura de campana (m.)

A= Angulo de inclinación con la horizontal de la campana (grados)

d. Área superficial (As) del sedimentador

La verificación de las tasas de aplicación de carga superficial y los tiempos de retención hidráulica en el compartimiento de sedimentación se realiza de acuerdo con el siguiente Tabla N°11:

Caudal del Afluente	Carga de Aplicación Superficial I (m/h)	Tiempo de Retención Hidráulica (h)
Caudal Medio	0.6 - 0.8	1.5 - 2.0
Caudal Máximo	< 1.2	> 1.0
Picos Temporarios*	< 1.6	> 0.6

(*) Caudales pico con duración entre 2 y 4 horas.

Imagen: Carga de aplicación superficial y tiempos de retención hidráulica en compartimiento de sedimentación.

El área superficial del decantador se determina mediante el producto del ancho de la lámina húmeda (W_s) por la longitud del reactor (L); en consecuencia, el área superficial del sedimentador se expresa de la siguiente manera:

$$W_g = \frac{1}{2} \times W_g + \frac{1}{2} \times W_g$$

$$A_s = (L \times W_s) \times 2$$

3.2.3.5. LECHO DE SECADOS

De acuerdo con la Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones, los lechos de secado constituyen uno de los métodos más simples y económicamente viables para la deshidratación de lodos previamente estabilizados. Esta unidad se emplea para la disposición temporal de los lodos excedentes generados en los procesos de tratamiento.



En los lechos de secado al aire, los lodos provenientes de unidades como el tanque Imhoff, el reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA), el filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) o los sedimentadores de plantas de tratamiento, son sometidos a un proceso natural de deshidratación. El agua contenida en el lodo percola por gravedad a través de un medio filtrante compuesto por capas de arena y grava, siendo posteriormente captada mediante tuberías perforadas para su conducción hacia el sistema de drenaje o cuerpo receptor correspondiente.

3.2.3.6. FILTRO BIOLOGICOS

Un filtro biológico consiste en un lecho constituido por un medio altamente permeable que permite el desarrollo de biomasa adherida, a través del cual percola el agua residual para su tratamiento. El material filtrante suele estar conformado por elementos pétreos, generalmente con tamaños comprendidos entre 2,5 y 10 cm de diámetro, lo que facilita la aireación y el contacto entre el efluente y los microorganismos responsables de la degradación orgánica (Rigoberto, 2001).

3.2.3.7. Filtración Superficial

La filtración superficial es un proceso de separación sólido-líquido sustentado en fenómenos físicos y fisicoquímicos que se desarrollan cuando el agua atraviesa un medio granular poroso. A diferencia de los tratamientos biológicos, su finalidad no es la degradación de materia orgánica disuelta, sino la remoción de partículas suspendidas remanentes mediante mecanismos como

el tamizado, la sedimentación en los intersticios, la interceptación y la adsorción en la superficie del medio filtrante.

Según Tchobanoglous, Burton y Stensel (2014), la filtración en medios granulares funciona a través de diversos mecanismos de captura de partículas, incluyendo el impacto directo, la difusión y la acción de fuerzas electrostáticas, lo que contribuye a mejorar significativamente la calidad física del efluente secundario.

Asimismo, Crittenden et al. (2012) señalan que la eficiencia del proceso está influenciada por variables como el tamaño y la gradación del medio filtrante, la velocidad de filtración, la profundidad del lecho y las características del efluente, particularmente la turbidez y la concentración de sólidos suspendidos totales (SST).

Desde el punto de vista hidráulico, la filtración superficial opera con tasas de carga hidráulica relativamente mayores que la filtración lenta, por lo que requiere procedimientos periódicos de retrolavado para restituir la capacidad del medio filtrante.

En sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales, esta unidad actúa como una barrera complementaria que incrementa la confiabilidad del proceso global y reduce la variabilidad en la calidad del efluente previo a la etapa de desinfección (Metcalf & Eddy, 2014).

3.2.3.8. CÁMARA DE CLORO

La cámara de cloración es la unidad destinada a la desinfección del efluente tratado en las plantas de tratamiento y en las cámaras de filtración, mediante



la aplicación controlada de cloro. La cloración de aguas residuales constituye un proceso de desinfección cuyo objetivo principal es la reducción de microorganismos patógenos, así como el control del crecimiento de algas y otros organismos que puedan generar turbidez en el agua.

De acuerdo con la Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones, el diseño de esta unidad se realiza considerando parámetros como la dosis de cloro aplicada y el tiempo de contacto requerido para garantizar la eficacia del proceso.



CAPITULO IV:

MATERIALES Y

MÉTODOS



4.1 MATERIALES

Los materiales necesarios para llevar a cabo el estudio son instrumentos o implementos que empleamos para recopilar datos, estos se adquieren a través de diversos métodos y consecuentemente se procesan y analizan para obtener resultados finales.

4.1.1. Materiales de gabinete

4.1.1.1. Materiales bibliográficos

Para el desarrollo de la investigación se emplearon diversas fuentes bibliográficas, tanto en formato físico como digital. Se consultaron textos especializados en abastecimiento de agua potable y diseño de redes de alcantarillado, así como investigaciones científicas, incluyendo tesis elaboradas por universidades reconocidas. Asimismo, se revisó el Reglamento Nacional de Edificaciones, resoluciones normativas, manuales técnicos y otros documentos oficiales vinculados al sector saneamiento.

4.1.1.2. Softwares

Microsoft Word 2020: empleado para la redacción, edición y estructuración del informe final de tesis.

Microsoft Excel 2020: utilizado para el desarrollo de cálculos hidráulicos y sanitarios, incluyendo la determinación de parámetros de diseño y la aplicación de fórmulas correspondientes al dimensionamiento de la PTAR.

AutoCAD Civil 3D 2020: empleado en el procesamiento del levantamiento topográfico y la generación de curvas de nivel necesarias para el análisis del terreno.



AutoCAD 2020: utilizado para la elaboración de planos y archivos técnicos requeridos para su posterior exportación al software SewerCAD CONNECT Edition.

SewerCAD CONNECT Edition: empleado para el modelamiento hidráulico, análisis y diseño de la red de alcantarillado sanitario.

4.1.1.3. Equipos

- Laptop Core i7 para la ejecución del trabajo en gabinete.
- Impresora para plasmar el informe de tesis.

4.1.1.4. Otros

Para plasmar la información se utilizó papel bond, lapiceros, cuaderno de notas, útiles de escritorio, cds.

4.1.2. Materiales utilizados en Campo

Para la recolección de datos:

- Reconocimiento de la zona: Cuaderno, folder, papel bond, lapiceros, lápiz, corrector, resaltador, borrador, regla,
- Levantamiento topográfico: prismas, trípode, wincha de 100m.
- Estudio de Mecánica de Suelos: Se utilizo palanas, picos, costal, bolsas, muestreador, bandejas, baldes, tamices, copa de casa grande, espátulas.

4.1.2.1. Equipos

Se utilizo el Smartphone para la toma fotográfica en cada etapa de recolección de datos.

- Levantamiento topográfico: estación total y gps map 65s
- Estudio de Mecánica de Suelos: Se utilizo balanza electrónica, horno eléctrico, tamizador.



4.1.2.2. Servicios

- Impresión y fotocopia del informe de tesis.
- Ploteo de planos generados durante el desarrollo de la tesis.
- Utilización del servicio de taxi y colectivo para trasladarse a la zona de estudio.

4.2 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

4.1.1. Por su naturaleza:

La investigación es de tipo **descriptiva–proyectiva**, ya que se realiza un diagnóstico de la situación actual del saneamiento en el centro poblado Cambio Puente, mediante la recopilación de información técnica y social, para posteriormente formular el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) como propuesta técnica de solución.

4.1.2. Por su propósito:

Corresponde a una investigación **aplicada**, puesto que utiliza conocimientos teóricos y normativos de la Ingeniería Civil, especialmente en el campo de la hidráulica y el saneamiento, para resolver una problemática real relacionada con la inexistencia de infraestructura de evacuación y tratamiento de aguas residuales. El diseño se sustenta en los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), particularmente en las Normas OS.070 y OS.090.

4.1.3. Por su carácter:

La investigación presenta un **enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo)**.

Es cuantitativa, porque se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos como población proyectada, dotación, caudales de diseño, cargas orgánicas

(DBOs, DQO), parámetros hidráulicos y modelamiento de la red de alcantarillado y la PTAR.

Es cualitativa, porque incorpora información obtenida mediante entrevistas y cuestionarios aplicados a la población, con el fin de conocer la situación actual del servicio de saneamiento, las prácticas de disposición de excretas y la percepción social respecto a la necesidad del proyecto.

4.3 ESCENARIO DE ESTUDIO

La zona de estudio es el Centro Poblado Cambio Puente en el Distrito de Chimbote, estando conformado por 90 manzanas y 1156 lotes.

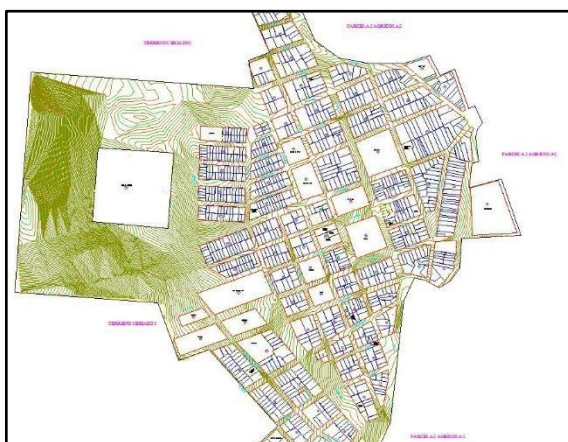


Imagen: Centro Poblado de Cambio Puente.

4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Representada por las viviendas y habitantes del Centro Poblado de Cambio Puente del distrito de Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.

4.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas utilizadas:



- Observación: Se efectuó el reconocimiento del área de estudio mediante visitas de campo, durante las cuales se realizó el registro fotográfico de la problemática existente. Asimismo, se aplicó un cuestionario estructurado con el propósito de identificar el número de habitantes por lote, la condición de ocupación de las viviendas, y el nivel de conocimiento y satisfacción de la población respecto a los servicios básicos disponibles.

- Recolección Documental: Se efectuó la recopilación de los parámetros necesarios para el diseño del proyecto, considerando la información poblacional proveniente del censo del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Asimismo, se utilizó el plano de lotización proporcionado por la Municipalidad Provincial del Santa y la Municipalidad del Centro Poblado Cambio Puente, el cual sirvió como base para el desarrollo del trazado y dimensionamiento del sistema proyectado.

Se procedió a la recopilación de los parámetros requeridos para el desarrollo del diseño, utilizando como base la información poblacional proveniente del censo del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). De igual manera, se empleó el plano de lotización proporcionado por la Municipalidad Provincial del Santa y la Municipalidad del Centro Poblado Cambio Puente, el cual permitió establecer la distribución espacial para el planteamiento del sistema proyectado.

.- Estudio Topográfico: Se realizó el levantamiento topográfico utilizando la estación total, 2 prismas, Gps map 65s de la zona de estudio.



- Estudio de mecánica de suelos: Se utilizó los equipos y materiales para extracción de muestras de suelos en la zona de estudio y para la elaboración de los ensayos en el Laboratorio de UNS. (palanas, picos, costal, bolsas, barreno, bandejas, baldes, tamices, balanza electrónica, horno eléctrico, tamizadora copa de casa grande, espátulas).

-Trabajo en gabinete: Se realizó el procesamiento y análisis de la información recopilada tanto en campo como en laboratorio, lo cual permitió desarrollar el modelamiento del sistema de alcantarillado sanitario y la propuesta de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Para ello, se emplearon herramientas especializadas como SewerCAD para el modelamiento hidráulico, Civil 3D para el análisis topográfico, AutoCAD para la elaboración de planos técnicos y Microsoft Excel para el cálculo y verificación de parámetros de diseño.

4.6 PROCEDIMIENTO

Para el desarrollo del proyecto se siguió el siguiente procedimiento metodológico:

Reconocimiento del área de estudio: Se efectuaron visitas de campo en el centro poblado, con la finalidad de recopilar información primaria necesaria para el diagnóstico y planteamiento del proyecto.

Estudio poblacional: Se realizó el levantamiento del número de habitantes por lote ocupado, lo que permitió determinar la población base y establecer la población de diseño para el dimensionamiento del sistema.



Estudio topográfico: Se ejecutó el levantamiento topográfico del área utilizando una estación total y la georreferenciación mediante GPS Map 65s, lo cual permitió obtener la configuración altimétrica y planimétrica del terreno para el trazado del sistema.

Estudio de mecánica de suelos: Se realizaron calicatas a distintas profundidades para la extracción de muestras representativas del suelo. Posteriormente, se efectuaron los ensayos de laboratorio correspondientes con el objetivo de determinar los parámetros geotécnicos necesarios para el diseño estructural y constructivo del proyecto.

Determinación de parámetros de diseño: Se aplicaron las expresiones y criterios técnicos establecidos en el marco teórico y en la normativa vigente, a fin de calcular los parámetros hidráulicos y sanitarios requeridos para el dimensionamiento del sistema.

Diseño del sistema de alcantarillado y de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales: El diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario fue desarrollado mediante el software SewerCAD, mientras que el dimensionamiento hidráulico de la propuesta de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se realizó utilizando hojas de cálculo en Microsoft Excel.



4.7 MÉTODO DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento y análisis de la información recopilada tanto en campo como en gabinete, se emplearon diversas herramientas informáticas especializadas, entre ellas Microsoft Excel 2020 para el desarrollo de cálculos hidráulicos y sanitarios, Microsoft Word 2020 para la redacción del informe, Civil 3D 2021 para el análisis topográfico, AutoCAD 2020 para la elaboración de planos técnicos y SewerCAD CONNECT Edition para el modelamiento y diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario.

Los parámetros considerados para el dimensionamiento del sistema fueron establecidos conforme a los criterios técnicos contemplados en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).



CAPITULO V:

RESULTADOS Y

DISCUSIONES



5.1 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE SERVICIOS BÁSICOS

5.1.1. Servicio de agua Potable

El abastecimiento de agua potable está regulado bajo la administración de la Asociación para el desarrollo del Agua (Junta Administradora del agua) ubicada en la Municipalidad del Centro Poblado Cambio Puente.

El sistema de abastecimiento de agua potable está constituido por varios componentes fundamentales, entre los que se incluyen las estructuras de captación, unidades de almacenamiento, líneas de conducción, redes de distribución y las respectivas conexiones domiciliarias.

-Captaciones

La fuente de abastecimiento de agua destinada a la población del centro poblado Cambio Puente corresponde a aguas subterráneas, captadas mediante un pozo tubular en operación, el cual presenta un caudal de producción aproximado de 30 L/s. La infraestructura de la caseta de bombeo se encuentra en condiciones operativas adecuadas; el sistema cuenta con un equipo de bombeo de 40 HP de potencia y dispone de un macromedidor para el control del volumen extraído.

-Almacenamiento

El sistema de distribución de agua potable del centro poblado Cambio Puente dispone de un reservorio circular con una capacidad de 50 m³, el cual se encuentra estructuralmente en buen estado de conservación. No obstante, su volumen de almacenamiento resulta limitado frente a la demanda actual y a las



proyecciones de crecimiento poblacional. Esta infraestructura está emplazada en la zona elevada de la localidad, lo que favorece la distribución por gravedad

.-Líneas de Conducción

La línea de conducción de agua tiene un diámetro de 6” y el material es de Pvc.

-Redes de agua potable

Actualmente, no se dispone de un registro técnico actualizado que detalle la antigüedad de las tuberías, el tipo de material empleado, los diámetros instalados ni las presiones de servicio del sistema de distribución. La red cuenta con válvulas de control de 2” y 4” de diámetro, las cuales permiten sectorizar y regular el suministro hacia distintos sectores de la localidad.

Asimismo, las conexiones domiciliarias no cuentan con micromedidores, lo que limita el control individualizado del consumo. El servicio de abastecimiento presenta una continuidad promedio de 2 a 3 horas diarias.

5.1.2. Servicio de Alcantarillado

El centro poblado Cambio Puente no dispone de un sistema de alcantarillado sanitario. La disposición de excretas se realiza mediante soluciones individuales, principalmente pozos ciegos y pozos sépticos. Estos sistemas han sido construidos dentro de los predios domiciliarios y, en el caso de los pozos sépticos, generalmente se ubican frente a las viviendas, incluso en áreas correspondientes a la vía pública del centro poblado.



Imagen de los autores

En la imagen se puede apreciar la construcción de un pozo séptico, al frente de la vivienda en el Jr. Pallasca, frente a la Plaza de Armas del Centro Poblado.

5.2 DISEÑO HIDRÁULICO

5.2.1. SISTEMA DE ALCANTARILLADO

5.2.1.1. CÁLCULO DE PARÁMETROS DE DISEÑO

5.2.1.1.1 CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA

Para el cálculo de la población futura, se utilizará el método aritmético
Se utilizará los datos del Censo Nacional de Centros Poblados del año 2017.

Población total

Total, de manzanas 90

Total, de lotes 1156

Total, de viviendas 1145

Densidad poblacional (hab/lote) : 7

Población al 2017 : 7,284 hab.

-Determinar la población actual al 2022, con 1145 viviendas.



$$P_{\text{actual}} = N^{\circ} \text{ Lotes} \times \text{Densidad Poblacional}$$

$$P_{\text{actual}} = 1145 \text{ lotes} \times 7 \text{ hab/lote}$$

$$P_{\text{actual}} = 8,015 \text{ hab}$$

-Determinar la tasa de crecimiento poblacional:

Se obtiene la tasa de crecimiento poblacional con los datos de la población que nos brinda el INEI (año 2017) y la población actual (año 2022).

Datos:

$$P_a = 8,015$$

$$P_o = 7,284$$

$$n = 5 \text{ años}$$

$$r = \left(\left(\frac{8015}{7284} \right)^{\frac{1}{5}} - 1 \right) \times 100$$

$$r = 1.9311 \%$$

Se obtiene como resultado del cálculo la tasa de crecimiento poblacional, representada en un 1.9311 %.

La población futura para un periodo de diseño de 20 años, utilizando el método Aritmético:

$$P_f = P_o \times \left(1 + r \times \frac{t}{100} \right)$$

$$P_f = 8015 \times (1 + 0.019)^{20}$$

$$P_f = 11,061 \text{ habitantes}$$

Por lo tanto, la población de diseño es de 11,061 habitantes.

5.2.1.1.2 DOTACIÓN DE AGUA



Debido a la inexistencia de estudios específicos sobre consumo de agua en el centro poblado Cambio Puente, se adoptaron los valores establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS.100 – Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria. La dotación fue determinada en función de las condiciones climáticas predominantes en el área de estudio, conforme a los criterios técnicos señalados en dicha normativa.

DESCRIPCION		CANT	UND
Dotación ZONAS URBANA Población > 2000 Habitantes	Templado y Cálido	220	l/hab.d
	Clima Frio	180	l/hab.d

De acuerdo al cuadro, Cambio Puente al tener un clima templado y cálido es que escogemos una dotación de 220 l/hab.d.

5.2.1.1.3 CÁLCULO DEL CAUDAL

a) Cálculo del caudal Domestico

Este cálculo corresponde al caudal netamente proveniente de los lotes de uso doméstico para viviendas, el cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Qd = \frac{P \times dot}{86400}$$

Siendo:

P: población de diseño

Dot: dotación de agua

$$Qd = \frac{11,061 \text{ hab} \times 220 \frac{l}{\text{hab.d}}}{86400}$$



$$Qd = 28.164 \text{ l/s}$$

b) Cálculo del Caudal No domestico

En este caso corresponde aquellos caudales provenientes de diferentes establecimientos como es el caso de instituciones educativas, campos

- Contribución De Instituciones Educativas

Se consideraron dos instituciones educativas dentro del área de estudio, cuya población estudiantil fue determinada mediante consulta directa a cada una de las entidades. La dotación de agua asignada a estos establecimientos fue establecida conforme a los criterios del Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma IS.010, aplicable a localidades con población mayor a 2000 habitantes.

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones:

-I.E Primaria y Secundaria: 810 usuarios

-I.E Inicial : 160 usuarios

Educación primaria : 20 lt/alumno x día

Educación secundaria y superior : 25 lt/alumno x día

$$Qnd = 0.053 \text{ l/s}$$

- Contribución De Losas Deportivas- Campos Deportivos

Se consideraron tres losas deportivas o campos deportivos dentro del área de estudio, cuya dotación de agua fue determinada conforme a los criterios establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma IS.010, aplicable a localidades con población mayor a 2000 habitantes.

De acuerdo con lo señalado en el Reglamento Nacional de Edificaciones:



La dotación de agua asignada a locales destinados a espectáculos o centros de reunión —tales como cines, teatros, auditorios, discotecas, casinos, salas de baile, eventos al aire libre y establecimientos similares— se determina conforme a los valores establecidos en la tabla correspondiente del Reglamento Nacional de Edificaciones

Tipo de establecimiento	Dotación diaria
Cines, teatros y auditorios	3 L por asiento.
Discotecas, casinos y salas de baile y similares	30 L por m ² de área
Estadios, velódromos, autódromos, plazas de toros y similares.	1 L por espectador
Circos, hipódromos, parques de atracción y similares.	1 L por espectador más la dotación requerida para el mantenimiento de animales.

Losa deportiva existente: 150 espectadores

Campo deportivo 01 : 300 espectadores

Campo deportivo 02 : 200 espectadores

$$Q_{nd} = 0.000 \text{ l/s}$$

- CONTRIBUCION DE IGLESIAS, CAPILLAS Y SIMILARES

La dotación de agua para estos establecimientos se estableció en base al RNE IS. 010 Población > 2000 hab.

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones:

-La dotación de agua para locales de espectáculos o centros de reunión, cines teatros, auditorios, discotecas, casinos, sales de baile y espectáculo al aire libre y otros similares, según la siguiente tabla., según la siguiente tabla.

Tipo de establecimiento	Dotación diaria
Cines, teatros y auditorios	3 L por asiento.
Discotecas, casinos y salas de baile y similares	30 L por m ² de área
Estadios, velódromos, autódromos, plazas de toros y similares.	1 L por espectador
Circos, hipódromos, parques de atracción y similares.	1 L por espectador más la dotación requerida para el mantenimiento de animales.

Parroquia Virgen De Las Mercedes: 200 asientos.

$$Q_{nd} = 0.001 \text{ l/s}$$



-CONTRIBUCION DE OFICINAS Y SIMILARES

La dotación de agua correspondiente a estos establecimientos fue determinada conforme a los criterios establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma IS.010, aplicable a localidades con población mayor a 2000 habitantes.

De acuerdo con dicha normativa, la dotación de agua para oficinas se calcula considerando un consumo de 6 litros por día por cada metro cuadrado ($6 \text{ L/d}\cdot\text{m}^2$) de área útil del local.

RNE IS. 010 Población > 2000 hab.

Servicio Comunal : 250 m^2

Municipalidad Cambio Puente: 280 m^2

$$Q_{nd} = 0.006 \text{ l/s}$$

-CONTRIBUCION DE MERCADOS Y ESTABLECIMIENTOS

La dotación de agua asignada a estos establecimientos fue determinada conforme a los lineamientos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma IS.010, aplicable a centros poblados con población mayor a 2000 habitantes.

Según dicha normativa, la dotación de agua para mercados y locales destinados a la comercialización de carnes, pescados y productos similares se calcula considerando un consumo de 15 litros por día por cada metro cuadrado ($15 \text{ L/d}\cdot\text{m}^2$) de área del establecimiento.

-Mercado: 2520 m^2

$$Q_{nd} = 0.182 \text{ l/s}$$



-CONTRIBUCION DE CLINICAS, POSTAMEDICA Y HOSPITALES

La dotación de agua correspondiente a estos establecimientos fue determinada conforme a los criterios establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma IS.010, aplicable a localidades con población mayor a 2000 habitantes.

De acuerdo con lo dispuesto en dicha normativa, la dotación de agua para establecimientos de salud —tales como hospitales, clínicas de hospitalización, clínicas odontológicas, consultorios médicos y otros similares— se calcula conforme a los valores indicados en la tabla correspondiente.

Local de Salud	Dotación
Hospitales y clínicas de hospitalización.	600 L/d por cama.
Consultorios médicos.	500 L/d por consultorio.
Clinicas dentales.	1000 L/d por unidad dental.

