

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



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

“Propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas anaerobias en el Centro Poblado Cerrito la Virgen – distrito Huanchaco 2021”

Área de Investigación:

Saneamiento

Autor(es):

Br. Gaitan Avalos, Paulo Cesar

Br. Zavaleta Cueva, Gerardo Saúl

Jurado Evaluador:

Presidente: García Rivera, Juan

Secretario: Galicia Guarniz, William

Vocal: Serrano Hernández, José

Asesor:

ING. Álvaro Fernando, Salazar Perales

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8871-2368>

**TRUJILLO – PERÚ
2021**

Fecha de sustentación: 2022 / 05 / 09

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



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

“Propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas anaerobias en el Centro Poblado Cerrito la Virgen – distrito Huanchaco 2021”

Área de Investigación:

Saneamiento

Autor(es):

Br. Gaitan Avalos, Paulo Cesar
Br. Zavaleta Cueva, Gerardo Saúl

Jurado Evaluador:

Presidente: García Rivera, Juan

Secretario: Galicia Guarniz, William

Vocal: Serrano Hernández, José

Asesor:

ING. Álvaro Fernando, Salazar Perales
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8871-2368>

**TRUJILLO – PERÚ
2021**

Fecha de sustentación: 2022 / 05 / 09

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a mis padres Rosario y Víctor, por su comprensión, paciencia y apoyo incondicional hacia mi persona los que motivaron a jamás rendirme y llegar a alcanzar mis metas.

A mi esposa Jacmel quien es mi fortaleza para seguir superándome cada día en mi vida.

A mi hijo Benjamín quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme y llegar a ser un ejemplo para él.

A mi hermano Víctor quien me apoyo a diario para culminar con éxito el presente trabajo.

PAULO CESAR GAITAN AVALOS

Este trabajo lo dedico a mi amada madre Martha por su incansable esfuerzo, dedicación, empuje y motivación en favor a mi superación.

A mi amada esposa Marita por la motivación y apoyo incondicional diariamente, para poder lograr mis objetivos.

Y mi amada hija Luciana que desde que me enteré que viene en camino fue mi mayor fuerza y motivo para seguir firme en este largo andar.

GERARDO SAUL ZAVALETA CUEVA

Agradecimiento

A nuestros padres por su apoyo incondicional y el esfuerzo que han hecho por vernos realizados como profesionales. Ellos representan la verdadera fuerza para nuestra superación.

Un especial reconocimiento y gratitud a nuestro Asesor: Ing. Álvaro Fernando, Salazar Perales, por todas sus orientaciones brindadas que hizo posible la elaboración y desarrollo de la presente tesis.

A nuestros docentes que gracias a sus consejos y enseñanzas a lo largo de nuestra vida universitaria fueron parte de la contribución de nuestra vida profesional.

Los Autores.

Resumen

La presente tesis nace con la finalidad de proponer una alternativa de solución ante la actual situación ineficiente en la que se encuentra la actual planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Huanchaco.

El proyecto se denomina **“Propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas anaerobias en el Centro Poblado Cerrito la Virgen - distrito Huanchaco 2021”**.

Localidad de Huanchaco una de los principales centros turísticos de la provincia de Trujillo cuenta con un sistema deficiente para el tratamiento de aguas residuales debido que la propiedad física química del agua del afluente no cumple con los límites máximos permisibles para su reúso.

Se tuvo como objetivo principal realizar la propuesta de un sistema de tratamiento por lagunas anaerobias y proponer un tercer tratamiento, se realizó un sistema completo incluyendo diseño de canal de ingreso, un desarenador, rejas de limpieza manual, canal Parshall para la medición de caudales, tratamiento primario por tanque Imhof, tratamiento secundario por laguna anaerobia por el método de Marais y tratamiento terciario por lagunas de pulimento o maduración.

Esta propuesta logra reducir la carga contaminante en el afluente y poder cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en el DECRETO SUPREMOS N° 003-2010-MINAM.

Se recomienda aislar el suelo mediante un revestimiento de acilla compactada o mediante geo malla, debido a que según el estudio de suelos tenemos la presencia del 90% de arena.

Palabras clave: Planta de tratamiento, proceso anaerobias, aguas residuales.

Abstract

This thesis was born with the purpose of proposing an alternative solution to the current inefficient situation in which the current wastewater treatment plant is located in the town of Huanchaco.

The project is called "Proposal for a wastewater treatment plant through anaerobic lagoons in the Centro Poblado Cerrito la Virgen - Huanchaco district 2021".

The town of Huanchaco, one of the main tourist centers in the province of Trujillo, has a deficient system for the treatment of wastewater due to the fact that the physical chemical property of the influent water does not comply with the maximum permissible limits for its reuse.

The main objective was to propose a treatment system for anaerobic lagoons and propose a third treatment, a complete system was carried out including design of the entrance channel, a grit trap, manual cleaning grates, Parshall channel for flow measurement, Primary treatment by Imhof tank, secondary treatment by anaerobic lagoon by the Marais method and tertiary treatment by polishing or maturation lagoons. This proposal manages to reduce the pollutant load in the tributary and to be able to comply with the maximum permissible limits established in SUPREME DECREE N°. 003-2010-MINAM.

It is recommended to isolate the soil by means of a compacted acilla lining or by means of geo-mesh, because according to the soil study we have the presence of 90% of sand.

Keywords: treatment plant, anaerobic process, sewage water.

Presentación

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, es grato poner a su disposición la presente Tesis titulada:

“Propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas anaerobias en el Centro Poblado Cerrito la Virgen - distrito Huanchaco 2021”

con el propósito de obtener nuestro Título Profesional de Ingeniero Civil.

Los Autores.

Índice

Dedicatoria	i
Agradecimiento.....	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Presentación.....	v
Índice.....	vi
Índice de gráficos	ix
Índice de tablas	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de Investigación	1
1.1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.1.2. Formulación del problema	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Justificación del Estudio	4
1.3.1. Justificación Técnica	4
1.3.2. Justificación Teórica.....	4
1.3.3. Justificación Social	4
II. MARCO DE REFERENCIA	5
2.1. Antecedentes del Estudio.....	5
2.2. Marco Teórico	7
2.2.1. Marco Normativo	7
2.2.2. Definición y clasificación de Aguas Residuales	9
2.2.3. Características del Agua Residual.....	10
2.2.4. Características Físicas	10
2.2.5. Características Químicas	13
2.2.6. Características Biológicas	17
2.2.7. Contaminantes de importancia en el tratamiento de aguas residuales	18
2.2.8. Explicación del Sistema de Tratamientos de Aguas Servidas	22
2.2.9. Niveles de Tratamientos de Aguas Residuales	23
2.2.10. Tratamiento de Aguas Residuales por medio de Lagunas de Estabilización	29

2.2.11. Diagnostico Operativo para el Distrito de Huanchaco Sistema de Agua Potable.....	33
2.2.12. Parámetros de Diseño en el Sistema de Lagunas de Estabilización	34
2.2.13. Aspectos Generales del Distrito de Huanchaco.....	47
2.2.14. Población	48
2.2.15. Demarcación Política Administrativa	48
2.2.16. Limites.....	49
2.2.17. Geografía	50
2.2.18. Limpieza Pública	50
2.2.19. Áreas Verdes	54
2.2.20. Servicio de Riego	54
2.3. Marco Conceptual	55
2.3.1. Definiciones	55
2.4. Sistema de Hipótesis.....	57
2.4.1. Hipótesis	57
2.4.2. Variable.....	58
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	59
3.1 Tipo y Nivel de Investigación.....	59
3.1.1 Tipo de Investigación	59
3.1.2 Nivel de Investigación	59
3.2 Población y Muestra de estudio	59
3.2.1 Población	59
3.2.2 Muestra	59
3.3 Diseño de Investigación	59
3.4 Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	60
3.5 Procesamiento y Análisis de Datos	60
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	60
4.1. Propuesta de investigación	60
4.2. Análisis e interpretación de resultados	61
4.2.1 Datos para el diseño	61
4.2.2 Diagnostico situacional actual en planta de tratamiento.....	61
4.2.3. Resultados análisis físico químicos Planta de tratamiento Lagunas Huanchaco.....	64
4.2.4. Estudio de Mecánica de Suelos.....	65
4.2.5. Levantamiento Topográfico.....	66
4.2.6. Caudal de Diseño	67
4.2.7 Pre Tratamiento	69
4.2.8 Tratamiento Primario por Tanque Imhof.....	77

4.2.9 Tratamiento secundario mediante Laguna Anaerobia por el método de Marais	87
4.2.10 Tratamiento terciario mediante lagunas de pulimento o maduración.	91
4.3. Docimasia de Hipótesis	94
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	95
VI. CONCLUSIONES.....	99
VII. RECOMENDACIONES	100
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	101
IV. ANEXOS	102

Índice de gráficos

Figura 1	8
<i>Exigencia de LMP de vertimientos del efluente de PTAR (LMO-V), LMP para reúso del efluente (LMP-R), ECA-AGUA y VMA</i>	<i>8</i>
Figura 02.	22
<i>Composición media de las ARD</i>	<i>22</i>
Figura 03.	33
<i>Esquema de una laguna anaerobia profunda.</i>	<i>33</i>
Figura 04	49
<i>Mapa de Organización Política de La Provincia de Trujillo.</i>	<i>49</i>
Figura 05	50
<i>Ubicación del Distrito de Huanchaco.</i>	<i>50</i>
Figura 06	62
<i>Laguna primaria con punto de entrada primario fuera de servicio.....</i>	<i>62</i>
Figura 07	62
<i>Laguna secundaria fuera de servicio</i>	<i>62</i>
Figura 08	63
<i>Punto de entrada laguna primaria.....</i>	<i>63</i>
Figura 09	63
<i>Punto de vertimiento.....</i>	<i>63</i>
Figura 10	67
<i>Plano Perimétrico del terreno donde se ubica el proyecto</i>	<i>67</i>
Figura 11	69
<i>Cálculo de canal de ingreso.....</i>	<i>69</i>
Figura 12	79
<i>Relación entre longitud y ancho.....</i>	<i>79</i>
Figura 13	80
<i>Cálculo de altura.....</i>	<i>80</i>
Figura 14	83
<i>Verificación del tanque</i>	<i>83</i>
Figura 15	84
<i>Cálculo de alturas para digestor</i>	<i>84</i>
Figura 16: Cámara de rejas	102
Figura 17: Cámara de desarenador	102
Figura 18: Canal de medición Parshall	102
Figura 19: Vista del balneario de huanchaco, Distrito de Huanchaco	103

Figura 20: Vista de regadío con aguas servidas, Distrito de Huanchaco	103
Figura 21: Ubicación de las zonas agrícolas en el Centro Poblado Cerrito la Virgen – Huanchaco (34.09 Hectáreas)	104
Figura 22: Plano de Ubicación - Localización	116
Figura 23: Plano topográfico	117

Índice de tablas

Tabla 1	17
Clasificación de los Microorganismos.	17
Tabla 2	20
Contaminantes de importancia en el Agua Residual.	20
Tabla 3	21
Composición típica del ARD.	21
Tabla 4	35
Tabla 5	38
Normas de diseño desarenadores.	38
Tabla 6	41
Rangos de caudales para canales parshall con flujo libre.	41
Tabla 7	46
Muestra el área requerida para varios procesos de tratamiento.	46
Tabla 9	48
Total, de Población según sexo en el Distrito de Huanchaco.	48
Tabla 10	58
Diseño de la Planta de tratamiento.	58
Tabla 11	61
Tabla 12	64
Planta de tratamiento Lagunas de Huanchaco	64
Tabla 13	70
Medidas de cribas	70
Tabla 14	70
Tabla 15	81
Tabla 16	82
Tiempo para digestión de Lodos	82
Tabla 17	85
Tiempo requerido para la digestión	85

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Descripción de la realidad problemática

En Perú, como en la mayoría de países, tenemos dos panoramas frente al tratamiento de agua residual. Las aguas residuales domésticas o industriales que van al alcantarillado, y, las aguas residuales que debe tratar cada empresa privada o pública, bajo su responsabilidad y cumpliendo los estándares indicados por la ley nacional. (Montes, 2017).

Las entidades reguladoras en Perú, encargadas de supervisar el cumplimiento de los decretos supremos relacionados al tratamiento de agua residual, por ejemplo, la OS090, la OS037, además de, el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles y de los valores de ECA a los que se compromete cada empresa privada o pública, cuando solicita un permiso para según el ECA que desea alcanzar, realizar vertimiento, riego o rehúso del agua efluente; cumplen con su trabajo de forma exhaustiva, pero, la obligación de cumplir con estas normativas no debería sólo responder al hecho de evitar una multa, sino, a una concientización y respeto por el medio ambiente (Montes, 2017).

Según la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento en nuestro país hay aproximadamente un total de 143 PTAR, de los cuales muy pocos son funcionales, debido a que las Entidades prestadoras de servicios de saneamiento no llegan a develar el potencial socioeconómico que se puede aprovechar de las aguas residuales, en el cual es un suplicio para el trabajador el designar, operar y mantener en pie las lagunas de tratamiento. Sin embargo, la ausencia de una cultura poblacional de salvaguardar el medio ambiente como obligación de las EPS, da como resultado la contaminación que produce las aguas

residuales a los cuerpos de agua, producto de unas plantas de tratamiento de aguas residuales con sistemas obsoletos que arrojan altos índices contaminantes en su efluente final proveniente de los vertimientos de las aguas residuales de las redes de alcantarillado (SUNASS, 2008).

En el departamento de la libertad, allá por el año 1998 se crearon los sistemas de tratamientos de aguas residuales de Covicorti y el Cortijo (Trujillo, El Porvenir, Florencia de Mora, La Esperanza, Víctor Larco, Huanchaco y Salaverry) y Moche, Chocope, Paiján, Puerto Malabrigo, Chepen y Pacanguilla.

Actualmente en la localidad de huanchaco existen 2 plantas de tratamiento una en el sector el Tablazo creada en el año 2017 la cual contempla la recolección de las zonas (Alto Trujillo, El Milagro Huanchaquito) , otra en el centro poblado cerrito la virgen el cual solo abarca la zona de recolección de huanchaco tradicional el cual cuenta con lagunas de estabilización, siendo ésta deficiente debido al incremento de la población y el mal uso del efluente el cual es vertido a los cuerpos sin ser reutilizado por la cantidad contaminante.

En el centro poblado Cerrito la Virgen existen 34 hectáreas de campos agrícolas con de diversos tipos de sembríos (maíz, hortalizas, sandía, etc.) los cuales se riegan por medio de canales provenientes de la laguna de oxidación existente en la zona; no obstante éstas no cumple con los límites máximos permisibles para el uso del efluente en regadíos, por lo cual se propone el diseño de una planta de tratamiento por lagunas anaerobias, ya que es una de las estructuras más eficiente en el tratamiento de reducción de cargas contaminantes en aguas servidas; sin embargo su eficiencia solo se demostrará si ésta se llegara a construirse en un futuro.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la propuesta de diseño de planta de tratamiento que logrará mejorar las características del agua para la reutilización del efluente en la agricultura en el centro poblado cerrito la virgen en la localidad de Huanchaco?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas anaerobias y el reúso del efluente para el uso de los agricultores del centro poblado cerrito la virgen en el distrito de Huanchaco.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la infraestructura sanitaria de la planta de tratamiento existente en el centro poblado cerrito la virgen en el distrito de Huanchaco.
- Determinar los parámetros de diseño como es la población actual, población futura.
- Realizar estudios de la zona donde se propone la ubicación del de tratamiento de aguas residuales, tales como estudios topográficos y mecánica de suelos.
- Analizar el estudio fisicoquímico del agua proporcionado por la EPS SEDALIB.
- Proponer el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas anaerobias y un sistema de tratamiento terciario.

1.3. Justificación del Estudio

1.3.1. Justificación Técnica

El siguiente estudio se justifica porque actualmente el centro poblado cerrito la virgen en la localidad de Huanchaco solo cuenta con pozas de estabilización que hoy en día carece de espacio puesto a que el crecimiento poblacional ha aumentado considerablemente estos últimos años.

Por otro lado, también se justifica porque con esta investigación podremos determinar si las lagunas anaerobias es el mejor sistema de tratamiento de aguas residuales para el reúso en la agricultura del centro poblado cerrito la virgen en la localidad de Huanchaco.

1.3.2. Justificación Teórica

Se justifica porque permitirá aplicar los conocimientos adquiridos a nivel de pregrado y poder brindar una información más adecuada y precisa.

1.3.3. Justificación Social

Por último, aporta al mejoramiento de la calidad de las aguas residuales para para su uso en los cultivos agrícolas en el centro poblado Cerrito la Virgen en la localidad de Huanchaco.

El siguiente estudio se justifica porque actualmente la localidad de Huanchaco solo cuenta con pozas de estabilización que hoy en día carece de espacio puesto a que el crecimiento poblacional ha aumentado considerablemente estos últimos años.

Por otro lado, también se justifica porque con esta investigación se determinará si las lagunas anaerobias es el mejor sistema de tratamiento de aguas residuales para el reúso en la agricultura de la localidad de Huanchaco y a su vez reducir el nivel de contaminación por aguas residuales.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del Estudio

Según Cedrón & Cribilleros (2017) en el estudio de investigación titulado “Diagnóstico del Sistema de Aguas Residuales en Salaverry y Propuesta de Solución”, el conjunto de PTAR de Moche y Salaverry, se conforma por un grupo de plantas ubicados en lugares puntuales a los cuales concurren los efluentes de los centros poblados Miramar, Taquila, Alto Salaverry, Las Delicias, Curva del Sun y Torres de San Borja y de los distritos de Salaverry y la localidad de Moche. La PTAR actuales se componen de lagunas de estabilización básicas, no obstante, en las pruebas realizadas en el lugar indican que no cumplen con los parámetros máximos permisibles que indica SUNASS. Es por esto que en presente proyecto se realiza la propuesta de diagnosticar el estado actual de las PTAR con el fin de diagnosticar los problemas actuales en el proceso de tratamiento, así también cual es la capacidad de sintetizar y procesar el agua de los afluentes de los centros poblados, con el objeto de disminuir la compleja operacionalización y los mantenimientos y a su vez cumplir con los límites máximos permisibles para su reúso en la agricultura y de esta forma disminuir el impacto ambiental generado por las PTAR existentes.

Según Longa & Vigo (2018) de la presente investigación “Propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales con reactores anaeróbicos de flujo ascendente y lagunas de estabilización en la ciudad de Bagua”, debido a que los servicios de saneamiento tienen funcionando un tiempo mayor a

20 años que fue su periodo de diseño se determinó la presente investigación con el objeto de dar una alternativa para los 30000 habitantes de la zona.

Como resultado a lo planteado se determinó que la propuesta de diseño del sistema de PTAR mediante reactores anaeróbicos de flujo ascendente es la propuesta más adecuada. Debido a que el objetivo para incrementar la calidad del servicio se centra en la viabilidad de la propuesta. Por otra parte, es necesario enfatizar que el sistema aplicado tuvo una excelente comportamiento hidráulico en las estructuras. Obteniendo como resultado un flujo subcrítico al tener un número de Froude menor a 1, inclusive con un caudal desfavorable de $0.049 \text{ m}^3/\text{s}$ en la red se logró obtener un tirante de hasta 2.85 m en lagunas, 0.21 m en los canales y 3.79 m en los reactores, resaltando que se controló los resaltos en las curvas usando alerones verticales de 0.50 m y el reactor concentrará lodos al 98% para un periodo de 21 días, de esta forma se concluye que la propuesta es la más adecuada.

Según López & Herrera (2015) en su investigación “Planta de tratamiento de Aguas Residuales Para el Reúso en Riego de Parques y Jardines en el Distrito de La Esperanza ubicado en la provincia de Trujillo”, se refiere que es común hablar frecuentemente sobre la crisis del agua, acto que se convierte en una problemática mundial, las reservas de agua aprovechables del recurso hídrico son menores cada vez y los intentos por corregir son mínimos para prevenir estos grandes problemas. No se logra hoy en día concientizar a la población para hacer frente a esta amenaza que a futuro

sería muy perjudicial tanto para la salud como para la supervivencia de la humanidad, por lo tanto, esta situación debe ser combatida por todos nosotros. El presente estudio tiene como investigación principal, el diseño una PTAR, con el fin de reutilizar el agua tratada en el riego de parques en el distrito La Esperanza, con la finalidad de disminuir la carga contaminante del efluente en de la provincia de Trujillo, además de brindar al estudiante y la población interesada en el buen manejo de información para poder sustentar el proyecto.

Se podrá establecer parámetros para el diseño, además de aprender nuevas opciones para el tratamiento de las aguas residuales las cuales se utilizarán en un futuro, posteriormente serán evaluadas por los organismos de saneamiento y finalmente optar la propuesta más adecuada.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Marco Normativo

- Ley 26338 - Ley General de Servicios de Saneamiento (24/julio/1994)
- Ley N° 28870 - Ley para optimizar la gestión de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (12/agosto/2006).
- Ley Nª 29740 - Ley complementaria del artículo 1 de la Ley 28870, Ley para optimizar la gestión de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (9/julio/2011).

- Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos y su modificatoria en el Decreto Supremo N° 023-2014-MINAGRI.
- Ley N° 27446- Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente, establece normas para asegurar el derecho a un ambiente seguro para el desarrollo de la vida a su vez asegura con a cumplir con el deber de proteger el ambiente y así mejorar la calidad de vida y el desarrollo de la población.
- Resolución Jefatural N° 274-2010-ANA.
- Valores máximos admisibles (VMA) establecidos en el Decreto Supremo N.º 021-2009- VIVIENDA y su reglamento aprobado por el Decreto Supremo N.º 003-2011- VIVIENDA.

Figura 1

Exigencia de LMP de vertimientos del efluente de PTAR (LMO-V), LMP para reúso del efluente (LMP-R), ECA-AGUA y VMA



Fuente: SUNASS.

- Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM - Límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

- Estándares de calidad de agua (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N.º 002-2008- MINAM.
- Decreto Supremo N.º 033-2007 – PCM, Estándares de calidad del agua y Límites máximos permisibles para el reúso de agua tratada.
- Norma OS.070 Redes de Aguas Residuales.
- Norma OS.080 Estaciones de bombeo de Aguas Residuales.
- Norma OS.090 Plantas de tratamiento de Aguas Residuales.

2.2.2. Definición y clasificación de Aguas Residuales

Las Agua residuales son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. (OEFA)

Las aguas residuales se clasifican en:

- **Aguas residuales industriales:** Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otros.
- **Aguas residuales domésticas:** Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente.
- **Aguas residuales municipales:** Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales industriales previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

2.2.3. Características del Agua Residual

Son aguas procedentes de usos comerciales, agropecuarios, domésticos e industriales, sin ningún tipo de tratamiento luego de su uso, a continuación, las características.

2.2.4. Características Físicas

Una de las más importantes es el contenido de sólidos, dentro de ellos los que se encuentran la materia en suspensión, los sedimentables, materia coloidal y materia disuelta, otras características son la temperatura, el color, olor, turbiedad.

2.2.4.1. Sólidos Totales. Analíticamente, se define como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación de entre 103° y 105°C. No se define como sólido aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor. Los sólidos sedimentables son aquellos que se sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica (cono de Imhoff) en el transcurso de un periodo de 60 minutos. Los sólidos sedimentables son expresados en mg/l y constituyen una medida de la cantidad de fango que se obtiene en la decantación primaria del agua residual. Se clasifican en filtrables o no filtrables haciendo pasar un volumen conocido de líquido por un filtro.

2.2.4.2. Olores. Se producen por los gases ocasionados por la descomposición de la materia. El agua reciente adquiere un olor algo fuerte, pero resulta algo más tolerable que el agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica se produce por la presencia del sulfuro de hidrógeno los cuales se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de Microorganismos anaerobios.

La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

2.2.4.3. Temperatura. La temperatura de las aguas residuales normalmente tienden a ser mayor que las aguas suministradas, esto se debe a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales. La temperatura es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática, como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción.

2.2.4.4. Densidad. Se define la densidad de un agua residual como su masa por unidad de volumen, expresada en kg/cm^3 . Es una característica física importante del agua residual dado que ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento. La densidad de las aguas residuales domésticas que no contengan grandes cantidades de residuos industriales es prácticamente la misma que la del agua a la misma temperatura. En ocasiones, se emplea como alternativa a la densidad el peso específico del agua residual, obteniendo como cociente entre la densidad del agua residual y la densidad del agua. Ambos parámetros, la densidad y el peso específico, dependen de la temperatura y varían en función de la concentración total de sólidos en el agua residual.

2.2.4.5. Color: El agua residual suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. Cuando llega a este punto, suele clasificarse el agua residual como séptica.

2.2.4.6. Turbiedad: es la propiedad de transmisión de luz por el agua, este parámetro también se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. Se mide mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones.

Suspensiones de formacina se emplean como patrones primarios de referencia. Los resultados de las mediciones de turbiedad se dan en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

2.2.5. Características Químicas

Las características químicas de las aguas residuales están compuestas principalmente con el contenido de materia orgánica e inorgánica, y los gases presentes en el agua residual. La medición se realiza por separado por su importancia en la gestión de la calidad del agua y en el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas.

2.2.5.1. Materia Orgánica. Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40 % de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Son sólidos de origen animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%) y grasas y aceites (10%).

2.2.5.2. Medida del Contenido Orgánico. Los diferentes métodos para medir el contenido orgánico pueden clasificarse en:

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).** El parámetro de contaminación orgánica más empleado, que es aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO a 5 días. La determinación de este, está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Los resultados de los ensayos de DBO se emplean para:
 1. Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.
 2. Dimensionar las instalaciones de tratamiento del agua residual.
 3. Medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y controlar el

cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO).** El ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. En el ensayo, se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. El dicromato potásico proporciona excelentes resultados en este sentido. El ensayo debe hacerse a elevadas temperaturas. Para facilitar la oxidación de determinados tipos de compuestos orgánicos es preciso emplear un catalizador (sulfato de plata). Puesto que algunos compuestos orgánicos interfieren con el normal desarrollo del ensayo, deben tomarse medidas adecuadas para eliminarlos antes del ensayo. En el ensayo de la DQO también se emplea para la medición de la materia orgánica presente en aguas residuales tanto industriales como municipales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. En muchos tipos de aguas residuales es posible establecer una relación entre los valores de la DBO y la DQO. Ello puede resultar de gran utilidad dado que es posible determinar la DQO en un tiempo de 3 horas, frente a los 5 días necesarios para determinar la DBO. Una vez establecida la correlación entre ambos parámetros, pueden emplearse las medidas de la DQO para el funcionamiento y control de las plantas de tratamiento.
- **Carbono Orgánico Total (COT).** Otro método para medir la materia

orgánica presente en el agua es el método COT, especialmente indicado para pequeñas concentraciones de materia orgánica. El ensayo se realiza adicionando una cantidad definida de muestra en un horno a alta temperatura. Con un catalizador, el carbono orgánico se oxida a anhídrido carbónico, la producción del cual se mide cuantitativamente con un analizador de infrarrojos. La aireación y la acidificación de la muestra antes del análisis elimina los posibles errores debidos a la presencia de carbono inorgánico. Si se conoce la presencia de compuestos orgánicos volátiles en la muestra, se suprime la aireación para evitar su separación. El ensayo puede realizarse en muy poco tiempo, y su uso se está extendiendo muy rápidamente. No obstante, algunos compuestos orgánicos presentes pueden no oxidarse, lo cual conducirá a valores medidos del COT ligeramente inferiores a las cantidades realmente presentes en la muestra.

- **Demanda teórica de oxígeno (DTeO).** regularmente, el material orgánico animal o vegetal en las aguas residuales son, hidratos de carbono, proteínas, aceites y grasas, y productos en descomposición. Es posible realizar el cálculo teórico de oxígeno mediante la fórmula de materia orgánica.

2.2.5.3. Materia Inorgánica. Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan ya sea por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por el agua residual, tratada o sin tratar, que a ella se descargan. Las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua, como por ejemplo los cloruros, la alcalinidad, el nitrógeno, el azufre, algunos otros compuestos tóxicos inorgánicos y algunos metales pesados como el níquel, el manganeso, el plomo, el cromo, el cadmio, el cinc, el cobre, el hierro y el mercurio. Dentro de la materia inorgánica es de suma importancia también hablar de la concentración de ion hidrógeno (pH), ya que es un parámetro de calidad, de gran importancia tanto para el caso de agua natural como residual. El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuado presenta dificultades en el tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en el agua natural si ésta no se modifica antes de la evacuación del agua.

2.2.5.4. Gases. Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en el agua residual son el nitrógeno (N₂), el oxígeno (O₂), el dióxido de carbono (CO₂), el sulfuro de hidrógeno (H₂S), el amoníaco (NH₃) y el metano (CH₄). Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual. El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida.

Debido a que la velocidad de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno aumenta con la temperatura, los niveles de oxígeno disuelto tienden a ser más críticos en épocas estivales.

El problema se agrava en los meses de verano, debido a que los cursos de agua generalmente son menores por lo tanto el oxígeno también es menor.

2.2.6. Características Biológicas

Para el tratamiento biológico se deben de tomar en cuenta las siguientes características del agua residual: principales grupos de microorganismos presentes, tanto en el agua superficial como en residual, así como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos; organismos patógenos presentes en el agua residual; organismos utilizados como indicadores de contaminación y su importancia; métodos empleados para determinar los organismos indicadores, y métodos empleados para determinar la toxicidad del agua tratada.

Microorganismos. Las bacterias desempeñan un papel amplio y de gran importancia en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento. Por ello resulta imprescindible conocer sus características, funciones, metabolismos y proceso de síntesis.

Los principales grupos de organismos presentes tanto en el agua residual como superficial se clasifican en organismos Eucariota, bacterias y Arqueobacterias, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1

Clasificación de los Microorganismos.

Grupo	Estructura celular	Caracterización	Miembros representativos
Eucariota	Eucariota	Multicelular con gran diferenciación, de las células y tejido	Plantas (plantas de semilla, musgo y helechos).
		unicelular, con escasa o nula diferenciación de tejidos	Animales (vertebrados e invertebrados) Protistas (algas, hongos y protozoos).

Bacterias	Procariota (b)	Química celular parecidas a las eucariotas	La mayoría de las bacterias
Arqueobacterias	Procariota (b)	Química celular distintiva	Metanogénesis, halófilos, termacidofilos.

Fuente: Metcalf & Eddy, 1996.

2.2.6.2. Organismos Patógenos. Los organismos patógenos que se encuentran en el agua residual pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que son portadores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en el agua residual son: Bacterias, virus y protozoarios. Los organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades del aparato intestinal como la fiebre tifoidea y paratifoidea, la disentería, diarreas y cólera.

2.2.6.3. Organismos Indicadores. Los organismos frecuentan en aguas residuales contaminada en proporciones muy pequeñas, por lo mencionado son difíciles de separar e identificar. Para identificar a estos organismos se emplean organismos coliformes, debido a que estos son más numerosos y fácil de identificar. El intestino del humano contiene innumerables bacterias llamadas organismos coliformes, cada humano evacua de 100,000 a 400,000 millones organismos coliformes cada día.

Por lo tanto, se considera que los coliformes son un indicador de la presencia de organismos patógenos, y que la ausencia de ellos indica que el agua está libre y limpia para ocasionar enfermedades.

2.2.7. Contaminantes de importancia en el tratamiento de aguas residuales

Cualquier tipo de agua residual depositada en una fuente natural de agua generará en aquel algún grado de contaminación, debido a esto se deberá tomar

medidas para controlar efectos negativos con el objetivo de no alterar las propiedades del cuerpo receptor y a su vez no alterar las características con las cuales fueron propuestos. En la tabla 2. Observamos de manera resumida y generalizada la importancia e impacto hacia el medio ambiente de los diferentes contaminantes.

Razones de su importancia:

- **Sólidos suspendidos.** Desarrollan depósitos de lodos y condiciones anaerobias cuando se descarga agua residual cruda a algún medio acuático.
- **Materia orgánica biodegradable.** Produce el agotamiento del OD del cuerpo receptor el cual no es favorable para la flora y fauna presente en dicho cuerpo, se mide en términos de DBO y DQO, y está compuesta de proteínas carbohidratos y grasas.
- **Patógenos.** Producen enfermedades.
- **Nutrientes.** El C, N, P son nutrientes que pueden ocasionar vida acuática indeseable y descargados sobre el suelo, pueden contaminar el agua subterránea.
- **Materia orgánica refractaria.** Resistente al tratamiento convencional.
- **Metales pesados.** Proviene del agua residual doméstica e industrial, deben ser removidos si se desea reutilizar el agua.
- **Sólidos inorgánicos disueltos.** El calcio, sodio y sulfatos son agregados al suministro doméstico original como resultado del uso y deben ser removidos para la reutilización del agua.

Tabla 2.*Contaminantes de importancia en el Agua Residual.*

Contaminante	Fuente	Efectos causados por la descarga del agua
Sustancias que consumen oxígeno (MO*biodegradable)	ARD* y ARI (proteínas, carbohidratos, grasas, aceites)	Agotamiento del oxígeno, condiciones sépticas.
Sólidos suspendidos	ARD y ARI; erosión del suelo.	Depósito de lodo; desarrollo de condiciones anaeróbicas.
• Nitrógeno (nutriente)	ARD, ARI y ARA*	Crecimiento indeseable de algas y plantas acuáticas.
• Fósforo (nutriente)	ARD y ARI; descarga natural	
Microorganismos patógenos	ARD	Comunicación de enfermedades.
Materia tóxica		Deterioro del ecosistema; envenenamiento de los alimentos en caso de acumulación.
• Metales pesados	ARI	
• Compuestos orgánicos tóxicos	ARA y ARI	
MO refractario (Difícil de degradar biológicamente)	ARI (fenoles, surfactantes), ARD (surfactantes) y ARA (pesticidas, nutrientes); Materia resultante del decaimiento de la MO.	Resisten el tratamiento convencional, pero pueden afectar el ecosistema.
Sólidos inorgánicos disueltos	Abastecimiento de agua, uso de agua	Incremento del contenido de sal.
• Cloruros	Abastecimiento agua, uso agua, infiltración	
• Sulfuros	AED y ARI	
• pH	ARI	
Olores: H2S	Descomposición de ARD	Molestia pública

MO: Materia orgánica; ARD: Aguas residuales domésticas; ARI: Aguas residuales industriales; ARA: Aguas residuales agrícolas. *Fuente:* Alaerts (1995).

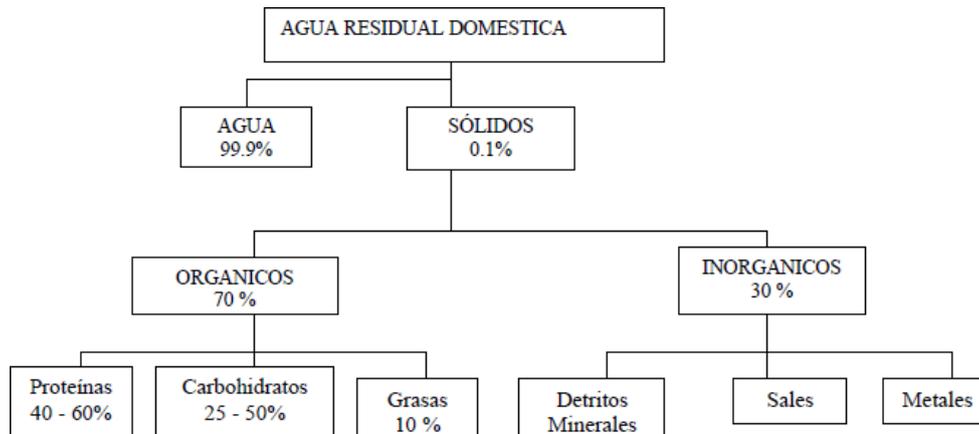
Tabla 3*Composición típica del ARD.*

Constituyente	Concentración			
	Unidades	Fuerte	Media	Débil
Sólidos Totales	mg/l	1200	720	350
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	850	500	250
Fijos	mg/l	525	300	145
Volátiles	mg/l	325	200	105
Sólidos Suspendidos	mg/l	350	220	105
Fijos	mg/l	75	55	20
Volátiles	mg/l	275	165	80
Sólidos Sedimentables	mg/l	20	10	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	400	220	110
Carbono Orgánico Total	mg/l	290	160	80
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno (total en forma N)	mg/l	400	220	110
Orgánico	mg/l	85	40	20
Amoniaco Libre	mg/l	35	15	8
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en forma P)	mg/l	15	8	4
Orgánico	mg/l	5	3	1
Inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Alcantarillado (como CaCO3)	mg/l	200	100	50
Grasa	mg/l	150	100	50
Sulfato	mg/l	34	22	12
Coliformes totales	Nº/100 ml	$10^7 - 10^9$	$10^7 - 10^8$	$10^6 - 10^7$
Compuestos orgánicos volátiles	µg/l	>400	100 - 400	<100

Nota: Estos valores dependen de la cantidad presente de agua en el suministro. *Fuente:* Metcalf & Eddy (1985)

Figura 021.

Composición media de las ARD



Fuente: Metcalf y Eddy (1985).

2.2.8. Explicación del Sistema de Tratamientos de Aguas Servidas

Una de las informaciones brindadas en la norma OS.090, describe varios procesos de tratamiento de aguas residuales industriales (que resultan del desarrollo de un proceso productivo), domésticas (son de origen residencial y comercial) y municipales (aguas residuales domésticas que pueden ser mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial), las cuales pasan por diferentes niveles de tratamiento, además adiciona procesos físicos, procesos químicos y procesos biológicos, que tratan y eliminan contaminantes físicos, químicos y biológicos introducidos por el uso cotidiano según sea el caso. El objetivo de tratar el agua residual es producir agua limpia (efluente de buena calidad) para cumplir con las normas de calidad y las normas de reutilización al medio ambiente y un residuo sólido inorgánico adecuado que sirve como fertilizante para la agricultura y jardinería que beneficiaría a todos los lugares.

De acuerdo con la norma OS.090 de Plantas de Tratamientos de Agua Residuales, el requisito principal antes de proceder al diseño preliminar o definitivo de una planta de tratamiento de aguas residuales, es haber realizado el estudio del cuerpo receptor. El estudio del cuerpo receptor deberá considerar las condiciones

más desfavorables. El grado de tratamiento se determinará de acuerdo con las normas de calidad del cuerpo receptor.

En el caso de que se aproveche el efluente de las plantas de tratamiento se determinará de acuerdo a los requisitos de calidad para cada tipo de uso descrito en la norma. Todo el esfuerzo que se hace para recolectar y tratar las aguas está sujetas a regulaciones distritales y sectoriales dependiendo el lugar de la PTAR (Caltur, 2008).

2.2.9. Niveles de Tratamientos de Aguas Residuales

Los niveles de tratamiento que se adoptan para designar a los distintos sistemas de tratamiento están en función del fundamento empleado para la eliminación de la mayor cantidad de contaminantes que tienen las aguas residuales hoy en día.

Los niveles de tratamiento que existen son: (Pretratamiento, Primario, Secundario y Terciario).

2.2.9.1. Pretratamiento. El proceso de pretratamiento de aguas residuales se resume como el proceso de retención y eliminación de los contaminantes como residuos sólidos gruesos y finos con densidad mayor al agua y arenas de las aguas residuales cuya presencia pueda provocar diferentes problemas de funcionamiento y mantenimiento de los procesos existentes. Como por ejemplo podemos filtrar y sedimentar para la eliminación de sólidos suspendidos, la flotación para el desprendimiento de grasas y aceites, para la eliminación de la materia fecal que pueda causar obstrucciones malos olores y contaminación del lugar.

En el presente texto se diferencia el pretratamiento del pretratamiento industrial como es el caso de las fábricas, en el que se tratan los constituyentes en sus

fuentes de origen y reutilizados, antes de verterlos a la red de alcantarillado (Metcalf & Eddy, 1995).

Las unidades de tratamiento preliminar o de pretratamiento de aguas residuales municipales son las cribas (rejas) y los desarenadores. (NORMA OS.090)

2.2.9.2. Rejas o cribas de barras. Su principal objetivo la remoción de los materiales gruesos o en suspensión. Están formadas por barras separadas uniformemente con espaciamentos libres que varían entre 1 y 5 cm., y colocadas en ángulos de 30° y 60° respecto a la horizontal para facilitar su limpieza manual. Los materiales retenidos en estas unidades pueden ser retirados mecánicamente o manualmente y se eliminan enterrándolos en micro rellenos sanitarios, ubicados dentro del predio de la planta de tratamiento y en lo posible en las cercanías de la unidad de rejas.

Las cribas deben utilizarse en toda planta de tratamiento, aun en las más simples. (NORMA OS.090)

2.2.9.3. Desarenador. El agua residual está compuesta generalmente de sólidos inorgánicos como arena, cenizas y grava, a los que se denomina generalmente como arenas o partículas discretas. La cantidad es variable y depende de distintos factores, pero principalmente alcantarillado del tipo separativo basados en recolección del agua residual doméstica o combinado en conjunto con el drenaje pluvial. Las arenas pueden dañar a los equipos mecánicos por abrasión y causar serias dificultades de operación en los tanques de sedimentación y en la digestión de los lodos, por la acumulación en las tuberías de entrada y salida, causando obstrucciones, y formando depósitos dentro de las unidades disminuyendo así su capacidad de tratamiento.

Para poblaciones pequeñas generalmente se diseñan en forma de canales, en los que se controla la velocidad de flujo para propiciar la sedimentación de material inorgánico, manteniendo en suspensión los sólidos orgánicos. Según el reglamento se deben diseñar dos desarenadores en paralelo, para dejar fuera de funcionamiento uno en el momento de la limpieza de las arenas. Las arenas retiradas deben enterrarse conjuntamente con los residuos retirados de las rejillas. Los desarenadores son obligatorios en las plantas que tienen sedimentadores y digestores. Para sistemas de lagunas de estabilización el uso de desarenadores es opcional. (NORMA OS.090)

- Se debe incluir en forma obligatoria un medidor de caudal de régimen crítico, pudiendo ser del tipo Parshall o Palmer Bowlus. No se aceptará el uso de vertederos. (NORMA OS.090)
- Las estructuras de repartición de caudal deben permitir la distribución del caudal considerando todas sus variaciones, en proporción a la capacidad del proceso inicial de tratamiento para el caso del tratamiento convencional y en proporción a las áreas de las unidades primarias, en el caso de lagunas de estabilización. En general estas facilidades no deben permitir la acumulación de arena. (NORMA OS.090).

2.2.9.4. Tratamiento Primario. Según el tratamiento primario se reduce una pequeña parte de los sólidos suspendidos y de la materia fecal del agua servida. Esta reducción suele ponerse en funcionamiento mediante un proceso físico como es el tamizado y la sedimentación de las partículas. El efluente del sistema de tratamiento primario suele estar compuesto por una cuantiosa cantidad de materia orgánica y un DBO con niveles altos. De esta forma la remoción del tratamiento primario permite retirar entre el 60% a 70 % de sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la DBO orgánica sedimentable presente en el agua residual.

Es recomendable que la carga superficial de un sedimentador primario en aguas residuales domésticas no exceda los $24 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}^2$, cuando el caudal de tratamiento es inferior a $4000 \text{ m}^3/\text{día}$. Si el caudal de aguas residuales a tratar es mucho mayor que $4000 \text{ m}^3/\text{día}$, entonces es posible utilizar cargas superficiales del orden de los $30\text{-}32 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}^2$ y aún mayores. Para el diseño se debe considerar las zonas de entrada y de salida del tanque de sedimentación, la profundidad mínima que debe tener el tanque y la forma y tamaño que debe tener. Además, es preciso recordar que las variaciones bruscas en la temperatura del agua, así como las características de cada agua residual pueden afectar considerablemente la eficiencia del tanque en la remoción de sólidos sedimentables. (Fonam, 2015).

En lugares rurales se suele usar comúnmente tanques sépticos como unidad de tratamiento primario con disposición final por infiltración. El tanque Imhoff ha sido empleado en localidades de mediano tamaño siendo un buen tratamiento primario. De aquí en unos años, las plantas de tratamiento que solo incorporan tratamientos primarios quedarán obsoletas debido a que el crecimiento poblacional, será otra la

necesidad de reemplazar el tratamiento primario por otro más sofisticado como es el tratamiento secundario o terciario.

Solo para casos muy específicos como por ejemplo el crecimiento de pueblos jóvenes se utilizará el sistema de tratamiento primario (Metcalf & Eddy, 1995).

2.2.9.5. Tratamiento Secundario. Conforme la información recogida de la Ingeniería de Aguas residuales de tratamiento, vertido y reutilización; el tratamiento secundario de las aguas servidas, esta fundamentalmente canalizado a la eliminación de los sólidos en suspensión con cantidades elevadas de contaminación y del compuesto biodegradable, haciendo eventualmente que se incluya la desinfección del agua como parte del tratamiento secundario.

El tratamiento secundario fundamentalmente realiza procesos biológicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por microorganismos que logran resultados eficientes en la remoción de entre el 50% y el 95% de la DBO. De tal forma se define el proceso secundario convencional de la combinación de diferentes procesos como: Biofiltros o filtración biológica, filtros percoladores, filtros rotatorios o biodiscos, tratamiento biológico con lodos activados, reactores anaeróbicos de flujo ascendente, reactores de lecho fijo, sistemas de lagunas de estabilización de los tipos facultativas e airadas y sedimentación de lodos (Metcalf & Eddy, 1995).

Para que el desarrollo bacteriano sea efectivo se deberá cumplir ciertas condiciones, como por ejemplo la temperatura entre 30-40°C, oxígeno disuelto, pH entre 6,5-8,0, salinidad menor a 3.000 ppm. También otros actúan como neutralizadores de las sustancias tóxicas, tales metales pesados Cu, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb y otros, así como cianuros, fenoles y aceites, por tal motivo es debido evitar tener la presencia de estos.

2.2.9.6. Tratamiento Terciario. La necesidad de implementar un tratamiento terciario depende de la disposición final que pretenda dar a las aguas residuales tratadas. El tratamiento de nivel terciario tiene como objetivo lograr fundamentalmente eliminar la carga orgánica remanente de un tratamiento secundario, como la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo, microorganismos patógenos, eliminar el color y olor indeseables, remover detergentes, fosfatos y nitratos residuales, los cuales ocasionan espuma y eutrofización respectivamente. La cloración es parte del tratamiento terciario o avanzado que se emplea para lograr un agua más pura, es posible llegar a potabilizarla si fuera necesario. En el tratamiento de estas aguas es muy importante tener en cuenta el manejo de los lodos de desecho debido a que estos son se pueden reutilizar pero a su vez pueden generar daños al ambiente. (Rodríguez, 2013)

Usualmente, la finalidad del tratamiento de nivel terciario es evitar que la descarga del agua residual, tratada previamente, ocasione la eutrofización o crecimiento generalizado de algas en lagos, lagunas o cuerpos de agua de baja circulación, ya que ello desencadena el consumo de oxígeno disuelto con los consecuentes impactos sobre la vida acuática del cuerpo de agua receptor.

El uso del efluente de plantas de tratamiento de nivel terciario puede aplicarse al riego de áreas agrícolas, la crianza de peces y otras actividades productivas. El efluente del tratamiento terciario también puede tener algunos usos especiales, como la recarga de acuíferos, agua para uso industrial, etc.

Los procesos más usados son la precipitación química de nutrientes, procesos de filtración, destilación, flotación, ósmosis inversa, entre otros. (tratamiento y reúso de aguas residuales Parte 2)

2.2.9.7. Evacuación de Efluentes. Después de ser tratada el agua residual debe ser evacuada al medio ambiente o reutilizada, como acabamos de ver. El método más común para la evacuación de los efluentes tratados se basa en el vertido y dilución en corrientes, ríos, lagos, estuarios o en el mar. Para evitar impactos ambientales adversos, la calidad de los efluentes tratados y vertidos debe ser coherentes con los objetivos locales en materia de calidad de agua (Metcalf & Eddy, 1995).

2.2.10. *Tratamiento de Aguas Residuales por medio de Lagunas de Estabilización*

Las lagunas de estabilización son una forma muy común de tratamiento en países en desarrollo por múltiples factores uno de los principales es el costo de inversión el cual es bajo lo más costoso sería adquirir el terreno para su construcción, a los bajos costos de operación, a su habilidad para asimilar cargas orgánicas o hidráulicas fluctuantes y a su gran margen en la eliminación de elementos patógenos. Por otro lado, no se puede contar con el gran volumen de agua para el reúso en agricultura debido a la escasez del producto final. (Rodríguez, 2013)

Cuando las aguas residuales son depositadas en las lagunas de estabilización se produce un proceso conocido como autodepuración o estabilización natural, en el cual se producen fenómenos de tipo físico, químico y biológico. Este proceso se lleva a cabo en todas las aguas con alto contenido de materia orgánica biodegradable.