-Posta Medica: 10 camas

$$Q_{nd} = 0.035 \text{ l/s}$$

-CONTRIBUCION DE CÁRCELES Y CUARTELES

La dotación de agua correspondiente a estos establecimientos fue determinada conforme a los lineamientos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma IS.010, aplicable a centros poblados con población superior a 2000 habitantes.

Según lo dispuesto en dicha normativa, la dotación de agua para establecimientos penitenciarios y cuarteles se fija en 150 litros por interno por día.

-Establecimiento Penitenciario: 2500 internos.



$$Q_{nd} = 1.447 \text{ l/s}$$

-RESUMEN DE CONSUMO NO DOMESTICO

- | | |
|--|-------------|
| 1. Contribución de instituciones educativas | : 0.053 l/s |
| 2. Contribución de losas deportivas – campos deportivos: | 0.001 l/s |
| 3. Contribución de iglesias, capillas y similares | : 0.001 l/s |
| 4. Contribución de oficinas y similares | : 0.006 l/s |
| 5. Contribución de mercados y establecimientos | : 0.182 l/s |
| 6. Contribución de clínicas, posta médica y hospitales | : 0.035 l/s |
| 7. Contribución de cárceles y cuarteles: | :1.447 l/s |

Por lo tanto, el caudal no domesticó está establecido de la siguiente manera:

$$Q_{nd} = 1.724 \text{ l/s}$$

5.2.1.1.4 Cálculo del caudal de diseño.

-Caudal promedio

Para el cálculo del caudal de diseño se sumará los caudales de consumo doméstico como los caudales de consumo no doméstico obtenidos en el punto anterior.

Por lo tanto, tenemos:

Caudal de consumo doméstico: 28.164 l/s

Caudal de consumo no doméstico: 1.724 l/s

$$Q_p = 28.164 \text{ l/s} + 1.724 \text{ l/s}$$
$$Q_p = 29.89 \text{ l/s}$$

a) Caudal contribución al alcantarillado.

C: coeficiente de retorno (80%)

$$Q_{med} = 29.89 \times 0.80$$

$$Q_{med} = 23.91 \text{ l/s}$$



b) Caudal máximo diario

La relación entre el caudal máximo diario y el caudal medio diaria será de $K1 = 1.3$.

$$Q_{md} = K1 \times Q_{med}$$

$$Q_{md} = 1.3 \times 23.91 \text{ l/s}$$

$$Q_{md} = 31.08 \text{ l/s}$$

c) Caudal máximo horario

La relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio diaria será de $K1 = 2.0$.

$$Q_{mh} = K2 \times Q_{med}$$

$$Q_{mh} = 2.0 \times 23.912 \text{ l/s}$$

$$Q_{mh} = 47.82 \text{ l/s}$$

-Caudal de diseño:

$$Q_d = Q_{mh} + Q_c + Q_i$$

$$Q_{mh} = 62.27 \text{ l/s}$$

5.2.1.2. MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO MEDIANTE EL USO DEL SEWER CAD.

5.2.1.2.1 Creación de Archivos previos

Los archivos generados deben contar con una extensión compatible con el software SewerCAD. Si bien AutoCAD guarda los planos por defecto en formato .dwg, estos fueron exportados en formato .dxf, lo cual permite su correcta importación y lectura dentro del programa de modelamiento hidráulico.

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario y de las conexiones domiciliarias fue desarrollado en AutoCAD, donde se realizó el trazado de la red proyectada conforme a los criterios técnicos establecidos.

5.2.1.2.2 Modelado del sistema

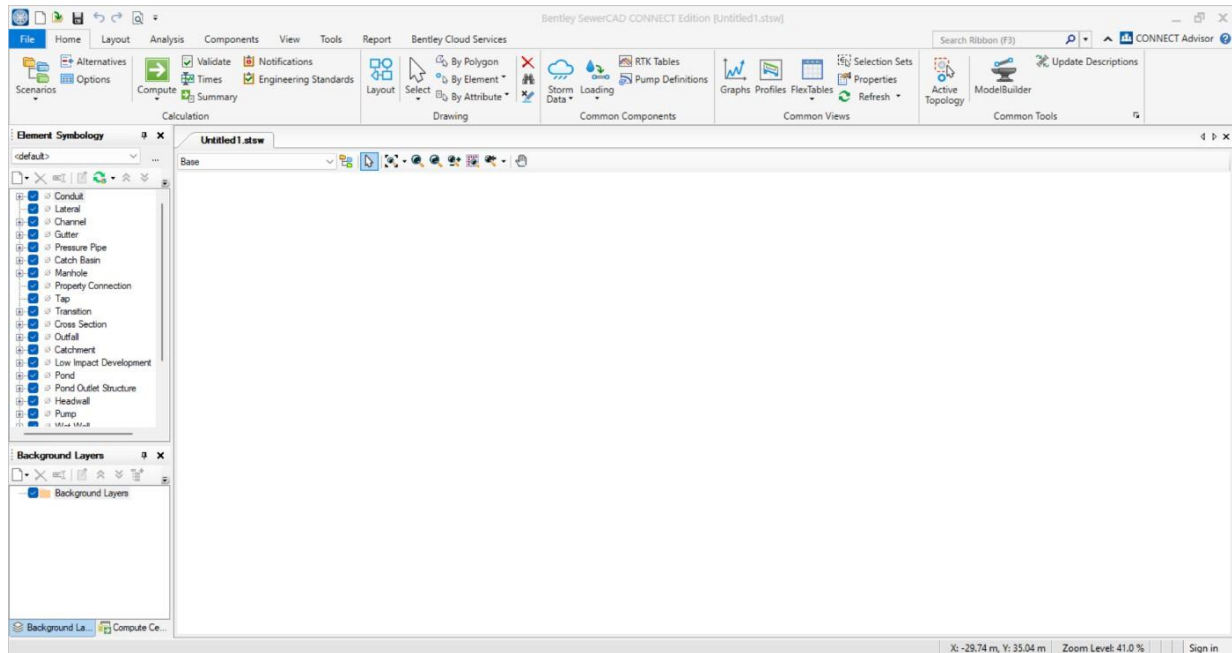


Figura: Iniciamos el software SewerCAD CONNECT Edition

Nota Elaboracion Propia.

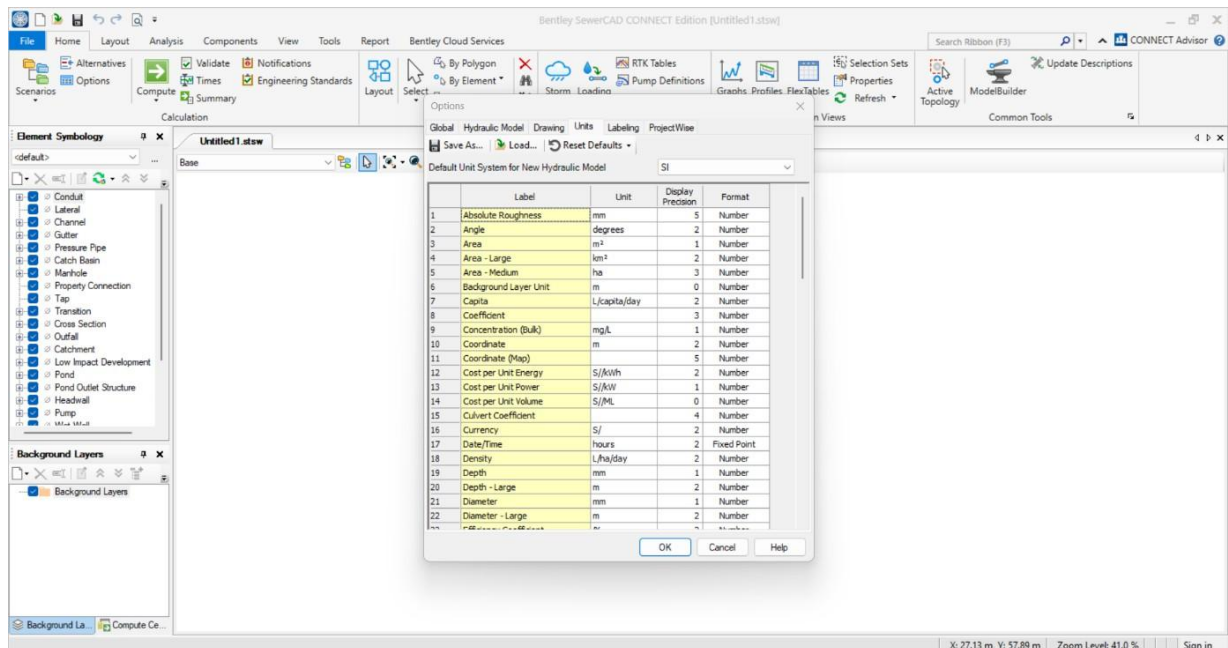


Figura: Realizamos las configuraciones del software para la red de alcantarillado.

Nota Elaboracion Propia.

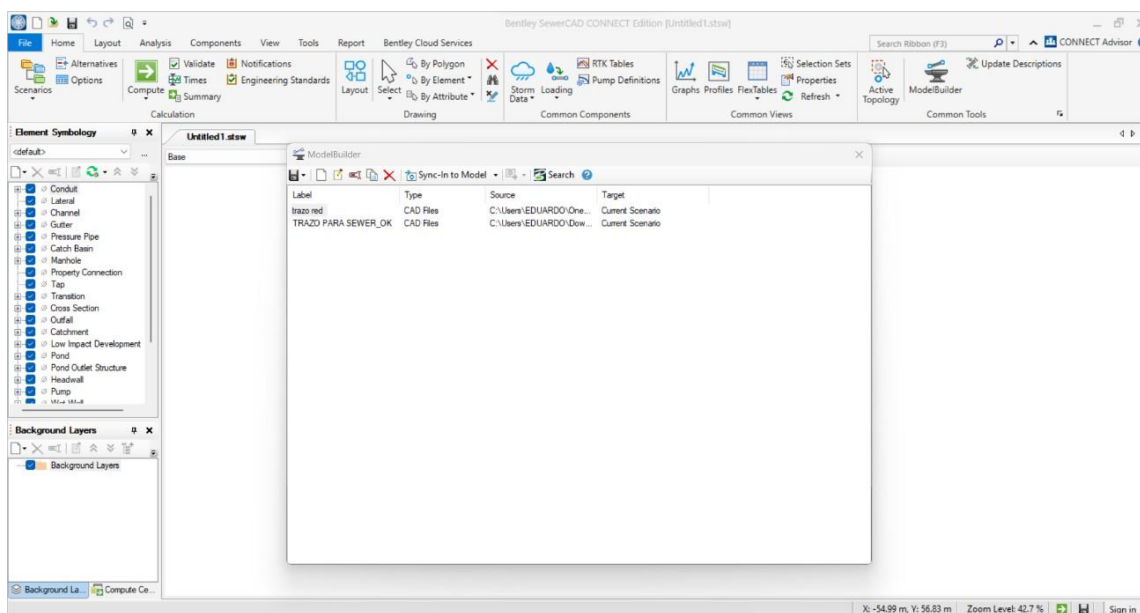


Figura: Importación del trazado preliminar de la red de alcantarillado en el software de modelamiento

Nota Elaboracion Propia.

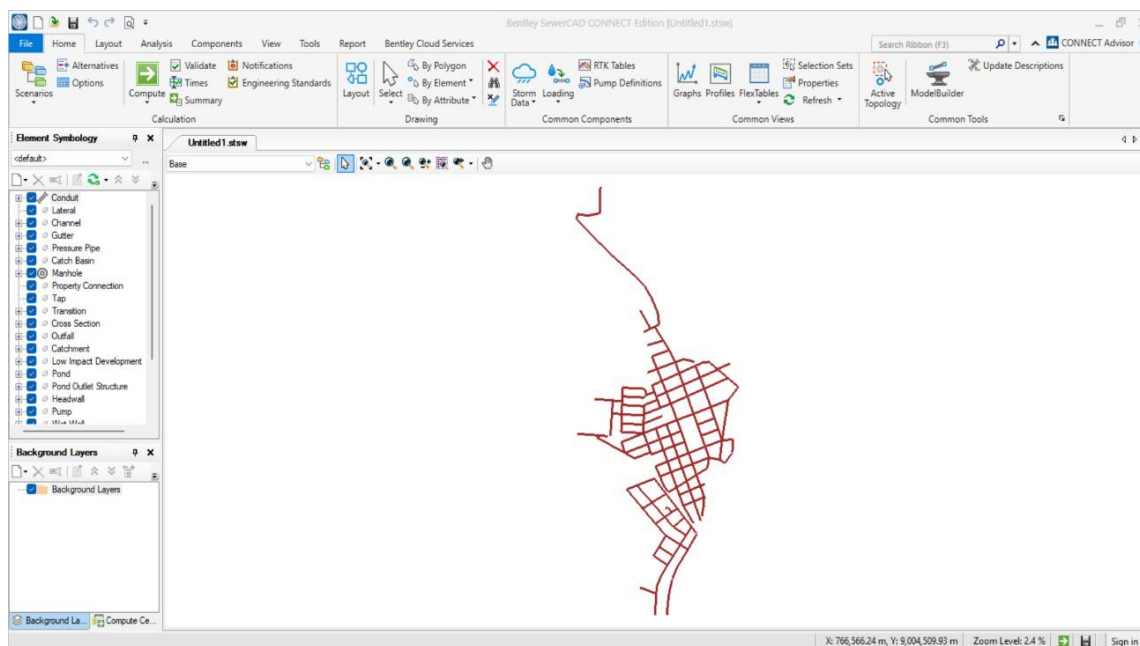


Figura: Vista general del modelamiento de la red de alcantarillado en el centro poblado.

Nota Elaboracion Propia.

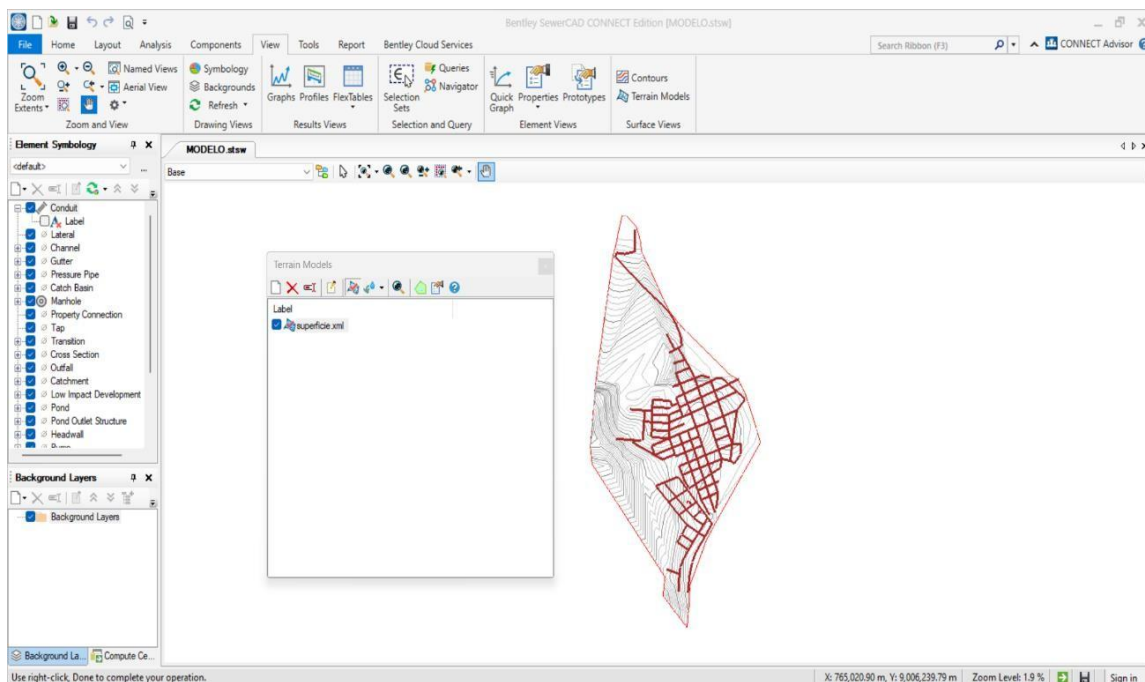


Imagen: Vista general del modelamiento de la red de alcantarillado, anexado las curvas de nivel.

Nota Elaboracion Propia.

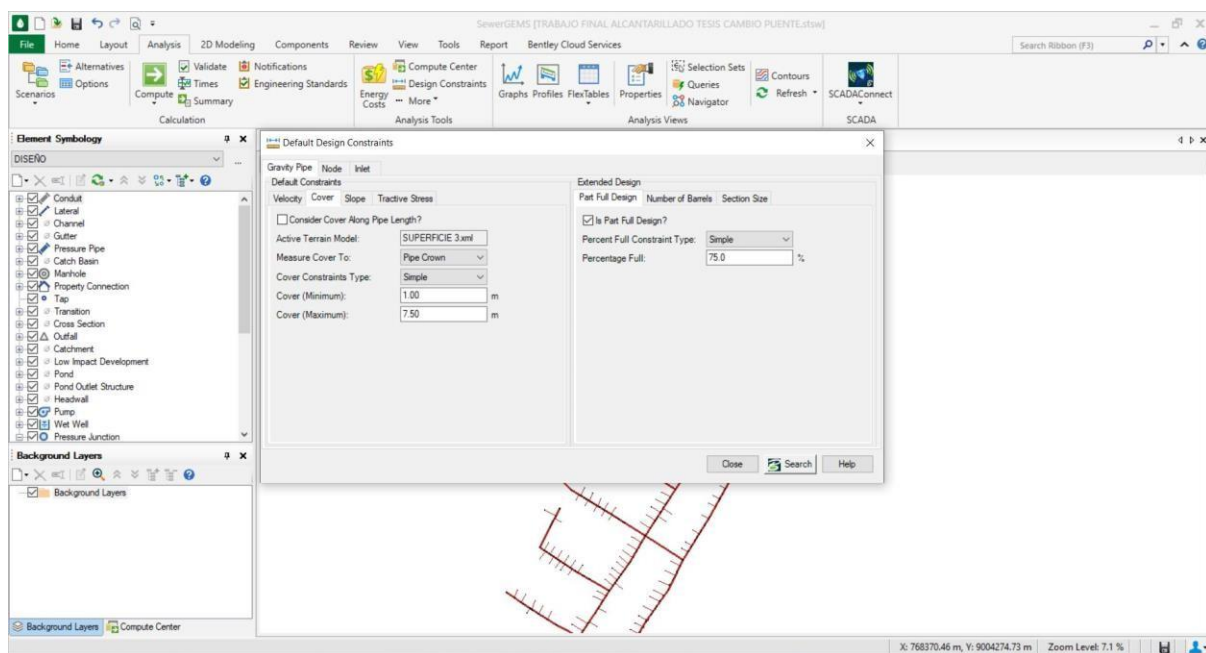


Figura: Vista previa de los Parametros de Velocidades, Tension Tractiva para el diseño en el software.

Nota Elaboracion Propia.

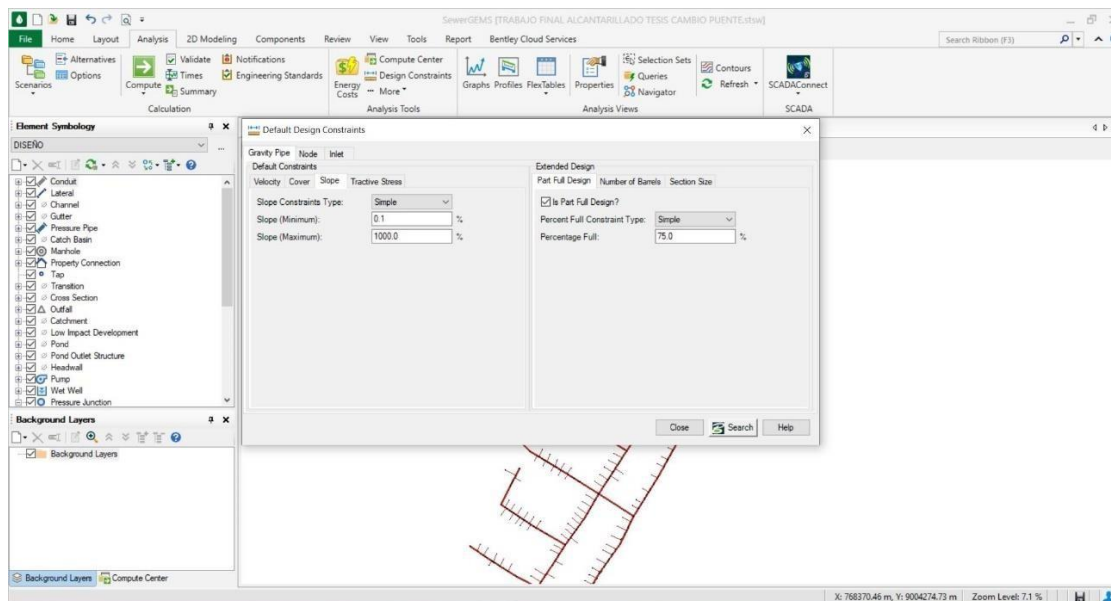


Figura: Vista previa de los Parametros de Velocidades, Tension Tractiva para el diseño en el software

Nota Elaboracion Propia.

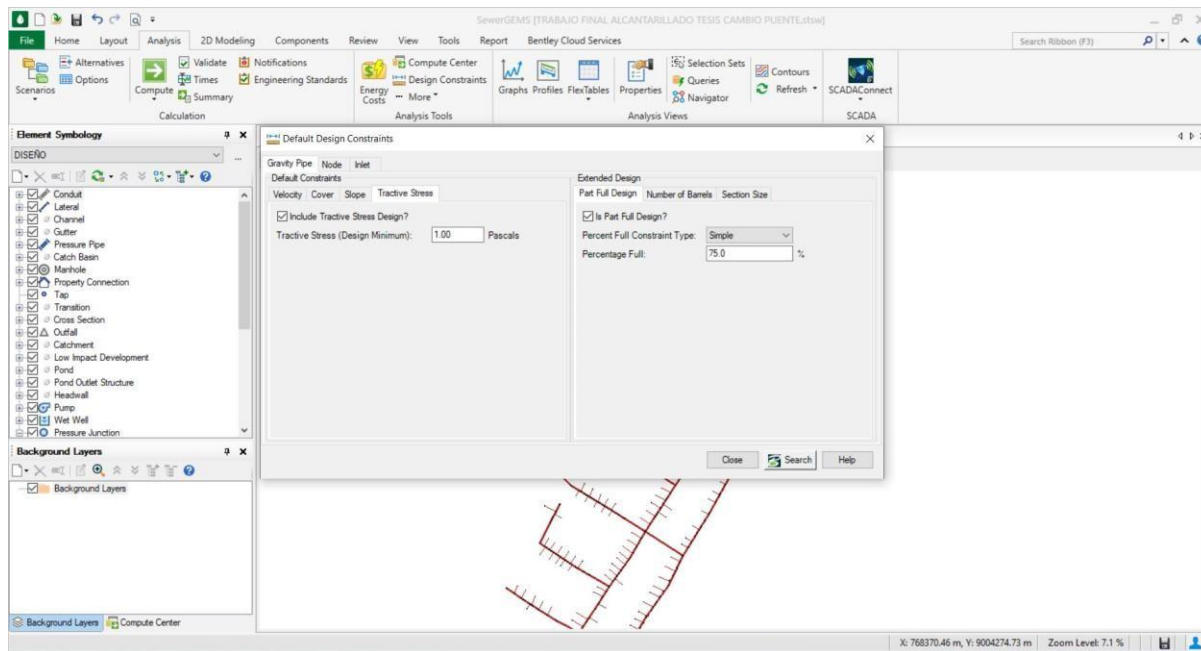


Figura: Vista previa del Parametros de Tension Tractiva para el diseño en el software

Nota Elaboracion Propia.

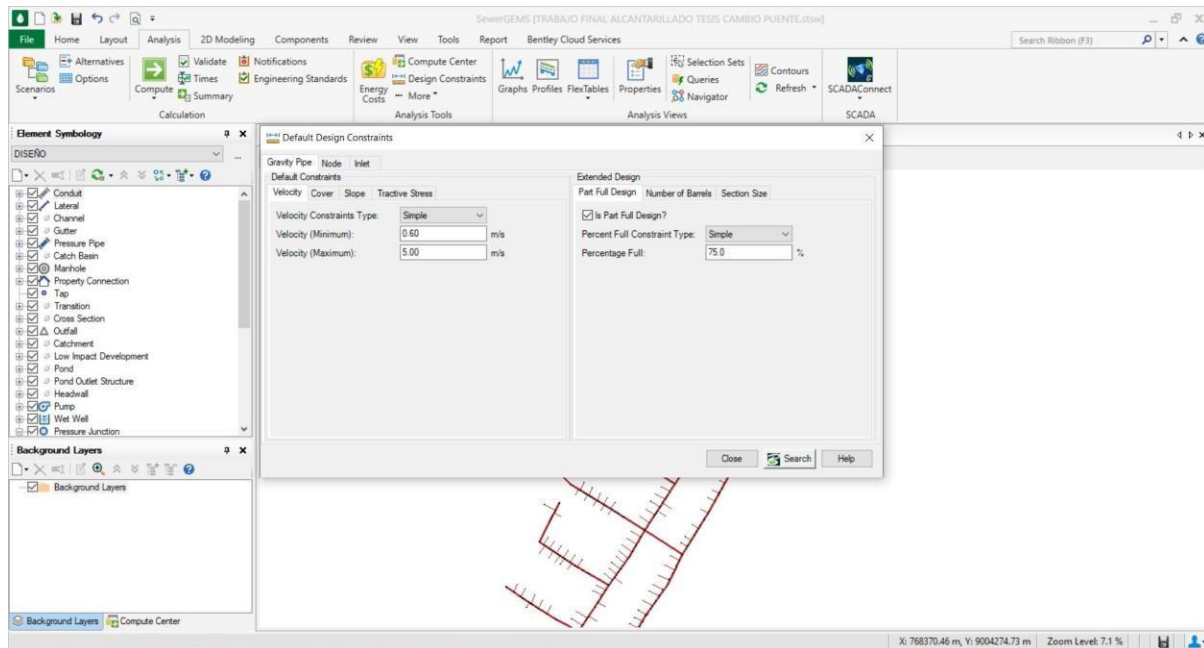


Figura: Vista previa del Parametros deVelocidad para el diseño en el software

Nota Elaboracion Propia.

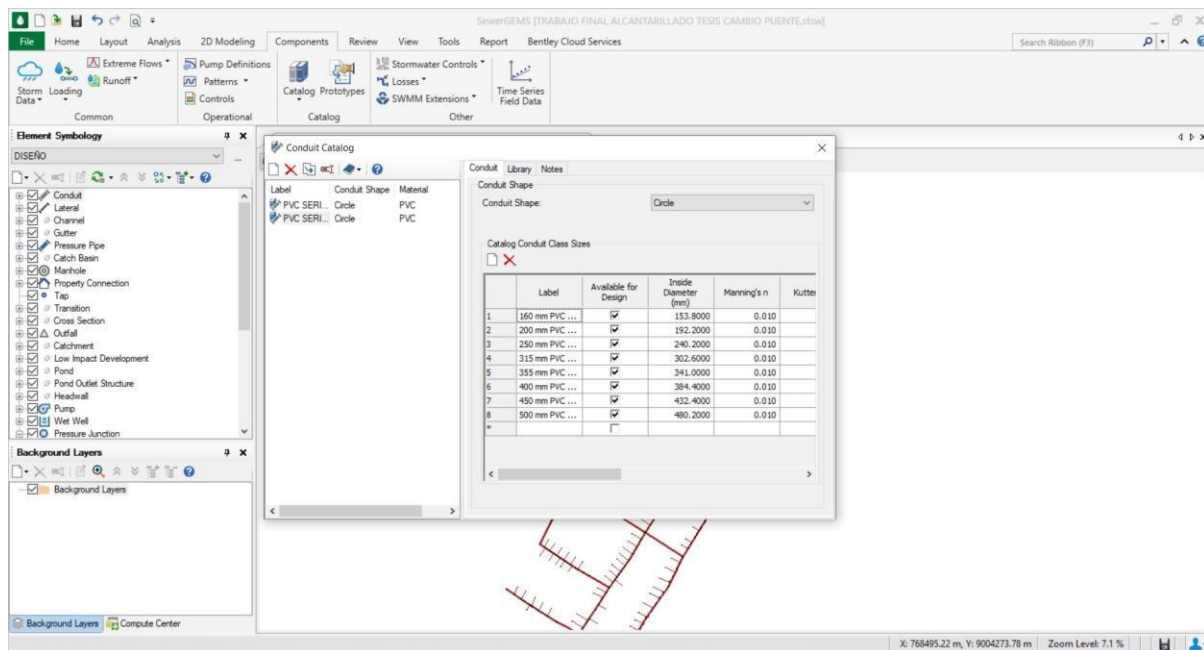


Imagen: Vista previa del Parametros de los Diamtros comerciales para las tuberias dell sistema de Alcantarillado Sanitario.

Nota Elaboracion Propia.

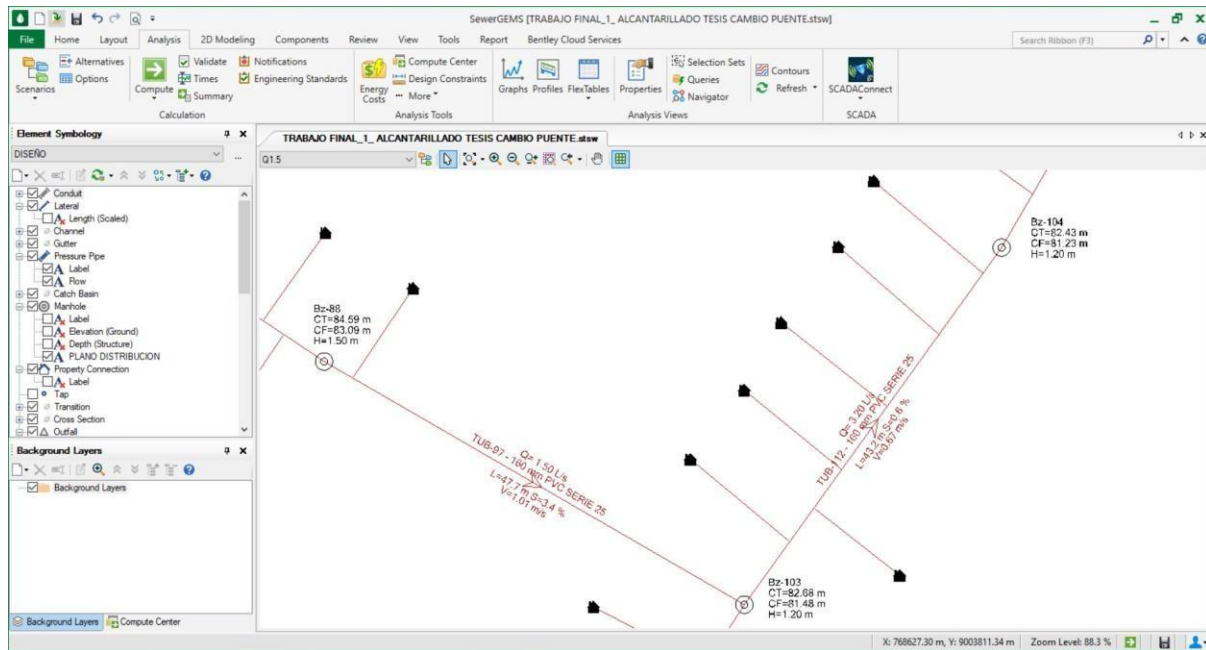


Imagen: Se realiza el diagrama de flujo de la red de alcantarillado Sanitario.

Nota Elaboracion Propia.

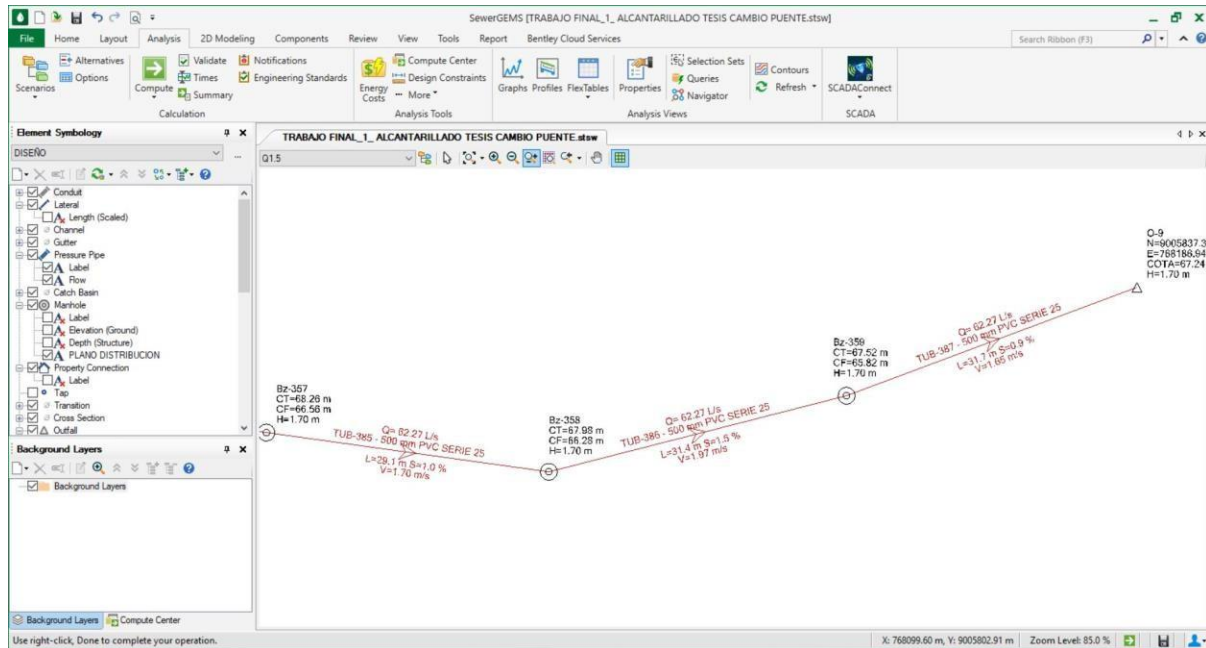


Imagen: Se realiza el diagrama de flujo de la red de alcantarillado hacia la Ptar.

Nota. Elaboracion Propia.



5.2.1.2.3 Tablas de resultados de las tuberías

Elem ento	Buz ón	Cota fondo	Bu zón	Cota fondo	Diám etro nomi nal	Longitud (m)	Pendi ente (%)	Velocid ad promed io (m/s)	Caud al (lps)	Relación Tirante/Di ámetro (%)	Tensi ón tractiv a (Pasc al)
--------------	-----------	---------------	-----------	---------------	-----------------------------	-----------------	----------------------	-------------------------------------	---------------------	---	---

RED COLECTOR

TUB-01	Bz-01	78.01	Bz-03	77.71	160 mm -	33.89	0.90	0.63	1.50	20.80	1.51
TUB-02	Bz-02	81.26	Bz-03	77.71	160 mm -	44.49	8.00	1.37	1.50	16.90	8.34
TUB-03	Bz-03	77.71	Bz-04	77.43	160 mm -	32.87	0.90	0.62	1.50	20.50	1.46
TUB-04	Bz-04	77.43	Bz-05	77.09	160 mm -	44.69	0.80	0.60	1.50	20.80	1.33
TUB-05	Bz-05	77.09	Bz-06	76.55	160 mm -	66.36	0.80	0.61	1.50	20.60	1.41
TUB-06	Bz-06	76.55	Bz-07	76.36	160 mm -	20.50	0.90	0.64	1.50	20.40	1.56
TUB-07	Bz-07	76.36	Bz-10	76.16	160 mm -	21.10	0.90	0.64	1.50	20.30	1.59
TUB-08	Bz-08	82.00	Bz-09	81.04	160 mm -	47.39	2.00	0.84	1.50	18.70	2.87
TUB-09	Bz-09	81.04	Bz-10	76.16	160 mm -	48.80	10.00	1.48	1.50	16.30	9.93
TUB-10	Bz-10	76.16	Bz-11	75.81	355 mm -	27.67	1.30	0.65	1.50	7.10	1.69
TUB-11	Bz-11	75.81	Bz-186	75.18	355 mm -	23.61	2.70	0.83	1.50	21.40	3.01
TUB-12	Bz-12	82.66	Bz-13	82.06	160 mm -	40.58	1.50	0.76	1.50	19.60	2.25
TUB-13	Bz-13	82.06	Bz-14	81.58	160 mm -	32.24	1.50	0.76	1.50	19.60	2.26
TUB-14	Bz-14	81.58	Bz-33	80.57	160 mm -	34.89	2.90	0.95	1.50	27.70	3.80
TUB-15	*Bz-128	81.76	Bz-31	81.25	160 mm -	57.84	0.90	0.63	1.50	26.30	1.50
TUB-16	Bz-15	85.95	Bz-16	85.30	160 mm -	32.18	2.00	0.84	1.50	19.00	2.87
TUB-17	Bz-16	85.30	Bz-17	84.72	160 mm -	28.53	2.00	0.85	1.50	19.00	2.88



TUB-18	Bz-17	84.72	Bz-28	83.48	160 mm -	56.56	2.20	0.87	1.50	24.50	3.06
TUB-19	*Bz-140	87.58	Bz-18	86.37	160 mm -	38.94	3.10	0.99	1.50	18.30	4.00
TUB-20	Bz-18	86.37	Bz-22	85.52	160 mm -	33.65	2.50	0.91	1.50	18.60	3.42
TUB-21	Bz-19	89.28	Bz-20	88.41	160 mm -	51.17	1.70	0.79	1.50	19.40	2.51
TUB-22	Bz-20	88.41	Bz-21	86.71	160 mm -	40.94	4.20	1.09	1.50	17.80	5.02
TUB-23	Bz-21	86.71	Bz-22	85.52	160 mm -	39.82	3.00	0.96	1.50	18.40	3.90
TUB-24	Bz-22	85.52	Bz-23	84.88	160 mm -	34.93	1.80	0.82	1.50	19.20	2.66
TUB-25	Bz-23	84.88	Bz-26	84.52	160 mm -	35.66	1.00	0.66	1.50	20.50	1.67
TUB-26	Bz-24	86.42	Bz-25	85.49	160 mm -	37.24	2.50	0.91	1.50	18.70	3.39
TUB-27	Bz-25	85.49	Bz-26	84.52	160 mm -	39.02	2.50	0.91	1.50	18.70	3.37
TUB-28	Bz-26	84.52	Bz-27	84.08	160 mm -	51.10	0.90	0.63	1.50	23.00	1.47
TUB-29	Bz-27	84.08	Bz-28	83.48	160 mm -	47.05	1.30	0.73	1.61	24.80	2.07
TUB-30	Bz-28	83.48	Bz-29	82.96	160 mm -	47.96	1.10	0.74	2.01	26.60	2.01
TUB-31	Bz-29	82.96	Bz-30	82.33	160 mm -	35.44	1.80	0.89	2.12	27.50	3.03
TUB-32	Bz-30	82.33	Bz-31	81.25	160 mm -	36.06	3.00	1.10	2.27	28.90	4.69
TUB-33	Bz-31	81.25	Bz-32	80.90	160 mm -	34.53	1.00	0.78	2.59	30.10	2.13
TUB-34	Bz-32	80.90	Bz-33	80.57	160 mm -	36.79	0.90	0.75	2.65	31.50	1.96
TUB-35	Bz-33	80.57	Bz-34	79.87	160 mm -	40.99	1.70	0.99	3.09	33.20	3.45
TUB-36	Bz-34	79.87	Bz-35	78.93	160 mm -	44.93	2.10	1.07	3.25	34.00	4.15
TUB-37	Bz-35	78.93	Bz-118	76.09	160 mm -	47.15	6.00	1.58	3.36	50.60	9.61
TUB-38	Bz-36	81.78	Bz-37	81.15	160 mm -	45.58	1.40	0.74	1.50	19.80	2.13



TUB-39	Bz-37	81.15	Bz-74	78.71	160 mm -	46.37	5.30	1.18	1.50	34.50	6.02
TUB-40	*Bz-44	86.17	Bz-38	84.91	160 mm -	38.68	3.30	1.00	1.50	18.20	4.17
TUB-41	Bz-38	84.91	Bz-39	83.60	160 mm -	42.36	3.10	0.98	1.50	18.30	3.98
TUB-42	Bz-39	83.60	Bz-40	82.78	160 mm -	46.91	1.70	0.80	1.50	19.30	2.56
TUB-43	Bz-40	82.78	Bz-67	82.06	160 mm -	41.00	1.80	0.80	1.50	31.90	2.57
TUB-44	*Bz-82	88.05	Bz-41	87.01	160 mm -	35.60	2.90	0.96	1.50	18.40	3.81
TUB-45	Bz-41	87.01	Bz-44	86.17	160 mm -	34.35	2.40	0.90	1.50	18.70	3.33
TUB-46	*Bz-51	88.66	Bz-42	87.84	160 mm -	43.74	1.90	0.82	1.50	19.20	2.71
TUB-47	Bz-42	87.84	Bz-43	87.25	160 mm -	39.72	1.50	0.76	1.50	19.60	2.26
TUB-48	Bz-43	87.25	Bz-44	86.17	160 mm -	36.19	3.00	0.96	1.50	18.40	3.89
TUB-49	Bz-44	86.17	Bz-47	84.22	160 mm -	53.23	3.70	1.04	1.50	18.00	4.55
TUB-50	Bz-45	85.74	Bz-46	85.25	160 mm -	18.66	2.60	0.92	1.50	18.60	3.53
TUB-51	Bz-46	85.25	Bz-47	84.22	160 mm -	40.44	2.50	0.91	1.50	18.60	3.44
TUB-52	Bz-47	84.22	Bz-65	82.74	160 mm -	39.96	3.70	1.05	1.50	30.00	4.59
TUB-53	*Bz-77	91.30	Bz-48	90.39	160 mm -	35.14	2.60	0.92	1.50	18.60	3.49
TUB-54	Bz-48	90.39	Bz-51	88.66	160 mm -	35.46	4.90	1.15	1.50	17.60	5.68
TUB-55	*Bz-58	91.44	Bz-49	89.99	160 mm -	48.22	3.00	0.97	1.50	18.30	3.90
TUB-56	Bz-49	89.99	Bz-50	89.38	160 mm -	43.55	1.40	0.74	1.50	19.80	2.16
TUB-57	Bz-50	89.38	Bz-51	88.66	160 mm -	48.53	1.50	0.76	1.50	19.60	2.25
TUB-58	Bz-51	88.66	Bz-52	87.13	160 mm -	49.70	3.10	0.98	1.50	18.30	3.97
TUB-59	Bz-52	87.13	Bz-63	85.36	160 mm -	49.98	3.50	1.03	1.50	25.40	4.43
TUB-60	Bz-53	94.13	Bz-54	92.84	160 mm -	32.79	3.90	1.07	1.50	17.90	4.81



TUB-61	Bz-54	92.84	Bz-58	91.44	160 mm -	32.85	4.30	1.10	1.50	17.80	5.12
TUB-62	Bz-55	93.80	Bz-56	92.91	160 mm -	48.82	1.80	0.81	1.50	19.20	2.65
TUB-63	Bz-56	92.91	Bz-57	92.16	160 mm -	41.02	1.80	0.82	1.50	19.20	2.65
TUB-64	Bz-57	92.16	Bz-58	91.44	160 mm -	33.79	2.10	0.86	1.50	18.90	2.99
TUB-65	Bz-58	91.44	Bz-59	89.43	160 mm -	59.64	3.40	1.01	1.50	18.10	4.27
TUB-66	Bz-59	89.43	Bz-61	87.80	160 mm -	58.33	2.80	0.95	1.50	18.40	3.68
TUB-67	Bz-60	89.43	Bz-61	87.80	160 mm -	58.33	2.80	0.95	1.50	18.40	3.68
TUB-68	Bz-61	87.80	Bz-62	86.57	160 mm -	58.38	2.10	0.86	1.50	19.00	2.96
TUB-69	Bz-62	86.57	Bz-63	85.36	160 mm -	58.12	2.10	0.85	1.50	25.40	2.94
TUB-70	Bz-63	85.36	Bz-64	84.01	160 mm -	56.93	2.40	1.01	2.31	28.70	3.95
TUB-71	Bz-64	84.01	Bz-65	82.74	160 mm -	56.25	2.30	1.02	2.48	33.30	3.90
TUB-72	Bz-65	82.74	Bz-66	82.40	160 mm -	33.50	1.00	0.88	3.95	37.60	2.56
TUB-73	Bz-66	82.40	Bz-67	82.06	160 mm -	39.51	0.90	0.83	4.11	39.60	2.29
TUB-74	Bz-67	82.06	Bz-68	81.12	160 mm -	41.00	2.30	1.24	4.79	41.60	5.28
TUB-75	Bz-68	81.12	Bz-73	79.34	160 mm -	32.91	5.40	1.70	4.94	43.70	10.47
TUB-76	*Bz-39	83.52	Bz-69	82.21	160 mm -	49.95	2.60	0.92	1.50	18.60	3.52
TUB-77	Bz-69	82.21	Bz-71	80.35	160 mm -	45.15	4.10	1.09	1.50	17.80	4.98
TUB-78	*Bz-105	80.99	Bz-70	80.66	160 mm -	34.92	0.90	0.65	1.50	20.60	1.59
TUB-79	Bz-70	80.66	Bz-71	80.35	160 mm -	32.20	1.00	0.65	1.50	20.50	1.61
TUB-80	Bz-71	80.35	Bz-72	79.78	160 mm -	30.14	1.90	0.83	1.50	19.20	2.72
TUB-81	Bz-72	79.78	Bz-73	79.34	160 mm -	29.87	1.50	0.76	1.50	34.10	2.24
TUB-82	Bz-73	79.34	Bz-74	78.71	160 mm -	24.42	2.60	1.37	5.78	45.90	6.27



TUB-83	Bz-74	78.71	Bz-117	76.14	160 mm -	23.62	10.90	2.30	5.98	54.20	19.72
TUB-84	Bz-75	93.25	Bz-76	92.14	160 mm -	58.21	1.90	0.83	1.50	19.10	2.74
TUB-85	Bz-76	92.14	Bz-77	91.30	160 mm -	56.59	1.50	0.76	1.50	19.60	2.26
TUB-86	Bz-77	91.30	Bz-78	89.93	160 mm -	45.98	3.00	0.96	1.50	18.40	3.89
TUB-87	Bz-78	89.93	Bz-79	89.01	160 mm -	39.13	2.40	0.89	1.50	18.80	3.23
TUB-88	Bz-79	89.01	Bz-82	88.05	160 mm -	38.31	2.50	0.91	1.50	18.70	3.40
TUB-89	Bz-80	89.14	Bz-81	88.38	160 mm -	36.32	2.10	0.85	1.50	19.00	2.95
TUB-90	Bz-81	88.38	Bz-82	88.05	160 mm -	40.96	0.80	0.61	1.50	21.00	1.40
TUB-91	Bz-82	88.05	Bz-83	86.17	160 mm -	48.93	3.80	1.06	1.50	17.90	4.72
TUB-92	Bz-83	86.17	Bz-84	84.96	160 mm -	47.32	2.60	0.91	1.50	18.60	3.45
TUB-93	Bz-84	84.96	Bz-85	83.10	160 mm -	51.44	3.60	1.04	1.50	22.90	4.51
TUB-94	Bz-85	83.10	Bz-105	80.99	160 mm -	54.95	3.80	1.07	1.56	32.50	4.81
TUB-95	Bz-86	85.26	Bz-87	84.77	160 mm -	53.11	0.90	0.64	1.50	20.70	1.56
TUB-96	Bz-87	84.77	Bz-88	83.09	160 mm -	51.79	3.20	0.99	1.50	18.20	4.15
TUB-97	Bz-88	83.09	Bz-103	81.48	160 mm -	47.74	3.40	1.01	1.50	28.00	4.27
TUB-98	Bz-89	89.20	Bz-90	86.76	160 mm -	54.56	4.50	1.12	1.50	17.70	5.31
TUB-99	Bz-90	86.76	Bz-94	84.16	160 mm -	47.88	5.40	1.20	1.50	17.40	6.17
TUB-100	Bz-91	85.75	Bz-92	85.32	160 mm -	47.02	0.90	0.64	1.50	20.70	1.54
TUB-101	Bz-92	85.32	Bz-93	84.78	160 mm -	45.29	1.20	0.70	1.50	20.10	1.90
TUB-102	Bz-93	84.78	Bz-94	84.16	160 mm -	33.32	1.90	0.82	1.50	19.20	2.69
TUB-103	Bz-94	84.16	Bz-95	83.39	160 mm -	59.72	1.30	0.72	1.50	19.90	2.02