El parámetro más importante para evaluar las condiciones de una laguna es la demanda bioquímica de oxígeno denominado como DBO tanto en el afluente como en el efluente. (Burga, 2004)

Los tipos de proceso que intervienen son:

Físicos: Temperatura, insolación, infiltración, evaporación, precipitación pluvial y vientos.

Químicos: Demanda bioquímica de oxígeno, pH, nutrientes, contaminantes resistentes.

Biológicos: Algas y bacterias.

2.2.10.1. Ventaja y Desventajas de las Lagunas de Estabilización.

Algunas de las ventajas en las lagunas de estabilización como sistema de tratamiento son las siguientes (Shelef & Kanarek, 1995):

- Bajo consumo de energía y costo de operación.
- Bajo capital de inversión, especialmente en la construcción.
- Esquemas simple de flujo.
- Equipo y accesorios simples y de uso común (mínimo uso de tuberías y bombas).
- Operación y mantenimiento simple. No requieren equipos de alta tecnología y no es necesario personal calificado para estas labores.
- Alta remoción de bacterias patógenas, protozoarios y huevos de helmintos.
- Disminución de picos hidráulicos, cargas orgánicas y de compuestos tóxicos.
- Disposición del efluente por evaporación, infiltración en suelo o riego.
- En algunos casos, remoción de nutrientes.
- Cabe la posibilidad de albergar un sistema de cultivo de algas proteicas para la producción de animales (a esto se llega empleando lagunas de alta tasa).

- Empleo como tanque de regulación de agua de lluvia o de almacenamiento del efluente para reúso.

Las principales desventajas son:

- Requiere grandes áreas para su construcción.
- El efluente tiene alto contenido de algas los cuales generan contaminación por sus altas cantidades proteicas y porque generan taponamiento de suelo si se usará en riego.
- Su funcionamiento depende de las condiciones ambientales tales como temperatura, la irradiación solar, velocidad del viento, etc.
- Generan malos olores y deterioran de la calidad del efluente por sobrecargas de contaminantes, en ciertas condiciones climáticas
- Contaminación de acuíferos subterráneos por la infiltración principalmente en suelos arenosos.
- Pérdidas de agua por motivo de la evaporación y la infiltración en suelos arenosos principalmente, en zonas donde el agua escasea es un problema importante.

2.2.10.2. Tratamiento Mediante Lagunas Anaerobias. Cuando la carga orgánica es muy grande (>1.000 kg de DBO/ha/día), la DBO excede la producción de oxígeno de las algas (y de la aireación superficial) y la laguna se torna totalmente anaerobia. Estas lagunas anaeróbicas son estanques de mayor profundidad (2.5 a 5 m.) y reciben cargas orgánicas más elevadas de modo que la actividad fotosintética de las algas es suprimida, encontrándose ausencia de oxígeno en todos sus niveles (Alaya & Gonzales, 2008).

Las lagunas anaerobias normalmente reciben cargas de 225 a 600 kg de DBO₅/ha-día con tiempo de retención hidráulico de 20 a 50 días. Rendimientos

en la reducción de la DBO5 del 50 a 85%. La profundidad varía entre 2.5 y 5 m, (IDEA, 2001) (Burga, 2004)

En estas condiciones estas lagunas actuarán como un digestor anaeróbico abierto sin mezcla y, debido a las altas cargas orgánicas que soportan, el efluente contiene un alto porcentaje de materia orgánica y requiere de otro proceso de tratamiento. En cuanto al mecanismo de degradación, este es similar al proceso de contacto anaerobio, con dos etapas bien diferenciadas que dependen del desarrollo de dos grupos específicos de bacterias (Alaya & Gonzales, 2008).

Las reacciones de este tipo son lentas y generadoras de malos olores. (Burga, 2004)

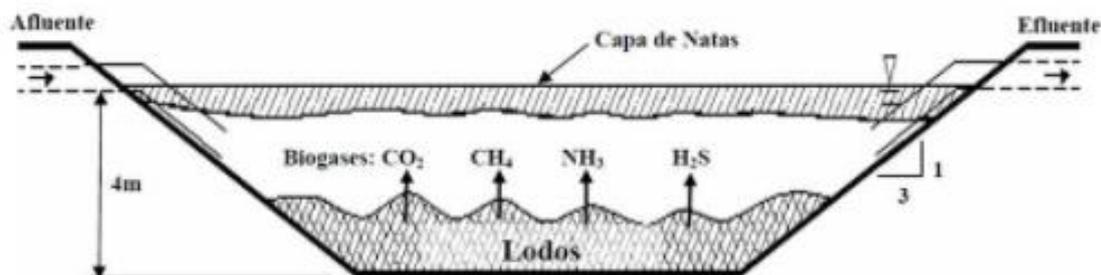
Los microorganismos responsables de la descomposición orgánica se dividen en dos grupos:

El primer grupo, hidroliza y fermenta compuestos orgánicos complejos a ácidos simples, de los cuales los más simples son el ácido acético y el ácido propiónico. Este grupo se compone de bacterias heterótrofas facultativas y anaerobias colectivamente llamadas bacterias formadoras de ácidos grasos, aldehídos, alcoholes, amoníaco, etc.

El segundo grupo, convierte los ácidos orgánicos formados por el primer grupo en gas metano y anhídrido carbónico, las bacterias responsables de esta conversión son anaerobias estrictas y se les conoce como bacterias formadoras de metano que transforman los productos intermedios, ácidos orgánicos en metano, dióxido de carbono e hidrogeno (Alaya & Gonzales, 2008). Las bacterias de este grupo tienen crecimiento lento debido a eso su metabolismo es un limitante para el tratamiento anaerobio de un residuo orgánico.

Figura 032.

Esquema de una laguna anaerobia profunda.



Fuente: Fibras y normas

2.2.11. Diagnóstico Operativo para el Distrito de Huanchaco Sistema de Agua Potable

El distrito de Huanchaco es uno de los distritos que es abastecido por la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Trujillo, la cual tiene una fuente de abastecimiento de agua, que se detalla a continuación:

El agua superficial se obtiene de las aguas provenientes del río Santa conducidas a través del canal madre Chavimochic, que luego ingresan a la planta de tratamiento de agua potable administrada por el Proyecto Especial Chavimochic que vende agua potable a SEDALIB S.A.

La planta de tratamiento de agua inició sus operaciones en octubre de 1996, tiene una capacidad máxima de diseño de 1,250 lps. En el año 2019 la PTAP tuvo una producción 29'515,061 de m³, lo que en promedio es de 935.916 lps. Se ubica en la zona denominada "Alto Moche" en el margen derecho de la carretera Panamericana Norte, a una distancia aproximada de 11 Km. de la ciudad de Trujillo.

La planta de tratamiento de agua potable es de patente francesa, de tecnología Degremont y tiene las siguientes características:

- Dos desarenadores.
- Mezcla rápida y estructura de reparto.

- Dos módulos de decantador tipo pulsador laminar con sistema automático de evacuación de lodos.
- Filtración rápida con filtros azul tipo "T" (10 módulos) con comando de control de lavado automático.
- Desinfección.
- Cisterna de agua para lavado de filtros de capacidad 400 m³.

2.2.12. Parámetros de Diseño en el Sistema de Lagunas de Estabilización

2.2.12.1. Sistema de Pretratamiento. Este sistema se utiliza para eliminar los sólidos grandes en suspensión. Estos sólidos de mayores tamaños están conformados principalmente de papel, plásticos, trapos, tela y otros desechos sólidos que pueden ingresar al alcantarillado. Para esto se usa normalmente las rejillas con distintas aberturas en las barras. (Burga, 2004)

2.2.12.2. Proceso de Pretratamiento

Desbaste (rejillas). Usadas frecuentemente para separar los sólidos mayores y se ubican transversal al flujo de agua. Con el paso del agua los sólidos van quedando atrapados en las rejillas. El material debe ser retirado manualmente y enterrado diariamente; esto para prevenir la obstrucción de las tuberías, alterando los procesos de tratamiento.

La cantidad de sólidos retenidos por las rejas varía según la naturaleza de las aguas negras y el tamaño de las aberturas de la reja. Los desperdicios retenidos contienen de 75 a 90% de humedad y están formados por trapos, papel, trozos de caucho, residuos de alimentos y otros productos expuestos a la putrefacción, por

lo que se requiere su pronta eliminación, mediante procesos como enterramiento, incineración o digestión.

Normas para el diseño de rejillas. A continuación, se muestra un cuadro con las normas de diseño recomendadas para rejillas en sistemas de lagunas. (ver figura 10).

Tabla 4

Normas de diseño para rejillas manuales.

Parámetro	Norma recomendada
Forma de barra	Rectangular No se debe utilizar barras corrugadas de construcción
Ancho de barra	5 - 15 mm
Espesor de barra	25 - 40 mm
Espaciamiento (abertura) entre barras	20 - 50 mm 50 mm recomendado para que las heces humanas pasen por las barras
Inclinación con la horizontal	45 - 60°
Plataforma de drenaje	Suficiente para el almacenamiento temporal del material retenido en condiciones sanitarias
Canaleta de desvío (By-pass)	Suficiente para desviar el caudal máximo durante una emergencia
Material de construcción de barras y plataforma de drenaje	Acero inoxidable o galvanizado; aluminio
Velocidad de aproximación	0.45 m/s
Tiempo de	

retención en canal de aproximación	≥ 3 seg
Largo de canal de aproximación	1.35 m
Velocidad a través de las barras	≤ 0.6 m/s para caudal promedio ≤ 0.9 m/s para caudal máximo
Pérdida de carga máxima	0.15 m
Cantidades de material retenido	0.008 - 0.038 m ³ /1.000 m ³
Disposición final de residuos	Solución técnica utilizando métodos sanitarios

Fuente: Reynolds y Richards (1996) y viceministerio de vivienda y construcción (1997).

Dimensionamiento de rejillas y el canal de aproximación. Se dimensiona la rejilla y el canal de aproximación antes de la rejilla con la siguiente ecuación adaptada de Mara (1976):

Dimensionamiento de canal de aproximación.

$$a_{canal} = \frac{Q_{max}}{0.6P \sin \alpha x} \times \left[\frac{a_b + e_b}{e_b} \right] \quad (1)$$

Donde:

a_{canal} = Ancho de canal de aproximación, m.

Q_{max} = Caudal máximo, m³/s.

0.6= Velocidad máxima a través de las barras, m/s.

P_{max} = Profundidad máxima en el canal cuando $Q=Q_{max}$.

a_b = Ancho de barras, mm.

e_b = Espaciamiento entre barras, mm.

Nota: La profundidad máxima (**Pmax**), se determinará en el diseño del desarenador.

Velocidad en el canal de aproximación

$$v = \frac{0.6}{\left(\frac{a_b + e_b}{e_b}\right)}$$

(2)

v= Velocidad en el canal de aproximación, m/s.

Nota: La ecuación **(2)** asume que la velocidad máxima a través de la rejilla es 0.6 m/s; por lo tanto, la velocidad calculada, **v** (velocidad en el canal de aproximación) debe ser cerca de 0.45 m/s si se utiliza dimensiones de **ab** y **eb** típicas detalladas en las anotaciones anteriores.

Se calculan las pérdidas de carga a través de la rejilla con la siguiente ecuación (Metcalf & Eddy, 1991):

$$h_f = \frac{1}{0.7} \times \left[\frac{VR^2 - Va^2}{2g} \right]$$

(3)

h_f= Pérdida de carga, m.

V_R= Velocidad a través de la rejilla, m/s.

V_a= Velocidad en el canal de aproximación, m/s.

g= Aceleración de gravedad, m/s².

Nota: Se aplica esta última ecuación solamente cuando la rejilla está limpia (Metcalf & Eddy, 1991).

2.2.12.3. Desarenado. El tipo más común es el de flujo horizontal el cual realiza una separación por decantación.

Los desarenadores de flujo horizontal están compuestos por canales rectangulares donde en el cual se mantiene una velocidad controlada del agua, de esta forma las arenas sedimentan y los sólidos orgánicos pasan a los siguientes niveles de tratamiento.

El principal parámetro de diseño es la velocidad del flujo a través del desarenador. Normalmente una velocidad de 0.3 m/s permite la sedimentación de partículas de 0.2 mm y mayores. El tiempo de retención varía de 20 segundos a 1 minuto. El ancho mínimo recomendable para estas unidades es de 0.6 m. Debe adecuarse un espacio dentro de la cámara para la acumulación y almacenamiento de las arenas.

Norma para el diseño de desarenadores.

Tabla 4

Normas de diseño desarenadores.

Parámetro	Norma Recomendada
Velocidad horizontal	$V_{\max} = 0.3 \text{ m/s}$ $V_{\min} \geq 0.80 V_{\max}$
Velocidad de sedimentación	0.02 m/s (partículas de 0.2 mm)
Forma de la sección transversal	Rectangular (con un resalto entre la cota del desarenador y la de la canaleta parshall)
Tiempo de retención hidráulica	$\leq 60 \text{ s}$ para V_{\min} $\geq 45 \text{ s}$ para V_{\max} $V_{\max} = 0.3 \text{ m/s}$ $V_{\min} = 0.3 C_v$

Largo de canal	$45 V_{\max} \leq L \leq 60 V_{\min}$ $13.5 \text{ m} \leq L \leq 18 C_v$
Sección de control de velocidad	Canaleta parshall prefabricada con flujo libre
Carga en el canal aguas debajo de la canaleta parshall para asegurar flujo libre	$\leq 60\%$ de la carga en el desarenador
Número de canales	Dos en paralelo, cada uno con drenaje (Uno en operación y otro para limpieza)

Fuente: Marais y van Haandel (1996)

La manera más apropiada de remover los sólidos arenosos y gruesos es por medio de rejillas y desarenadores horizontales, con el nivel de agua y la velocidad en los canales controlados por una canaleta parshall prefabricada; la canaleta parshall también sirve como el medidor de caudales (ver figura 11).

Dimensionamiento de canaletas parshall para medición de caudales
(ver figura 12).

La ecuación del caudal para una canaleta parshall se define como la siguiente:
(Marais y Van Haandel, 1996)

$$Q = 2.27xW(Ha)^{1.5} \quad (4)$$

Donde:

Q = Caudal, m³/s.

W = Ancho de garganta de medidor parshall, m.

Ha = Profundidad de agua (carga), punto A medida desde la base de la canaleta parshall, m.

La carga aguas arriba de la canaleta parshall en el canal del desarenador se define como (Gloyna, 1971):

$$H = 1.1xH_a \quad (5)$$

Donde:

H= La carga aguas arriba de canaleta parshall, m.

Combinando las ecuaciones se obtiene la siguiente relación:

$$Q = 2.27 \times W \left[\frac{H}{1.1} \right]^{1.5} \quad (6)$$

Al recomodar la ecuación se obtiene la siguiente relación para la carga en el canal del desarenador:

$$H = \left[\frac{1.1xQ}{2.2tx^w} \right]^{0.667} \quad (7)$$

Para el caudal máximo, Q_{max} , la ecuación resulta en:

$$Q_{max} = 2.27xW \left[\frac{H_{max}}{1.1} \right]^{1.5} \quad (8)$$

Donde:

H_{max} = La carga máxima en el canal del desarenador cuando $Q = Q_{max}$.

Reacomodando la ecuación se obtiene:

$$H_{max} = \left[\frac{1.1Q_{max}}{2.27w} \right]^{0.667} \quad (9)$$

Nota: Las ecuaciones de 4 y 9 asumen que el flujo a través de la canaleta parshall es libre.

Para que exista la condición de flujo libre, la carga aguas abajo de la canaleta parshall (H_b) tiene que ser igual o menor de 60% de la carga aguas arriba del canal del desarenador, medida con referencia a la base de la canaleta parshall (H_a).

Para cumplir esta condición, se diseña la cota del canal aguas abajo siguiendo la proyección del fondo de la garganta W (ver la Figura N°15) de la canaleta parshall hasta una longitud mínima de 1 m aguas abajo.

Los límites de caudales según los diferentes anchos de garganta se presenten en el siguiente cuadro:

Tabla 5

Rangos de caudales para canales parshall con flujo libre.

Ancho de la garganta y W (m)	Qmin		Qmax	
	m^3/s	$m^3/día$	m^3/s	$m^3/día$
0.07	0.0	69	0.05	4.6
6	008		38	48
0.15	0.0	13	0.11	9.5

2	015	0	04	39
0.22	0.0	21	0.25	21.7
9	025	6	19	64
0.30	0.0	26	0.45	39.3
5	031	8	56	64

Fuente: Marais y Van Haandel (1996).

Diseño de desarenador rectangular. El resalto (Z ver la Figura N°15), es la diferencia de cota entre la canaleta parshall y el canal del desarenador, como se muestra, se determina con las siguientes ecuaciones (Babbitt y Baumann, 1958; Gloyna, 1971; Marais & Van Haandel, 1996):

$$Z = \left[\frac{\frac{1}{R^3} - 1}{R - 1} \right] \times \left[\frac{1.1Q_{\max}}{2.27w} \right]^{0.667} \quad (10)$$

$$Z = \left[\frac{\frac{1}{R^3} - 1}{R - 1} \right] \times H_{\max} \quad (11)$$

$$\boxed{Z = c_r \times H_{\max}} \quad (12)$$

Donde:

Z = Resalto entre la cota del desarenador y la canaleta parshall, m.

$$\boxed{c_r = \frac{\frac{1}{R^3} - 1}{R - 1}} \quad (13)$$

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

Después de calcular el resalto Z, se determina la profundidad máxima de agua en el canal de desarenador con referencia a la cota del canal (no la carga máxima Hmax) con la siguiente relación:

$$\boxed{P_{\max} = H_{\max} - Z} \quad (15)$$

Donde:

P_{\max} = La profundidad máxima de agua medida de la cota del canal de desarenador, m.

Se calcula el ancho del canal del desarenador mediante la siguiente formula:

$$a_d = \frac{Q_{\max}}{P_{\max} \times V_{\max}} = \frac{Q_{\max}}{p_{\max} \times (0.3)} \quad (16)$$

Donde:

a_d = Ancho de desarenador, m.

V_{\max} = Velocidad horizontal máxima = 0.3 m/s.

El largo del desarenador se calcula utilizando el método de Marais y Van

Haandel (1996):

$$45 \times V_{\max} \leq L \leq 60 \times V_{\min} \quad (17)$$

Donde:

V_{\max} = Velocidad máxima, m/s.

V_{\min} = Velocidad mínima, m/s.

L = Largo de desarenador, m.

La ecuación (17) se basa en el criterio que la velocidad horizontal crítica para partículas de 0.2 mm en diámetro con peso específico de 2.65 g/ml para evitar arrastre por el fondo del desarenador. (Marais y van Haandel, 1996).

Es recomendable que se seleccione 0.3 m/s para V_{max} . Se calcula V_{min} con las siguientes relaciones (Marais y van Haandel, 1996):

$$V_{min} = V_{max} \times c_v = 0.3C_v \quad (18)$$

$$C_v = 2.6Cr^{0.5}(1 - c_r) - z \quad (19)$$

Donde:

V_{min} = Velocidad mínima en el desarenador, m/s.

C_v = Relación de V_{min}/V_{max} .

Entonces, la ecuación (17) se deduce a la siguiente para diseño:

$$13.5m \leq L \leq 18 \times C_v \quad 45 \times 0.3 \leq L \leq 60 \times 0.3c_v \quad (20)$$

El volumen de sólidos arenosos acumulados en el desarenador se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V_{sa} = \frac{top \times Q_{med} \times C_{sa}}{1000} \quad (21)$$

Donde:

V_{sa} = Volumen de sólidos arenosos, m³

top= Tiempo de operación, días.

Q_{med} = Caudal promedio, m³/día

C_{sa} = Carga de sólidos arenosos en las aguas residuales, m³/1000 m³.

La profundidad de sólidos arenosos acumulados en el fondo del desarenador se calcula con la siguiente ecuación (Marais y van Haandel, 1996):

$$Psa = \frac{top \times Q_{med} \times Csa}{a_d \times L}$$

(22)

Donde:

Psa = Profundidad de sólidos arenosos acumulados, m.

Psa se calcula para determinar las dimensiones de la cámara de almacenaje de sólidos.

Disposición final de los sólidos arenosos. Los sólidos arenosos siempre estarán contaminados con patógenos, es necesario tener cuidado en su manejo cuando es necesario limpiar el desarenador. debiéndose enterrar los sólidos arenosos inmediatamente después de sacarlos con el mínimo de manejo. En el diseño se debe incluir un área destinada para la disposición final de los sólidos.

2.2.12.4. Impermeabilización. con el fin de evitar contaminaciones de acuíferos subterráneos el principal procedimiento es realizar la impermeabilización del suelo. Para esto es necesario seleccionar un sitio que tenga un suelo impermeable, de preferencia arcilloso, evitar áreas con fallas geológicas y lechos de río debido a los riesgos de infiltración. De no ser el caso, deberá procederse a impermeabilizar el piso lo que puede generar gastos extras a la construcción.

Las técnicas para impermeabilización son tres:

- ✓ Suelos naturales y compactados.
- ✓ Suelos locales mejorados con estabilizantes químicos.
- ✓ Suelos importados con revestimientos sintéticos (geomembranas).

Requisitos del terreno. La principal desventaja de las lagunas de estabilización es el área requerida. Generalmente, como una regla práctica, en los climas de América Central o en climas tropicales, subtropicales, se puede estimar que se necesitaría entre 2.0 y 2.5 hectáreas mínimas de lagunas para servir a una población de 10000 habitantes.

Tabla 6

Muestra el área requerida para varios procesos de tratamiento.

Proceso de tratamiento	Área requerida, (m²/persona)
Lodos activados	0.3 - 1
Filtro percolador	0.4 - 1
Laguna aireada	4 - 10
Sistema de lagunas de estabilización	2 - 20

Nota: Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Centroamérica. *Fuente:* Stewart, Oakley (2011).

El reúso de aguas residuales. Un dato importante presentado en detalle en los informes del CEPIS, es que las aguas residuales tratadas en lugar de ser un problema para la salud pública y el medio ambiente pueden ser un recurso reusable. Diversos estudios hechos en América latina muestran nuevas técnicas en lo que se refiere al diseño del sistema de lagunas, con el fin de mejorar la protección de la salud pública, esto se logra controlando la remoción de huevos de helmintos que son agentes patógenos contenidos en las aguas residuales; una vez controlado este parámetro, contar con la posibilidad de aprovechar el efluente en actividades productivas, para que los sistemas de lagunas sean sostenibles a largo plazo.

2.2.13. Aspectos Generales del Distrito de Huanchaco

El distrito de Huanchaco es uno de los 11 distritos de la Provincia de Trujillo, ubicada en el Departamento de la Libertad, una de los departamentos del Perú.

El distrito de Huanchaco cuenta con un área de 333.9 km², fue creado como tal el 12 de febrero de 1821.

Huanchaco fue la caleta de pescadores con el caballito de totora y a la vez el punto de salida hacia otros pueblos más allá de la vista del lugareño, desde las culturas Cupisnique y Pakatnamu, anteriores a la Cultura Mochica. Con el crecimiento y expansión de la Cultura Mochica fue creciendo hacia el norte las Caletas de Santa Rosa, Eten y Pimentel; pasando por Chicama, Pakatnamu (Pacasmayo) y otros.

En la Cultura Chimú 800 d.c. hasta 1400 d. C. Huanchaco tuvo más preponderancia porque la sede de Chan se establece más cerca a escasos 4 km. y se puede apreciar en la iconografía de las olas, pelícanos, etc. porque era su puerto de entrada.

En la época incaica al conquistar a los Chimúes estos fueron trasladados como mitimaes a ser subyugados en las alturas andinas y por último arrojados al lago

Titicaca; pero su habilidad y dominio del agua hace que se erijan como los Uros, siembren la totora, dominen el lago formando islas con terraplén de totora y tengan lugar donde vivir actualmente. Es evidente los rasgos mochicas, sus costumbres y su alimentación a base de pescado.

En el siglo XIX Huanchaco era una caleta de indios pescadores que abastecían a la nobleza de Trujillo.

En el siglo XXI Huanchaco cuenta con uno de los balnearios más hermosos de la Ruta Moche, donde destaca sus platos típicos a base de pescado y mariscos que engalana al turista visitante, aparte que cuenta con un clima cálido-seco (tropical). A la fecha el distrito de Huanchaco se encuentra dividido por 05 centros poblados y 01 centro Principal (ver figura 13).