TUB-104	Bz-95	83.39	Bz-96	82.93	160 mm -	53.78	0.90	0.63	1.50	20.80	1.47
TUB-105	Bz-96	82.93	Bz-97	82.58	160 mm -	43.94	0.80	0.61	1.50	23.30	1.39
TUB-106	Bz-97	82.58	Bz-101	82.15	160 mm -	32.77	1.30	0.75	1.68	25.60	2.16
TUB-107	Bz-98	85.99	Bz-99	85.10	160 mm -	36.06	2.50	0.90	1.50	18.70	3.35
TUB-108	Bz-99	85.10	Bz-100	83.74	160 mm -	36.59	3.70	1.05	1.50	18.00	4.60
TUB-109	Bz-100	83.74	Bz-101	82.15	160 mm -	31.10	5.10	1.17	1.50	24.90	5.89
TUB-110	Bz-101	82.15	Bz-102	81.77	160 mm -	34.80	1.10	0.76	2.15	27.70	2.08
TUB-111	Bz-102	81.77	Bz-103	81.48	160 mm -	32.07	0.90	0.72	2.30	30.80	1.85
TUB-112	Bz-103	81.48	Bz-104	81.23	160 mm -	43.23	0.60	0.67	3.20	33.80	1.50
TUB-113	Bz-104	81.23	Bz-105	80.99	160 mm -	36.78	0.70	0.71	3.35	38.10	1.69
TUB-114	Bz-105	80.99	Bz-106	76.74	160 mm -	54.54	7.80	1.93	4.95	47.90	13.95
TUB-115	Bz-106	80.18	Bz-107	79.72	160 mm -	57.11	0.80	0.61	1.50	21.00	1.40
TUB-116	Bz-107	79.72	Bz-108	79.24	160 mm -	58.88	0.80	0.62	1.50	20.90	1.41
TUB-117	Bz-108	79.24	Bz-109	78.77	160 mm -	58.91	0.80	0.61	1.50	21.00	1.39
TUB-118	Bz-109	78.77	Bz-110	78.46	160 mm -	39.06	0.80	0.61	1.50	21.00	1.39
TUB-119	Bz-110	78.46	Bz-111	77.95	160 mm -	56.48	0.90	0.64	1.50	20.70	1.53
TUB-120	Bz-111	77.95	Bz-112	77.45	160 mm -	61.28	0.80	0.62	1.50	20.90	1.41
TUB-121	Bz-112	77.45	Bz-113	77.09	160 mm -	46.57	0.80	0.60	1.50	21.10	1.36
TUB-122	Bz-113	77.09	Bz-114	76.74	160 mm -	40.52	0.90	0.63	1.50	38.30	1.48



TUB-123	Bz-114	76.74	Bz-115	76.54	160 mm -	61.79	0.30	0.66	6.61	54.40	1.26
TUB-124	Bz-115	76.54	Bz-116	76.35	160 mm -	59.76	0.30	0.66	6.78	52.20	1.25
TUB-125	Bz-116	76.35	Bz-117	76.14	315 mm -	53.66	0.40	0.68	6.81	25.80	1.38
TUB-126	Bz-117	76.14	Bz-118	76.09	315 mm -	22.67	0.20	0.67	12.80	32.50	1.16
TUB-127	Bz-118	76.09	Bz-119	76.02	355 mm -	31.49	0.20	0.71	16.19	29.80	1.27
TUB-128	Bz-119	76.02	Bz-120	75.73	355 mm -	122.45	0.20	0.73	16.60	32.90	1.34
TUB-129	*Bz-31	81.25	Bz-121	80.78	160 mm -	33.90	1.40	0.74	1.50	19.80	2.14
TUB-130	Bz-120	80.78	Bz-122	79.23	160 mm -	37.07	4.20	1.09	1.50	34.40	5.04
TUB-131	*Bz-28	83.48	Bz-123	82.74	160 mm -	38.66	1.90	0.83	1.50	19.10	2.75
TUB-132	Bz-121	82.74	Bz-124	81.76	160 mm -	36.29	2.70	0.94	1.50	23.30	3.58
TUB-133	*Bz-26	84.52	Bz-125	83.91	160 mm -	37.91	1.60	0.78	1.50	19.50	2.40
TUB-134	Bz-122	83.91	Bz-126	83.26	160 mm -	35.05	1.90	0.82	1.50	19.20	2.68
TUB-135	*Bz-142	86.34	Bz-127	85.98	160 mm -	38.00	0.90	0.65	1.50	20.60	1.59
TUB-136	Bz-123	85.98	Bz-128	84.69	160 mm -	37.26	3.50	1.02	1.50	18.10	4.36
TUB-137	Bz-124	84.69	Bz-129	83.64	160 mm -	35.33	3.00	0.96	1.50	18.40	3.88
TUB-138	Bz-125	83.64	Bz-130	83.26	160 mm -	32.52	1.20	0.70	1.50	20.10	1.87
TUB-139	Bz-126	83.26	Bz-131	82.45	160 mm -	43.31	1.90	0.82	1.50	19.20	2.70
TUB-140	Bz-127	82.45	Bz-132	81.76	160 mm -	42.55	1.60	0.78	1.50	23.30	2.42
TUB-141	Bz-128	81.76	Bz-133	81.39	160 mm -	37.55	1.00	0.67	1.67	24.00	1.72



TUB-142	Bz-129	81.39	Bz-152	81.03	160 mm -	34.56	1.00	0.70	1.69	33.90	1.80
TUB-143	Bz-130	87.05	Bz-132	85.66	160 mm -	45.74	3.00	0.98	1.50	18.30	3.93
TUB-144	Bz-131	86.54	Bz-132	85.66	160 mm -	48.98	1.80	0.81	1.50	19.30	2.62
TUB-145	Bz-132	85.66	Bz-133	84.58	160 mm -	35.22	3.10	0.98	1.50	18.30	3.96
TUB-146	Bz-133	84.58	Bz-144	83.65	160 mm -	34.52	2.70	0.94	1.50	24.00	3.58
TUB-147	Bz-134	86.82	Bz-142	86.39	160 mm -	52.06	0.80	0.62	1.50	20.90	1.43
TUB-148	Bz-135	90.64	Bz-136	90.17	160 mm -	56.74	0.80	0.62	1.50	20.90	1.43
TUB-149	Bz-136	90.17	Bz-137	89.69	160 mm -	58.42	0.80	0.62	1.50	20.90	1.42
TUB-150	Bz-137	89.69	Bz-138	89.48	160 mm -	14.27	1.50	0.76	1.50	19.70	2.24
TUB-151	Bz-138	89.48	Bz-139	88.52	160 mm -	41.26	2.30	0.89	1.50	18.80	3.20
TUB-152	Bz-139	88.52	Bz-140	87.58	160 mm -	41.10	2.30	0.88	1.50	18.80	3.16
TUB-153	Bz-140	87.58	Bz-141	86.71	160 mm -	33.54	2.60	0.92	1.50	18.60	3.49
TUB-154	Bz-141	86.71	Bz-142	86.39	160 mm -	38.14	0.80	0.62	1.50	20.90	1.44
TUB-155	Bz-142	86.39	Bz-143	84.58	160 mm -	40.92	4.40	1.11	1.50	17.70	5.27
TUB-156	Bz-143	84.58	Bz-144	83.65	160 mm -	33.48	2.80	0.95	1.50	24.00	3.67
TUB-157	Bz-144	83.65	Bz-145	83.15	160 mm -	34.23	1.50	0.80	1.86	25.90	2.45
TUB-158	Bz-145	83.15	Bz-146	82.76	160 mm -	37.67	1.00	0.73	2.06	28.00	1.96
TUB-159	*Bz-124	84.69	Bz-146	83.82	160 mm -	38.18	2.30	0.88	1.50	18.80	3.15
TUB-160	Bz-146	83.82	Bz-147	82.76	160 mm -	33.23	3.20	0.99	1.50	26.10	4.10



TUB-161	Bz-147	82.76	Bz-148	82.19	160 mm -	36.08	1.60	0.90	2.51	29.60	2.97
TUB-162	Bz-148	82.19	Bz-150	81.67	160 mm -	33.20	1.60	0.91	2.57	31.80	2.99
TUB-163	*Bz-126	83.26	Bz-149	82.46	160 mm -	36.20	2.20	0.87	1.50	18.90	3.07
TUB-164	Bz-149	82.46	Bz-150	81.67	160 mm -	35.44	2.20	0.87	1.50	28.30	3.10
TUB-165	Bz-150	81.67	Bz-151	81.26	160 mm -	32.88	1.20	0.90	3.28	34.40	2.78
TUB-166	Bz-151	81.26	Bz-152	81.03	160 mm -	38.61	0.60	0.70	3.48	39.30	1.59
TUB-167	Bz-152	81.03	Bz-153	80.01	160 mm -	37.90	2.70	1.36	5.37	44.00	6.29
TUB-168	Bz-153	80.01	Bz-154	79.23	160 mm -	31.45	2.50	1.33	5.52	45.30	5.96
TUB-169	Bz-154	79.23	Bz-155	79.07	160 mm -	35.18	0.50	0.73	5.97	46.40	1.60
TUB-170	Bz-155	79.07	Bz-156	75.73	160 mm -	36.73	9.10	2.17	6.08	63.80	17.24
TUB-171	Bz-156	80.76	Bz-157	75.73	160 mm -	57.33	8.80	1.41	1.50	51.80	8.98
TUB-172	Bz-157	75.73	Bz-158	75.64	355 mm -	41.42	0.20	0.77	22.91	34.80	1.44
TUB-173	Bz-158	75.64	Bz-160	75.53	355 mm -	38.76	0.30	0.85	22.93	35.30	1.78
TUB-174	Bz-159	79.59	Bz-160	75.53	160 mm -	23.71	17.40	1.78	1.50	52.70	15.26
TUB-175	Bz-160	75.53	Bz-161	75.44	355 mm -	44.51	0.20	0.75	23.06	36.50	1.36
TUB-176	Bz-161	75.44	Bz-163	75.33	355 mm -	49.83	0.20	0.78	23.09	35.70	1.46
TUB-177	*Bz-152	81.03	Bz-162	79.55	160 mm -	43.11	3.40	1.02	1.50	18.10	4.33
TUB-178	Bz-162	79.55	Bz-163	75.33	160 mm -	41.31	10.30	1.49	1.50	51.00	10.12
TUB-179	Bz-163	75.33	Bz-185	75.21	355 mm -	48.76	0.20	0.81	23.51	38.00	1.60



TUB-180	*Bz-177	81.52	Bz-164	80.88	160 mm -	43.27	1.50	0.76	1.50	19.60	2.25
TUB-181	Bz-164	80.88	Bz-165	80.44	160 mm -	42.75	1.00	0.66	1.50	20.40	1.70
TUB-182	Bz-165	80.44	Bz-169	80.20	160 mm -	28.18	0.90	0.62	1.50	20.80	1.46
TUB-183	*Bz-203	84.32	Bz-166	83.59	160 mm -	34.54	2.10	0.86	1.50	19.00	2.97
TUB-184	Bz-166	83.59	Bz-167	82.66	160 mm -	34.03	2.70	0.94	1.50	18.50	3.62
TUB-185	Bz-167	82.66	Bz-168	81.48	160 mm -	35.14	3.40	1.01	1.50	18.20	4.26
TUB-186	Bz-168	81.48	Bz-169	80.20	160 mm -	38.04	3.40	1.01	1.50	18.20	4.27
TUB-187	Bz-169	80.20	Bz-170	79.83	160 mm -	34.14	1.10	0.68	1.50	23.10	1.77
TUB-188	Bz-170	79.83	Bz-181	79.55	160 mm -	34.97	0.80	0.62	1.61	27.50	1.44
TUB-189	*Bz-147	82.76	Bz-171	81.53	160 mm -	59.18	2.10	0.85	1.50	19.00	2.93
TUB-190	Bz-171	81.53	Bz-181	79.55	160 mm -	52.93	3.70	1.05	1.50	27.10	4.63
TUB-191	Bz-172	83.34	Bz-173	82.99	160 mm -	45.36	0.80	0.60	1.50	21.10	1.36
TUB-192	Bz-173	82.99	Bz-175	82.33	160 mm -	43.39	1.50	0.76	1.50	19.60	2.30
TUB-193	Bz-174	82.77	Bz-175	82.33	160 mm -	52.56	0.80	0.62	1.50	20.90	1.44
TUB-194	Bz-175	82.33	Bz-176	82.04	160 mm -	34.56	0.80	0.62	1.50	20.90	1.45
TUB-195	Bz-176	82.04	Bz-177	81.52	160 mm -	36.21	1.40	0.75	1.50	19.70	2.20
TUB-196	Bz-177	81.52	Bz-178	81.19	160 mm -	34.27	1.00	0.65	1.50	20.50	1.61
TUB-197	Bz-178	81.19	Bz-179	80.84	160 mm -	35.98	1.00	0.66	1.50	23.60	1.62
TUB-198	Bz-179	80.84	Bz-180	80.24	160 mm -	57.22	1.00	0.70	1.76	25.70	1.85



TUB-199	Bz-180	80.24	Bz-181	79.55	160 mm -	55.72	1.20	0.78	2.10	29.20	2.27
TUB-200	Bz-181	79.55	Bz-182	79.15	315 mm -	33.72	1.20	0.87	4.19	16.00	2.63
TUB-201	Bz-182	79.15	Bz-184	77.19	315 mm -	37.49	5.20	1.48	4.29	12.20	8.37
TUB-202	*Bz-150	81.67	Bz-183	80.14	160 mm -	55.82	2.70	0.94	1.50	18.50	3.63
TUB-203	Bz-183	80.14	Bz-184	77.19	315 mm -	52.59	5.60	1.10	1.50	12.70	5.49
TUB-204	Bz-184	77.19	Bz-185	75.21	400 mm -	16.67	12.00	1.96	4.84	24.30	15.96
TUB-205	Bz-185	75.21	Bz-186	75.18	400 mm -	17.55	0.20	0.75	28.37	33.60	1.28
TUB-206	Bz-186	75.18	W-1	75.00	450 mm -	10.61	1.70	1.69	29.57	48.30	7.80
TUB-207	Bz-187	79.26	Bz-188	79.13	160 mm -	14.45	0.90	0.64	1.50	20.70	1.53
TUB-208	Bz-188	79.13	Bz-189	78.64	160 mm -	57.69	0.80	0.62	1.50	20.80	1.46
TUB-209	Bz-189	78.64	Bz-190	78.20	160 mm -	54.81	0.80	0.61	1.50	21.00	1.40
TUB-210	Bz-190	78.20	Bz-191	77.71	160 mm -	46.32	1.10	0.67	1.50	20.40	1.73
TUB-211	Bz-191	77.71	Bz-192	77.45	160 mm -	26.96	1.00	0.65	1.50	20.50	1.61
TUB-212	Bz-192	77.45	Bz-193	76.93	160 mm -	61.88	0.80	0.62	1.50	20.90	1.45
TUB-213	Bz-193	76.93	Bz-194	76.69	160 mm -	26.69	0.90	0.64	1.50	20.70	1.53
TUB-214	Bz-194	76.69	Bz-209	76.50	250 mm -	20.12	0.90	0.61	1.50	33.20	1.45
TUB-215	Bz-195	81.34	Bz-196	80.72	500 mm -	36.79	1.70	1.69	31.21	20.20	7.76
TUB-216	Bz-196	80.72	Bz-197	80.17	500 mm -	38.83	1.40	1.59	31.21	20.50	6.78
TUB-217	Bz-197	80.17	Bz-198	79.89	500 mm -	58.53	0.50	1.08	31.21	23.10	2.91



TUB-218	Bz-198	79.89	Bz-199	79.43	500 mm -	54.73	0.80	1.32	31.21	21.70	4.51
TUB-219	Bz-199	79.43	Bz-200	78.90	500 mm -	48.15	1.10	1.45	31.21	24.80	5.57
TUB-220	*Bz-212	85.33	Bz-200	84.82	160 mm -	58.69	0.90	0.63	1.50	20.80	1.49
TUB-221	Bz-200	84.82	Bz-203	84.32	160 mm -	57.63	0.90	0.63	1.50	20.80	1.48
TUB-222	Bz-201	87.23	Bz-202	85.90	160 mm -	57.43	2.30	0.89	1.50	18.80	3.19
TUB-223	Bz-202	85.90	Bz-203	84.32	160 mm -	56.47	2.80	0.95	1.50	18.40	3.69
TUB-224	Bz-203	84.32	Bz-204	83.81	160 mm -	59.81	0.90	0.62	1.50	20.80	1.46
TUB-225	Bz-204	83.81	Bz-205	82.14	160 mm -	56.36	3.00	0.96	1.50	18.40	3.87
TUB-226	Bz-205	82.14	Bz-206	81.18	160 mm -	59.17	1.60	0.78	1.50	19.50	2.42
TUB-227	Bz-206	81.18	Bz-207	78.90	250 mm -	57.89	3.90	1.00	1.50	31.50	4.40
TUB-228	Bz-207	78.90	Bz-208	78.23	500 mm -	53.99	1.20	1.54	32.71	21.30	6.24
TUB-229	Bz-208	78.23	Bz-209	76.50	500 mm -	51.74	3.30	2.18	32.71	26.00	13.49
TUB-230	Bz-209	76.50	Bz-210	76.40	500 mm -	41.56	0.20	0.87	34.21	27.10	1.77
TUB-231	Bz-210	76.40	Bz-211	76.30	500 mm -	44.50	0.20	0.85	34.21	28.30	1.67
TUB-232	*Bz-311	86.28	Bz-211	85.61	160 mm -	37.03	1.80	0.81	1.50	19.20	2.63
TUB-233	Bz-211	85.61	Bz-212	85.33	160 mm -	31.44	0.90	0.63	1.50	20.80	1.52
TUB-234	Bz-212	85.33	Bz-213	82.94	160 mm -	57.39	4.20	1.09	1.50	17.80	5.03
TUB-235	Bz-213	82.94	Bz-214	81.58	160 mm -	57.76	2.40	0.89	1.50	18.80	3.23
TUB-236	Bz-214	81.58	Bz-215	79.95	160 mm -	51.62	3.20	0.99	1.50	18.20	4.04



TUB-237	Bz-215	79.95	Bz-216	77.88	160 mm -	57.69	3.60	1.03	1.50	18.00	4.48
TUB-238	Bz-216	77.88	Bz-217	76.30	400 mm -	56.74	2.80	0.84	1.55	21.80	3.07
TUB-239	Bz-217	76.30	Bz-218	76.24	500 mm -	31.69	0.20	0.81	35.76	27.80	1.49
TUB-240	Bz-218	76.24	Bz-219	76.18	500 mm -	21.16	0.30	0.94	35.76	28.50	2.05
TUB-241	Bz-220	76.18	Bz-221	76.13	500 mm -	31.27	0.20	0.76	35.76	31.00	1.31
TUB-242	Bz-221	78.61	Bz-222	77.81	160 mm -	39.36	2.00	0.85	1.50	19.00	2.88
TUB-243	Bz-222	77.81	Bz-223	76.13	315 mm -	43.52	3.90	0.96	1.50	29.70	4.12
TUB-244	*Bz-223	86.28	Bz-224	83.97	160 mm -	59.25	3.90	1.06	1.50	17.90	4.78
TUB-245	Bz-224	83.97	Bz-225	81.48	160 mm -	54.18	4.60	1.13	1.50	17.60	5.43
TUB-246	Bz-225	82.36	Bz-226	81.48	160 mm -	38.18	2.30	0.88	1.50	18.80	3.18
TUB-247	Bz-226	81.48	Bz-227	79.98	160 mm -	40.44	3.70	1.05	1.50	18.00	4.60
TUB-248	Bz-227	79.98	Bz-228	77.42	160 mm -	38.23	6.70	1.29	1.50	22.80	7.28
TUB-249	Bz-228	77.42	Bz-229	76.13	160 mm -	45.52	2.80	0.96	1.55	61.20	3.77
TUB-250	Bz-229	76.13	Bz-230	76.00	500 mm -	77.07	0.20	0.80	38.80	31.30	1.41
TUB-251	Bz-230	76.00	Bz-231	75.93	500 mm -	40.08	0.20	0.81	38.80	33.10	1.45
TUB-252	*Bz-231	79.66	Bz-232	78.50	160 mm -	50.74	2.30	0.88	1.50	18.80	3.16
TUB-253	Bz-232	78.50	Bz-233	77.47	160 mm -	54.96	1.90	0.82	1.50	19.20	2.71
TUB-254	Bz-233	77.47	Bz-234	75.93	315 mm -	57.57	2.70	0.84	1.50	32.50	3.10
TUB-255	Bz-234	75.93	Bz-235	75.90	500 mm -	27.36	0.10	0.69	40.30	33.00	1.02



TUB-256	Bz-231	75.90	Bz-232	75.71	500 mm -	100.62	0.20	0.84	40.30	31.40	1.57
TUB-257	Bz-232	75.71	Bz-315	75.63	500 mm -	45.23	0.20	0.82	40.30	34.00	1.49
TUB-258	Bz-233	84.21	Bz-236	82.26	160 mm -	53.30	3.70	1.04	1.50	18.00	4.55
TUB-259	Bz-234	85.47	Bz-235	84.49	160 mm -	33.79	2.90	0.95	1.50	18.40	3.81
TUB-260	Bz-235	84.49	Bz-236	82.26	160 mm -	33.20	6.70	1.29	1.50	17.10	7.30
TUB-261	Bz-236	82.26	Bz-237	81.03	160 mm -	41.25	3.00	0.96	1.50	18.40	3.89
TUB-262	Bz-237	81.03	Bz-238	79.10	160 mm -	42.24	4.60	1.13	1.50	17.70	5.40
TUB-263	Bz-238	79.10	Bz-315	75.63	315 mm -	41.14	8.50	1.27	1.50	33.60	7.52
TUB-264	Bz-239	83.70	Bz-240	83.35	160 mm -	39.12	0.90	0.63	1.50	20.80	1.52
TUB-265	Bz-240	83.35	Bz-273	83.01	160 mm -	41.52	0.80	0.62	1.50	38.30	1.42
TUB-266	Bz-241	86.29	Bz-242	85.67	160 mm -	59.19	1.00	0.67	1.50	20.40	1.72
TUB-267	Bz-242	85.67	Bz-265	84.87	160 mm -	55.13	1.50	0.75	1.50	33.50	2.22
TUB-268	Bz-243	89.94	Bz-244	89.47	160 mm -	47.83	1.00	0.66	1.50	20.50	1.63
TUB-269	Bz-244	89.47	Bz-245	88.96	160 mm -	44.25	1.20	0.69	1.50	20.20	1.85
TUB-270	Bz-245	88.96	Bz-246	88.53	160 mm -	37.65	1.10	0.69	1.50	22.80	1.84
TUB-271	Bz-246	88.53	Bz-247	88.00	160 mm -	43.92	1.20	0.71	1.53	23.80	1.94
TUB-272	Bz-247	88.00	Bz-248	87.59	160 mm -	39.54	1.00	0.70	1.77	25.20	1.84
TUB-273	Bz-248	87.59	Bz-249	87.13	160 mm -	35.11	1.30	0.78	1.93	26.00	2.29
TUB-274	Bz-249	87.13	Bz-250	86.73	160 mm -	37.36	1.10	0.73	1.99	26.40	1.98



TUB-275	Bz-250	86.73	Bz-251	86.29	160 mm -	35.94	1.20	0.78	2.06	26.80	2.23
TUB-276	Bz-251	86.29	Bz-264	85.09	160 mm -	34.86	3.40	1.13	2.12	34.10	5.07
TUB-277	Bz-252	87.55	Bz-253	87.03	160 mm -	59.81	0.90	0.63	1.50	20.80	1.49
TUB-278	Bz-253	87.03	Bz-259	86.52	160 mm -	58.71	0.90	0.63	1.50	23.00	1.49
TUB-279	Bz-254	90.42	Bz-255	90.05	160 mm -	34.14	1.10	0.68	1.50	20.30	1.77
TUB-280	Bz-255	90.05	Bz-256	88.53	160 mm -	33.26	4.60	1.13	1.50	17.70	5.40
TUB-281	Bz-256	88.53	Bz-257	87.94	160 mm -	48.23	1.20	0.71	1.50	20.00	1.94
TUB-282	Bz-257	87.94	Bz-258	87.36	160 mm -	57.56	1.00	0.66	1.50	20.50	1.67
TUB-283	Bz-258	87.36	Bz-259	86.52	160 mm -	42.49	2.00	0.84	1.50	23.00	2.82
TUB-284	Bz-259	86.52	Bz-260	86.11	160 mm -	42.56	1.00	0.67	1.61	24.50	1.66
TUB-285	Bz-260	86.11	Bz-261	85.77	160 mm -	39.71	0.90	0.67	1.89	23.40	1.63
TUB-286	Bz-261	85.77	Bz-262	85.37	250 mm -	37.26	1.10	0.71	2.13	15.80	1.88
TUB-287	Bz-262	85.37	Bz-264	85.09	200 mm -	34.61	0.80	0.67	2.24	26.60	1.61
TUB-288	*Bz-201	87.23	Bz-263	86.14	160 mm -	37.19	2.90	0.96	1.50	18.40	3.82
TUB-289	Bz-263	86.14	Bz-264	85.09	160 mm -	33.19	3.20	0.99	1.50	31.90	4.05
TUB-290	Bz-264	85.09	Bz-265	84.87	160 mm -	54.89	0.40	0.66	4.61	42.80	1.31
TUB-291	Bz-265	84.87	Bz-272	83.36	160 mm -	51.36	2.90	1.41	5.53	47.80	6.82
TUB-292	Bz-266	84.52	Bz-267	83.94	160 mm -	49.86	1.20	0.70	1.50	20.10	1.87
TUB-293	Bz-267	83.94	Bz-272	83.36	160 mm -	48.55	1.20	0.70	1.50	36.90	1.91



TUB-294	*Bz-201	87.23	Bz-268	86.17	160 mm -	55.54	1.90	0.83	1.50	19.10	2.74
TUB-295	Bz-268	86.17	Bz-270	84.32	160 mm -	53.49	3.50	1.02	1.50	18.10	4.35
TUB-296	*Bz-212	85.33	Bz-269	84.89	160 mm -	56.92	0.80	0.60	1.50	21.10	1.36
TUB-297	Bz-269	84.89	Bz-270	84.32	160 mm -	57.89	1.00	0.66	1.50	20.50	1.64
TUB-298	Bz-270	84.32	Bz-271	83.82	160 mm -	30.79	1.60	0.78	1.50	19.50	2.42
TUB-299	Bz-271	83.82	Bz-272	83.36	160 mm -	38.23	1.20	0.70	1.50	36.90	1.92
TUB-300	Bz-272	83.36	Bz-273	83.01	160 mm -	52.90	0.70	0.89	7.25	52.60	2.34
TUB-301	Bz-273	83.01	Bz-274	82.71	160 mm -	20.06	1.50	1.23	8.05	46.50	4.68
TUB-302	Bz-274	86.29	Bz-275	85.71	160 mm -	46.66	1.20	0.71	1.50	20.00	1.96
TUB-303	Bz-275	85.71	Bz-276	85.20	160 mm -	41.36	1.20	0.71	1.50	20.00	1.95
TUB-304	Bz-276	85.20	Bz-277	84.75	160 mm -	35.93	1.30	0.71	1.50	20.00	1.98
TUB-305	Bz-277	84.75	Bz-278	82.71	160 mm -	35.27	5.80	1.22	1.50	37.70	6.50
TUB-306	Bz-278	82.71	Bz-279	81.64	200 mm -	31.55	3.40	1.66	8.82	41.90	8.99
TUB-307	Bz-279	81.64	Bz-280	80.36	200 mm -	40.77	3.10	1.62	8.97	55.40	8.54
TUB-308	Bz-280	87.56	Bz-281	86.11	160 mm -	53.48	2.70	0.94	1.50	18.50	3.59
TUB-309	Bz-281	86.11	Bz-282	84.54	160 mm -	54.54	2.90	0.95	1.50	18.40	3.78
TUB-310	Bz-282	84.54	Bz-283	83.12	160 mm -	58.34	2.40	0.90	1.50	18.70	3.32
TUB-311	Bz-283	83.12	Bz-284	82.31	160 mm -	53.83	1.50	0.76	1.50	28.50	2.28
TUB-312	Bz-284	84.07	Bz-285	83.28	160 mm -	41.34	1.90	0.94	2.34	28.50	3.35



TUB-313	Bz-285	83.28	Bz-286	82.67	160 mm -	32.20	1.90	0.94	2.36	28.60	3.34
TUB-314	Bz-286	82.67	Bz-287	82.31	160 mm -	34.22	1.10	0.77	2.38	31.50	2.12
TUB-315	Bz-287	82.31	Bz-288	81.88	160 mm -	50.64	0.80	0.79	3.36	34.40	2.07
TUB-316	Bz-288	81.88	Bz-289	81.56	160 mm -	41.02	0.80	0.77	3.43	35.00	1.96
TUB-317	Bz-289	81.56	Bz-290	81.13	160 mm -	50.05	0.90	0.80	3.59	36.10	2.16
TUB-318	Bz-290	81.13	Bz-306	80.59	160 mm -	49.73	1.10	0.89	3.84	46.90	2.66
TUB-319	Bz-291	83.32	Bz-292	82.27	160 mm -	56.74	1.90	0.82	1.50	19.20	2.68
TUB-320	Bz-292	82.27	Bz-302	81.81	160 mm -	54.16	0.80	0.62	1.50	29.70	1.46
TUB-321	Bz-293	83.40	Bz-294	82.93	160 mm -	58.61	0.80	0.61	1.50	21.00	1.40
TUB-322	Bz-294	82.93	Bz-301	82.41	160 mm -	55.48	0.90	0.65	1.50	28.80	1.58
TUB-323	Bz-295	84.76	Bz-296	84.23	160 mm -	59.78	0.90	0.63	1.50	20.80	1.51
TUB-324	Bz-296	84.23	Bz-300	83.79	160 mm -	55.51	0.80	0.61	1.50	25.30	1.39
TUB-325	Bz-297	86.49	Bz-298	85.86	160 mm -	58.82	1.10	0.67	1.50	20.30	1.75
TUB-326	Bz-298	85.86	Bz-299	85.27	160 mm -	56.37	1.00	0.67	1.50	20.40	1.72
TUB-327	Bz-299	85.27	Bz-300	83.79	160 mm -	53.89	2.70	0.94	1.50	25.30	3.63
TUB-328	Bz-300	83.79	Bz-301	82.41	160 mm -	56.42	2.40	1.02	2.27	31.50	4.01
TUB-329	Bz-301	82.41	Bz-302	81.81	160 mm -	52.23	1.10	0.88	3.50	35.90	2.68
TUB-330	Bz-302	81.81	Bz-303	81.41	200 mm -	16.99	2.40	1.19	4.40	29.20	4.98
TUB-331	Bz-303	81.41	Bz-305	81.33	200 mm -	16.59	0.50	0.68	4.45	31.00	1.45



TUB-332	Bz-304	84.32	Bz-305	81.33	160 mm -	37.38	8.00	1.37	1.50	32.10	8.36
TUB-333	Bz-305	81.33	Bz-306	80.59	160 mm -	41.97	1.80	1.13	4.85	49.30	4.31
TUB-334	Bz-306	80.59	Bz-307	80.36	160 mm -	49.44	0.50	0.81	8.71	72.00	1.88
TUB-335	Bz-307	80.36	Bz-308	80.30	250 mm -	31.17	0.20	0.70	17.83	50.30	1.20
TUB-336	Bz-308	80.30	Bz-309	80.16	250 mm -	38.36	0.40	0.89	17.94	45.60	2.02
TUB-337	Bz-309	80.16	Bz-310	79.87	250 mm -	59.31	0.50	1.00	18.24	46.00	2.57
TUB-338	Bz-310	79.87	Bz-311	79.66	250 mm -	58.12	0.40	0.89	18.40	46.40	2.03
TUB-339	Bz-311	86.28	Bz-312	84.28	160 mm -	38.82	5.20	1.18	1.50	17.50	5.93
TUB-340	Bz-312	84.28	Bz-313	79.66	160 mm -	35.50	13.10	1.62	1.50	47.90	12.25
TUB-341	Bz-313	79.66	Bz-314	79.17	250 mm -	36.25	1.40	1.45	18.82	39.60	5.85
TUB-342	Bz-314	79.17	Bz-315	75.63	315 mm -	40.89	8.70	2.75	19.01	46.10	24.27
TUB-343	Bz-315	75.63	Bz-316	75.55	500 mm -	33.51	0.20	1.02	60.81	36.40	2.24
TUB-344	Bz-316	75.55	Bz-317	75.44	500 mm -	46.94	0.20	1.02	60.81	37.50	2.21
TUB-345	Bz-317	83.65	Bz-318	80.44	160 mm -	57.32	5.60	1.21	1.50	17.30	6.32
TUB-346	Bz-318	80.44	Bz-319	75.44	315 mm -	59.51	8.40	1.26	1.50	35.20	7.50
TUB-347	Bz-319	75.44	Bz-320	75.40	500 mm -	20.75	0.20	0.95	60.81	36.50	1.89
TUB-348	Bz-320	75.40	Bz-321	75.28	500 mm -	12.72	0.90	1.67	60.81	36.40	6.61
TUB-349	Bz-321	75.28	Bz-322	75.24	500 mm -	20.11	0.20	0.96	60.81	37.00	1.94
TUB-350	Bz-322	75.24	Bz-323	75.20	500 mm -	15.58	0.30	1.05	60.81	38.40	2.37



TUB-351	Bz-323	89.23	Bz-324	85.74	160 mm -	46.54	7.50	1.34	1.50	17.00	7.95
TUB-352	Bz-324	85.74	Bz-325	82.87	160 mm -	38.17	7.50	1.34	1.50	16.90	7.97
TUB-353	Bz-325	82.87	Bz-326	80.99	160 mm -	49.70	3.80	1.05	1.50	18.00	4.67
TUB-354	Bz-326	80.99	Bz-327	75.20	315 mm -	49.78	11.70	1.40	1.50	37.30	9.72
TUB-355	Bz-327	86.43	Bz-328	81.41	160 mm -	58.88	8.60	1.40	1.50	16.80	8.79
TUB-356	Bz-328	81.41	Bz-329	75.20	315 mm -	49.24	12.70	1.45	1.50	37.30	10.33
TUB-357	Bz-329	75.20	Bz-330	75.10	500 mm -	62.14	0.20	0.89	62.31	39.70	1.65
TUB-358	Bz-330	75.10	Bz-331	75.03	500 mm -	34.20	0.20	0.97	62.31	36.70	2.00
TUB-359	Bz-331	75.03	Bz-332	74.90	500 mm -	38.25	0.30	1.17	62.31	39.30	2.99
TUB-360	Bz-332	74.90	Bz-333	74.84	500 mm -	48.38	0.10	0.81	62.31	41.00	1.34
TUB-361	Bz-333	84.81	Bz-334	83.58	160 mm -	44.63	2.80	0.94	1.50	18.50	3.64
TUB-362	Bz-334	83.58	Bz-335	82.08	160 mm -	54.62	2.70	0.94	1.50	18.50	3.63
TUB-363	Bz-335	82.08	Bz-336	79.49	160 mm -	58.00	4.50	1.12	1.50	17.70	5.31
TUB-364	Bz-336	79.49	Bz-337	74.84	315 mm -	56.86	8.20	1.25	1.50	35.30	7.34

LINEA EMISOR

TUB-365	Bz-337	74.84	Bz-338	74.79	500 mm -	24.70	0.20	0.97	62.27	36.80	1.98
TUB-366	Bz-338	74.79	Bz-339	74.71	500 mm -	17.84	0.40	1.29	62.27	38.10	3.72
TUB-367	Bz-339	74.71	Bz-340	74.65	500 mm -	38.58	0.20	0.88	62.27	39.60	1.61
TUB-368	Bz-340	74.65	Bz-341	74.58	500 mm -	32.66	0.20	0.99	62.27	39.10	2.08
TUB-369	Bz-341	74.58	Bz-342	74.49	500 mm -	52.67	0.20	0.91	62.27	40.80	1.73
TUB-370	Bz-342	74.49	Bz-343	74.43	500 mm -	38.65	0.20	0.88	62.27	38.20	1.61
TUB-371	Bz-343	74.43	Bz-344	74.21	500 mm -	62.40	0.40	1.18	62.27	34.10	3.08
TUB-372	Bz-344	74.21	Bz-345	74.01	500 mm -	62.41	0.30	1.14	62.27	34.60	2.86
TUB-373	Bz-345	74.01	Bz-346	73.75	500 mm -	55.90	0.50	1.31	62.27	33.00	3.83



TUB-374	Bz-346	73.75	Bz-347	73.67	500 mm -	21.05	0.40	1.22	62.27	33.80	3.27
TUB-375	Bz-347	73.67	Bz-348	73.53	500 mm -	37.92	0.40	1.20	62.27	33.90	3.19
TUB-376	Bz-348	73.53	Bz-349	73.47	500 mm -	20.79	0.30	1.10	62.27	35.00	2.63
TUB-377	Bz-349	73.47	Bz-350	71.82	500 mm -	57.77	2.90	2.50	62.27	27.30	15.89
TUB-378	Bz-350	71.82	Bz-351	70.04	500 mm -	64.83	2.70	2.46	62.27	27.40	15.41
TUB-379	Bz-351	70.04	Bz-352	68.76	500 mm -	65.33	2.00	2.18	62.27	28.30	11.83
TUB-380	Bz-352	68.76	Bz-353	68.24	500 mm -	34.96	1.50	1.98	62.27	29.00	9.54
TUB-381	Bz-353	68.24	Bz-354	67.75	500 mm -	49.47	1.00	1.71	62.27	30.30	6.94
TUB-382	Bz-354	67.75	Bz-355	67.32	500 mm -	41.14	1.00	1.75	62.27	30.10	7.24
TUB-383	Bz-355	67.32	Bz-356	66.91	500 mm -	26.91	1.50	2.00	62.27	29.00	9.72
TUB-384	Bz-356	66.91	Bz-357	66.56	500 mm -	37.40	0.90	1.68	62.27	30.40	6.64
TUB-385	Bz-357	66.56	Bz-358	66.28	500 mm -	29.12	1.00	1.70	62.27	30.40	6.78
TUB-386	Bz-358	66.28	Bz-359	65.82	500 mm -	31.40	1.50	1.97	62.27	29.10	9.43
TUB-387	Bz-359	65.82	O-9	65.54	500 mm -	31.68	0.90	1.65	62.27	30.60	6.35

5.2.1.2.4 Tablas de resultados de buzones

Elemento	COTA (msnm)			Altura De fondo (m)
	Terreno	Tapa	Fondo	
RED COLECTOR				
Bz-01	79.31	79.31	78.01	1.30
Bz-02	82.46	82.46	81.26	1.20
Bz-03	80.81	80.81	77.71	3.10
Bz-04	80.33	80.33	77.43	2.90
Bz-05	79.49	79.49	77.09	2.40
Bz-06	79.90	79.90	76.55	3.35
Bz-07	80.46	80.46	76.36	4.10
Bz-08	83.20	83.20	82.00	1.20
Bz-09	82.34	82.34	81.04	1.30
Bz-10	81.16	81.16	76.16	5.00
Bz-11	81.01	81.01	75.81	5.20
Bz-12	83.86	83.86	82.66	1.20
Bz-13	83.26	83.26	82.06	1.20
Bz-14	82.78	82.78	81.58	1.20

Bz-15	87.15	87.15	85.95	1.20
Bz-16	86.50	86.50	85.30	1.20
Bz-17	85.92	85.92	84.72	1.20
Bz-18	87.87	87.87	86.37	1.50
Bz-19	90.78	90.78	89.28	1.50
Bz-20	89.71	89.71	88.41	1.30
Bz-21	88.21	88.21	86.71	1.50
Bz-22	87.22	87.22	85.52	1.70
Bz-23	86.38	86.38	84.88	1.50
Bz-24	87.72	87.72	86.42	1.30
Bz-25	86.89	86.89	85.49	1.40
Bz-26	86.02	86.02	84.52	1.50
Bz-27	85.38	85.38	84.08	1.30
Bz-28	84.78	84.78	83.48	1.30
Bz-29	84.36	84.36	82.96	1.40
Bz-30	84.13	84.13	82.33	1.80
Bz-31	82.85	82.85	81.25	1.60
Bz-32	82.90	82.90	80.90	2.00
Bz-33	82.27	82.27	80.57	1.70
Bz-34	81.87	81.87	79.87	2.00
Bz-35	81.43	81.43	78.93	2.50



Bz-36	82.98	82.98	81.78	1.20
Bz-37	82.35	82.35	81.15	1.20
Bz-38	86.41	86.41	84.91	1.50
Bz-39	85.10	85.10	83.60	1.50
Bz-40	84.28	84.28	82.78	1.50
Bz-41	88.51	88.51	87.01	1.50
Bz-42	89.34	89.34	87.84	1.50
Bz-43	88.45	88.45	87.25	1.20
Bz-44	87.67	87.67	86.17	1.50
Bz-45	87.24	87.24	85.74	1.50
Bz-46	86.75	86.75	85.25	1.50
Bz-47	85.72	85.72	84.22	1.50
Bz-48	91.59	91.59	90.39	1.20
Bz-49	91.39	91.39	89.99	1.40
Bz-50	90.88	90.88	89.38	1.50
Bz-51	90.36	90.36	88.66	1.70
Bz-52	88.63	88.63	87.13	1.50
Bz-53	95.33	95.33	94.13	1.20
Bz-54	94.04	94.04	92.84	1.20
Bz-55	95.00	95.00	93.80	1.20
Bz-56	94.11	94.11	92.91	1.20
Bz-57	93.36	93.36	92.16	1.20
Bz-58	92.74	92.74	91.44	1.30
Bz-59	90.93	90.93	89.43	1.50
Bz-60	90.93	90.93	89.43	1.50
Bz-61	89.30	89.30	87.80	1.50
Bz-62	88.07	88.07	86.57	1.50
Bz-63	86.86	86.86	85.36	1.50
Bz-64	85.51	85.51	84.01	1.50
Bz-65	84.24	84.24	82.74	1.50
Bz-66	83.90	83.90	82.40	1.50
Bz-67	83.56	83.56	82.06	1.50
Bz-68	82.62	82.62	81.12	1.50
Bz-69	83.71	83.71	82.21	1.50
Bz-70	82.36	82.36	80.66	1.70
Bz-71	82.45	82.45	80.35	2.10
Bz-72	82.18	82.18	79.78	2.40
Bz-73	81.84	81.84	79.34	2.50
Bz-74	81.71	81.71	78.71	3.00
Bz-75	94.75	94.75	93.25	1.50
Bz-76	93.64	93.64	92.14	1.50
Bz-77	92.80	92.80	91.30	1.50

Bz-78	91.43	91.43	89.93	1.50
Bz-79	90.51	90.51	89.01	1.50
Bz-80	90.64	90.64	89.14	1.50
Bz-81	89.78	89.78	88.38	1.40
Bz-82	89.55	89.55	88.05	1.50
Bz-83	87.67	87.67	86.17	1.50
Bz-84	86.46	86.46	84.96	1.50
Bz-85	84.60	84.60	83.10	1.50
Bz-86	86.46	86.46	85.26	1.20
Bz-87	86.37	86.37	84.77	1.60
Bz-88	84.59	84.59	83.09	1.50
Bz-89	90.70	90.70	89.20	1.50
Bz-90	88.26	88.26	86.76	1.50
Bz-91	86.95	86.95	85.75	1.20
Bz-92	86.92	86.92	85.32	1.60
Bz-93	85.98	85.98	84.78	1.20
Bz-94	85.66	85.66	84.16	1.50
Bz-95	84.79	84.79	83.39	1.40
Bz-96	84.43	84.43	82.93	1.50
Bz-97	84.18	84.18	82.58	1.60
Bz-98	87.49	87.49	85.99	1.50
Bz-99	86.60	86.60	85.10	1.50
Bz-100	85.24	85.24	83.74	1.50
Bz-101	83.35	83.35	82.15	1.20
Bz-102	82.97	82.97	81.77	1.20
Bz-103	82.68	82.68	81.48	1.20
Bz-104	82.43	82.43	81.23	1.20
Bz-105	82.29	82.29	80.99	1.30
Bz-106	81.48	81.48	80.18	1.30
Bz-107	81.07	81.07	79.72	1.35
Bz-108	80.44	80.44	79.24	1.20
Bz-109	80.82	80.82	78.77	2.05
Bz-110	80.86	80.86	78.46	2.40
Bz-111	80.55	80.55	77.95	2.60
Bz-112	79.85	79.85	77.45	2.40
Bz-113	79.94	79.94	77.09	2.85
Bz-114	80.34	80.34	76.74	3.60
Bz-115	80.34	80.34	76.54	3.80
Bz-116	80.40	80.40	76.35	4.05
Bz-117	81.04	81.04	76.14	4.90
Bz-118	80.94	80.94	76.09	4.85
Bz-119	80.52	80.52	76.02	4.50



Bz-120	81.98	81.98	80.78	1.20
Bz-121	83.94	83.94	82.74	1.20
Bz-122	85.31	85.31	83.91	1.40
Bz-123	87.48	87.48	85.98	1.50
Bz-124	86.19	86.19	84.69	1.50
Bz-125	85.14	85.14	83.64	1.50
Bz-126	84.66	84.66	83.26	1.40
Bz-127	83.85	83.85	82.45	1.40
Bz-128	83.16	83.16	81.76	1.40
Bz-129	82.99	82.99	81.39	1.60
Bz-130	88.55	88.55	87.05	1.50
Bz-131	88.04	88.04	86.54	1.50
Bz-132	87.16	87.16	85.66	1.50
Bz-133	86.08	86.08	84.58	1.50
Bz-134	88.02	88.02	86.82	1.20
Bz-135	92.14	92.14	90.64	1.50
Bz-136	91.67	91.67	90.17	1.50
Bz-137	91.19	91.19	89.69	1.50
Bz-138	91.08	91.08	89.48	1.60
Bz-139	90.02	90.02	88.52	1.50
Bz-140	89.08	89.08	87.58	1.50
Bz-141	88.11	88.11	86.71	1.40
Bz-142	88.39	88.39	86.39	2.00
Bz-143	86.08	86.08	84.58	1.50
Bz-144	85.15	85.15	83.65	1.50
Bz-145	84.65	84.65	83.15	1.50
Bz-146	85.32	85.32	83.82	1.50
Bz-147	84.26	84.26	82.76	1.50
Bz-148	83.69	83.69	82.19	1.50
Bz-149	83.96	83.96	82.46	1.50
Bz-150	83.17	83.17	81.67	1.50
Bz-151	82.76	82.76	81.26	1.50
Bz-152	82.83	82.83	81.03	1.80
Bz-153	81.81	81.81	80.01	1.80
Bz-154	81.03	81.03	79.23	1.80
Bz-155	80.97	80.97	79.07	1.90
Bz-156	81.96	81.96	80.76	1.20
Bz-157	80.53	80.53	75.73	4.80
Bz-158	80.49	80.49	75.64	4.85
Bz-159	80.79	80.79	79.59	1.20
Bz-160	80.48	80.48	75.53	4.95
Bz-161	80.59	80.59	75.44	5.15

Bz-162	81.75	81.75	79.55	2.20
Bz-163	80.73	80.73	75.33	5.40
Bz-164	83.58	83.58	80.88	2.70
Bz-165	83.14	83.14	80.44	2.70
Bz-166	85.39	85.39	83.59	1.80
Bz-167	84.66	84.66	82.66	2.00
Bz-168	83.48	83.48	81.48	2.00
Bz-169	83.10	83.10	80.20	2.90
Bz-170	82.53	82.53	79.83	2.70
Bz-171	83.03	83.03	81.53	1.50
Bz-172	84.54	84.54	83.34	1.20
Bz-173	84.39	84.39	82.99	1.40
Bz-174	83.97	83.97	82.77	1.20
Bz-175	84.43	84.43	82.33	2.10
Bz-176	84.14	84.14	82.04	2.10
Bz-177	84.02	84.02	81.52	2.50
Bz-178	83.69	83.69	81.19	2.50
Bz-179	83.34	83.34	80.84	2.50
Bz-180	82.64	82.64	80.24	2.40
Bz-181	81.95	81.95	79.55	2.40
Bz-182	81.55	81.55	79.15	2.40
Bz-183	81.94	81.94	80.14	1.80
Bz-184	80.69	80.69	77.19	3.50
Bz-185	80.56	80.56	75.21	5.35
Bz-186	80.58	80.58	75.18	5.40
Bz-187	80.46	80.46	79.26	1.20
Bz-188	80.53	80.53	79.13	1.40
Bz-189	80.39	80.39	78.64	1.75
Bz-190	80.30	80.30	78.20	2.10
Bz-191	80.41	80.41	77.71	2.70
Bz-192	80.45	80.45	77.45	3.00
Bz-193	80.78	80.78	76.93	3.85
Bz-194	80.59	80.59	76.69	3.90
Bz-195	83.34	83.34	81.34	2.00
Bz-196	83.02	83.02	80.72	2.30
Bz-197	82.47	82.47	80.17	2.30
Bz-198	82.19	82.19	79.89	2.30
Bz-199	81.93	81.93	79.43	2.50
Bz-200	86.52	86.52	84.82	1.70
Bz-201	88.43	88.43	87.23	1.20
Bz-202	87.40	87.40	85.90	1.50
Bz-203	86.12	86.12	84.32	1.80