2.2.14. Población

Huanchaco es una de las localidades con más población de la provincia de Trujillo, según los resultados del censo de población y vivienda del año 2017, la población total censada de la localidad de Huanchaco para ese año era de 11,012 habitantes.

Tabla 7

Total, de Población según sexo en el Distrito de Huanchaco.

SEXO	POBLACION	%
HOMBRES	5 268	48
MUJERES	5 744	52
TOTAL	11 012	100

Fuente: CENSO 2017 – INEI

2.2.15. Demarcación Política Administrativa

El distrito de Huanchaco es considerado uno de los principales distritos de la Provincia de Trujillo, por su atractivo turístico y cultural, actualmente se encuentra

dividido en 06 centro poblado: - Huanchaquito – El Milagro – Víctor Raúl Haya de la Torre - El trópico - Villa del Mar. Además del centro Principal: Huanchaco Balneario.

El distrito Huanchaco se encuentra ubicado en la parte noroeste de la provincia de Trujillo, en la región La Libertad, entre las coordenadas 08°00'03" de latitud sur y 79°03'33" de longitud oeste, a una distancia aproximada de 14.5 kilómetros de la capital de la provincia con respecto a la Plaza de Armas del distrito.

2.2.16. *Limites*

- Norte : Santiago de Cao, Ascope
- Sur : Víctor Larco Herrera, Trujillo, La Esperanza, El Porvenir, Laredo.
- Este : Simbal.
- Oeste : Océano Pacífico.

Figura 043

Mapa de Organización Política de La Provincia de Trujillo.



Fuente: Gobierno Regional La Libertad

2.2.17. **Geografía**

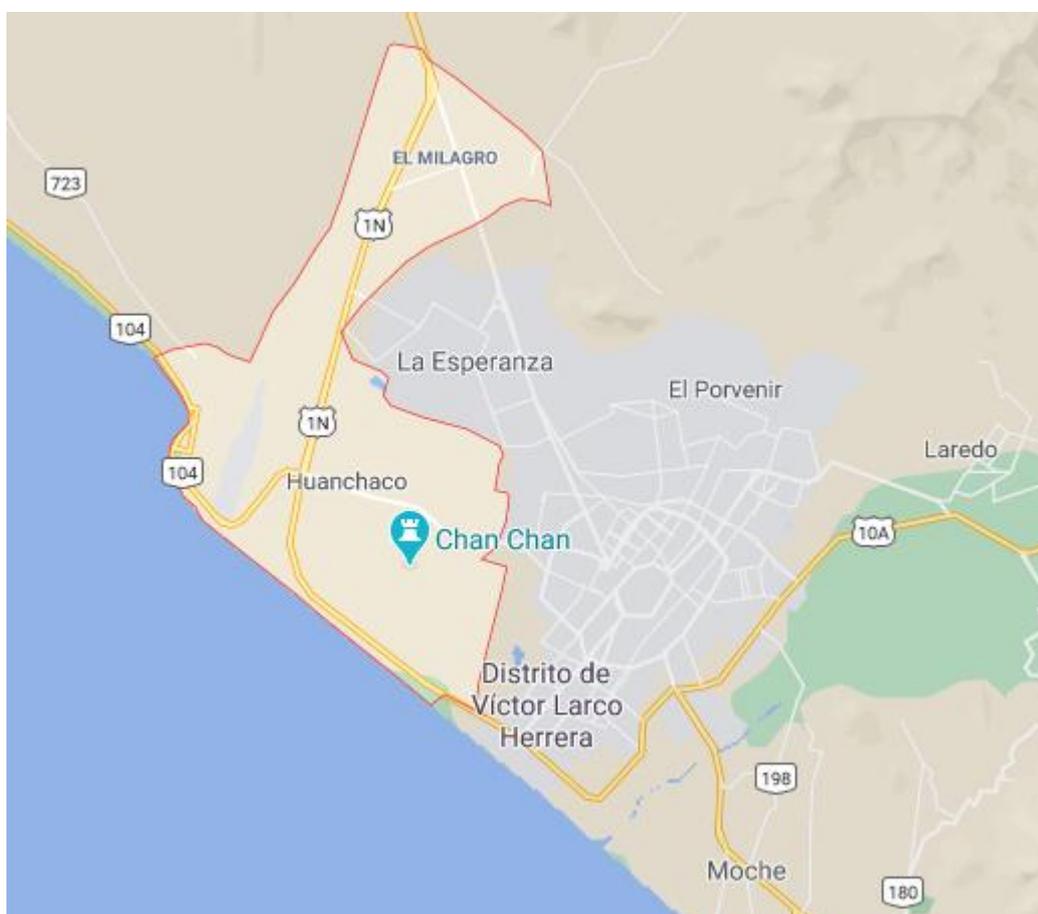
Ubicación Geográfica: 12 Km. al noroeste de Trujillo en la parte oeste de la Provincia.

Extensión Territorial: 333.9 Km.2

Altitud Promedio: 23 metros sobre el nivel del mar y una población: 11,012 habitantes.

Figura 054

Ubicación del Distrito de Huanchaco.



Fuente: Google Maps.

2.2.18. **Limpieza Pública**

El Distrito de Huanchaco se caracteriza por poseer agentes económicos y estratos socioeconómicos, esto hace que se presenten distintos requerimientos de

servicios en un mismo territorio; lo que a su vez genera la necesidad de contar con estrategias de gestión para brindar estos servicios.

A partir de las condiciones evidenciadas en el distrito, se puede deducir que la Municipalidad de Huanchaco cuenta con infraestructura propia para brindar los servicios de residuos sólidos, pero para lograr optimizar se necesita implementación de equipos para estos procesos como se describe a continuación, no obstante, es necesario asegurar la sostenibilidad de estos servicios mediante un nivel de recaudación adecuado y la optimización de servicios considerando tecnologías nuevas, el cual está a cargo de la Gerencia de Salud y Gestión Ambiental.

En el marco de esta política nacional del ambiente, la Municipalidad Distrital de Huanchaco está orientando sus esfuerzos al logro y cumplimiento de las metas propuestas en el Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA PERÚ 2011 – 2021, donde se considera que al 2021 el 100% de los residuos municipales son manejados, reaprovechados y dispuestos adecuadamente. En este contexto y articulando la Municipalidad Distrital de Huanchaco tiene en cuenta los siguientes Lineamientos de Política con respecto a la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales.

2.2.18.1. Marco Legal local

- **Ordenanza Municipal N°012-2007-MDH:** Que aprueba la regulación y sanción del arrojado de residuos sólidos en lugares no autorizados del distrito de Huanchaco.
- **Ordenanza Municipal N°006-2011-MDH:** Que aprueba el Cuadro Único de Infracciones y Sanciones Pecuniarias y no Pecuniarias.

- **Ordenanza Municipal N°010-2015-MDH:** Aprueban el Programa de Formalización de Recicladores y Recolección selectiva de Residuos Sólidos.

2.2.18.2. Actividades realizadas:

- Recolección de residuos sólidos
- Transporte de residuos sólidos
- Disposición final de residuos sólidos
- Cobertura y frecuencia
- Barrido de calles

2.2.18.3. Lineamientos de Política para la Gestión Integral de los residuos sólidos de la Municipalidad distrital de Huanchaco

- Fortalecer la gestión municipal de residuos sólidos en el distrito de Huanchaco
- Impulsar medidas para mejorar la recaudación de los arbitrios de limpieza pública y su sostenibilidad financiera de los servicios de residuos sólidos municipales.
- Impulsar programas de educación y sensibilización ambiental para mejorar las conductas respecto a la disposición de los residuos sólidos y fomentar la reducción, segregación, reúso y reciclaje; de igual forma el reconocimiento de la importancia de contar con rellenos sanitarios para la disposición final de los residuos sólidos.
- Promover la inversión pública y privada en proyectos para mejorar los sistemas de recolección, operaciones de reciclaje y disposición final de residuos sólidos; asegurando el cierre o clausura de botaderos y otras instalaciones informales.

- Desarrollar y promover la adopción de modelos de gestión apropiada de residuos sólidos adaptados a las condiciones de los centros poblados con un enfoque de inclusión de poblaciones vulnerables.
- Promover la formalización de los segregadores y recicladores y otros actores que participan en el manejo de los residuos sólidos, con un enfoque de inclusión.
- Promover el manejo adecuado de los residuos sólidos peligrosos por las municipalidades en el ámbito de su competencia, coordinando acciones con las autoridades sectoriales correspondientes.
- Asegurar el uso adecuado de infraestructura, instalaciones y prácticas de manejo de los residuos sólidos no municipales.

2.2.18.4. Conciencia ambiental y participación ciudadana

Se debe facilitar espacios de coordinación, consulta y concertación para desarrollar el sentido de corresponsabilidad en la implementación del PMRS. Realiza acciones de evaluación y control, como de rendición de cuentas para acercar más a la ciudadanía y potenciar la transparencia. Durante la implementación del PMRS y en su fase de operación es importante realizar una difusión amplia, utilizar los medios de comunicación como la televisión, la radio y video, y prensa escrita para su promoción y la formación de la opinión pública en beneficio del PMRS.

Entonces es necesario que se fomente una cultura tributaria, con el fin de aportar solvencia económica del servicio de limpieza pública. Será esencial el trabajo con las escuelas y colegios, como porta voces principales de la comuna, también será importante involucrar a los pobladores, mediante

capacitaciones y la implementación de un proyecto demostrativo para revelar sus ventajas y resultados.

2.2.19. Áreas Verdes

2.2.19.1. Servicio de Jardinería. Aproximadamente se cuenta con 20 hectáreas destinadas a la construcción de áreas verdes, entre las que se encuentran parques, plazuelas, bermas centrales, laterales, entre otros; a los cuales también se les brinda servicios de mantenimiento, tales como corte de grass, poda de árboles, deshierbe, fertilización y riego de las áreas verdes.

2.2.19.2. Servicio de vivero

Se está proponiendo realizar la implementación de un vivero municipal, a fin de producir todas las especies forestales y ornamentales que se requieren para el embellecimiento de las diversas áreas verdes del distrito.

2.2.20. Servicio de Riego

Debido a que actualmente se están incrementando las áreas verdes, estas requieren una atención de mantenimiento en riego de las mismas, por lo tanto, la División de Áreas Verdes cuenta con 20 camiones cisterna destinados exclusivamente al riego de estas áreas verdes y también de los árboles, trabajando en doble turno.

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) mencionó que desde el 01 de enero del 2013 todas las municipalidades que requieran agua potable para el riego de parques y jardines deberán pagar tarifa comercial por dicha agua, como se viene registrando a la fecha.

El objetivo de esta medida es promover el riego de parques y jardines públicos con aguas residuales tratadas y no con agua potable, o de lo contrario que los Municipios adecúen otro sistema que reúsa las aguas residuales.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Definiciones

- **Afluente:**

Arroyo o río secundario que lleva sus aguas a otro mayor o principal. (Ucha, 2013)

- **Agua residual:**

“Agua que ha sido utilizada por una comunidad y que contiene material orgánico e inorgánico disuelto.” (Cribilleros & Cedrón, 2018, p. 20)

- **Anaerobio:**

“Condición en la cual no existe presencia de oxígeno.” (Cribilleros y Cedrón, 2018, p. 20).

- **Caudal Medio Diario:**

Es el caudal medio en 24 horas obtenido a partir de los datos de todo el año. (Metcalf & Eddy, 1995).

- **Caudal Máximo Diario:**

Máximo caudal en 24 horas obtenido a partir de los datos anuales de explotación (Metcalf & Eddy, 1995).

- **Clarificación:**

Proceso de sedimentación para eliminar los sólidos que queden en las aguas residuales. (Ucha, 2015)

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):**

Parámetro que mide la cantidad de dióxigeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):**

Parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂/l).

- **Eutrofización:**

Se entiende el crecimiento desmedido e incontrolado de organismos acuáticos vegetales en ríos y lagos entre otros. (Cribilleros y Cedrón, 2018, p. 20)

- **Nitrificación:**

Es el proceso biológico en el que el nitrógeno amoniacal es convertido primero en nitrito y luego a nitrato, compuestos que intervienen en la eutrofización acelerada. (Diccionario 2005 Espasa-Calpe)

- **Reutilización Directa:**

Reutilización el agua regenerada tal cual ha sido transportada desde la PTAR a la ubicación donde se utilizará, sin ser aliviado en ningún cuerpo de agua, por lo que su uso será de mucha utilidad para el riego agrario, como a parques y jardines.

- **Reutilización Indirecta:**

Agua regenerada usada de manera indirecta para ser incorporada a un cuerpo natural de agua como por ejemplo a un canal de regadío para el uso de la agricultura.

- **Reutilización planificada:**

El uso directo o indirecto, pero manteniendo un control riguroso durante su distribución.

- **Reutilización para el Agua No potable:**

Es toda la utilización para diversas áreas de la industria comercial, industria de la construcción en forma directa o indirecta.

- **Lodos activados:**

Esta constituido de biomasa con cierta cantidad de solidos inorgánicos que recircula del fondo del sedimentador secundario al tanque de aeración en el tratamiento con lodos activos.

2.4. Sistema de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis

La propuesta de lagunas anaerobias como planta de tratamiento de aguas residuales permitirá la reutilización del efluente en la agricultura en el centro poblado cerrito la virgen en la localidad de Huanchaco cumpliendo con las normas peruanas establecidas por el Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, SUNASS, MINAM y la Resolución Ministerial N°0203-2020-MINAGRI del Ministerio de Desarrollo Agrario.

2.4.2. Variable

Tabla 10

Diseño de la Planta de tratamiento.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
Diseño de la Planta de Tratamiento	Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales (NORMA OS.090, 2006, p.12).	El diseño de la planta de tratamiento tendrá como finalidad tratar el afluente proveniente de la localidad de huanchaco cumpliendo los Parámetros mínimos establecidos para el reúso	Parámetros y características para la reutilización de aguas residuales	Temperatura	°C	Laboratorio Químico
				Caudal de Operación	m ³ /s	Procesamiento de Datos
				Vida Útil	Años	
			Categoría de utilización de las aguas residuales	Riego Agrícola	Glb	Procesamiento de Datos
			Cantidad de agua residual	Caudal	l/s	Procesamiento de Datos
				DBO5	mg o ₂ /l	Laboratorio Químico
				PH		Laboratorio Químico
				Temperatura	°C	Laboratorio Químico

Nota: Recuperada de (NORMA OS.090, 2006, p.12). Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1 Tipo y Nivel de Investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

Por el tipo de la investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada.

3.1.2 Nivel de Investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de una investigación descriptiva.

3.2 Población y Muestra de estudio

3.2.1 Población

Está conformado por 64,409 habitantes del distrito de Huanchaco, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad.

3.2.2 Muestra

La recolección de datos se dio de las lagunas de tratamiento de aguas residuales existentes deficientes.

3.3 Diseño de Investigación

El diseño que optaremos en el presente informe de investigación será no experimental transversal, porque se realizará el estudio de la planta de tratamiento en su contexto natural, sin modificar la situación actual de este.

Los datos serán recolectados para posteriormente ser interpretados por los investigadores debido que no se intervendrá directamente en campo.

3.4 Técnicas e Instrumentos de Investigación

La obtención de información más relevante, para el presente estudio, se realizará a las entidades competentes como la Municipalidad Provincial de Huanchaco y la EPS SEDALIB, quienes nos proporcionan datos sobre la situación actual del PTAR existente.

Además, se realizarán encuestas a la población sobre el tipo de sembrío que se cultiva en la zona, con el fin de ver el impacto que tendría un mejoramiento en la calidad del agua con la propuesta de utilizar una planta de tratamiento mediante lagunas anaerobias.

Observación in situ del Sistema de Tratamiento actual.

3.5 Procesamiento y Análisis de Datos

Para el procesamiento y análisis se empleará distintos softwares tales como:

- AutoCAD: elaboración de planos
- Google Earth: localización de la PTAR.
- Microsoft Excel: elaboración de hojas de cálculo y operaciones en el diseño propuesto.
- Microsoft Word: elaborar el informe de investigación.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propuesta de investigación

Debido a las deficientes características de la actual planta de tratamiento de aguas residuales para tratar las aguas servidas y cumplir con los parámetros establecidos para su reúso, se realiza la propuesta de una planta de tratamiento por lagunas anaerobias y la aplicación de un tercer

tratamiento para de esta forma reducir la carga contaminante y lograr cumplir los parámetros establecidos para su reúso.

4.2. Análisis e interpretación de resultados

4.2.1 Datos para el diseño

Tabla 11

Datos de la población.

Población	11012	Hab
Tasa de Crecimiento	1.00	%
Dotación	80	L/Hab/día
Densidad	214.2	Hab./Km ²
Periodo de Diseño	20	Años
N° de Colectores	185	Ud
Longitud de Red	13.5	Km

Fuente: INEI y Sedalib

4.2.2 Diagnostico situacional actual en planta de tratamiento

Esta planta solo sirve para la localidad de Huanchaco y funciona bajo la metodología de Lagunas Facultativas primaria y secundaria cuyo efluente es utilizado para el riego de campos dedicados a la agricultura, cuenta con las siguientes estructuras operativas: canal de afluente (tubería de impulsión de 10”), lagunas facultativas una primaria y otra secundaria, canal efluente (canal de regadío).

No cuenta con desarenador ni con rejillas para la retención de sólidos.

Se cuenta con una laguna facultativa primaria cuyas medidas son aproximadamente 69 metros de ancho y 113.5 metros de largo con una altura útil de 1.5 metros, los taludes se encuentran recubiertos de arcilla, pero en la

actualidad se encuentran en mal estado y se observa presencia de maleza en los bordes de la laguna.

La laguna secundaria tiene unas dimensiones de 69 metros de ancho por 81.95 metros de largo una altura de operación de 1.5 metros, los taludes se encuentran revestidas de arcilla, pero en mal estado, por el momento se encuentra en desuso.

Figura 065

Laguna primaria con punto de entrada primario fuera de servicio.



Figura 076

Laguna secundaria fuera de servicio



Figura 087

Punto de entrada laguna primaria



Figura 098

Punto de vertimiento



4.2.3. Resultados análisis físico químicos Planta de tratamiento Lagunas

Huanchaco

PTAR HUANCHACO

INDICADOR	UNIDAD	26/03/20	24/09/20	11/02/21	LMP
AFLUENTE					DS N°003-2010-MINAM (*)
Hora de muestreo		10:05 a. m.	10:40 a. m.	11:00 a. m.	
Aceites y Grasas	mg/L	(-)	(-)	8.77	NA
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2.40E+08	7.90E+07	6.30E+06	NA
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	2.40E+08	1.10E+07	1.30E+06	NA
DBO ₅ -Total	mg O ₂ /L	194.28	182.09	154.99	NA
DQO	mg O ₂ /L	445.0	378.0	336.0	NA
pH		7.65	8.03	7.89	NA
Conductividad	uS/cm	2015.0	2240.0	2320.0	NA
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	245.0	165.5	172.9	NA
Sólidos Sedimentables	ml/L/H	4.0	3.5	4.0	NA
Temperatura Ambiente	°C	25.5	21.3	26.3	NA
Temperatura del Agua	°C	27.2	24.6	27.6	NA
EFLUENTE					
Hora de muestreo		10:09 a. m.	10:49 a. m.	11:10 a. m.	
Aceites y Grasas	mg/L	13.53	(-)	5.94	20
Coliformes Totales	NMP/100 ml	7.90E+05	1.60E+07	5.40E+06	NA
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	4.90E+05	4.00E+05	3.90E+05	10000
DBO ₅ -Total	mg O ₂ /L	38.82	86.02	75.97	NA
DBO ₅ -Soluble	mg O ₂ /L	13.96	41.92	30.37	100 (**)
DQO _{TOTAL}	mg O ₂ /L	156.0	214.0	202.0	NA
DQO _{SOLUBLE}	mg O ₂ /L	47.0	89.0	75.0	200 (**)
pH		7.86	8.66	7.72	6.5 - 8.5
Conductividad	uS/cm	2320.0	2350.0	2420.0	NA
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.16	2.67	0.23	NA
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	79.3	136.0	85.6	150
Sólidos Sedimentables	ml/L/H	0.1	0.1	0.1	NA
Temperatura del Agua	°C	25.6	23.0	26.7	< 35

Tabla 12

Planta de tratamiento Lagunas de Huanchaco

Fuente: Sedalib.

4.2.4. Estudio de Mecánica de Suelos

TABLA 3.1: RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS EN CALICATA C1

ESTRATO	C1-E1
PROF.(m)	0.00-3.00
% GRAVA	4.69%
% ARENA	90.36%
% FINOS	4.95%
LL	0.00%
LP	0.00%
IP	0.00%
Clasif. SUCS	SP
ϕ	25.50°
C (Kg/cm ²)	0.015
P (Kg/cm ³)	2.54

TABLA 6.1: PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA EL ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN

ESTRATO	C1-E1
PROF.(m)	0.00-3.00
Clasif. SUCS	SP
ϕ	25.50°
C (Kg/cm ²)	0.015
γ (ton/m ³)	1.716
P (Kg/cm ³)	2.54
ν	0.15
E (Kg/cm ²)	250

TABLA 6.2: CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS

ESTRATO	C1-E1
PROF.(m)	0.00-3.00
Carga admisible (Kg/cm ²)	1.19
Asentamiento (cm)	0.52

INGEDMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
M. C. P. 181231

4.2.5. Levantamiento Topográfico

Realizada la medición topográfica en el terreno actual y siguiendo los linderos físicos actualmente indica una superficie de 16336.63 m² y que de la superficie que consta en el catastro actual solicitado a la municipalidad consta un área de 16325.14 m², una vez conociendo los valores obtenidos se puede observar que no existen discrepancias significativas con las declaradas en el catastro actual, de esta forma se considera que el trabajo realizado es correcto. (para más detalle ver el Anexo 3)

Se realizó el levantamiento de los vértices y puntos graficados en el plano con la Estación Total Trimble DR – 3600 y georreferenciados desde el BM existente en campo por medio del software AutoCad Civil 3D con el siguiente sistema:

Sistema de coordenadas:

CS_CODE: UTM84-17S

DESCRIPCION: UTM WGS 1984, UTM ZONA 17 SUR

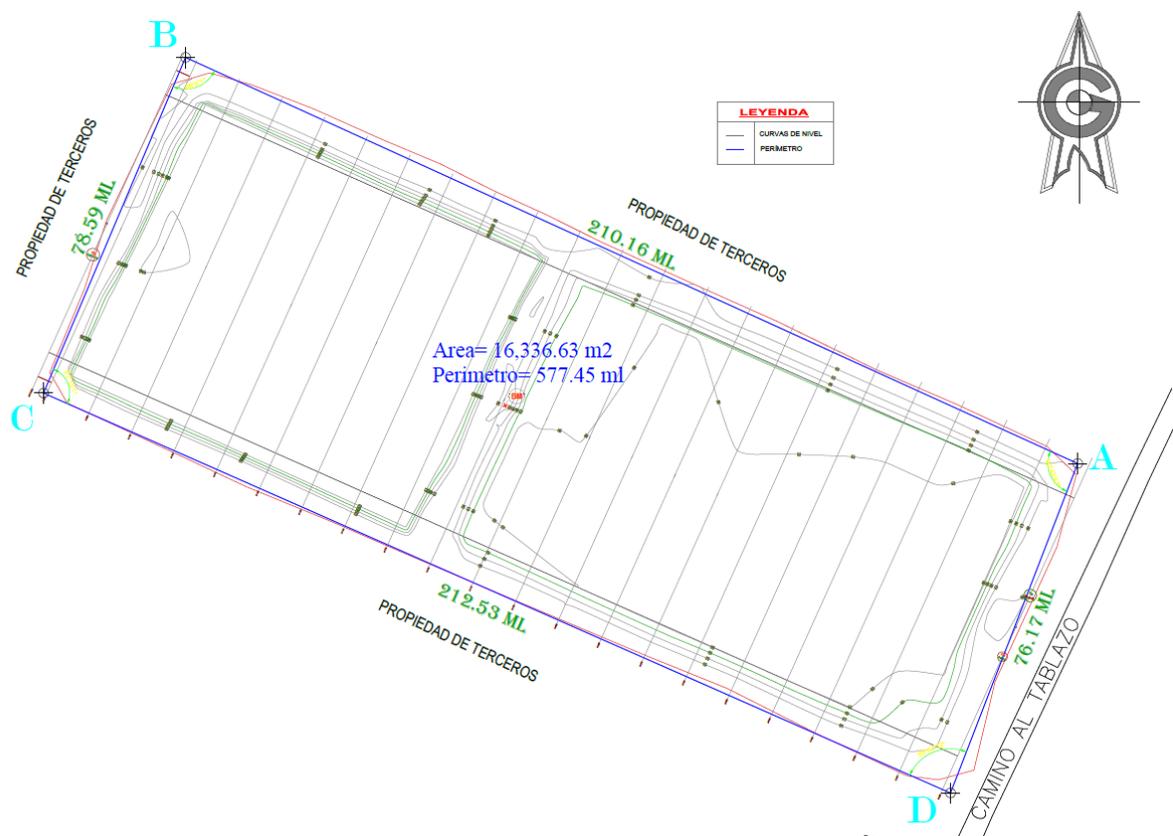
PROYECCION: UTM

DATUM: WGS

CUADRO DE CORDENADAS						
LADO		ANGULO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
A	B	93°43'47"	210.16 ml	A	9,107,393.583	707,891.658
B	C	88°06'01"	78.59 ml	B	9,107,481.265	707,700.658
C	D	91°13'01"	212.53 ml	C	9,107,408.797	707,670.257
D	A	86°57'12"	76.17 ml	D	9,107,322.436	707,864.448
BENCH MARK					9,107,406.0738	707,769.1223
AREA = 16,336.63 m ²				PERIMETRO = 577.45 ml		

Figura 109

Plano Perimétrico del terreno donde se ubica el proyecto



4.2.6. Caudal de Diseño

Realizamos el cálculo de la población futura:

Población atendida:

La población objetiva en la localidad de Huanchaco, tiene una población según INEI al año del último censo de población y vivienda del 2017 de 11012 habitantes.