Bz-204	85.31	85.31	83.81	1.50
Bz-205	83.74	83.74	82.14	1.60
Bz-206	82.68	82.68	81.18	1.50
Bz-207	81.70	81.70	78.90	2.80
Bz-208	81.23	81.23	78.23	3.00
Bz-209	80.30	80.30	76.50	3.80
Bz-210	80.50	80.50	76.40	4.10
Bz-211	86.81	86.81	85.61	1.20
Bz-212	86.93	86.93	85.33	1.60
Bz-213	85.14	85.14	82.94	2.20
Bz-214	84.08	84.08	81.58	2.50
Bz-215	83.15	83.15	79.95	3.20
Bz-216	81.18	81.18	77.88	3.30
Bz-217	81.05	81.05	76.30	4.75
Bz-218	80.94	80.94	76.24	4.70
Bz-219	79.81	79.81	78.61	1.20
Bz-220	80.21	80.21	77.81	2.40
Bz-221	85.77	85.77	83.97	1.80
Bz-222	83.56	83.56	82.36	1.20
Bz-223	83.48	83.48	81.48	2.00
Bz-224	82.68	82.68	79.98	2.70
Bz-225	81.92	81.92	77.42	4.50
Bz-226	80.58	80.58	76.13	4.45
Bz-227	80.60	80.60	76.00	4.60
Bz-228	82.90	82.90	78.50	4.40
Bz-229	82.07	82.07	77.47	4.60
Bz-230	80.88	80.88	75.93	4.95
Bz-231	81.00	81.00	75.90	5.10
Bz-232	81.01	81.01	75.71	5.30
Bz-233	85.71	85.71	84.21	1.50
Bz-234	86.67	86.67	85.47	1.20
Bz-235	85.69	85.69	84.49	1.20
Bz-236	84.66	84.66	82.26	2.40
Bz-237	83.53	83.53	81.03	2.50
Bz-238	82.30	82.30	79.10	3.20
Bz-239	84.90	84.90	83.70	1.20
Bz-240	85.15	85.15	83.35	1.80
Bz-241	87.49	87.49	86.29	1.20
Bz-242	87.17	87.17	85.67	1.50
Bz-243	91.44	91.44	89.94	1.50
Bz-244	90.67	90.67	89.47	1.20
Bz-245	90.71	90.71	88.96	1.75

Bz-246	90.73	90.73	88.53	2.20
Bz-247	90.20	90.20	88.00	2.20
Bz-248	89.39	89.39	87.59	1.80
Bz-249	89.53	89.53	87.13	2.40
Bz-250	89.03	89.03	86.73	2.30
Bz-251	87.49	87.49	86.29	1.20
Bz-252	88.75	88.75	87.55	1.20
Bz-253	88.83	88.83	87.03	1.80
Bz-254	91.92	91.92	90.42	1.50
Bz-255	91.55	91.55	90.05	1.50
Bz-256	90.03	90.03	88.53	1.50
Bz-257	89.44	89.44	87.94	1.50
Bz-258	89.06	89.06	87.36	1.70
Bz-259	88.92	88.92	86.52	2.40
Bz-260	89.11	89.11	86.11	3.00
Bz-261	88.67	88.67	85.77	2.90
Bz-262	88.27	88.27	85.37	2.90
Bz-263	88.14	88.14	86.14	2.00
Bz-264	87.89	87.89	85.09	2.80
Bz-265	86.87	86.87	84.87	2.00
Bz-266	85.72	85.72	84.52	1.20
Bz-267	85.94	85.94	83.94	2.00
Bz-268	87.97	87.97	86.17	1.80
Bz-269	86.69	86.69	84.89	1.80
Bz-270	87.52	87.52	84.32	3.20
Bz-271	86.32	86.32	83.82	2.50
Bz-272	86.16	86.16	83.36	2.80
Bz-273	85.41	85.41	83.01	2.40
Bz-274	87.49	87.49	86.29	1.20
Bz-275	86.91	86.91	85.71	1.20
Bz-276	86.40	86.40	85.20	1.20
Bz-277	85.95	85.95	84.75	1.20
Bz-278	85.51	85.51	82.71	2.80
Bz-279	84.64	84.64	81.64	3.00
Bz-280	89.06	89.06	87.56	1.50
Bz-281	87.61	87.61	86.11	1.50
Bz-282	86.04	86.04	84.54	1.50
Bz-283	84.62	84.62	83.12	1.50
Bz-284	85.57	85.57	84.07	1.50
Bz-285	84.78	84.78	83.28	1.50
Bz-286	84.17	84.17	82.67	1.50
Bz-287	83.51	83.51	82.31	1.20



Bz-288	83.08	83.08	81.88	1.20
Bz-289	83.46	83.46	81.56	1.90
Bz-290	83.93	83.93	81.13	2.80
Bz-291	84.52	84.52	83.32	1.20
Bz-292	84.07	84.07	82.27	1.80
Bz-293	84.60	84.60	83.40	1.20
Bz-294	84.53	84.53	82.93	1.60
Bz-295	85.96	85.96	84.76	1.20
Bz-296	85.63	85.63	84.23	1.40
Bz-297	87.69	87.69	86.49	1.20
Bz-298	87.06	87.06	85.86	1.20
Bz-299	86.47	86.47	85.27	1.20
Bz-300	85.89	85.89	83.79	2.10
Bz-301	85.01	85.01	82.41	2.60
Bz-302	84.41	84.41	81.81	2.60
Bz-303	84.21	84.21	81.41	2.80
Bz-304	85.52	85.52	84.32	1.20
Bz-305	84.83	84.83	81.33	3.50
Bz-306	84.39	84.39	80.59	3.80
Bz-307	85.56	85.56	80.36	5.20
Bz-308	83.80	83.80	80.30	3.50
Bz-309	83.36	83.36	80.16	3.20
Bz-310	82.67	82.67	79.87	2.80
Bz-311	87.48	87.48	86.28	1.20
Bz-312	85.48	85.48	84.28	1.20
Bz-313	83.66	83.66	79.66	4.00
Bz-314	81.57	81.57	79.17	2.40
Bz-315	81.03	81.03	75.63	5.40
Bz-316	81.00	81.00	75.55	5.45
Bz-317	86.15	86.15	83.65	2.50
Bz-318	83.94	83.94	80.44	3.50
Bz-319	81.64	81.64	75.44	6.20
Bz-320	81.70	81.70	75.40	6.30
Bz-321	81.78	81.78	75.28	6.50
Bz-322	82.24	82.24	75.24	7.00
Bz-323	91.23	91.23	89.23	2.00
Bz-324	87.74	87.74	85.74	2.00
Bz-325	84.87	84.87	82.87	2.00
Bz-326	83.99	83.99	80.99	3.00

Bz-327	89.93	89.93	86.43	3.50
Bz-328	85.91	85.91	81.41	4.50
Bz-329	82.60	82.60	75.20	7.40
Bz-330	82.75	82.75	75.10	7.65
Bz-331	82.73	82.73	75.03	7.70
Bz-332	81.80	81.80	74.90	6.90
Bz-333	86.81	86.81	84.81	2.00
Bz-334	85.58	85.58	83.58	2.00
Bz-335	84.08	84.08	82.08	2.00
Bz-336	82.49	82.49	79.49	3.00
Bz-360	80.93	80.93	76.18	4.75
RED EMISOR				
Bz-337	80.94	80.94	74.89	6.05
Bz-338	80.35	80.35	74.85	5.50
Bz-339	79.88	79.88	74.78	5.10
Bz-340	79.70	79.70	74.70	5.00
Bz-341	79.23	79.23	74.63	4.60
Bz-342	78.49	78.49	74.49	4.00
Bz-343	78.13	78.13	74.43	3.70
Bz-344	77.01	77.01	74.21	2.80
Bz-345	77.81	77.81	74.01	3.80
Bz-346	78.55	78.55	73.75	4.80
Bz-347	78.87	78.87	73.67	5.20
Bz-348	78.23	78.23	73.53	4.70
Bz-349	77.65	77.65	73.45	4.20
Bz-350	74.52	74.52	71.92	2.60
Bz-351	71.94	71.94	70.14	1.80
Bz-352	70.46	70.46	68.86	1.60
Bz-353	69.94	69.94	68.34	1.60
Bz-354	69.45	69.45	67.85	1.60
Bz-355	69.02	69.02	67.42	1.60
Bz-356	68.61	68.61	67.01	1.60
Bz-357	68.26	68.26	66.66	1.60
Bz-358	67.98	67.98	66.38	1.60
Bz-359	67.52	67.52	65.92	1.60



5.2.1.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO A PRESION

5.2.1.3.1 Diseño de la Cámara de Bombeo

Datos exportados del software:

Label	Elevation (Ground) (m)	Elevation (Rim) (m)	Elevation (Invert) (m)	Flow (Known) (L/s)
BZ-186	80.58	80.58	75.18	31.2

1. Caudales de Contribución:

Caudal Promedio (Qpd) : 14.79 l/s

Caudal Máximo (Qmhd) : 29. 57 L/S

2. Caudal mínimo:

% del Caudal Promedio (50%) : 50 %

Caudal mínimo Qmin : 7.39 l/s

3. Coeficiente de Variación de Caudal

Coeficiente de Variacion diaria (K1) : 1.30

Coeficiente de Variación Horaria(k2) : 2.00

4. Periodo de Retención

Según normativa O.S. 080 del RNE

Periodo de Retención Máximo (t1) : 30 minutos

Periodo de Retención Mínimo (t) (t1) : 30 minutos

5. Cálculos

Volumen útil de cámara húmeda

Según Metcalf & Eddy (1995), el cálculo del caudal de bombeo y volumen útil de la cámara húmeda se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$(K - a)k_1^2 - (a - K^2)k_1 + K(K - 1)(1 + a) = 0 \quad (13)$$

$$K = \frac{Q_{max}}{Q_{min}} \quad (14)$$

$$a = \frac{t_1}{t} \quad (15)$$

$$V_{util} = tQK \frac{(k_1 - 1)}{(k_1 + K - 1)} \quad (16)$$

$$Qb = Q_{min}(k_1) \quad (17)$$

$$\text{Relación } Q_{mhd} / Q_{min} = K \quad 4.00$$

$$\text{Coeficiente de Cálculo : } a = t_1 / t \quad 10.00$$

$$\text{Planteando la ecuación cuadrática : } (K-a)K^2 + (a-K^2)K + K(K-1)(1+a) = 0$$

Desarrollando y adoptando constantes para calcular la determinante ($b^2 - 4ac$) :

$$\begin{aligned} a &= (K - a) = -6.00 \\ b &= (a - K^2) = -6.00 \\ c &= K(K - 1)(1 + a) = 132 \end{aligned}$$

¿ Se obtienen resultados imaginarios para la variable K' ? : **NO**

Raíces de la ecuación cuadrática :

$$\begin{aligned} K_1 &= -5.217 \\ K_1' &= 4.217 \\ K_1 &= \boxed{4.217} (*) \end{aligned}$$

NOTA (*) : Se recomienda tomar como resultado la raíz de menor valor por razones económicas.

6. Resumen

Caudal Mínimo de Contribución	7.39	lt/seg
Caudal Máximo de Contribución	29.57	lt/seg
Caudal de Bombeo $Qb = K_1 \cdot Q_{min}$	31.2	lt/seg
Volumen Util de la Cámara de Bombeo: $V_{util} = t \cdot Qb \cdot K(K_1 - 1) / (K_1)$	2.37	m ³
Volumen Util Seleccionado	2.37	m ³
Tiempo Mínimo de Arranque	3.00	minutos
t _{min} retención (llenado)	1.34	minutos
t _{min} bombeo	1.66	minutos
Tiempo Máximo de Arranque	30.00	minutos
t _{max} retención (llenado)	5.35	minutos
t _{max} bombeo	24.65	minutos



7. Dimensionamiento:

Tipo de sección: Rectangular

Altura util (asumida)	1.00 m	
Lado A	0.80 m	
Lado B	2.97 m	
Lado de la sección seleccionado	A = 0.80 m	
	B = 0.70 m	

Tipo de sección: Circular

Altura util (asumida)	5.56 m	
Diametro (D) :	4.00 m	
<u>Area Circular en Planta:</u>	$n \cdot D^2 / 4$	12.57m ²
V_{Calculado} :		69.87m ³
		>= V_{Util}

5.2.1.3.2 Diseño de la línea de impulsión

1. Datos para el diseño:

Caudal de bombeo: 31.2 l/s

Numero de horas de bombeo (N): 8 Horas

2. Datos para el diseño:

La selección del diámetro de la línea de impulsión se hallara en base a la fórmula de Bresse:

$$D = 1.3 * \left(\frac{N}{24} \right)^{1/4} * (\sqrt{Q_b})$$

D= 174.48 mm

D= 180 mm

Diámetros comerciales:

110	160	200	mm
-----	-----	-----	----



3. Selección del equipo de bombeo:

Caudal de bombeo (Qb)	31.2	l/seg
Cota de terreno	83.34	msnm
Cota nivel de bombeo (nivel de parada)	75.30	msnm
Cota de llegada al punto de descarga	81.34	msnm
Altura estática (He)	6.04	m
Coefficiente de Hazen-Williams(PVC)	150	

Perdida de carga por fricción en la tubería (hf):

Fórmula de Hazen y Williams

$$hf = \frac{1745155 \cdot L \cdot Q_b^{1.85}}{C^{1.85} \cdot D^{4.87}}$$

Item	Caudal (l/s)	Longitud (m)	C (hazen-W)	Diametro (mm)	hf (m)
1	31.2	170.48	150	104	16.98
2	31.2	170.48	150	155	2.43
3	31.2	170.48	150	189	0.93

Diámetro seleccionado: 200 mm

Perdida de carga por accesorio (30% hf)

En la cámara de bombeo

Item	Accesorio	Cant.	D (mm)	K	V (m/s)	hk (m)
1	Codos(90°)	3	250	0.75	0.64	0.05
2	Codos(45°)	3	250	0.40	0.64	0.02
3	Válvula check	3	250	2.50	0.64	0.15
4	Válvula compuerta	3	250	0.20	0.64	0.01
Total						0.24

En la línea de impulsión:



Tramo	Accesorio	Cant.	D (mm)	K	V (m/s)	hk (m)
1	Curvas de 45°	0	200	0.45	0.99	0.00
1	Curvas de 22.5°	0	200	0.14	0.99	0.00
1	Curvas de 90°	4	200	0.75	0.99	0.15
Total						0.15

Tramo	Accesorio	Cant.	D (mm)	K	V (m/s)	hk (m)
11	Perdida por Salida	1	110	1.00	3.28	0.55
Total						0.55

Total hk(M) **0.70**

Perdida de carga total: hf + hk(total)

Tramo	hf (m)	hk (m)	hf + hk (m)
1	0.93	0.70	1.62
Total			1.62

Altura dinámica HDT = He+hft+Ps **8.66 m**

Ps = Presion de sa 1

Potencia de la Bomba:

$$\text{Pot. Bomba} = \frac{PE * Q_b * H_{dt}}{75 * \eta}$$

Datos

PE = Peso específico del agua de desagüe (Kg/m³)	1010.00
Rendimiento del conjunto bomba-motor	75.00 %

Pot. Bomba= **4.9 HP**

Número de bombas a utilizar:

Cantidad	=	1	Unidades +	1	Unidad de Reserva		
Caudal en cada bomba	=	31.2	l/s				
Potencia de cada bomba	=	4.9	HP	<>	Pot. Requerida =	5.0	HP
	<>	3.61	KW			3.7	KW
						Asumida:	5 HP

5.2.1.3.3 Cálculos Hidráulicos Generales:

1. Parámetros de diseño:

	Tramol
Material de tubo	PVC-O
Clase o Presión Nominal	PN16
Coeficiente de rugosidad	150
Caudal de bombeo	31.2
Diámetro Nominal de la tubería	200
Espesor de la tubería	4.4
Diámetro Interior de la tubería	189.2
Longitud por clase de material	170.48
Altura estática	6.04
Carga de presión requerida (P/Y)	1.00
Constante de gravedad	9.81

Resultados preliminares:

Pérdida de carga longitudinal (hf)	0.93
Pérdida de carga locales (hl)	0.70
Altura dinámica de bombeo (Hm)	8.66
Velocidad máxima del flujo	1.11

2. Cálculo de golpe de ariete

$$h_{\text{golpe}} = \frac{a_m \times V}{g}$$

Con: V = Velocidad del líquido en m/s
a = Velocidad de aceleración de la Onda en m/s
g = Aceleración de la Gravedad en m/s²

Velocidad de aceleración de la onda (a) PV

$$a_1 = \sqrt{\frac{K_v}{\rho \times \left(1 + \frac{K_v \times d}{E \times e}\right)}}$$



$\rho =$	1000	Kg/m ³	Densidad del agua a 20 °C
$K_v =$	2.20E+09	Pa	Módulo de Bulk del agua a 20 °c
$d =$	189.20	mm	Diámetro interior de la tubería
$E =$	4.00E+09	Pa	Módulo de Elasticidad PVC-0
$e =$	4.40	mm	Espesor del tubo

Tiempo de parada de la bomba (T)

$$T_c = C + \frac{K \times L \times V}{g \times H_m} \quad \text{Formula de Mendiluce}$$

$L =$	170.48 m	Longitud Total
$V_m =$	1.11 m/s	Velocidad media del flujo
$g =$	9.81 m/s ²	Aceleración de la gravedad
$H_m =$	6.97 m	Altura manométrica
$C \text{ y } K$		Coefficientes de ajuste empirico

Valores de C, según Mendiluce

Si	Condición	C
	$H_m/L < 0.2$	1.0
	$H_m/L \geq 0.4$	0.0
	$H_m/L \approx 0.3$	0.6

$$\begin{aligned} H_m/L &= 0.040 \\ C &= 1 \end{aligned}$$

valores de K, según Mendiluce

Si	Condición	K
	$L < 500$	2.00
	$L \approx 500$	1.75
	$500 < L < 1500$	1.50
	$L \approx 1500$	1.25
	$L > 1500$	1.00

$$\begin{aligned} L &= 170.48 \\ K &= 2.00 \end{aligned}$$

T_c=	6.5	s
-----------------------	------------	----------



Tiempo de propagación de la Onda (Tp)

El tiempo de propagación desde la válvula hasta la embocadura de la tubería:

$$T_p = \frac{2 \times L}{a}$$

L = 170.48 m Longitud de la tubería

a = 298.75 m/s Velocidad de la Onda

$T_p =$	1.1	s
---------	-----	---

Determinación de la posibilidad del golpe de Ariete en la Impulsión

Siendo Tc = Tiempo de cierre de la válvula(s), cuando prevea un:

$T_c \leq T_p$ Equivale a un cierre instantáneo, ya que el tiempo de recorrido de ida y vuelta de la onda de presión es superior al de cierre. Es decir, tenemos un cierre rápido, alcanzándose la sobrepresión máxima en algún punto de la tubería, por lo tanto, se producirá el golpe de

$T_c > T_p$ La onda de presión regresará a la válvula sin que esta se encuentre totalmente cerrada. Estamos ante un cierre lento y ningún punto alcanzará la sobrepresión máxima; en consecuencia, no se

Tipo de cierre	Rápido	☐
	Lento	☒

Conclusión: **No habrá golpe de ariete**

Cálculo de la longitud crítica (Lc)

$$L_c = \frac{a \times T_c}{2}$$

Formula de Michaud

a = 298.75 m/s Velocidad de la Onda

Tc = 6.5 s Tiempo de parada

Lc =	976.90	m
------	--------	---



Cálculo de la sobrepresión por golpe de ariete

$L > L_c$	Impulsión Larga	$T \leq T_p$	Cierre rápido	Allievi	$h_{golpe} =$	$\frac{a \times V}{g}$
$L < L_c$	Impulsión Corta	$T > T_p$	Cierre lento	Michaud	$h_{golpe} =$	$\frac{2 \times L \times V}{g \times T}$

Finalmente, la sobre carga por golpe de ariete h_{golpe} resulta en:

$h_{golpe} =$	5.90 m.c.a.
---------------	-------------

Presiones máximas positivas y negativas

La presión total resulta de la suma de ADT más h_{golpe} :

$h_{golpe} =$	5.90 m.c.a.
ADT (m)=	6.04 m.c.a.

Presión	11.94 m.c.a.
---------	--------------

Presión	0.14 m.c.a.
---------	-------------

Espesor de Colapso para tubería PVC-O

$$e \geq \sqrt[3]{\frac{P_o (1-u^2) \times D_i}{2 \times E}}$$

Donde:	e = Espesor de tubería	0.44	cm
	P_o = presión atmosférica local	1.033	kg/cm ²
	E = Módulo de Elasticidad	4.00E+09	Pa
		40788.65	kg/cm ²
	D_i = Diámetro interior	18.92	cm
	u = Módulo de Poisson	0.45	
	e = Espesor de colapso	0.41	cm

CUMPLE



5.2.2. PROPUESTA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

5.2.2.1. Determinación del Caudal

La Norma OS.090 – Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales establece que el dimensionamiento de los procesos de tratamiento debe realizarse considerando el caudal máximo horario (Q_{mh}) como parámetro de diseño.

5.2.2.2. Proceso de Tratamiento a utilizar

Debido a la inexistencia de un sistema de alcantarillado en el centro poblado, las características de las aguas residuales fueron estimadas utilizando los aportes per cápita establecidos en la Norma OS.090 – Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Reglamento Nacional de Edificaciones. Para el presente diseño, se adoptó un aporte per cápita de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) de 50 g/hab·día, conforme a los valores indicados en dicha normativa (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2021).

a) CALCULO DE DBO

$$\text{Cantidad de DBO} = \frac{\text{Poblacion} \times \text{Aporte percapita (DBO)}}{Q_p + Q_i}$$

$$\text{Cantidad de DBO} = \frac{13561 \text{ hab} \times 50 \text{ g} \left(\frac{\text{hab}}{\text{día}} \right)}{33.86 \text{ l/s}}$$

$$\text{Cantidad de DBO} = 231.77 \text{ mg/l}$$



De acuerdo con los valores establecidos en la Norma OS.090 – Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Reglamento Nacional de Edificaciones, el Límite Máximo Permisible (LMP) para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) es de 100 mg/L. En función de este parámetro normativo, resulta necesario aplicar la siguiente expresión para verificar el cumplimiento del nivel de tratamiento requerido (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2021).

b) CALCULO DE EFICIENCIA REQUERIDA

$$\text{Eficiencia requerida \%} = \frac{\text{DBO existente} - \text{Limite DBO}}{\text{DBO existente}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia requerida \%} = \left(\frac{231.77 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 100 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{231.77 \frac{\text{mg}}{\text{l}}} \right) \times 100$$

$$\text{Eficiencia requerida \%} = 56.85. \%$$

Considerando que el efluente tratado será destinado al riego de áreas verdes y posteriormente descargado al cuerpo receptor más cercano, el cual, según la clasificación de cuerpos de agua superficial, corresponde a la Categoría 3, se debe cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos para dicha categoría. De acuerdo con la normativa vigente, el valor máximo permitido de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) para esta



clasificación es de 15 mg/L (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017).

$$Eficiencia\ requerida\ \% = \frac{DBO\ existente - Limite\ DBO\ Categoria\ 3}{DBO\ existente} \times 100$$

$$Eficiencia\ requerida\ \% = \left(\frac{231.77\ mg/l - 15\ mg/l}{231.77\ mg/l} \right) \times 100$$

$$Eficiencia\ requerida\ \% = 93.50\%$$

5.2.3. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La selección de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) constituye una etapa fundamental dentro de los proyectos de saneamiento, Según el Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma OS.090, la selección del sistema de tratamiento debe basarse en el análisis de caudales de diseño, características del afluente, condiciones climáticas, disponibilidad de terreno y cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles.

Asimismo, según Metcalf & Eddy en *Wastewater Engineering*, la selección del proceso debe realizarse mediante evaluación comparativa técnico-



económica considerando eficiencia de remoción, costos de operación y requerimientos energéticos.

5.2.3.1. Parámetros básicos

La selección adecuada de una PTAR requiere contar previamente con información técnica confiable, según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Los principales datos necesarios son:

Con el propósito de seleccionar la alternativa más adecuada de tratamiento primario para el proyecto, se desarrolló un análisis comparativo estructurado basado en criterios técnicos, hidráulicos, operacionales y espaciales y normativos.