La tasa de crecimiento según fuente INEI es de 1.00%

Población actual al año 2021 método lineal aritmético:

$$P_{actual} = P_{2017} \times \left(1 + \frac{r \times T}{100}\right)$$

$$Pactual = 11012 \times \left(1 + \frac{1 \times 4}{100}\right)$$

$$**Pactual = 11453 Hab**$$

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

$$Pf = 11453 \times \left(1 + \frac{1 \times 20}{100}\right)$$

$$**Pf = 13744 Hab**$$

Pa= Población actual

r= Tasa de crecimiento poblacional

T= periodo de diseño

Caudal promedio de consumo de agua:

$$Qp = \frac{Pf \times Dotación}{86400}$$

$$Qp = \frac{13744 \times 80}{86400}$$

$$**Qp = 12.73 Lt/seg**$$

Pf= Población futura

Caudal máximo diario:

$$Qmd = K1 \times Qp$$

$$Qmd = 1.3 \times 12.73$$

$$Qmd = 16.55 Lt/seg$$

$$**Qmd = 0.01655 m³/seg**$$

K1= constante 1.3

Qp= Caudal promedio

Caudal máximo horario:

$$Qmh = K2 \times Qp$$

$$Qmh = 2 \times 12.73$$

$$Q_{mh} = 25.46 \text{ Lt/seg}$$

$$Q_{mh} = 0.02546 \text{ m}^3/\text{seg}$$

K2= constante 2

Qp= Caudal promedio

4.2.7 Pre Tratamiento

4.2.7.1. Diseño de Cribas (Rejas limpieza manual)

Canal de ingreso:

El ancho de solera se consideró 0.30 m considerando una velocidad mayor a 0.4 m/seg para evitar sedimentación.

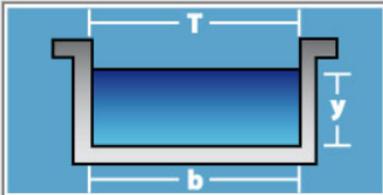
Para los cálculos se apoyó del programa de diseño H-Canales

Figura 1110

Cálculo de canal de ingreso.

Lugar:	<input type="text" value="HUANCHACO"/>	Proyecto:	<input type="text" value="TESIS"/>
Tramo:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="CONCRETO"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.026"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1519"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.6038"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0456"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0755"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.5705"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.4673"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1685"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

Fuente: Elaboración propia.

Descripción	Caudal (m ³ /seg)	Velocidad (m/seg)	Pendiente (m/m)	Tirante de Agua (m)
Qmh	0.026	0.57	0.001	0.15
Qpromedio	0.016	0.50	0.001	0.15

Tabla 13

Medidas de cribas

Descripción	Valor	Unidad
Numero de rejas	1	und
Separación	0.020	m
Espesor	0.005	m
Grosor de marco	0.050	m
Angulo de inclinación	45	°
Ancho del canal	0.300	m
Ancho libre entre rejas	0.200	m
Numero de barras	7	und

Fuente: elaboración

Tabla 14

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo perdido de carga (HL):

$$HL_{max} = \frac{Vr^2 - V1^2}{2g \times 0.7}$$

$$HL_{max} = \frac{0.71^2 \times 0.57^2}{2 \times 9.81 \times 0.7}$$

$$HL_{max} = 0.013 \text{ m}$$

$$HL_{prom} = 0.006 \text{ m}$$

Valores menores 0.15m según lo indica la norma

V_r Velocidad a través de la rejilla, m/s

V_1 = Velocidad en el canal de aproximación, m/s

g = Aceleración de gravedad, m/s^2

Eficiencia de la reja:

$$E = \frac{a}{t + a}$$

$$E = \frac{20}{5 + 20}$$

$$E = 0.8$$

Velocidad entre barras:

$$V_r = \frac{V_1}{E}$$

$$V_{r_{max}} = \frac{0.57}{0.8}$$

$$V_{r_{max}} = 0.71 \text{ m/seg}$$

$$V_{r_{prom}} = 0.63 \text{ m/seg}$$

Desarenador de limpieza manual:

$$R = \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$$

$$R = \frac{0.026}{0.014}$$

$$R = 1.86$$

$$Cr = \frac{R^{1/3} - 1}{R - 1}$$

$$Cr = \frac{1.86^{1/3} - 1}{1.86 - 1}$$

$$Cr = 0.27$$

Resalto hidráulico:

$$Z = Cr \times Hmax$$

$$Z = 0.27 \times 0.30$$

$$Z = 0.08 \text{ m}$$

Ancho del canal:

Consideramos una velocidad máxima de 0.30m/seg

$$ad = \frac{Qmax}{Pmax \times Vmax}$$

$$ad = \frac{0.026}{0.22 \times 0.30}$$

$$ad = 0.39 \text{ m}$$

Profundidad máxima:

$$Pmax = Hmax - Z$$

$$Pmax = 0.30 - 0.08$$

$$Pmax = 0.22 \text{ m}$$

Largo del desarenador:

$$45 \times Vmax \leq L \leq 60 \times Vmin$$

$$45 \times 0.3 \leq L \leq 60 \times 0.27$$

$$L = 13.5 \text{ m}$$

$$Vmin = Vmax \times Cv$$

$$Vmin = 0.3 \times 0.90$$

$$Vmin = 0.27 \text{ m/seg}$$

$$Cv = 2.6 \times Cr^{0.5}(1 - Cr) - Z$$

$$Cv = 2.6 \times 0.27^{0.5}(1 - 0.27) - 0.08$$

$$Cv = 0.90$$

Tirante de agua del desarenador:

$$y = Ha - Z$$

$$y = 0.29 - 0.08$$

$$y = 0.21 \text{ m}$$

La cantidad de arena sedimentada fue calculada con el índice 30 L/1000³

De agua residual, verificado con el caudal máximo horario y cada desarenador tendrá la capacidad para almacenar por 15 días, tiempo de limpieza recomendado.

Canaleta Parshall como medidor de caudal

Determinamos Ancho de la garganta

Para un Q= 25.46 L/seg (0.026 m³/seg) tenemos un W= 3" = 0.076 m

Dimensionamos canal Parshall (dimensiones típicas tomadas de acevedo para un W=3")

Exponente n = 1.547

Coeficiente k = 0.176

Long. paredes sección convergente	A	0.466	m
Long. sección convergente	B	0.457	m
Ancho salida	C	0.178	m
Ancho entrada sección convergente	D	0.259	m
Profundidad total	E	0.381	m
Longitud garganta	F	0.152	m

Long. sección divergente	G	0.305	m
Long. paredes sección divergente	K	0.025	m
Dif. elevación entre salida y entrada	N	0.057	m

Determinamos Lamina de seguridad

$$ha = \left(\frac{Q}{k}\right)^{1/n}$$

$$ha = \left(\frac{0.026}{0.176}\right)^{1/1.547}$$

$$ha = 0.29 \text{ m}$$

Cálculo de canaleta sección media

$$Wa = \frac{2}{3} \times (D - W) + W$$

$$Wa = \frac{2}{3} \times (0.259 - 0.076) + 0.076$$

$$Wa = 0.20 \text{ m}$$

Calculo velocidad en sección media

$$Va = \frac{Q}{Wa \times ha}$$

$$Va = \frac{0.026}{0.20 \times 0.29}$$

$$Va = 0.46 \text{ m/s}$$

Energía total disponible

En sección 1-1, aplicando Bernoulli

$$E_1 = \frac{Va^2}{2g} + ha + N$$

$$E_1 = \frac{0.46^2}{2 \times 9.81} + 0.29 + 0.057$$

$$E_1 = 0.35 \text{ m}$$

Velocidad antes del resalto

$$E_2 = \frac{V_2^2}{2g} + h_2$$

$$E_2 = \frac{1^2}{2 \times 9.81} + 0.34$$

$$E_2 = 0.39 \text{ m}$$

$$V_2 = \frac{Q}{W \times h_2}$$

$$V_2 = \frac{0.026}{0.076 \times 0.34}$$

$$V_2 = 1.00 \text{ m/s}$$

Igualemos $E_2 = E_1$

$$0.35 = \left(\frac{0.026}{0.23 \times h_2} \right)^2 \times \frac{1}{2 \times 9.81} + h_2$$

$$h_2 = 0.34 \text{ m}$$

Determinamos lámina de agua en el resalto

$$h_b = h_2 - N$$

$$h_b = 0.34 - 0.057$$

$$h_b = 0.28 \text{ m}$$

Calculo lámina de agua al final del tramo

$$h_3 = \frac{h_2}{2} \times \sqrt{1 + 8 \times F_2^2} - 1$$

$$h_3 = \frac{0.34}{2} \times \sqrt{1 + 8 \times 0.55^2} - 1$$

$$h_3 = 0.26 \text{ m}$$

Cálculo de lámina de agua al final de canaleta

$$h_4 = h_3 - (N - K)$$

$$h_4 = 0.26 - (0.057 - 0.025)$$

$$h_4 = 0.23\text{m}$$

Calculo tiempo medio de mezcla

$$td = \frac{G}{Vm}$$

$$td = \frac{0.305}{0.98}$$

$$td = 0.31 \text{ seg}$$

$$Vm = \frac{V_3 + V_4}{2}$$

$$Vm = \frac{1.32 + 0.64}{2}$$

$$Vm = 0.98 \text{ m/s}$$

$$V_3 = \frac{Q}{W \times h_3}$$

$$V_3 = \frac{0.026}{0.076 \times 0.26}$$

$$V_3 = 1.32 \text{ m/s}$$

$$V_4 = \frac{Q}{C \times h_4}$$

$$V_4 = \frac{0.026}{0.178 \times 0.23}$$

$$V_4 = 0.64 \text{ m/s}$$

Calculo gradiente de velocidad (G)

$$G = \sqrt{\frac{\gamma \times \Delta h}{\mu \times td}}$$

$$G = \sqrt{\frac{9797 \times 0.07}{0.00112 \times 0.31}}$$

$$G = 1405.42 \text{ S}^{-1}$$

El valor G está comprendido entre los valores $500 \leq G \leq 2000 \text{ S}^{-1}$ por lo tanto cumple.

Perdida de carga

$$E1 = E4 + \Delta h$$

$$\frac{Va^2}{2g} + ha + N = \frac{V4^2}{2g} + h4 + (N - K) + \Delta h$$

$$\Delta h = \frac{Va}{2g} + ha + N - \frac{V4^2}{2g} - h4 - (N - K)$$

$$\Delta h = \frac{0.46^2}{2 \times 9.81} + 0.29 + 0.057 - \frac{0.64^2}{2 \times 9.81} - 0.23 - (0.057 - 0.025)$$

$$\Delta h = 0.07 \text{ m}$$

Cálculo de la distancia de elevación de la cresta (X)

$$X = h5 - h4$$

$$X = 0.50 - 0.23$$

$$X = 0.27 \text{ m}$$

Usando factor del 10%

$$X = 0.28 \times 1.10$$

$$X = 0.30 \text{ m}$$

4.2.8 Tratamiento Primario por Tanque Imhof

4.2.8.1 Diseño de Sedimentador

Caudal de diseño

Porcentaje de contribución de aguas residuales consideramos 80%

$$Qd = \frac{Pf \times Dotación}{1000} \times 0.80$$

$$Qd = \frac{13744 \times 80}{1000} \times 0.80$$

$$Qd = 879.62 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Qd = 36.65 \text{ m}^3/\text{h}$$

Área de Sedimentador

$$As = \frac{Qd}{Cs}$$

$$As = \frac{36.65}{1}$$

$$As = 36.65 \text{ m}^2$$

Volumen del Sedimentador

$$Vs = Qd \times R$$

$$Vs = 36.65 \times 2$$

$$Vs = 73.30 \text{ m}^2$$

R= periodo de retención hidráulico 1.5 – 2.5 horas, recomendado usar 2 horas.

El fondo será de forma en “V” y la pendiente a los lados se considerará 60°.

En la arista central se dejará una abertura para el paso de sólidos de 0.20m.

Un lado de las aristas se prolongará 0.20m de la forma que impida el paso de sólidos y gases provenientes del digestor al sedimentador.

Longitud mínima del vertedero de salida

$$Lv = \frac{Qmax}{Chv}$$

$$Lv = \frac{879.62}{250}$$

$$Lv = 3.52 \text{ m}$$

Q_{max} = Caudal máximo de diseño [$m^3/día$]

Ch_v = Carga hidráulica sobre el vertedero, entre 125 – 500 [$m^3/ (m \times día)$].

Se recomienda 250.

Relación entre longitud y ancho en el sedimentador es igual a 4

$$\frac{a}{b} = 4$$

$$a = 4b$$

$$a = 4 \times 3$$

$$\boxed{a = 12 \text{ m}}$$

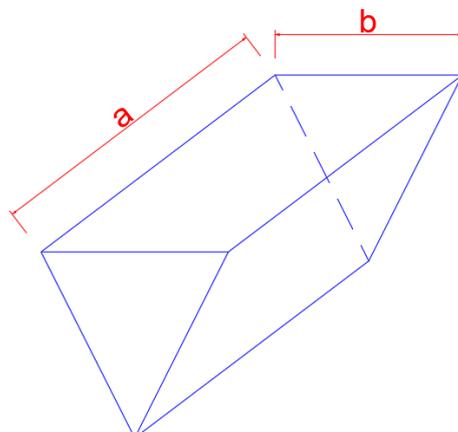
$$As = a \times b$$

$$b = \left(\frac{As}{4}\right)^{1/2}$$

$$\boxed{b = 3 \text{ m}}$$

Figura 12

Relación entre longitud y ancho



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de altura del sedimentador

$$\tan 50 = 1.19 = \frac{h1}{b/2}$$

$$h1 = 1.19 \times \frac{b}{2}$$

$$h1 = 1.19 \times \frac{3}{2}$$

$$h1 = 1.8 \text{ m}$$

entonces

$$V = V1 + V2$$

$$V1 = h1 \times a \times \frac{b}{2}$$

$$V1 = 1.8 \times 12 \times \frac{3}{2}$$

$$V1 = 32.4 \text{ m}^3$$

$$h2 = \frac{V - V1}{a \times b}$$

$$h2 = \frac{73.30 - 32.4}{12 \times 3}$$

$$h2 = 1.00 \text{ m}$$

$$V2 = h2 \times a \times b$$

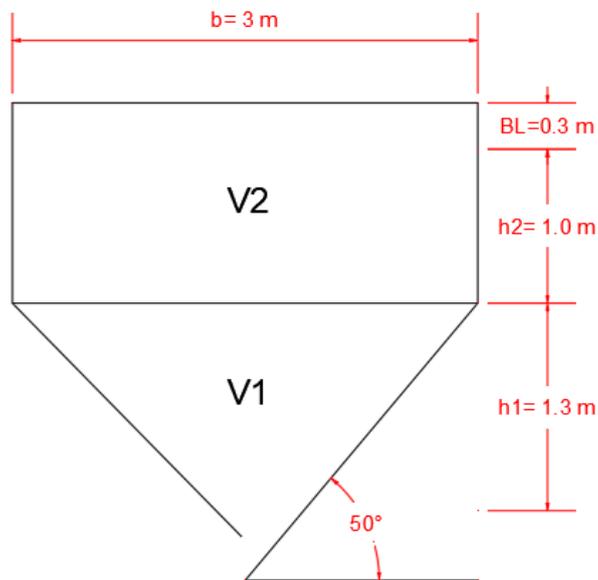
$$V2 = 1 \times 12 \times 3$$

$$V2 = 36 \text{ m}^3$$

Según norma SO.090 borde libre debe ser 0.30 m

Figura 13

Cálculo de altura.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.8.2 Diseño Digestor

Área de ventilación

El espaciamiento libre será de 1.00 m a cada lado

El borde libre según norma SO.090 debe ser 0.30 m

Volumen de almacenamiento y digestión

$$Vd = \frac{70 \times P \times FCR}{1000}$$

$$Vd = \frac{70 \times 13744 \times 0.7}{1000}$$

$$Vd = 673.46 \text{ m}^3$$

Tabla 15

Calculo para ventilación.

Temperatura C°	Factor de Capacidad Relativa (FCR)
5	2.0
10	1.4
15	1.0
20	0.7

>25	0.5
-----	-----

Fuente: Elaboración propia.

El fondo tendrá forma de cono para facilitar la remoción de lodos digeridos.

La altura de los lodos máximo debe ser 0.50m por debajo del sedimentador.

Tabla 16

Tiempo para digestión de Lodos

Temperatura C°	Tiempo Digestión (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: Elaboración propia.

Consideramos un tiempo de digestión de 40 días.

Área superficial

$$As = a \times LB$$

$$As = 12 \times 5.4$$

$$As = 64.8 \text{ m}^2$$

$$Av = 2(a \times av)$$

$$Av = 2(12 \times 1)$$

$$Av = 24 \text{ m}^2$$

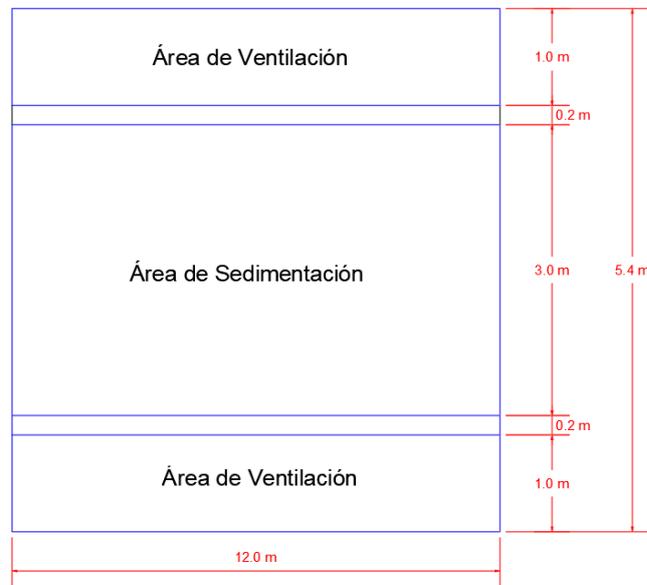
Verificamos si Av es más del 30%

del total del tanque

$$\frac{Av}{As} = 37\% \quad \text{CUMPLE}$$

Figura 14

Verificación del tanque



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de alturas con respecto al digestor

$$\tan 30 = \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{h1}{b/2}$$

$$h1 = \frac{\sqrt{3} \times b/2}{3}$$

$$h1 = \frac{\sqrt{3} \times 2.7}{3}$$

$$h1 = 1.56 \text{ m}$$

Entonces

$$V = V1 + V2$$

$$V1 = h1 \times a \times \frac{b}{3}$$

$$V1 = 1.56 \times 12 \times \frac{5.4}{3}$$

$$V1 = 33.7 \text{ m}^3$$

$$h2 = \frac{V-V1}{a \times b}$$

$$h2 = \frac{673.46 - 33.7}{12 \times 5.4}$$

$$h2 = 9.5 \text{ m}$$

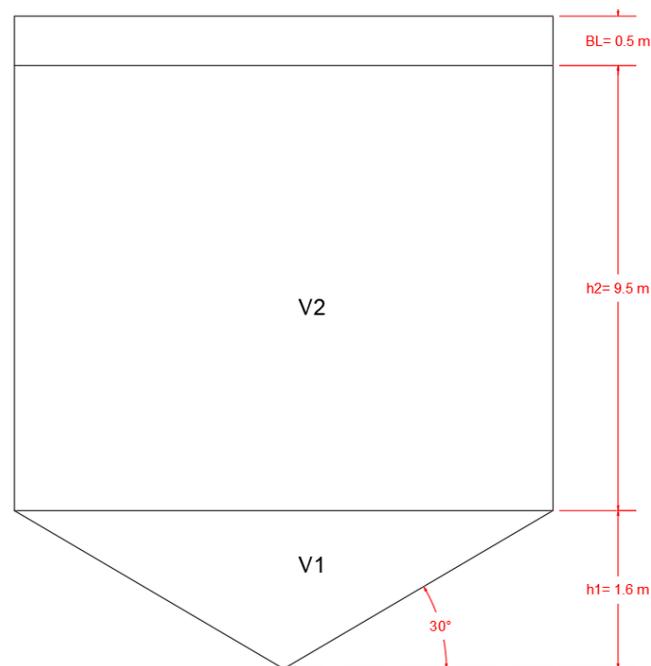
$$V2 = h2 \times a \times b$$

$$V2 = 9.5 \times 12 \times 5.4$$

$$V2 = 615.6 \text{ m}^3$$

Figura 15

Cálculo de alturas para digestor



Fuente: Elaboración propia.

4.2.8.3 Lecho de secado de lodos

Carga de solidos que ingresan al sedimentador en (KgSS/día)

$$C = \frac{\text{Población} \times \text{Contribución percapita}}{1000}$$

$$C = \frac{13744 \times 95}{1000}$$

$$C = 1305 \text{ KgSS/día}$$

Masa de solidos que conforman los lodos

$$Msd = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C)$$

$$Msd = (0.5 \times 0.7 \times 1305) + (0.5 \times 0.3 \times 1305)$$

$$Msd = 424 \text{ KgSS/día}$$

Volumen diario de lodos digeridos

$$Vld = \frac{Msd}{\rho \text{ lodo} \times \frac{\% \text{ solidos}}{100}}$$

$$Vld = \frac{424}{1.04 \times \frac{12}{100}}$$

$$Vld = 3397.44 \text{ KgSS/día}$$

ρ lodos= densidad 1.04 Kg/L

% solidos va entre 8-12 consideramos 12%

Tabla 17

Tiempo requerido para la digestión

Temperatura C°	Tiempo Digestión (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: Elaboración propia.

Volumen de lodos al extraerse

Consideramos diámetro mínimo de tubería 200 mm

Ubicación será 0.15 m por encima del tanque

$$Vel = \frac{Vld \times Td}{1000}$$

$$Vel = \frac{3397.44 \times 40}{1000}$$

$$Vel = 135.90 \text{ m}^3$$

Área de lecho de secado

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

$$Als = \frac{135.90}{0.40}$$

$$Als = 340 \text{ m}^2$$

Ha= profundidad varia de 0.20m a 0.40m, usamos 0.40m

Ancho asumimos 12m.

Largo será igual a 28m.

Medio de drenaje

Se considera generalmente 0.30m de espesor.

El soporte se construirá por una capa de 0.15m compuesta por ladrillos puestos sobre el medio filtrante, debe tener una separación de 2cm a 3cm lleno de arena.

La arena realizará la función de filtrante, teniendo un tamaño de 0.3mm a 1.3mm y un coeficiente de uniformidad de 2 a 5.

Por debajo de la arena se adicionará grava granulada de entre 1.6mm a 51mm (1/6"-2") y 20cm de espesor.

% remoción de BDO 30%

$$DBOe = (100 - \%rem)DBOi$$

$$DBOe = (100 - 30) \times 154.99$$

$$DBOe = 108.50 \text{ mg/L}$$

$$Qe = Qi - 0.001AE$$

$$Qe = 1429.92 - 0.001 \times 65 \times 1.73$$

$$Qe = 1430.03 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$DBO_{cor} = \frac{DBO_e \times Q_i}{Q_e}$$

$$DBO_{cor} = \frac{108.50 \times 1429.92}{1430.03}$$

$$DBO_{cor} = 108.50 \text{ mg/L}$$

Remoción cloriformes fecales

$$N_e = \frac{N_i}{1 + Kt}$$

$$N_e = \frac{6300000}{4}$$

$$N_e = 1575000 \text{ NMP/100ml}$$

$$N_{cor} = \frac{N_e \times Q_i}{Q_e}$$

$$N_{cor} = \frac{1575000 \times 1429.92}{1430.03}$$

$$N_{cor} = 1574878.849 \text{ NMP/100ml}$$

4.2.9 Tratamiento secundario mediante Laguna Anaerobia por el método de Marais

Carga orgánica

$$C_o = \frac{Q_i \times DBO_i}{1000}$$

$$C_o = \frac{1429.92 \times 108.50}{1000}$$

$$C_o = 155.15 \text{ mg/L}$$

Carga superficial o carga volumétrica

Para T 10°-20°

$$\lambda_v = 20T - 100$$

$$\lambda_v = 20 \times 15 - 100$$

$$\lambda_v = 200 \text{ grDBO/m}^3 \text{ día}$$

Remoción del DBO

$$\%DBO_{remov} = 2T + 20$$

$$\%DBO_{remov} = 2 \times 15 + 20$$

$$\%DBO_{remov} = 50\%$$

Volumen de laguna

$$Va = \frac{Li \times Qi}{\lambda v}$$

$$Va = \frac{172.9 \times 1429.92}{200}$$

$$Va = 1236.17 \text{ m}^3$$

Área de laguna

$$Aa = \frac{Va}{Z}$$

$$Aa = \frac{1236.17}{3}$$

$$Aa = 412 \text{ m}^2$$

Z= profundidad recomendada 2m a 4m

Tiempo medio de retención hidráulico

$$Oa = \frac{Va}{Qi}$$

$$Oa = \frac{1236.17}{1429.92}$$

$$Oa = 0.86 \text{ días}$$

Concentración DBO efluente

$$DBO_e = (100 - \%remoción) \times DBO_i$$

$$DBO_e = (100 - 50) \times 108.50$$

$$DBO_e = 54.25 \text{ mg/L}$$

Evaporación método de Blaney-Criddle

$$E = P(0.46T + 8.13)$$

$$E = 100(0.46 \times 21 + 8.13)$$

$$E = 1733 \text{ mm/día}$$

$$E = 1.73 \text{ m/día}$$

$$P = 100 (\text{N}^\circ \text{ de horas de luz diaria} / \text{N}^\circ \text{ horas luz al año})$$

T = promedio de temperatura

Gasto del efluente

$$Q_e = Q_i - 0.001AE$$

$$Q_e = 1429.92 - 0.001 \times 400 \times 1.73$$

$$Q_e = 1429.23 \text{ m}^3/\text{día}$$

Remoción de cloriformes fecales, factor de decaimiento

$$Kt = 2.6 \times 1.19^{21-20}$$

$$Kt = 3$$

$$N_e = \frac{N_i}{1 + Kt}$$

$$N_e = \frac{1574878.85}{1 + 3}$$

$$N_e = 393719.71 \text{ NMP}/100\text{ml}$$

DBO corregido por evaporación

$$DBO_e = \frac{DBO_i \times Q_i}{Q_e}$$

$$DBO_e = \frac{54.25 \times 1429.92}{1429.23}$$

$$DBO_e = 54.28 \text{ mg/L}$$

Cloriformes fecales corregidos por evaporación

$$Ne\ corr = \frac{Ne \times Qi}{Qe}$$

$$Ne\ corr = \frac{393719.71 \times 1429.92}{1429.23}$$

$$Ne\ corr = 393909.79\ NMP/100ml$$

Dimensionamiento de laguna

Relación largo ancho X=2

$$B_{prom} = \sqrt{\frac{A}{X}}$$

$$B_{prom} = \sqrt{\frac{400}{2}}$$

$$B_{prom} = 14\ m$$

$$L_{prom} = \frac{A_{prom}}{B_{prom}}$$

$$L_{prom} = \frac{400}{15}$$

$$L_{prom} = 28\ m$$

Considerando un talud 1:3

$$B_{sup} = B_{prom} + Z \times Talud$$

$$B_{sup} = 14.14 + 3 \times 0.33$$

$$B_{sup} = 16\ m$$

$$L_{sup} = L_{prom} + Z \times Talud$$

$$L_{sup} = 28.28 + 3 \times 0.33$$

$$L_{sup} = 30\ m$$

$$A_{sup} = B_{sup} \times L_{sup}$$

$$A_{sup} = 16 \times 30$$

$$A_{sup} = 480\ m^2$$

4.2.10 Tratamiento terciario mediante lagunas de pulimento o

maduración

El diseño de este tipo de laguna está en función al tiempo de retención

(O= 9 días)

Profundidad recomendada de 1m a 1.5m

Volumen de Laguna

$$V = Qi \times O$$

$$V = 1429.92 \times 9$$

$$V = 12869.28 \text{ m}^3$$

Área de Laguna

$$A = \frac{V}{Z}$$

$$A = \frac{12869.28}{1.5}$$

$$A = 8579.52 \text{ m}^2$$

Dimensionamiento de laguna de maduración

$$X= 3$$

$$\text{Talud}= 2:1$$

$$Z= 1.5\text{m}$$

$$B_{prom} = \sqrt{\frac{A}{X}}$$

$$B_{prom} = \sqrt{\frac{8579.52}{3}}$$

$$B_{prom} = 53 \text{ m}$$

$$L_{prom} = \frac{A_{prom}}{B_{prom}}$$

$$L_{prom} = \frac{8579.52}{53}$$

$$L_{prom} = 160 \text{ m}$$

$$B_{sup} = B_{prom} + Z \times Talud$$

$$B_{sup} = 53 + 1.5 \times 2$$

$$B_{sup} = 56 \text{ m}$$

$$L_{sup} = L_{prom} + Z \times Talud$$

$$L_{sup} = 160 + 1.5 \times 2$$

$$L_{sup} = 163 \text{ m}$$

$$A_{sup} = B_{sup} \times L_{sup}$$

$$A_{sup} = 56 \times 163$$

$$A_{sup} = 9128 \text{ m}^2$$

Gasto del efluente

$$Q_e = Q_i - 0.001AE$$

$$Q_e = 1429.92 - 0.001 \times 9128 \times 1.73$$

$$Q_e = 1414.13 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$N^\circ \text{ de mamparas} = 3$$

$$X = L_{prom} \times 0.70 \times \frac{\frac{N^\circ \text{ mampara} + 1}{B_{prom}}}{N^\circ \text{ mamparas} + 1}$$

$$X = 160.42 \times 0.70 \times \frac{\frac{4}{53.48}}{4}$$

$$X = 2.10$$

Factor de dispersión

$$d = \frac{X}{-0.26118 + 0.25392X + 1.0136X^2}$$

$$d = \frac{2.10}{-0.26118 + 0.25392(2.10) + 1.0136(2.10)^2}$$

$$d = 0.44$$

Coeficiente de reducción bacteriana

$$Kb = 0.841(1.075)^{T-20}$$

$$Kb = 0.841(1.075)^{21-20}$$

$$Kb = 0.90 \text{ día}^{-1}$$

Constante "a"

$$a = \sqrt{1 + 4(KbOd)}$$

$$a = \sqrt{1 + 4(0.90 \times 9 \times 0.44)}$$

$$a = 3.93$$

Cloriformes fecales en el efluente de la laguna mediante la ley de Chick

$$\frac{Nf}{No} = \frac{4ae^{1-a/2d}}{(1+a)^2} \times Ni$$

$$\frac{Nf}{No} = \frac{4 \times 3.93 \times 2.7182818^{1-3.93/2 \times 0.44}}{(1+3.93)^2} \times 393909.79$$

$$\frac{Nf}{No} = 9366.77 \text{ NMP}/100\text{ml}$$

Cloriformes fecales corregidos

$$Ne \text{ corr} = \frac{NeQi}{Qe}$$

$$Ne \text{ corr} = \frac{9366.77 \times 1429.92}{1415.08}$$

$$Ne \text{ corr} = 9465.02 \text{ NMP}/100\text{ml}$$

Total, de cloriformes fecales es menor a 10000 NMP/100ml según indica la norma para su reúso.

Concentración de la DBO en el efluente

$$Kf_{35} = 1.2 \text{ día}^{-1}$$

$$Kf = \frac{Kf_{35}}{1.085^{35-T}}$$

$$Kf = \frac{1.2}{1.085^{14}}$$

$$Kf = 0.38 \text{ día}^{-1}$$

$$DBO_{ef} = \frac{DBO_i}{KfO + 1}$$

$$DBO_{ef} = \frac{54.28}{(0.38 \times 9) + 1}$$

$$DBO_{ef} = 14.17 \text{ mg/L}$$

DBO corregido

$$DBO_{corr} = \frac{DBO_{ef}Q_i}{Q_e}$$

$$DBO_{corr} = \frac{14.17 \times 1429.92}{1414.13}$$

$$DBO_{corr} = 14.32 \text{ mg/L}$$

Total, de la DBO es menor a 100mg/L según lo indica la norma para su reúso.

Eficiencia en la remoción de DBO

$$\% = \frac{DBO_i - DBO_{ef}}{DBO_i} \times 100$$

$$\% = \frac{54.28 - 14.17}{54.28}$$

$$\% = 74\% \text{ de eficiencia en remoción de DBO}$$

4.3. Docimasia de Hipótesis

Se planteo en la hipótesis que la propuesta de lagunas anaerobias como plata de tratamiento de aguas residuales para el mejoramiento del efluente con suma

urgencia, debido a que se está realizando el riego con agua que no cumple con los límites máximos permisibles para su reúso, es decir la planta de tratamiento actual no cumple con su función debido a su antigüedad. Podemos verificar que la hipótesis se cumplió y se diseñó una moderna planta con un periodo de diseño de 20 años con la capacidad que el estudio lo demanda del mismo modo se realizó el diseño de un tercer tratamiento que garantiza el cumplimiento de los límites máximos permisibles para su reúso.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

1.- Lagunas existentes se ubican en el sector Tablazo sobre los acantilados de Huanchaco, como una referencia se puede tomar la Iglesia de Huanchaco aproximadamente 1 Km ubicadas a una altura de 44 msnm.

Esta planta solo sirve para la localidad de Huanchaco y funciona bajo la metodología de Lagunas Facultativas primaria y secundaria cuyo efluente es utilizado para el riego de campos dedicados a la agricultura, cuenta con las siguientes estructuras operativas: canal de afluente (tubería de impulsión de 10”), lagunas facultativas una primaria y otra secundaria, canal efluente (canal de regadío).

No cuenta con desarenador ni con rejas para la retención de sólidos.

Se cuenta con una laguna facultativa primaria cuyas medidas son aproximadamente 69 metros de ancho y 113.5 metros de largo con una altura útil de 1.5 metros, los taludes se encuentran recubiertos de arcilla, pero en la actualidad se encuentran en mal estado y se observa presencia de maleza en los bordes de la laguna.

La laguna secundaria tiene unas dimensiones de 69 metros de ancho por 81.95 metros de largo una altura de operación de 1.5 metros, los taludes se

encuentras revestidas de arcilla, pero en mal estado, por el momento se encuentra en desuso.

El efluente tratado es conducido mediante un canal de concreto hacia los terrenos agrícolas, en estos terrenos se siembra cultivos de tallo alto tales como chala, forraje para ganado, maíz y de tallos bajos tales como sandía y hortalizas.

La planta no cuenta con presencia diaria del personal operativo.

2.- La población actual en la localidad de huanchaco asciende a los 11012 habitantes según el último censo realizado por el INEI 2017, con un tasa de crecimiento poblacional obtenida del INEI de 1.00% anual y una densidad de 214 hab/Km², mediante el método lineal aritmético se realizó el cálculo de la población actual para el año de estudio 2021 obteniendo como resultado en base a la población del 2017 la tasa de crecimiento y el periodo de 4 años hasta la actualidad un resultado de 11453 habitantes en base a esto se realizó el cálculo de la población futura para el diseño de la propuesta mediante el método lineal aritmético para un periodo de diseño de 20 años dando como resultado una población futura de 13744 habitantes.

3.- **Estudio de suelos:** En base a los trabajos de campo en el área de estudio y los resultados de los ensayos en laboratorio, se elaboró una calicata en el terreno de estudio la cual se detalla a continuación.

Estrato 01-E1 / profundidad de 0.00 – 3.00 m. Arena limpia mal graduada; 4.95% de finos que pasa la malla N°200, 4.69% de gravas y 90.36% de arenas, material de color beige. En el sistema de clasificación de suelos SUCS es un "SP", y en el sistema de clasificaciones AASHTO es un A-1-b

(0), con una humedad natural de 1.23%, índice de plasticidad 0.00% y peso unitario seco igual a 1.716 gr/cm³.

Para el estudio de la zona, los parámetros sísmicos a usarse son:

Factor de Zona 4	Z=0.45
Factor de ampliación de ondas sísmicas	Tipo S3 (blandos). S=1.10
Periodo de vibración predominante	Tp=1.0 seg TL=1.6 seg
Factor U	U=1.5 (recomendado)

Se procedió con los ensayos de laboratorio de análisis granulométrico, límites de Atterberg y de corte directo, obteniendo como resultado la siguiente información.

ESTRATO	C1-E1
PROF. (m)	0.00-3.00
% GRAVA	4.69%
% ARENA	90.36%
% FINOS	4.95%
LL	0.00%
LP	0.00%
IP	0.00%
Clasf. SUCS	SP
φ	25.50°
C (Kg/cm²)	0.015
P (Kg/cm³)	2.54

Como se puede observar en los resultados obtenidos el suelo en casi su totalidad es arenoso por lo que no es recomendable para la construcción de una planta de tratamiento debido a que es un suelo que filtra lo líquido y materiales contaminantes esto puede contaminar el estrato y alguna fuente subterránea de agua.

Levantamiento Topográfico: Se realizó las mediciones tomando como punto de partida el BM existente en campo, consideramos una cota de

ingreso al sistema de lagunas a 53.59 m y una cota de salida a 51.40 m, con la ayuda de la estación total se realizó el cálculo del perímetro = 577.45 m el Área de 16336.63 m², los ángulos internos, coordenadas UTM y cotas en cada punto (205 tomas), debido a las condiciones actuales en la que se encuentran construidas las pozas antiguas, será necesario realizar cortes y rellenos al área cuando se decida realizar el proyecto, en su mayoría el terreno es llano y las cotas oscilan dentro de los 2 metros.

4.- Con el apoyo de la EPS SEDALIB se logró obtener los estudios físico químicos de los cuales se obtienen los datos en el afluente y efluente, de tal manera se puede concluir de los datos en el efluente que según los parámetros establecidos en el DECRETO SUPREMOS N° 003-2010-MINAM Límites máximos permisibles para los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales la DBO máximo permisible es de 100 mgO₂/L y en el estado actual es de 75.97 mgO₂ por lo tanto es aceptable y pasa, pero en el campo de cloriformes Termo tolerantes el máximo permisible es de 10000 NMP/100ml y como resultado en el efluente tenemos 390000 NMP/100ml por lo que no es aceptable para su reúso.(ver anexo 1)

5.- Tras la propuesta de una planta de tratamiento por lagunas anaerobias y tras el diseño de un tercer tratamiento se logró observar que la cantidad de DBO y cloriformes termo tolerantes reduce considerablemente:

DBO en efluente = 14.32 mgO₂/100ml siendo el máximo permisible de 100 mgO₂/100ml.

Cloriformes Termo tolerantes = 9465.02 NMP/100ml siendo el máximo permisible 10000 NMP/100ml.

Este método empleado cumple con las condiciones adecuadas para el tratamiento de las aguas residuales y so correcto cumplimiento de los límites máximos establecidos.

VI. CONCLUSIONES

1. La actual planta solo sirve para la localidad de Huanchaco y funciona bajo la metodología de Lagunas Facultativas primaria y secundaria cuyo efluente es utilizado para el riego de campos dedicados a la agricultura, cuenta con las siguientes estructuras operativas: canal de afluente (tubería de impulsión de 10”), lagunas facultativas una primaria y otra secundaria (en desuso), canal efluente (canal de regadío), no cuenta con desarenador ni con rejas para la retención de sólidos ni con presencia diaria del personal operativo.
2. La población actual en la localidad de huanchaco asciende a los 11012 habitantes según el último censo realizado por el INEI realizado el 2017, aplicando la formula indicada en los resultados obtuvimos una población futura de 13214 habitantes.
3. El análisis del estudio de suelos para la propuesta de diseño de la planta de tratamiento nos indica que está construido sobre un tipo de suelo de arena limpia mal granulada y su clasificación según AASHTO (A-1-b), por el cual nos obliga a usar un método de protección (arcilla o geomembrana).

Según el levantamiento topográfico no existen discrepancias entre el catastro actual y el trabajo realizado.

4. De acuerdo a los resultados físico químicos el DBO máximo permisible es de 100 mgO₂/L y en el estado actual tiene una presencia de 75.97 mgO₂/L por lo tanto es aceptable, pero en el campo de cloriformes el máximo permisible es de 10000 NMP/100ml y como resultado en el efluente tenemos 390000 NMP/100ml por lo que no es apto para su reúso.
5. Según el análisis de los efluentes en la propuesta de diseño mediante laguna anaerobia y el uso de un tercer tratamiento, influye positivamente en el resultado del efluente de la localidad de Huanchaco, reduciendo el DBO A 14.32 mgO₂/L y los cloriformes a 9465.02 NMP/100ml.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar la impermeabilización de la zona con arcilla compactada en los bordes de las lagunas o el uso de geomallas para prevenir la contaminación del suelo, sub suelo y aguas freáticas.
2. Para un adecuado funcionamiento de la poza, es recomendable evitar el uso de químicos en su limpieza se deberá inspeccionar al menos una vez al año y medir la profundidad de lodos y nata.
3. Con respecto al tanque Imhof se recomienda vigilancia diaria si se desea obtener un óptimo rendimiento, la espuma formada en el sedimentador se deberá eliminar diariamente utilizando un despumador.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alaya fanola, R. M. & Gonzales Marquez, G. (2008). Apoyo didáctico en la enseñanza – aprendizaje de la asignatura de plantas de tratamiento de aguas residuales. Tesis no aplicada, Universidad Mayor de san Simón, Cochabamba, Cochabamba.

Soto, K & Velásquez, R. (2010). Manual técnico de difusión sistema de tratamiento de aguas residuales para albergues en zonas rurales. Lima.

<https://cdn.www.gob.pe>

Metcalf & Eddy. (1995). Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización. España: Impresos y Revistas. SA (Imfresa). <https://www.academia.edu>

Sánchez, M. (21 de marzo de 2017). Las aguas residuales en Perú. IAGUA. <https://www.iagua.es>

Muñoz, D. (2011). Manual de tratamiento biológicos de aguas residuales para poblaciones medianas de la región sur del ecuador. Loja – Ecuador.

Méndez, J. & Marchán, J. (noviembre de 2008). Diagnósticos situacionales de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución. SUNASS. <https://sinia.minam.gob.pe>

Vallejo, A. (2004). Utilización del análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo.

Reglamento nacional de edificaciones NORMA OS. 090. (2006). Planta de tratamiento de aguas residuales.

IV. ANEXOS

Anexo 1. Registro fotográfico.



Figura 16: Cámara de rejas. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 17: Cámara de desarenador. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 18: Canal de medición Parshall. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 19: Vista del balneario de huanchaco, Distrito de Huanchaco. *Fuente:* Elaboración propia.