La comparación se fundamentó en parámetros reportados en la literatura especializada, principalmente en Metcalf & Eddy (2014), así como en los lineamientos establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma O.S.090 (MVCS, 2018) y los manuales técnicos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2005).

Los criterios considerados para la evaluación incluyeron:

- Rango poblacional recomendado.
- Adaptación al caudal promedio y máximo del proyecto.
- Eficiencia de remoción de DBO.
- Requerimiento de área en función de la disponibilidad del terreno (1 ha).
- Consumo energético.
- Compatibilidad con tratamiento secundario.



Según Metcalf & Eddy (2014), los sistemas primarios convencionales presentan eficiencias de remoción entre 25 % y 35 %. Asimismo, el RNE O.S.090 (MVCS, 2018) establece la sedimentación primaria como etapa previa obligatoria al tratamiento biológico

La información técnica base fue obtenida de fuentes bibliográficas reconocidas; sin embargo, la sistematización comparativa, interpretación y valoración relativa de cada alternativa corresponden al análisis propio del presente estudio, considerando las condiciones específicas del proyecto (13,561 habitantes y 33.86 L/s de caudal promedio).

En consecuencia, la Tabla presenta una síntesis comparativa elaborada como herramienta metodológica para la toma de decisiones en la etapa de selección tecnológica.

Comparación técnica de alternativas de tratamiento primario para el proyecto de PTAR (13,561 hab; Qprom = 33.86 L/s)

Criterio técnico	Tanque Imhoff	Sedimentador Primario Convencional	Lagunas Facultativas	Reactor RAFA (UASB)
Tipo de proceso	Físico + digestión anaerobia	Físico (sedimentación)	Físico-biológico extensivo	Biológico anaerobio de alta tasa
Clasificación normativa	Tratamiento primario	Tratamiento primario	Primario–secundario combinado	Secundario (primario avanzado)
Rango poblacional recomendado	< 10,000 hab	Medianas–grandes	Pequeñas–medianas	Medianas
Adaptación a 13,561 hab	Limitada	Adecuada	Limitada por área	Adecuada



TRH típico	1.5–2.5 h	1.5–2 h	15–30 días	6–10 h
Remoción típica DBO (%)	25–35 %	30–35 %	75–90 %	65–85 %
DBO efluente estimada (mg/L)*	≈160	≈150	25–60	≈58
Cumple meta ≤ 15 mg/L sin tratamiento secundario	No	No	No	No
Producción de lodos	Media	Media	Baja	Baja
Requiere digestión adicional de lodos	No	Sí	No	No
Consumo energético	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo
Estabilidad hidráulica frente a $Q_{\text{máx}}$ (62.27 L/s)	Baja	Alta	Alta	Media
Flexibilidad operativa	Baja	Alta	Baja	Media
Riesgo potencial de olores	Medio–Alto	Bajo	Bajo–Medio	Medio
Requerimiento de área respecto a 1 ha disponible	Viable	Viable	No viable (>3 ha)	Viable
Compatibilidad con tratamiento secundario	Regular	Excelente	Limitada	Excelente
Complejidad constructiva	Media	Media	Baja	Media–Alta
Costo operativo relativo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo

Nota. Valores estimados considerando DBO afluente ≈ 232 mg/L y factor de punta hidráulico $Q_{\text{máx}}/Q_{\text{prom}} = 1.84$. *Elaboración propia* con base en Metcalf & Eddy (2014), Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) y Organización Panamericana de la Salud (2005), aplicando los parámetros técnicos al proyecto específico.



Conclusión técnica comparativa del tratamiento primario

El análisis comparativo integral de las alternativas de tratamiento primario permitió evaluar su desempeño bajo criterios hidráulicos, poblacionales, espaciales, operativos y normativos, aplicados a las condiciones específicas del proyecto.

Las lagunas facultativas fueron descartadas debido a la limitación de área, ya que el volumen requerido para garantizar tiempos de retención de 15 a 30 días supera ampliamente la hectárea disponible. Por su parte, el tanque Imhoff, aunque técnicamente viable y de bajo consumo energético, presenta menor flexibilidad hidráulica y una eficiencia de remoción limitada (25–35 %), lo que reduce su idoneidad para una población de escala mediana y para una meta global de remoción del 95 %.

En contraste, el **Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)** se posiciona como la **primera alternativa técnica recomendada** para el tratamiento primario del proyecto. Esta selección se fundamenta en las siguientes razones:

Mayor eficiencia de remoción orgánica: el RAFA puede alcanzar eficiencias entre 65 % y 85 % de remoción de DBO, significativamente superiores a los procesos primarios convencionales, lo que reduce la carga orgánica hacia la etapa secundaria y mejora el desempeño global del sistema (Metcalf & Eddy, 2014).

Adecuada adaptación a población mediana: su diseño es compatible con poblaciones del orden de 10,000 a 100,000 habitantes, lo que lo hace técnicamente apropiado para el proyecto.

Bajo consumo energético: al tratarse de un proceso anaerobio, no requiere aireación mecánica, lo que disminuye costos operativos y favorece la sostenibilidad energética.

Menor producción de lodos: los procesos anaerobios generan menos biomasa excedente en comparación con sistemas aeróbicos, reduciendo costos de manejo y disposición final.

Compatibilidad con postratamiento: el RAFA puede integrarse eficientemente con unidades de tratamiento secundario aeróbico o de pulimento, permitiendo alcanzar la meta final de $DBO \leq 15 \text{ mg/L}$.

No obstante, se reconoce que el RAFA no cumple por sí solo el estándar final de calidad del efluente, por lo que requiere obligatoriamente una etapa posterior de tratamiento.

Como **segunda alternativa técnica**, el **sedimentador primario convencional** representa la opción más estable dentro del esquema clásico de tratamiento primario. Su principal fortaleza radica en su alta estabilidad hidráulica frente al caudal máximo horario, debido al control de carga superficial y diseño basado en criterios hidráulicos normativos (MVCS, 2018). Asimismo, presenta excelente compatibilidad con sistemas biológicos posteriores y un comportamiento operacional predecible. Sin embargo, su eficiencia de remoción de DBO (30–35 %) es considerablemente menor que la del RAFA, lo que implica mayores requerimientos en la etapa secundaria.

En consecuencia, bajo un enfoque técnico integral que prioriza eficiencia de remoción, sostenibilidad energética, adaptación poblacional y viabilidad espacial, el **Reactor RAFA se establece como la alternativa primaria óptima**, mientras que el



sedimentador primario convencional se mantiene como alternativa secundaria técnicamente viable.

La decisión final deberá complementarse con el análisis del tratamiento secundario, garantizando el cumplimiento de la meta global de remoción del 95 % establecida para el proyecto.

5.2.3.1. METODOLOGÍA DE ALTERNATIVAS PARA TRATAMIENTO SECUNDARIO

El Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA), también conocido como UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), es un sistema anaerobio de alta tasa que permite remover entre 65 % y 85 % de la DBO en aguas residuales municipales (Metcalf & Eddy, 2014). Sin embargo, el efluente generado por este proceso no suele cumplir estándares estrictos de descarga o reúso sin una etapa adicional de tratamiento aeróbico.

Metcalf & Eddy (2014) señalan que los sistemas UASB aplicados a aguas residuales domésticas requieren postratamientos aerobios para mejorar la calidad del efluente, siendo los procesos de biomasa fija (filtros percoladores) y biomasa suspendida (lodos activados) las alternativas más ampliamente documentadas y utilizadas en plantas municipales de escala mediana. De manera concordante, la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2005) establece que los reactores anaerobios deben complementarse con procesos aerobios cuando se requiere alcanzar niveles bajos de DBO en el efluente final.



En función de estas referencias y considerando las condiciones del proyecto (13,561 habitantes; 33.86 L/s; meta de DBO ≤ 15 mg/L), el análisis se centra en dos configuraciones técnicamente consolidadas:

RAFA + Filtro Percolador

RAFA + Lodos Activados

Estas combinaciones presentan amplia aplicación práctica, respaldo bibliográfico y compatibilidad con la escala poblacional del proyecto.

Con una DBO afluente estimada de 232 mg/L y una eficiencia promedio del 75 %, el efluente del RAFA se estima en: DBO ≈ 58 mg/L. La eficiencia global requerida para alcanzar 15 mg/L es 93.5 %, por lo que el tratamiento secundario debe remover aproximadamente 74 % adicional sobre el efluente del RAFA.

Comparación técnica del reactor RAFA con alternativas de postratamiento para cumplimiento de DBO ≤ 15 mg/L

Criterio de evaluación	RAFA + Filtro Percolador	RAFA + Lodos Activados
DBO final estimada (mg/L)	14–15	8–10
Eficiencia global (%)	≈ 94	≈ 96
Consumo energético	Bajo–medio	Alto
Producción de lodos	Moderada	Alta
Complejidad operativa	Media	Alta
Adaptación a 13,561 hab	Adecuada	Adecuada
Requerimiento de área	Moderado	Bajo
Costo operativo relativo	Menor	Mayor
Robustez frente a variaciones hidráulicas	Media	Alta
Sostenibilidad energética	Alta	Media



Nota. Elaboración propia con base en Metcalf & Eddy (2014) y Organización Panamericana de la Salud (2005), aplicando los parámetros técnicos al proyecto específico.

Conclusión comparativa y selección óptima

Ambas configuraciones analizadas permiten cumplir el límite de $DBO \leq 15$ mg/L requerido para reúso. Sin embargo, la evaluación integral considerando eficiencia global, consumo energético, producción de lodos, complejidad operativa y sostenibilidad evidencia diferencias relevantes.

El sistema RAFA + Lodos Activados ofrece mayor margen de seguridad en términos de calidad del efluente y mayor robustez ante variaciones hidráulicas. No obstante, su mayor consumo energético y complejidad operativa pueden representar limitaciones para una población mediana como la del presente proyecto.

Por su parte, el sistema RAFA + Filtro Percolador logra cumplir la meta normativa con eficiencia global adecuada (≈ 94 %), manteniendo menor consumo energético, operación más sencilla y coherencia con un enfoque de sostenibilidad.

En consecuencia, considerando los criterios técnicos, poblacionales, hidráulicos y operativos, la alternativa óptima para el proyecto es:

Reactor RAFA + Filtro Percolador + Sedimentador Secundario

Esta configuración garantiza el cumplimiento del estándar de $DBO \leq 15$ mg/L, mantiene coherencia con la literatura técnica especializada y optimiza la relación eficiencia–costo–sostenibilidad para una planta de tratamiento correspondiente a 13,561 habitantes.

TRATAMIENTO TERCIARIO



Filtración Superficial

Se evaluó la incorporación de una etapa de filtración superficial como tratamiento terciario de pulimiento, con el objetivo de mejorar la calidad del efluente tratado y garantizar un margen adicional de seguridad frente a los límites establecidos para reúso.

De acuerdo con Metcalf & Eddy (2014), la filtración granular posterior al tratamiento biológico permite reducir sólidos suspendidos finos y turbidez, mejorando la calidad física del efluente y favoreciendo la eficiencia de los procesos de desinfección. Asimismo, la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2005) señala que en sistemas destinados a reúso es recomendable incorporar etapas de pulimiento cuando se requiere incrementar la calidad del agua tratada.

En el presente proyecto, el sistema RAFA + Filtro Percolador permite alcanzar concentraciones cercanas al límite normativo de DBO (≈ 15 mg/L); sin embargo, la filtración superficial contribuye a reducir sólidos residuales y turbidez, incrementando la estabilidad operacional del sistema. Considerando que el área requerida es reducida en relación con la disponibilidad del terreno (1 ha), su incorporación resulta técnicamente viable.

Sistema De Cloración

Considerando que el efluente tratado será destinado a reúso, se incorpora una etapa de desinfección mediante cloración al final del tren de tratamiento, con el propósito de garantizar la inactivación de microorganismos patógenos remanentes y asegurar el cumplimiento de los estándares microbiológicos aplicables.

De acuerdo con Metcalf & Eddy (2014), la desinfección constituye una etapa fundamental en plantas de tratamiento orientadas a reúso o descarga con potencial contacto humano, siendo la



cloración uno de los métodos más utilizados debido a su efectividad, facilidad operativa y capacidad de mantener un residual desinfectante en el efluente. Asimismo, la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2005) establece que los sistemas de tratamiento para pequeñas y medianas comunidades deben incorporar desinfección cuando el agua tratada se destine a usos que impliquen riesgo sanitario.

En términos de diseño, Metcalf & Eddy (2014) indican que el tiempo de contacto recomendado para procesos de cloración en aguas residuales tratadas se sitúa generalmente entre 15 y 30 minutos, dependiendo de la calidad del efluente y la dosis aplicada. En el presente proyecto, se adopta un tiempo de retención hidráulica de 20 a 30 minutos en el tanque de contacto, valor que resulta adecuado bajo condiciones de baja turbidez previamente logradas mediante filtración superficial, lo cual favorece la eficiencia del proceso de desinfección.

En consecuencia, la incorporación del sistema de cloración se encuentra técnica y sanitariamente sustentada, constituyendo un componente esencial del tren de tratamiento propuesto para garantizar la seguridad del reúso.

Sistema De Tratamiento Seleccionado Para PTAR

Como resultado del análisis técnico comparativo de alternativas de tratamiento, considerando los parámetros específicos del proyecto para reúso de aguas residuales, se seleccionó un tren de tratamiento integral que garantiza el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos y la viabilidad técnica–operativa del sistema.

El esquema seleccionado para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) está conformado por las siguientes unidades:



El esquema seleccionado comprende:

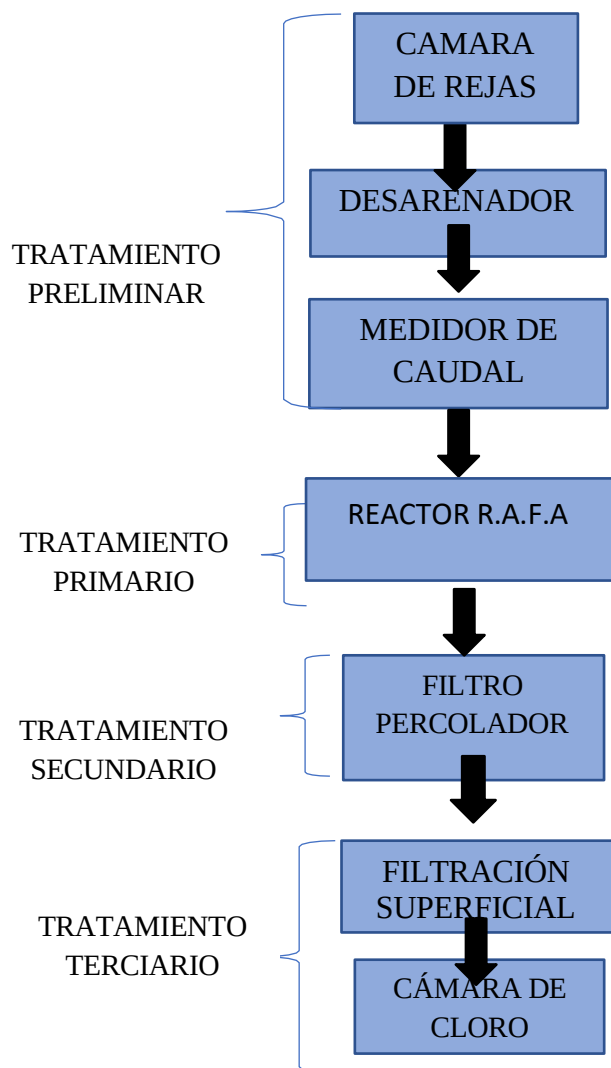
- Cámara de rejas.
- Desarenador.
- Reactor anaerobio de flujo ascendente.
- Filtros biológicos. + Sedimentador Secundario
- Filtración Superficial

PROPUESTA ÓPTIMA

Sistema de tratamiento de aguas residuales en base a **Reactor RAFA + Filtro**

Percolador + Sedimentador Secundario

Figura: Descripción grafica de la Propuesta:



Nota. Elaboración propia.

ANEXO: DISEÑO DE ESTRUCTURAS



CAPITULO VI:

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES



6.1 CONCLUSIONES

- El centro poblado Cambio Puente presenta una deficiencia crítica en saneamiento básico debido a la inexistencia de un sistema de alcantarillado sanitario. La población dispone sus excretas mediante pozos ciegos y sépticos ubicados en sus viviendas, muchos de los cuales se encuentran colapsados, generando riesgos sanitarios y ambientales.
- Si bien el sector cuenta con servicio de agua potable proveniente de la captación de aguas subterráneas y distribuida hasta las conexiones domiciliarias, la ausencia de infraestructura para la evacuación y tratamiento de aguas residuales constituye la principal brecha en los servicios básicos del centro poblado.
- El levantamiento topográfico permitió obtener el plano con curvas del nivel. El Centro Poblado presenta un relieve suavemente ondulado que oscila entre los 82 y 93 m.s.n.m. También se ubicó las redes de alcantarillado diseñadas, hasta la propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales. Además, se determinó las elevaciones, coordenadas, perfiles longitudinales y a la altitud del centro poblado, siendo de 85 m.s.n.m.
- La proyección de la población permitió calcular el número de personas para el diseño del sistema de alcantarillado y de la planta de tratamiento de aguas residuales, resultando 11,061 habitantes para un diseño proyectado a 20 años.
- El estudio de mecánica de suelos, permitió obtener información acerca de la clasificación del suelo. Según la clasificación SUCS el suelo en el Centro Poblado se identificó como SP, arenas mal graduadas, A-1b con presencia de fragmentos de gravas, no presenta nivel freático. El terreno destinado para la planta de tratamiento colinda con terreno agrícola y el suelo identificado es SP-

SM, arenas mal graduadas con presencia de limos, con presencia de nivel freático a 2.50 m.

- Se concluye que los cálculos hidráulicos obtenidos al realizar el diseño del sistema de alcantarillado en el Software Sewer Cad, cumplen con los parámetros establecidos en la Norma OS.070 del RNE, siendo estos los siguientes.

-Los tramos del sistema de alcantarillado, se cumplieron con la tensión tractiva mínima $\sigma_t=1.00\text{Pa}$, la cual garantiza una auto limpieza de las tuberías.

- Se obtuvo una velocidad mínima de $V_{\min}=0.60\text{m/s}$ en la tub 191 y una velocidad máxima de $V_{\max}=2.75\text{ m/s}$ en la tub 342, las cuales están dentro de los parámetros establecidos en la Norma OS.070 como velocidad máxima $V_{\max}=5.00\text{ m/s}$.

-Se obtuvieron diámetros de colectores de Ø200mm, Ø250mm, Ø400mm Ø500mm, lo que se encuentra dentro de lo establecido en La Norma OS.70, en la cual indica que la red de alcantarillado debe tener un diámetro nominal mínimo de Ø160mm.

- La profundidad mínima de los buzones es de $h=1.20\text{ m}$, mientras que la profundidad máxima es $h=5.40\text{ m}$ (BZ-186), encontrándose dentro de los parámetros de la Norma OS.070, donde señala que debe tener un recubrimiento mínimo de $h=1.00\text{m}$ en las calles en donde existe el tránsito de vehículos.

-De los parámetros establecidos por la Norma OS.070, indica una pendiente mínima de $S_{\min}=5.00\text{‰}$, lo cual se cumple en el diseño realizado.

- De acuerdo con lo establecido en la Norma OS.070, se realizó el diseño considerando las tuberías parcialmente llenas hasta un 75% de las tuberías.



- La altura de los buzones es de $h=1.20$ m, La cota de descarga obtenida del diseño es de $CF=67.24$ msnm.
- La longitud total de colectores para el sistema de Alcantarillado es de $L=16.72$ km
- Se obtuvo una cantidad de 360 buzones para todo el sistema de desagüe.
- La propuesta de planta de tratamiento en el Centro Poblado Cambio Puente cuyo objetivo planteado es el reusó de aguas residuales para áreas de cultivo, se basó en parámetros de diseño hidráulico y del reglamento Nacional de Edificaciones, con un caudal de entrada de 33,36 l/s, y con una eficiencia al 94 %. Los componentes son una cámara de rejillas, desarenador, 2 Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente, 2 sedimentadores, 2 filtros biológicos y un sistema de filtración y una cámara de cloración. El Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente es una tecnología con amplias ventajas, puede ser aplicado en condiciones de presencia de nivel freático y cumple con la eficiencia requerida.



6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de los softwares computacionales, para el diseño de los sistemas de alcantarillado, ya que permite optimizar el tiempo de los cálculos.
- Se recomienda el uso de equipos calibrados y en buen estado para reducir errores y obtener una mejor precisión con distancias y ángulos en el levantamiento topográfico.
- Se recomienda recopilar datos de la zona de estudio a las Entidades Públicas, para realizar la proyección de la población, ya que existe poca documentación bibliográfica de centros poblados, lo cual no brinda una precisión adecuada.
- Se recomienda realizar el procesamiento y análisis de resultados de forma escalonada y organizada para evitar complicaciones, debido a que la zona de estudio es de gran extensión por lo que se requiere un trabajo minucioso para cumplir con los parámetros establecidos y obtener un resultado óptimo.
- Se recomienda complementar el proyecto con estudios geotécnicos específicos en la etapa de ejecución, a fin de optimizar el diseño estructural de las unidades proyectadas y verificar las condiciones de cimentación, nivel freático y capacidad portante del suelo, garantizando mayor precisión constructiva.
- Se recomienda informar y capacitar a la población sobre el adecuado mantenimiento y funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Se recomienda un pretratamiento en todo diseño y empleo de Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente, para que este funcione adecuadamente ya que, de lo contrario, podría presentarse obstrucciones en las tuberías de alimentación, lo que ocasionaría un mal funcionamiento en el reactor.



CAPITULO VII:

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS



- Acosta, F. y Delgado, V. (2020). *Diseño de Alcantarillado Sanitario y Tratamiento de Aguas Residuales para mejorar la Disposición de excretas en el Centro Poblado el Nazareno del Distrito San José, Provincia y Región Lambayeque*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. Lima-Perú.
- Autoridad Nacional del Agua (2010). Manual: Criterios de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico. Lima.
- Agüero, J. y Berrios, J. (2023). *Diseño de una Planta de Tratamiento con presencia de Alto Nivel Freático para depurar las Aguas Residuales del Centro Poblado Espinal, Distrito Catache, Provincia Santa Cruz, Departamento Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. Lima-Perú.
- Basualdo, S. (2013). Población de Diseño: Métodos de Cálculo Poblacional, Lima, UNI.
- Castillo, D. y Marcelino, R. (2017). *Análisis y optimización del tratamiento de aguas residuales mediante el sistema de reactores UASB, en la PTAR “Centro Sur”, Provincia del Santa, Departamento de Ancash*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Nuevo Chimbote-Perú.
- Gonzales Ruiz, B. R. (2020). *Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario en la Urbanización Mirador de Rumiyacu, sector Uchuglla en el Distrito de Moyobamba, Provincia de Moyobamba, 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Moyobamba-Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2017). *Directorio nacional de centros poblados*.
-



https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm

La Presidencia de la República. (2008), Decreto Supremo 002-2008-MINAM del 31 de julio de 2008. *Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua*. https://www.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/2013/09/ds_002-2008-minam.pdf

La Presidencia de la República. (2010). Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM del 17 de marzo del 2010. *Aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales*. https://www.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/2013/09/ds_003-2010minam.pdf

La Presidencia de la República. (2015) Decreto Supremo N°015-2015-MINAM del 19 de diciembre de 2015. *Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación*. <https://www.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/2015/12/Decreto-Supremo-N%C2%B0-015-2015-MINAM.pdf>

Ministerio de vivienda, Construcción y saneamiento. (2012). Guía de Opciones Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento para Centros Poblados del Ámbito Rural. Lima: EL PERUANO.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Reglamento Nacional de Edificaciones, CAPECO (2016). Lima-Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (abril de 2018). *Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural*.



<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1743222/ANEXO%20RM%20192-2018-VIVIENDA%20B.pdf.pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (4 de noviembre del 2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Redes de Aguas Residuales*. (Norma OS. 070).

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366336/23%20OS.070%20REDES%20DE%20AGUA%20RESIDUALES%20DS%20N%C2%B0%20010-2009.pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (4 de noviembre del 2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. (Norma OS. 090). [MVCS]. (4 de noviembre del 2021). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366405/25%20OS.090%20PLANTAS%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20DS%20N%C2%B0%20022-2009.pdf>

Nevado Hernández, G. L. (2022). *Evaluación y Estudio de la Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Cayaltí en el Departamento de Lambayeque 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Chiclayo-Perú.