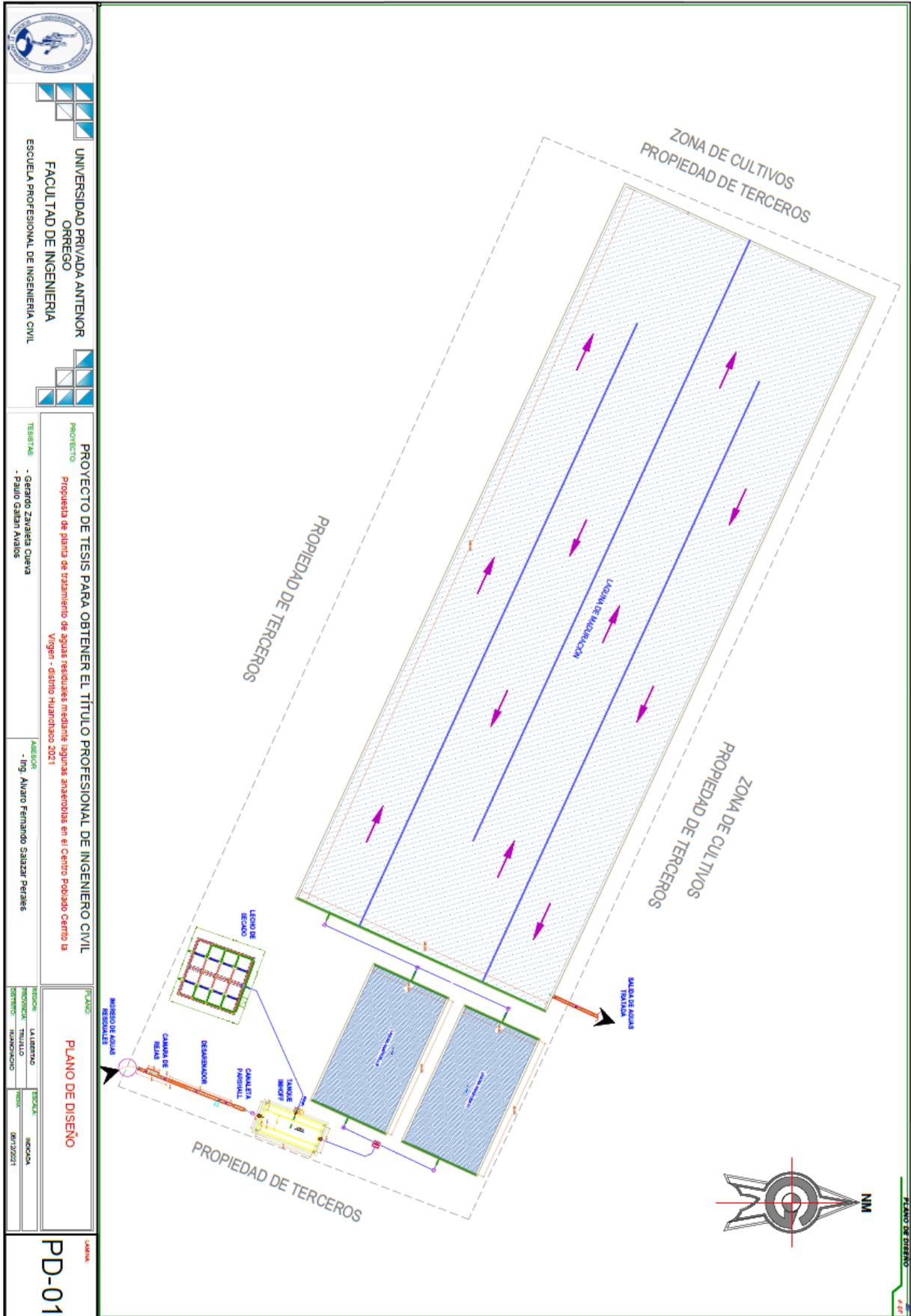


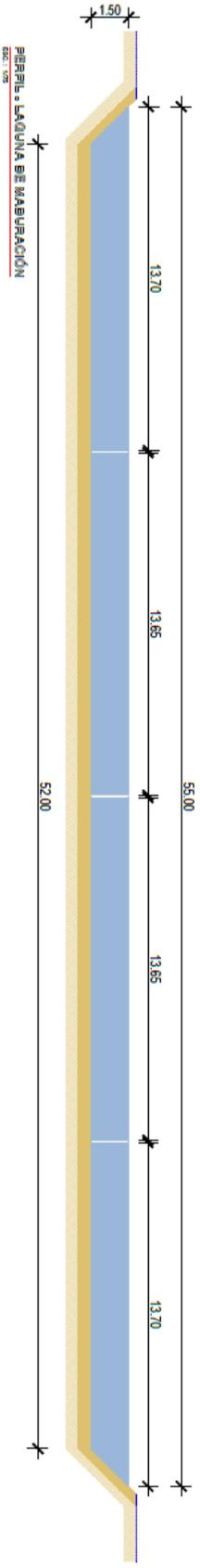
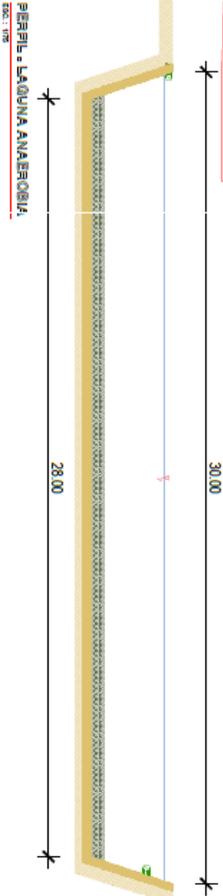
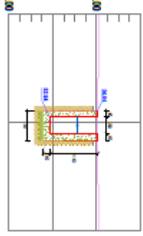
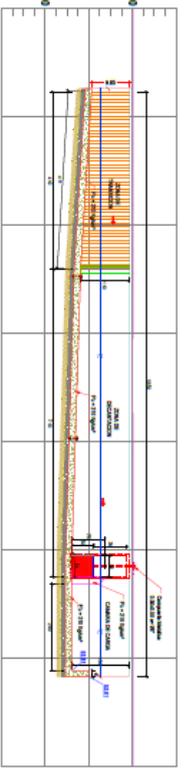
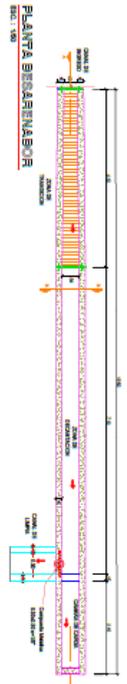
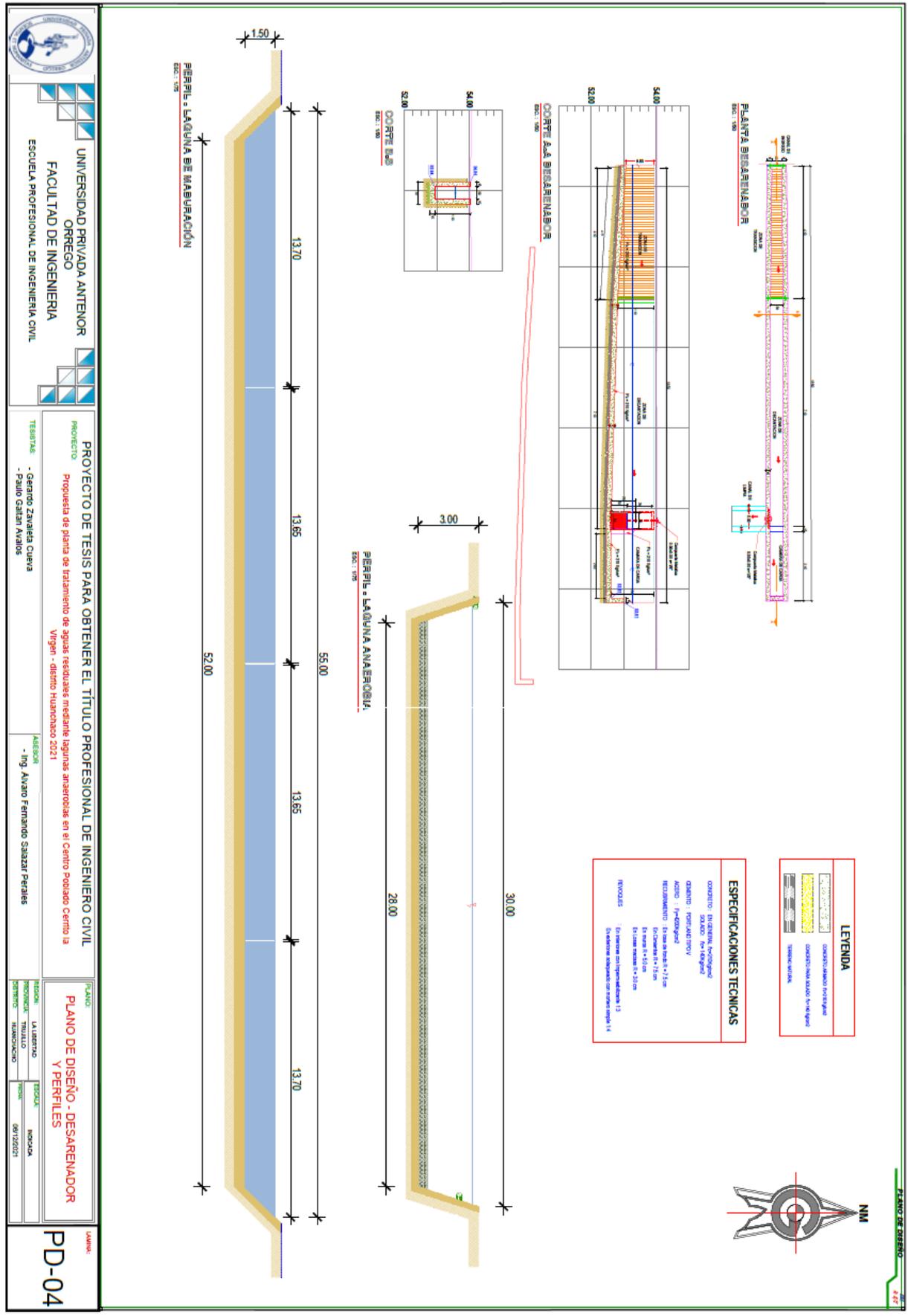
Figura 20: Vista de regadío con aguas servidas, Distrito de Huanchaco. *Fuente:* Elaboración propia.



Figura 21: Ubicación de las zonas agrícolas en el Centro Poblado Cerrito la Virgen – Huanchaco (34.09 Hectáreas). *Fuente:* Elaboración propia.

Anexo 2: Plano de Diseño de propuesta de plata de tratamiento





LEYENDA

	CONCRETO
	ACERO
	ARENA
	GRANULADO

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO: ENGRANADO
 ACERO: F-420
 ARENA: F-420
 GRANULADO: F-420
 REFORZAMIENTO: F-420
 REFINES: F-420

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO: Propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas anaerobias en el Centro Poblado Centro 1a Virgen - Distrito Huancabamba 2021

TESISTAS: Gerardo Zaverucha Cueva
 - Pablo Cesar Avila

ASESOR: Ing. Anvaro Fernando Saenz Perales

PLANO DE DISEÑO - DESARENADOR Y PERFILES

PROYECTISTA: LA LIBERTAD
 INGENIERO: TITULO
 DISEÑO: TRAMITACION

BOQUA: BOQUA
 INGENIERO: INGENIERO
 FECHA: 09/12/2021

PD-04

Anexo 3: Estudio de Suelos

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LAGUNAS ANAEROBIAS Y REUSO PARA LA AGRICULTURA EN LA LOCALIDAD DE HUANCHACO"			
SOLICITANTE:	GERARDO SAUL ZAVALETA GUEVA Y PAULO CESAR GAITAN AVALOS			
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)			
CALICATA:	N° 1	MUESTRA:		ESTRATO E-1
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO
FECHA:	OCTUBRE	2020	DIST.	HUANCHACO

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Mts.	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Símbolo
0.10	CALICATA N° 1	E-1	Arena limpia mal graduada, 4.95% de finos que pasa la malla N°200, 4.69% de gravas y 90.35% de arenas, material de color beige.	SP	A-1-b (0)	○ ○ ○
0.20						○ ○ ○
0.30						○ ○ ○
0.40						○ ○ ○
0.50						○ ○ ○
0.60						○ ○ ○
0.70						○ ○ ○
0.80						○ ○ ○
0.90						○ ○ ○
1.00						○ ○ ○
1.10						○ ○ ○
1.20						○ ○ ○
1.30						○ ○ ○
1.40						○ ○ ○
1.50						○ ○ ○
1.60						○ ○ ○
1.70						○ ○ ○
1.80	○ ○ ○					
1.90	○ ○ ○					
2.00	○ ○ ○					
2.10	○ ○ ○					
2.20	○ ○ ○					
2.30	○ ○ ○					
2.40	○ ○ ○					
2.50	○ ○ ○					
2.60	○ ○ ○					
2.70	○ ○ ○					
2.80	○ ○ ○					
2.90	○ ○ ○					
3.00	○ ○ ○					



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 N° CIP 101231

TABLA 3.1: RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS EN CALICATA C1

ESTRATO	C1-E1
PROF.(m)	0.00-3.00
% GRAVA	4.69%
% ARENA	90.36%
% FINOS	4.95%
LL	0.00%
LP	0.00%
IP	0.00%
Clasif. SUCS	SP
ϕ	25.50°
C (Kg/cm ²)	0.015
P (Kg/cm ³)	2.54

TABLA 6.1: PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA EL ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN

ESTRATO	C1-E1
PROF.(m)	0.00-3.00
Clasif. SUCS	SP
ϕ	25.50°
C (Kg/cm ²)	0.015
γ (ton/m ³)	1.716
P (Kg/cm ³)	2.54
ν	0.15
E (Kg/cm ²)	250

TABLA 6.2: CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS

ESTRATO	C1-E1
PROF.(m)	0.00-3.00
Carga admisible (Kg/cm ²)	1.19
Asentamiento (cm)	0.52

INGEOMA

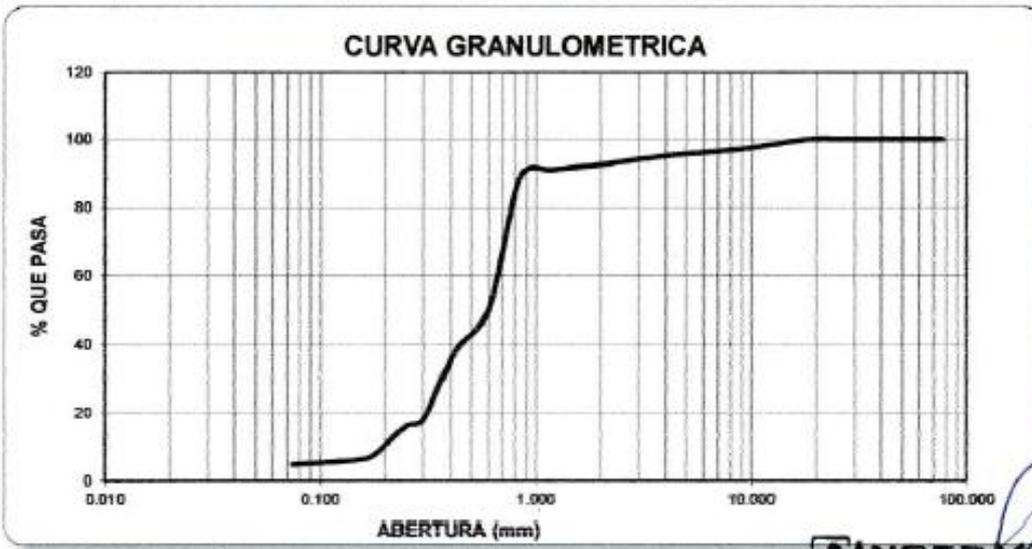
Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. C. P. 181231

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO
ASTM D-422**

PROYECTO:	"PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LAGUNAS ANAEROBIAS Y REUSO PARA LA AGRICULTURA EN LA LOCALIDAD DE HUANCHACO"				
SOLICITANTE:	GERARDO SAUL ZAVALETA CUEVA Y PAULO CESAR GAITAN AVALÓS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG.CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:		E-1	ESTRATO: 3.00
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV. TRUJILLO			
FECHA:	OCTUBRE	2020	DIST. HUANCHACO		

DATOS DEL ENSAYO						
PESO SECO INICIAL (gr.)	2251.07					
PESO SECO LAVADO (gr.)	2139.56					
PESO PERDIDO POR LAVADO (gr.)	111.51					
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 0.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 0.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plástico : 0.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : SP
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO : A-1-b (0)
1/2"	12.700	33.07	1.47	1.47	98.53	
3/8"	9.525	27.15	1.21	2.68	97.32	
1/4"	6.350	24.12	1.07	3.75	96.25	
N° 4	4.178	21.17	0.94	4.69	95.31	
8	2.360	46.14	2.05	6.74	93.26	P. Unitario : 1.716
10	2.000	14.41	0.64	7.38	92.62	
16	1.180	34.64	1.54	8.92	91.08	
20	0.850	36.87	1.64	10.55	89.45	
30	0.600	885.97	39.36	49.91	50.09	
40	0.420	272.45	12.10	62.01	37.99	W(%) : 1.23
50	0.300	445.5	19.79	81.81	18.19	
60	0.250	46.53	2.07	83.87	16.13	
80	0.180	180.82	8.03	91.90	8.10	
100	0.150	40.31	1.79	93.70	6.30	
200	0.074	30.41	1.35	95.05	4.95	
< 200		111.51	4.95	100.00	0.00	
Total		2251.07				





Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LAGUNAS ANAEROBIAS Y REUSO PARA LA AGRICULTURA EN LA LOCALIDAD DE HUANCHACO"				
SOLICITANTE:	GERARDO SAUL ZAVALA CUEVA Y PAULO CESAR GAITAN AVALOS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG.CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	3.00
UBICACIÓN:	<i>DEP.</i>	LA LIBERTAD	<i>PROV.</i>	TRUJILLO	
FECHA:	OCTUBRE	2020	<i>DIST.</i>	HUANCHACO	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	39.08	38.79
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	210.12	199.18
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	208.02	197.24
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	168.94	158.45
PESO DE AGUA	(gr.)	2.10	1.94
% DE HUMEDAD		1.24	1.22
% DE HUMEDAD PROMEDIO		1.23	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO		
ASTM-D-1587		
VOLUMEN DEL PICNÓMETRO	(cm ³)	500.00
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	868.40
PESO DEL PICNÓMETRO	(gr.)	170.23
PESO DEL PICNÓMETRO + MUESTRA	(gr.)	1038.63
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.737
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.716

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. CIP. 10-1231

L.M.S.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

UBICACION: HUANUCO - TRUJILLO - CALIBERTAD
 RESPONSABLE: ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101281)

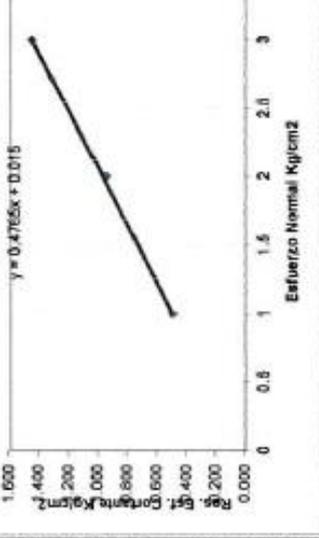
CAJA DE CORTE N° 0.004
 ANCHO 6 cm
 ALTURA 4 cm
 AREA 36 cm²
 VOLUMEN 144 cm³
 Gs 1.737 g/cm³ (Peso unitario húmedo del suelo)
 VELOCIDAD 1 mm/min
 Wtm 250.1 g'

φ = 25.8°
 c = 0.9160

FACTOR DE CALIBRACION 4.550

T	D.H	Lc	Area Corregida	σ1	σ2	σ3	τ	F.C.	L.D	F.C.	L.D	F.C.	L.D	τ	F.C.	L.D
min	cm	cm	Ac=π·Lc (cm ²)	L.D (mm)	L.D (mm)	L.D (mm)	(Kg/cm ²)	Kg	(Kg/cm ²)	Kg	(Kg/cm ²)	Kg	(Kg/cm ²)	Kg/cm ²	Kg	(Kg/cm ²)
0.00	0.000	0.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	0.025	0.975	35.650	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.050	0.950	35.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.75	0.075	0.925	35.950	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.00	0.100	0.900	35.400	0.800	0.077	1.200	0.185	0.471	1.200	0.185	1.700	0.218	1.700	0.218	2.200	0.265
1.50	0.150	0.850	35.100	1.100	0.143	2.000	0.280	0.711	2.000	0.280	3.400	0.442	3.400	0.442	4.800	0.570
2.00	0.200	0.800	34.800	1.700	0.223	3.200	0.419	1.069	3.200	0.419	5.200	0.601	5.200	0.601	7.200	0.828
2.50	0.250	0.750	34.500	2.000	0.284	4.300	0.598	1.604	4.300	0.598	7.000	0.828	7.000	0.828	9.800	1.120
3.00	0.300	0.700	34.200	2.400	0.320	5.100	0.690	1.821	5.100	0.690	8.200	0.993	8.200	0.993	11.200	1.380
3.50	0.350	0.650	33.900	2.700	0.363	5.600	0.740	1.975	5.600	0.740	9.100	1.124	9.100	1.124	12.600	1.560
4.00	0.400	0.600	33.600	2.900	0.393	5.800	0.787	2.042	5.800	0.787	9.500	1.180	9.500	1.180	13.000	1.590
4.50	0.450	0.550	33.300	3.100	0.424	6.100	0.835	2.110	6.100	0.835	9.800	1.242	9.800	1.242	13.400	1.620
5.00	0.500	0.500	33.000	3.300	0.455	6.400	0.884	2.178	6.400	0.884	10.200	1.300	10.200	1.300	13.800	1.650
5.50	0.550	0.450	32.700	3.600	0.491	6.800	0.934	2.246	6.800	0.934	10.600	1.358	10.600	1.358	14.200	1.680
6.00	0.600	0.400	32.400	3.400	0.478	6.600	0.929	2.239	6.600	0.929	10.400	1.342	10.400	1.342	14.000	1.660
6.50	0.650	0.350	32.100	3.400	0.478	6.600	0.929	2.239	6.600	0.929	10.400	1.342	10.400	1.342	14.000	1.660
7.00	0.700	0.300	31.800	3.100	0.455	6.400	0.884	2.178	6.400	0.884	10.200	1.300	10.200	1.300	13.800	1.650
7.50	0.750	0.250	31.500	3.100	0.455	6.400	0.884	2.178	6.400	0.884	10.200	1.300	10.200	1.300	13.800	1.650
8.00	0.800	0.200	31.200	3.100	0.455	6.400	0.884	2.178	6.400	0.884	10.200	1.300	10.200	1.300	13.800	1.650
8.50	0.850	0.150	30.900	3.100	0.455	6.400	0.884	2.178	6.400	0.884	10.200	1.300	10.200	1.300	13.800	1.650
9.00	0.900	0.100	30.600	3.100	0.455	6.400	0.884	2.178	6.400	0.884	10.200	1.300	10.200	1.300	13.800	1.650

y = 0.4765x + 0.015



INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 181231

PROYECTO	"PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LAGUNAS ANAEROBIAS Y REUSO PARA LA AGRICULTURA EN LA LOCALIDAD DE HUANCHACO"		
SOLICITANTE	GERARDO SAUL ZAVALA CUEVA Y PAULO CESAR GAITAN AVALOS		
UBICACIÓN	HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD	FECHA DE ENSAYO	Oct.-2020
PROCEDENCIA	C-1 E-1		
CANTIDAD	: según Norma MTC - 210		
PRESENTACIÓN	: Sacos de Polietileno		
CONDICION DE LA MUESTRA	: Ensayo realizado con material de calicata		

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS
NORMAS MTC E 219 - NTP 400.042

CALICATA	Descripción	S.S.T. (ppm)	Cl (ppm)	SO ₄ (ppm)	pH
C-1 E-1	SP	1,362.50	262.90	1,097.20	6.79

EVALUACION QUIMICA:

En los siguientes cuadros se presentan los límites permisibles recomendados por el Comité ACI 318-83, RNE y valores recopilados de la literatura existente sobre las cantidades en partes por millón (p.p.m) de sales solubles totales, así como el grado de alteración y las observaciones del ataque a las armaduras y al concreto, se da las recomendaciones necesarias para la protección ante el ataque químico.

TABLAS NORMATIVAS
CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE SULFATOS Y SU GRADO DE AGRESIVIDAD AL CONCRETO SEGÚN RECLAMAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES
(Valores expresados en ppm)

ACI - 201.2R.77		BRS DIGEST (SEGUNDA SERIE) 90 (inglesa)		DIN 4030 (Alemania)	R.N.E. (Peruana)
Grado de Ataque	Sulfatos en el Suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos en el Suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos
Leve	0 - 1,000	0 - 150	< 2,400	< 360	0 - 600
Moderado	1,000 - 2,000	150 - 1,500	2,400 - 6,000	360 - 1,440	600 - 3,000
Severo	2,000 - 20,000	1,500 - 10,000	6,000 - 24,000	1,440 - 6,000	> 3,000
Muy Severo	> 20,000	> 10,000	> 24,000	> 6,000	—

Los valores máximos tolerables recomendados en nuestro medio, en comparación con los del agua potable expresados en partes por millón (ppm)

Sustancia	Referencias	MTC	RIVVA 5	Agua Potable	R.N.E. (Peruana)
Cloruros		300	300	250	1,000
Sulfatos		300	50	50	-
Sales Solubles Totales		1,500	300	300	-
Sales en Magnesio		-	125	125	-
Sólidos en Suspensión		1,000	10	10	-
pH		< de 7	> de 8	10.5	mínimo 4
Mat. Orgánica expres. En Oxígeno		16	0.001	0.001	-

* Para concretos que han de estar expuestos a ataques por sulfatos.

* Para ph <4 deberá proporcionarse medidas de protección adecuadas para proteger el concreto del ataque ácido.

De la comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio y los valores recomendados se puede deducir el siguiente comportamiento:

En la zona de estudio los niveles de contenidos de sulfatos son de grado de ataque moderado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Al nivel de excavación los contenidos de sulfatos son de grado de ataque moderado, por lo que se recomienda el uso de cemento Tipo MS.