Parámetros de Diseño de Infraestructura de Agua y Saneamiento para Centros Poblados Rurales. Lima: Gobierno del Perú.

Ramírez, S. y Zavaleta, J. (2019). *Evaluación y Propuesta de una Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en el H.U.P. Villa Santa Rosa del Sur, Distrito Nuevo Chimbote, Provincia de Santa-Ancash*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Nuevo Chimbote-Perú.



- Sánchez Merlo, Y. (s.f). *Modelamiento computarizado de Sistemas de Alcantarillado – Aplicación de SewerCAD V8i*. [Archivo PDF].
https://www.academia.edu/36796111/Manual_SewerCAD_1_
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS]. (2015). *Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento*. (1° edición).
<https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS]. (2022). *Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3212482/Informe%20de%20diagn%C3%B3stico%20de%20las%20PTAR.pdf?v=1654900510>.
- Tutaya, H. (2021). *Mejoramiento del efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de biorreactor de membrana – Provincia de Junín*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Los Andes]. Huancayo-Perú.
- Metcalf & Eddy, Inc., AECOM. (2014). *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma O.S.090: Plantas de tratamiento de aguas residuales*. MVCS.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Manual de tratamiento de aguas residuales para pequeñas comunidades*. OPS/CEPIS.



CAPITULO VIII:

ANEXOS



MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
EVALUACION DE LOS SERVICIOS BASICOS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA CONDICION DE VIDA EN CAMBIO PUENTE 2022	PROBLEMA PRINCIPAL ¿Si se realiza la evaluación y el diseño de un sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas residuales, se conseguirá mejorar la condición de vida de los pobladores del centro poblado de Cambio Puente?	OBJETIVO GENERAL Realizar la evaluación de los servicios basicos y proponer el diseño de un sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas residuales en el centro poblado de Cambio Puente.	Si se realiza la evaluacion de los servicios basicos y se propone el diseño de un sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas residuales, si se conseguirá mejorar la condición de vida de los pobladores del Centro Poblado de Cambio Puente.	Variable Independiente: Servicios basicos deficientes en el centro Poblado Cambio Puente.
	PROBLEMAS ESPECIFICOS ¿Cuáles son los estudios a realizarse para poder determinar los parametros del diseño de un sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales?	OBJETIVOS ESPECIFICOS Determinar las características topográficas del terreno del centro poblado de Cambio Puente. Determinar los parámetros necesarios para su diseño hidráulico, como la cantidad de habitantes con la que cuenta la zona de estudio del centro poblado de Cambio Puente. Determinar y realizar el diseño hidráulico sanitario y las dimensiones de las estructuras de la planta de tratamiento de aguas residuales.	HIPOTESIS ESPECIFICA Si se determina las características topograficas del terreno se podra realizar un optimo diseño de sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas residuales. Si se determina los parámetros de diseño se realizará un óptimo diseño de sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas residuales.	Variable Dependiente: Diseño de un sistema de alcantarillado y propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales en el centro Poblado Cambio Puente.



MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	HERRAMIENTAS	METODOS
VARIABLE INDEPENDIENTE: SERVICIOS BASICOS DEFICIENTES EN EL CENTRO POBLADO CAMBIO PUENTE	Los servicios básicos, en un centro poblado, o ciudad son las obras de infraestructuras necesarias para reducir las enfermedades de origen hidrico y mejoran las condiciones de vida de la poblacion.	El diagnostico actual del estado de los servicios basicos, se realizara mediante la observacion in situ y el trabajo de campo.	Area de estudio	Superficie Cotas	Estacion total GPS	Determinar los datos a traves de la investigacion, medicion directa y la observacion in situ .
			Demografia	Tamaño de la Poblacion Composicion Tasa de crecimiento	Datos estadisticos del INEI, excell.	
VARIABLE DEPENDIENTE: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLAO Y PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CENTRO POBLADO CAMBIO PUENTE	El sistema de alcantarillado es una serie de redes de tuberias y obras complementarias, destinado a recolectar y transportar aguas residuales que fluyen por gravedad libremente bajo condiciones normales hacia a las plantas de tratamiento de aguas residuales.	Una vez determinado el sistema de diseño de alcantarillado y el proceso de tratamiento de aguas residuales, se realizara los calculos hidraulicos y el diseño en conjunto.	Estructuras: Conexión Predial Camaras de inspeccion Tuberias	Caudal Suelo Topografia Cotas Aportes per capita	Estacion total GPS Excel AutoCAD civil 3d SewerCAD	Realizar el Calculo hidraulico y diseño del sistema de alcantarillado
			Aguas Residuales	Volumen Caudal Procesos de tratamiento	Reglamento Nacional de Edificaciones, Excel, Material bibliografico	Realizar los calculos de volumen y caudal de aguas residuales.
			Estructuras del proceso de tratamiento	Volumen Caudal Procesos de tratamiento	Reglamento Nacional de Edificaciones, Excel, Material bibliografico	Realiza el calculo hidraulico



3. PANEL FOTOGRAFICO



Foto n°01 Levantamiento topográfico en el CP. Cambio Puente en el Pasaje Piura.



Foto n°02 Levantamiento topográfico en el CP. Cambio Puente en el Jiron Palasca



Foto n°03 Levantamiento topográfico en el CP. Cambio Puente en el Jirón San Francisco.

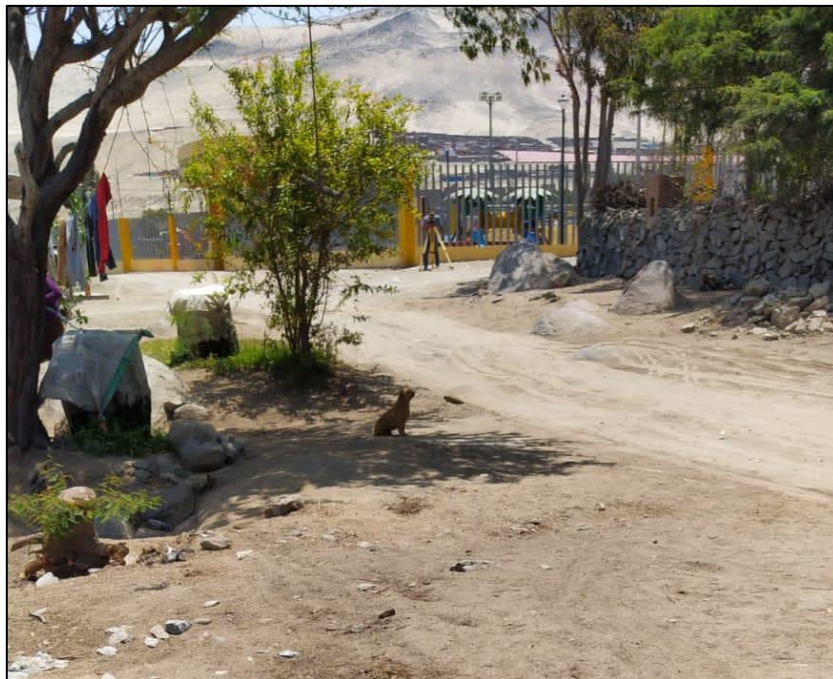


Foto n°04 Levantamiento topográfico en el CP. Cambio Puente en el Jirón Independencia.



4. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Proyecto:	<i>"Evaluación de los Servicios Básicos y Propuesta de Mejora de la Condición de vida en Cambio Puente"</i>		
Localización:	Centro Poblado Cambio Puente		
Muestra	Calicata N° 01	Profundidad	2.00 m
Fecha:	Noviembre del 2023	Coordenadas	N: 9004407 E: 768611

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO(ASTM-D421)

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa
1/2	12.70	0.0	0.00	0.00	100.00
3/8	9.53	1.6	0.11	0.11	99.89
1/4	6.35	3.0	0.21	0.32	99.68
4	4.75	24.0	1.65	1.97	98.03
8	2.38	215.2	14.84	16.81	83.19
10	2.00	33.3	2.29	19.10	80.90
16	1.18	215.0	14.83	33.93	66.07
20	0.85	143.1	9.87	43.80	56.20
30	0.60	192.2	13.26	57.05	42.95
40	0.42	140.6	9.70	66.75	33.25
50	0.30	117.5	8.10	74.85	25.15
100	0.15	249.4	17.20	92.05	7.95
200	0.08	72.5	5.00	97.05	2.95
cazoleta		42.8	2.95	100.00	0.00
MUESTRA		1450.0	100.000		

Contenido de Humedad: 1.49 %

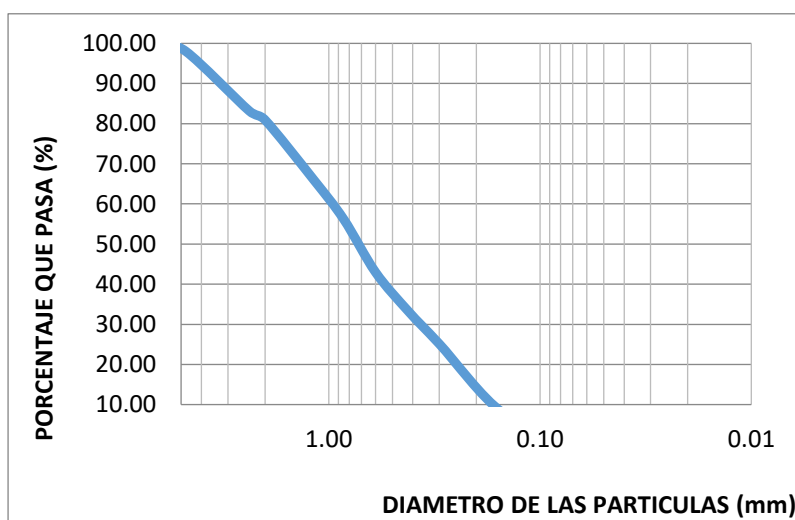
Clasificación SUCS: SP

Nombre de Grupo (S.U.C.S)

Arena mal graduada

Clasificación AASHTO: A-1-b

2. CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido: N.P

Límite Plástico: N.P

Índice Plástico: N.P

D10=	0.17	Cu=	5.03
D30=	0.36	Cc=	0.91
D60=	0.84		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

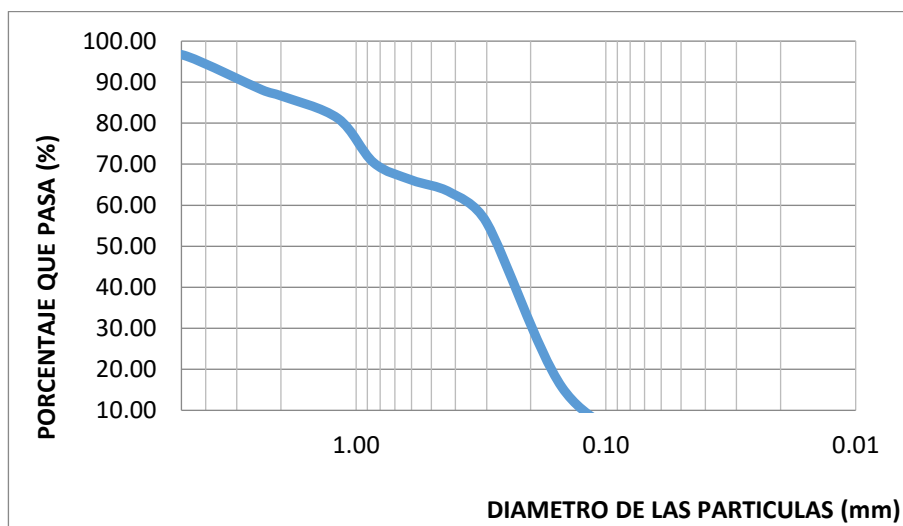
Proyecto:	"Evaluación de los Servicios Básicos y Propuesta de Mejora de la Condición de vida en Cambio Puente"		
Localización:	Centro Poblado Cambio Puente		
Muestra	Calicata N° 02	Profundidad	2.00 m
Fecha:	Noviembre del 2023	Coordenadas	N: 9004182 E: 768697

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO(ASTM-D421)

Mallas	Abertura	Peso	Retenido Parcial	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa
3/4	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2	12.70	14.0	1.33	1.33	98.67
3/8	9.53	6.1	0.58	1.92	98.08
1/4	6.35	10.7	1.02	2.94	97.06
4	4.75	7.9	0.75	3.69	96.31
8	2.38	85.9	8.18	11.87	88.13
10	2.00	15.2	1.45	13.32	86.68
16	1.18	58.2	5.54	18.86	81.14
20	0.85	113.0	10.76	29.62	70.38
30	0.60	44.3	4.22	33.84	66.16
40	0.42	31.7	3.02	36.86	63.14
50	0.30	77.7	7.40	44.26	55.74
100	0.15	421.0	40.09	84.35	15.65
200	0.08	139.1	13.25	97.59	2.41
cazoleta		25.3	2.41	100.00	0.00
MUESTRA		1050.00	100.00		

Contenido de Humedad: 2.67 %
Clasificación SUCS: SP
Nombre de Grupo (S.U.C.S)
Arena mal graduada
Clasificación AASHTO: A3

2. CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite Líquido: N.P
Límite Plástico: N.P
Índice Plástico: N.P

D10=	0.12	Cu=	3.13
D30=	0.20	Cc=	0.95
D60=	0.37		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Proyecto:	<i>"Evaluación de los Servicios Básicos y Propuesta de Mejora de la Condición de vida en Cambio Puente"</i>		
Localización:	Centro Poblado Cambio Puente		
Muestra	Calicata N° 03	Profundidad	2.00 m
Fecha:	Noviembre del 2023	Coordenadas	N: 9004497 E: 768860

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO(ASTM-D421)

Mallas	Abertura	Peso	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa
3/4	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2	12.70	11.5	0.82	0.82	99.18
3/8	9.53	10.7	0.76	1.58	98.42
1/4	6.35	28.8	2.05	3.62	96.38
4	4.75	49.9	3.54	7.16	92.84
8	2.38	155.3	11.01	18.17	81.83
10	2.00	46.8	3.32	21.49	78.51
16	1.18	135.3	9.59	31.08	68.92
20	0.85	155.2	11.01	42.09	57.91
30	0.60	199.6	14.15	56.24	43.76
40	0.42	156.8	11.12	67.37	32.63
50	0.30	157.3	11.16	78.52	21.48
100	0.15	218.2	15.48	94.00	6.00
200	0.08	61.4	4.35	98.35	1.65
cazoleta		23.2	1.65	100.00	0.00
MUESTRA		1410.00	100.000		

Contenido de Humedad: 2.38%

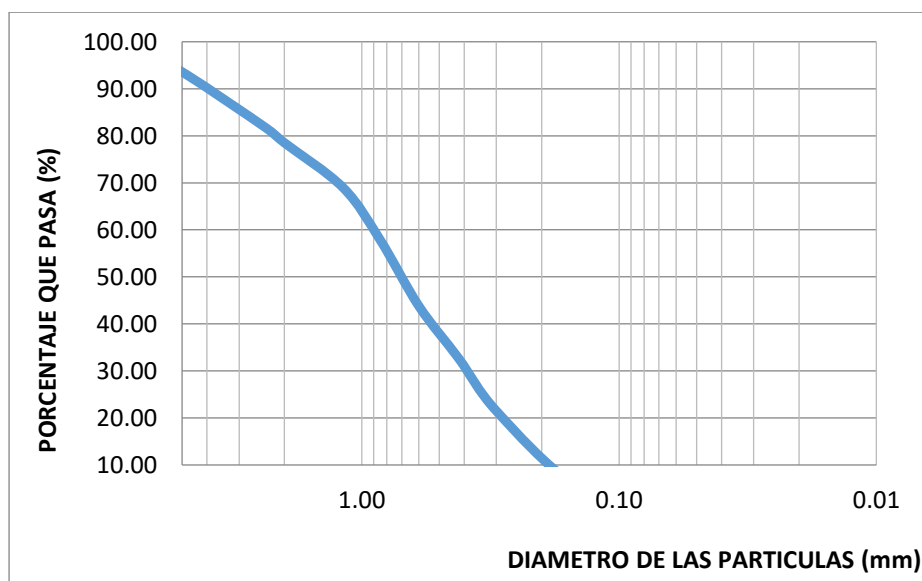
Clasificación SUCS: SP

Nombre de Grupo (S.U.C.S)

Arena mal graduada

Clasificación AASHTO: A-1-b

2. CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido: N.P

Límite Plástico: N.P

Índice Plástico: N.P

D10= 0.19 Cu= 4.83

D30= 0.39 Cc= 0.89

D60= 0.91



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

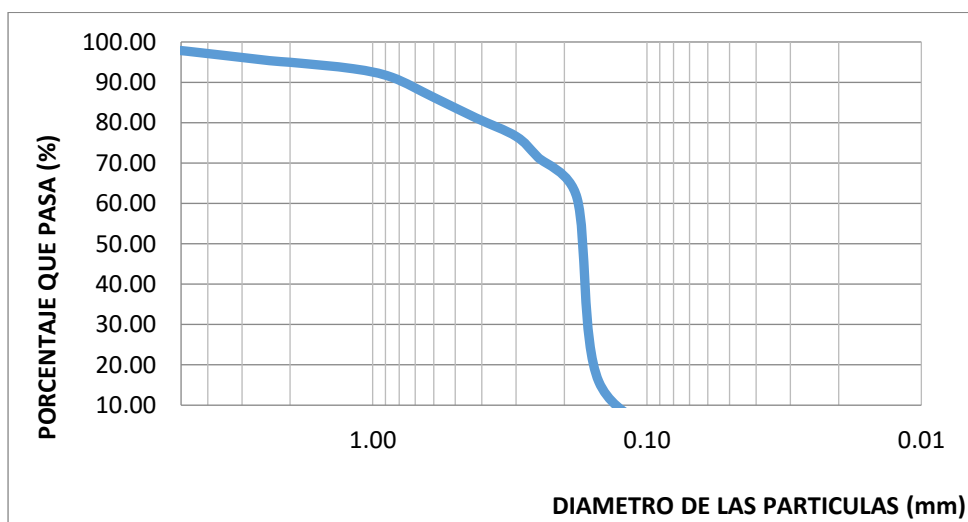
Proyecto:	<i>"Evaluación de los Servicios Básicos y Propuesta de Mejora de la Condición de vida en Cambio Puente"</i>		
Localización:	Centro Poblado Cambio Puente		
Muestra	Calicata N° 04	Profundidad	2.00 m
Fecha:	Noviembre del 2023	Coordenadas	N: 9003773
			E: 768666

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO(ASTM-D421)

Mallas	Abertura	Peso	Retenido	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa
1/2	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.53	9.48	0.84	0.84	99.16
1/4	6.35	8.36	0.74	1.58	98.42
4	4.75	7.97	0.71	2.28	97.72
8	2.38	26.44	2.34	4.62	95.38
10	2.00	4.56	0.40	5.03	94.97
16	1.18	18.00	1.59	6.62	93.38
20	0.85	24.24	2.15	8.77	91.23
30	0.60	55.87	4.94	13.71	86.29
40	0.42	57.86	5.12	18.83	81.17
50	0.30	51.69	4.57	23.40	76.60
60	0.25	58.25	5.15	28.56	71.44
80	0.18	114.36	10.12	38.68	61.32
100	0.15	513.83	45.47	84.15	15.85
200	0.08	161.95	14.33	98.48	1.52
cazoleta		17.14	1.52	100.00	0.00
MUESTRA		1130.00	100.000		

Contenido de Humedad: 2.44%
Clasificación SUCS: SP
Nombre de Grupo (S.U.C.S)
Arena mal graduada
Clasificación AASHTO: A3

2. CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITES DE ATTERBERG
Limite Liquido: N.P
Limite Plastico: N.P
Indice Plastico: N.P

D10=	0.15	Cu=	1.23
D30=	0.16	Cc=	0.97
D60=	0.18		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Proyecto:	<i>"Evaluación de los Servicios Básicos y Propuesta de Mejora de la Condición de vida en Cambio Puente"</i>		
Localización:	Centro Poblado Cambio Puente		
Muestra	Calicata N° 05	Profundidad	2.00 m
Fecha:	Noviembre del 2023	Coordenadas	N: 9004626 E: 768489

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO(ASTM-D421)

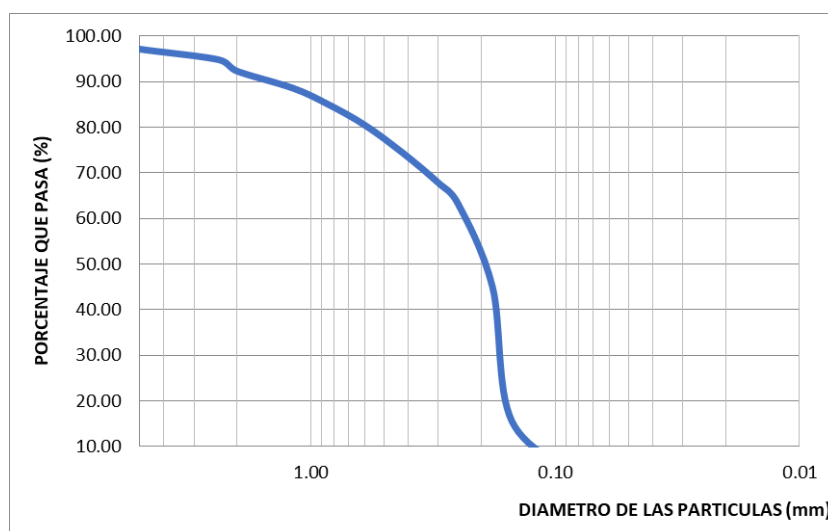
Mallas	Abertura	Peso	Retenido Parcial	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa
3/4	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2	12.70	0.0	0.00	0.00	100.00
3/8	9.53	11.0	1.28	1.28	98.72
1/4	6.35	7.1	0.83	2.11	97.89
4	4.75	8.5	0.99	3.10	96.90
8	2.38	18.5	2.15	5.25	94.75
10	2.00	21.5	2.50	7.75	92.25
16	1.18	32.2	3.74	11.49	88.51
20	0.85	30.1	3.50	14.99	85.01
30	0.60	39.4	4.58	19.57	80.43
40	0.42	52.2	6.06	25.63	74.37
50	0.30	56.7	6.59	32.22	67.78
60	0.25	38.1	4.43	36.66	63.34
80	0.18	158.2	18.40	55.05	44.95
100	0.15	252.9	29.40	84.45	15.55
200	0.08	110.6	12.86	97.31	2.69
cazoleta		23.1	2.69	100.00	0.00

MUESTRA

860.00 100.000

Contenido de Humedad: 2.74%
Clasificación SUCS: SP
Nombre de Grupo (S.U.C.S)
Arena mal graduada
Clasificación AASHTO: A3

2. CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITES DE ATTERBERG
Limite Liquido: N.P
Limite Plastico: N.P
Indice Plastico: N.P

D10=	0.12	Cu=	2.02
D30=	0.16	Cc=	0.97
D60=	0.24		



5. PANEL FOTOGRAFICO



Foto n° 05 Ubicación de la calicata C-01 para el estudio de suelos, en el Jirón José Olaya.



Foto n° 06 Excavación de la calicata C-01 para el estudio de suelos, en el Jirón José Olaya.



Foto n° 07 Excavación de la calicata C-02 para el estudio de suelos, en el Jirón José Gamarra.



Foto n° 08 Toma de muestra para el estudio de suelos de la calicata C-02, en el Jirón José Gamarra.



Foto n° 09 Ubicación de la calicata C-03 para el estudio de suelos, en el Jirón Pallasca.



Foto n° 09 Toma de muestra para el estudio de suelos de la calicata C-03, en el Jirón Pallasca.



Foto n° 10 Excavación de la calicata C-04 para el estudio de suelos, en l Av. Porvenir.



Foto n° 11 Excavación de la calicata C-05 para el estudio de suelos, en l Av. Porvenir.



Foto n° 12 Ubicación de la calicata C-06 para el estudio de suelos, en el terreno destinado para la PTAR.



Foto n° 13 Ubicación de la calicata C-06 para el estudio de suelos, en el terreno destinado para la PTAR.



Foto n° 14 Muestreo para los Ensayos de Mecánica de Suelos.



Foto n° 14 Muestra de suelo, para hallar el contenido de humedad.



Foto n° 14 Ejecución del ensayo de granulometría, utilizando el agitador mecánico.



Foto n° 15 Ejecución del ensayo de limites líquido y plástico, en el laboratorio de Mecánica de Suelos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: “EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS
BÁSICOS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA
CONDICIÓN DE VIDA EN CAMBIO PUENTE 2022”

PLANOS