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANALISIS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES

"PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LAGUNAS ANAEROBIAS Y REUSO PARA LA AGRICULTURA EN LA LOCALIDAD DE HUANCHACO"

CALICATA N° 1 - ESTRATO 1 / PROFUND.3.00

FECHA : OCT.2020

CAPACIDAD DE CARGA

(Terzaghi 1943 y modificado por Vesic 1975)

$$q_u = c N_c S_c + q N_q S_q + \frac{\gamma B}{2} N_\gamma S_\gamma$$

ASENTAMIENTO INICIAL

Teoría Elástica

$$S = C_s q B \left(\frac{1-v^2}{E_s} \right)$$

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N_c = \cot \phi (N_q - 1)$$

$$N_q = e^{-\tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi \right)$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

FACTORES DE FORMA (Vesic)

$$S_c = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$$

$$S_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$$

$$S_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \quad >= 0.6$$

Peso unitario suelo encima NNF $\gamma = 1.000$ ton/m³
 Peso unitario suelo debajo NNF $\gamma' = 1.716$ ton/m³
 Profundidad de cimentación (ZAPATA) 1.50 m
 Factor de seguridad 3.00
 Prof. cimiento corrido (Ingresar dato, si hay) 0.90

Relación de Poisson $\nu = 0.15$
 Módulo de elasticidad del suelo $E_s = 250.00$ kg/cm²
 Factor de forma y rigidez cimentación corrida $C_s = 254.00$ cm/m
 Factor de forma y rigidez cimentación cuadrada $C_s = 112.00$ cm/m
 Factor de forma y rigidez cimentación rectangular $C_s = 153.00$ cm/m

Sobrecarga en la base de la cimentación $q = \gamma D = 1.50$ ton/m²
 Sobrecarga en la base del cimiento corrido $q = \gamma D = 0.90$ ton/m²

Considerando Falla Local por Corte

Angulo de fricción ϕ	cohesión c (kg/cm ²)	N_c	N_q	N_γ (Vesic)	N_q/N_c	Tan ϕ
25.50	0.015	21.469	11.240	11.677	0.524	0.477

B= Ancho de la cimentación
 L= Longitud de cimentación

CIMENTACION CORRIDA								
B (m)	L (m)	S_c	S_q	S_γ	q_u (kg/cm ²)	q_{ad} (kg/cm ²)	S (cm)	
0.40		1.00	1.00	1.00	1.73	0.58	0.23	
0.50		1.00	1.00	1.00	1.83	0.61	0.30	
0.50		1.00	1.00	1.00	1.93	0.64	0.35	
0.80		1.00	1.00	1.00	2.14	0.71	0.57	
1.00		1.00	1.00	1.00	2.34	0.78	0.77	

CIMENTACION CUADRADA								
B (m)	L (m)	S_c	S_q	S_γ	q_u (kg/cm ²)	q_{ad} (kg/cm ²)	S (cm)	
1.00	1.00	1.52	1.48	0.60	3.58	1.19	0.52	
1.30	1.30	1.52	1.48	0.60	3.76	1.25	0.71	
1.50	1.50	1.52	1.48	0.60	3.88	1.29	0.85	
2.00	2.00	1.52	1.48	0.60	4.18	1.39	1.22	
3.00	3.00	1.52	1.48	0.60	4.78	1.59	2.10	

CIMENTACION RECTANGULAR								
B (m)	L (m)	S_c	S_q	S_γ	q_u (kg/cm ²)	q_{ad} (kg/cm ²)	S (cm)	
1.00	1.50	1.35	1.32	0.73	3.39	1.13	0.68	
1.50	1.80	1.44	1.40	0.67	3.82	1.27	1.14	
3.00	3.50	1.45	1.41	0.66	4.82	1.61	2.88	
4.00	6.00	1.35	1.32	0.73	5.60	1.87	4.46	

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 R. CIP 161231

Se puede considerar como valor único de diseño:

$q_{admisible} = 1.19$ kg/cm²
 $q_{admisible} = 11.94$ tn/m²
CARGA ADMISIBLE BRUTA
 $Q = 11.94$ tn/m
 $S = 0.52$ cm

CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO

SUCS	SP (ARENA MAL GRADUADA)		
AASHTO	A-1-b (Ø)		
COLOR	ϕ	c (kg/cm ²)	$P. u.$ (T/m ²)
BEIGE	25.50	0.015	1.716

Anexo 4: Levantamiento Topográfico

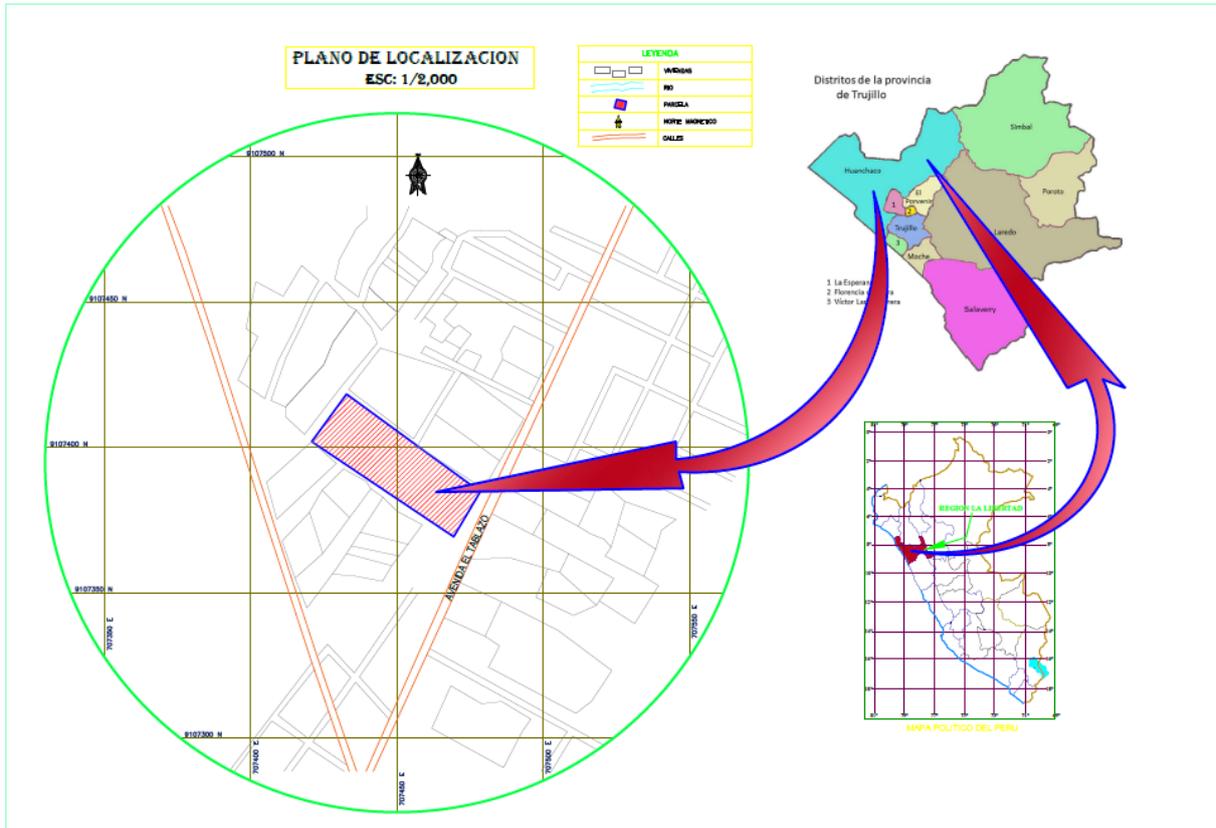


Figura 22: Plano de Ubicación - Localización. *Fuente:* Elaboración propia.

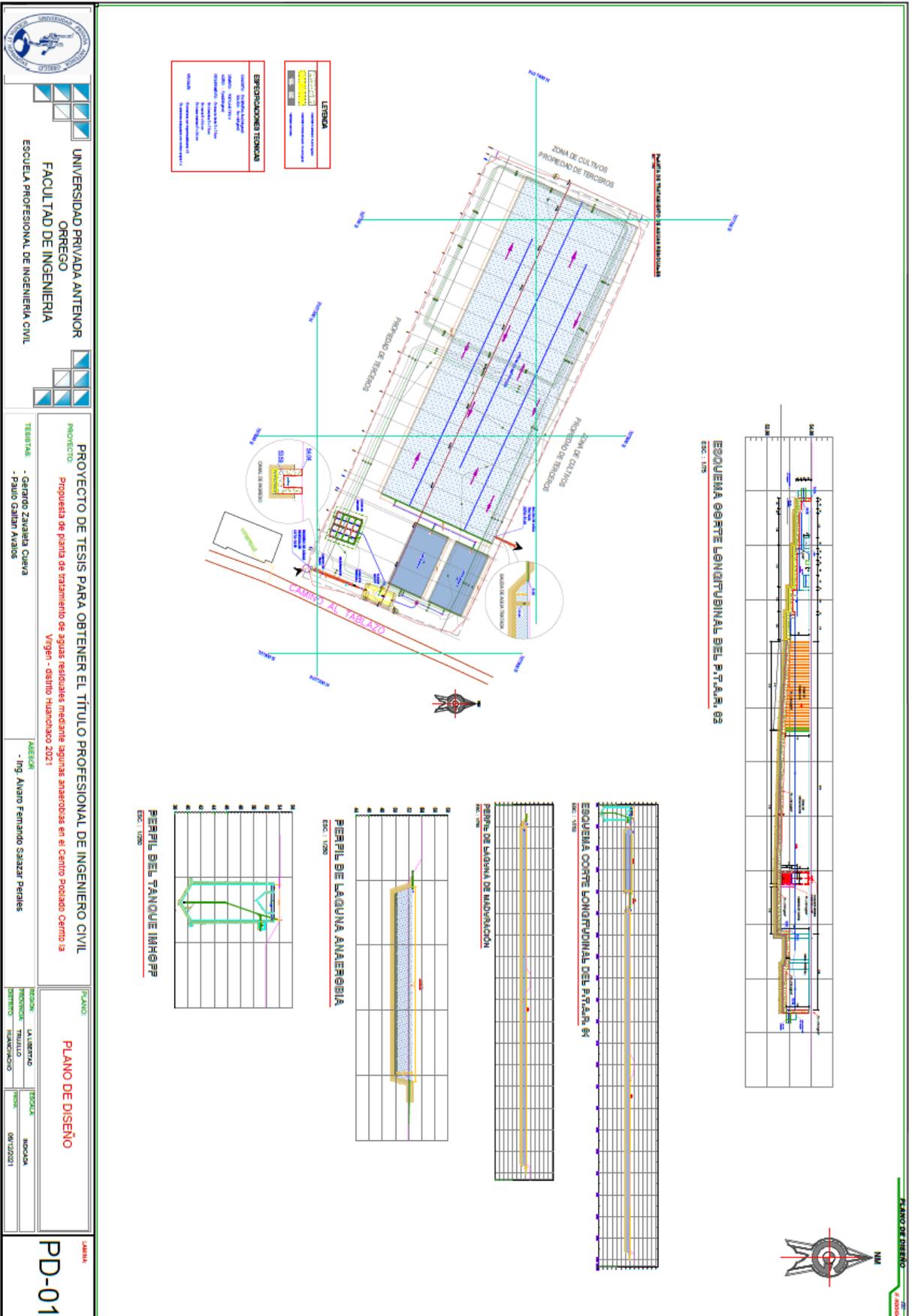


Figura 23: Plano topográfico. Fuente: Elaboración propia.

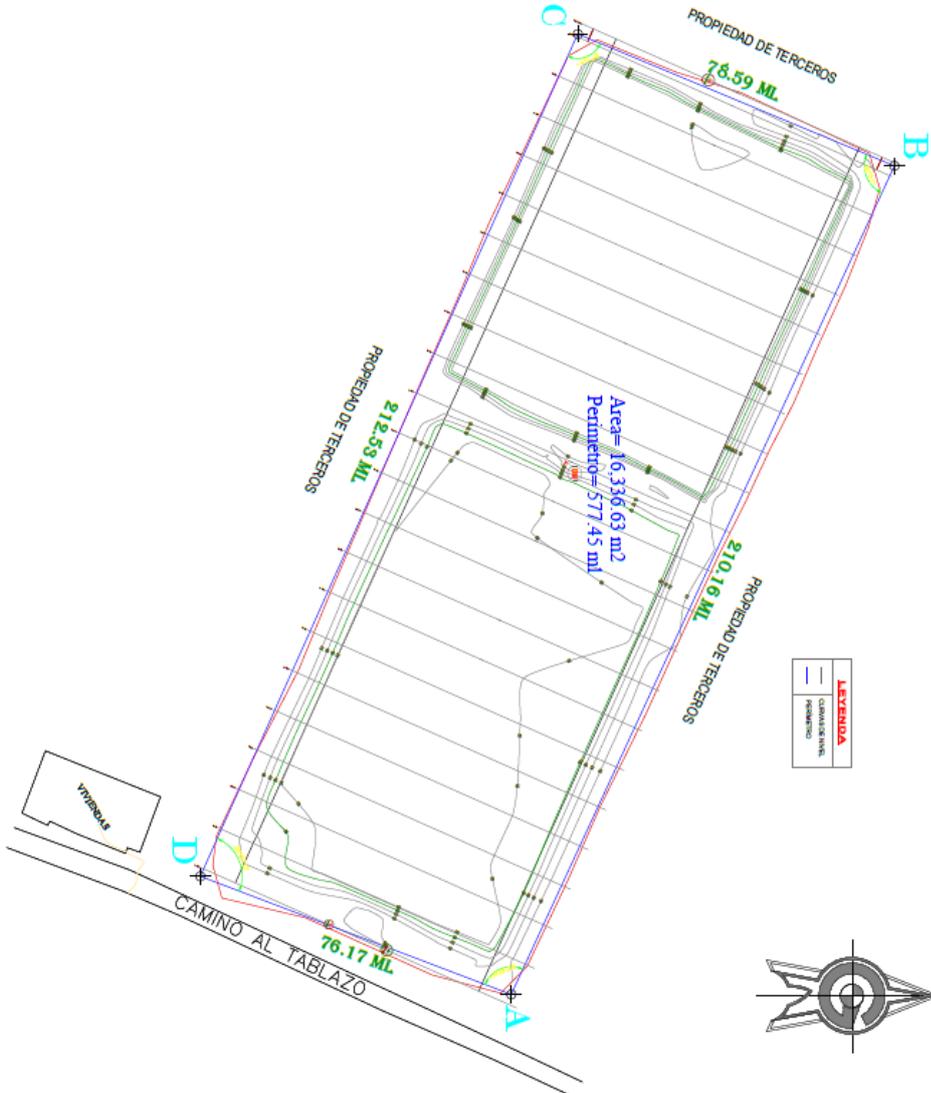
PLANO PERIMÉTRICO

NOTA
 LOS VERTICES Y PUNTOS GRAFICADOS EN EL PLANO
 HAN SIDO LEVANTADOS CON ESTACION TOTAL TRIM E DR - 3600
 Y GEORREFERENCIADOS DESDE BM EXISTENTE EN EL CAMPO POR
 MEDIO DEL SOFTWARE AUTOCAD CIVIL 3D CON EL SGTE SIST.

SISTEMA DE COORDENADAS

CS_CODE: UTM84-17S
 DESCRIPCION: UTM WGS 1984, UTM ZONA 17 SUR
 PROYECCION: UTM
 DATUM: WGS84

CUADRO DE CORDENADAS					
LADO	ANGULO	DISTANCIA	COORDENADAS		
EST	PV		Y	X	
A	B	210.16 ml	9,197,292.688	707,897.658	
B	C	78.59 ml	9,197,481.286	707,708.658	
C	D	212.53 ml	9,197,408.797	707,870.257	
D	A	76.17 ml	9,197,222.428	707,684.448	
BENCH MARK			9,197,408.078	707,798,1229	
AREA = 16,336.63 m ²			PERIMETRO = 577.45 ml		



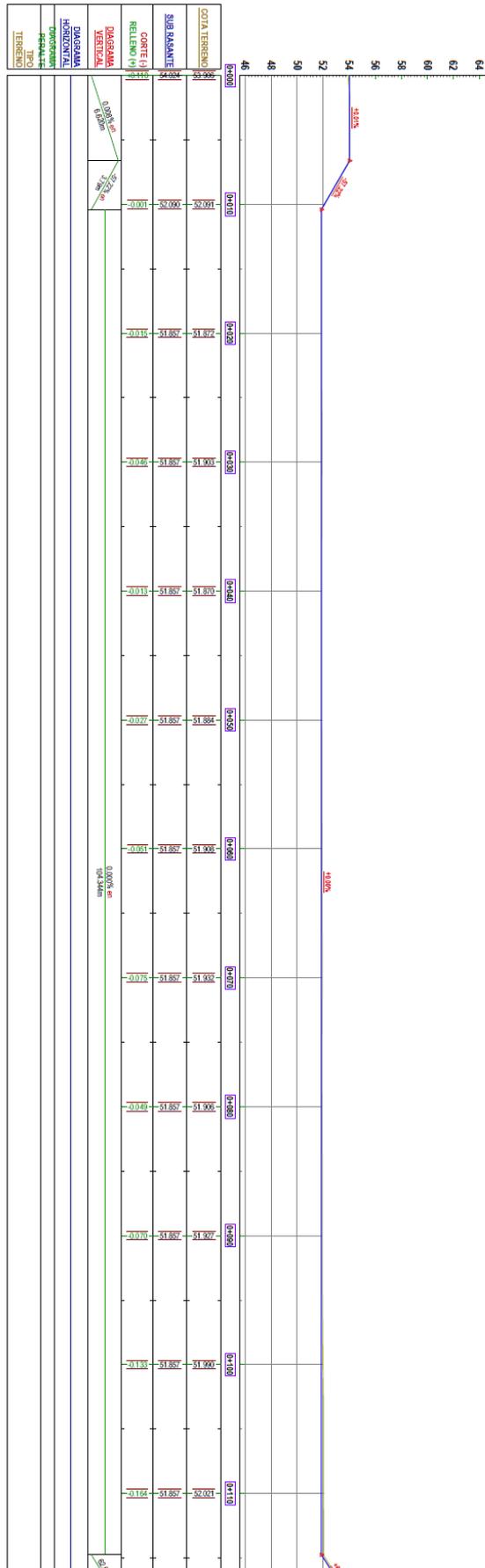
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR
 ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
 Proyecto: Propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas anaerobias en el Centro Poblado Centro 1a Virgen - distrito Huancabaco 2021
 TESIS: Gerardo Zavala Cuera, Pablo Salari Avila
 ASesor: Ing. Avaro Fernando Salazar Perales

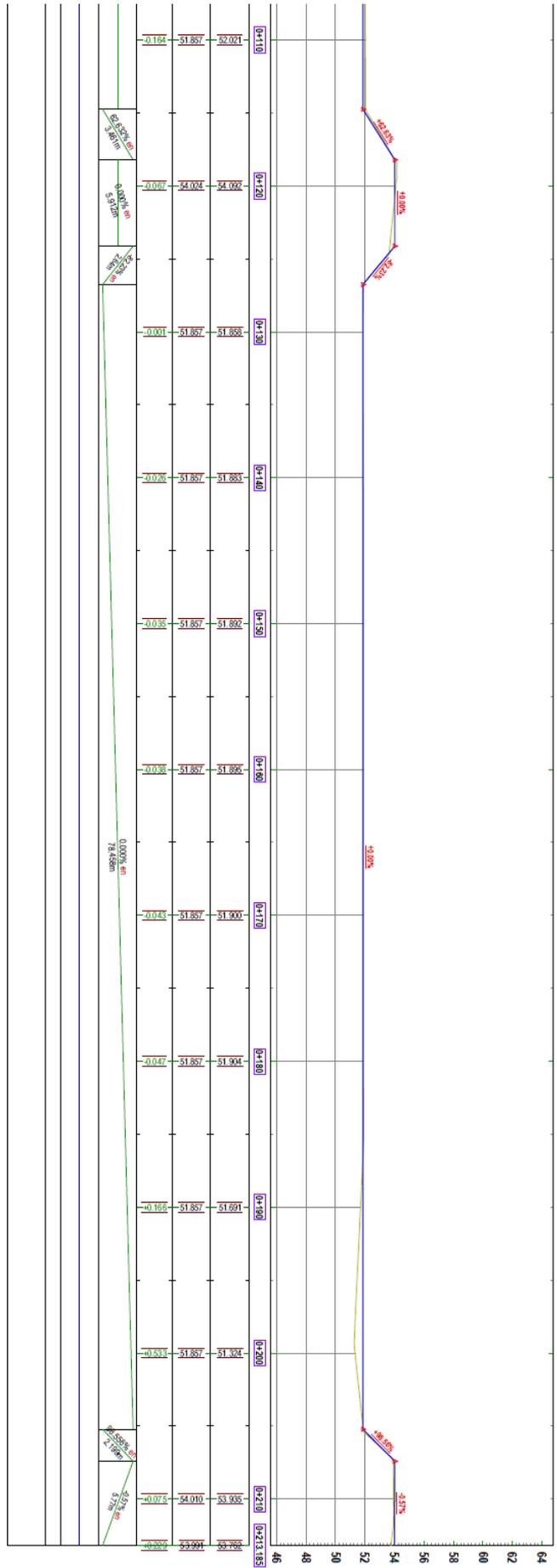
PLANO PERIMÉTRICO
 REGION: LA LIBERTAD
 PROYECTO: TITULO
 DISTRITO: HUANCABACO
 MUNICIPIO: VIVEREDAS
 INSC: 03/12/2021

PP-01

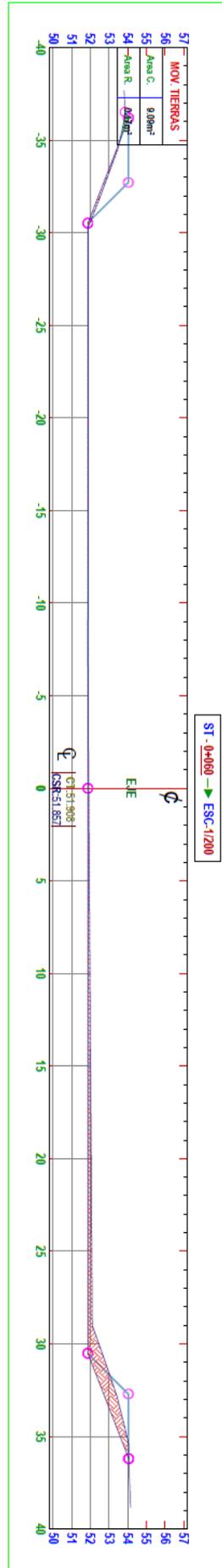
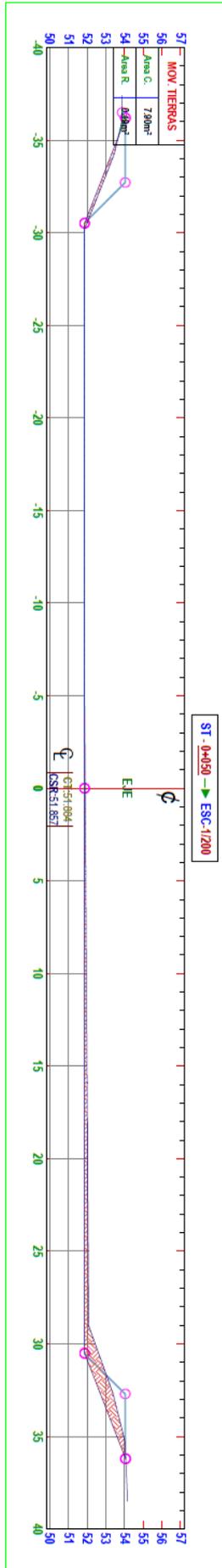
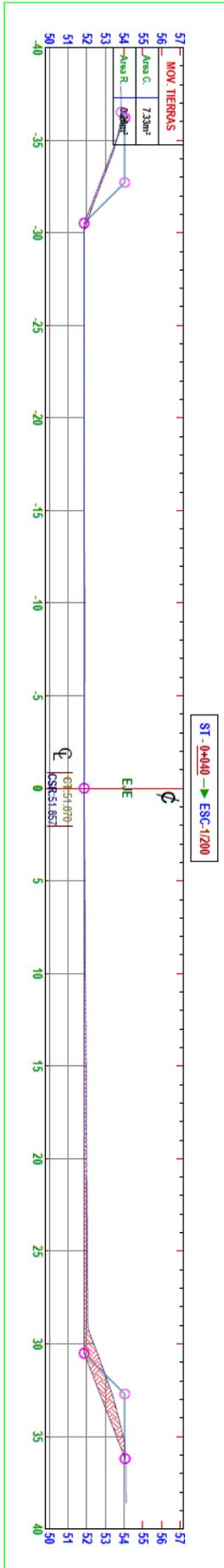
Perfiles longitudinales

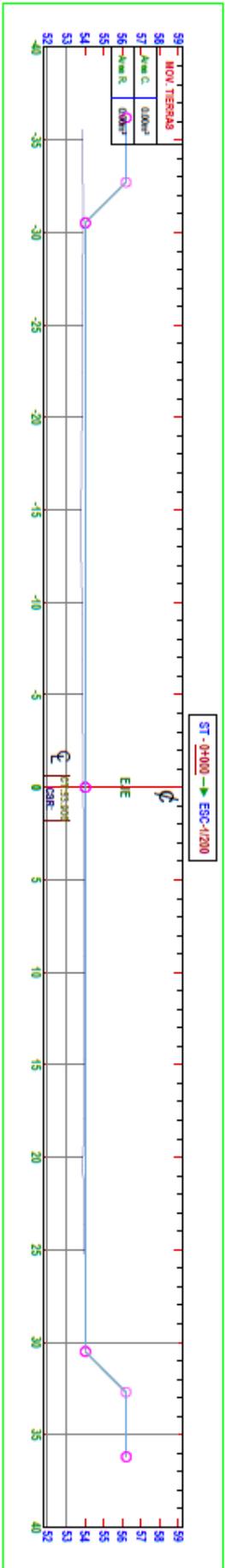
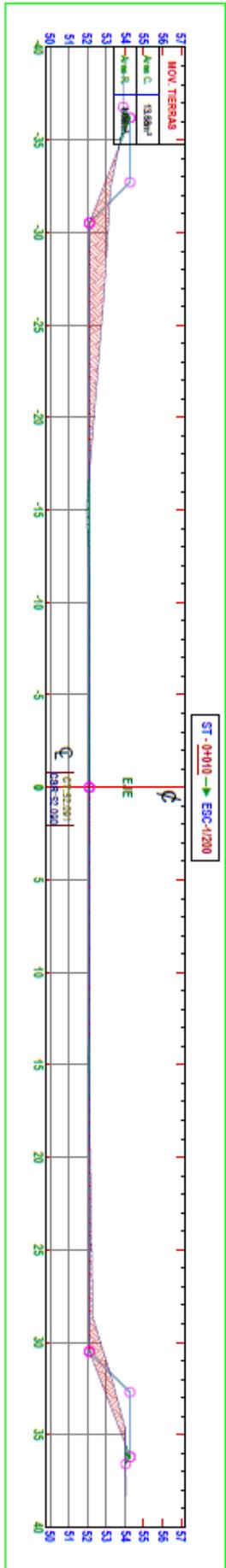
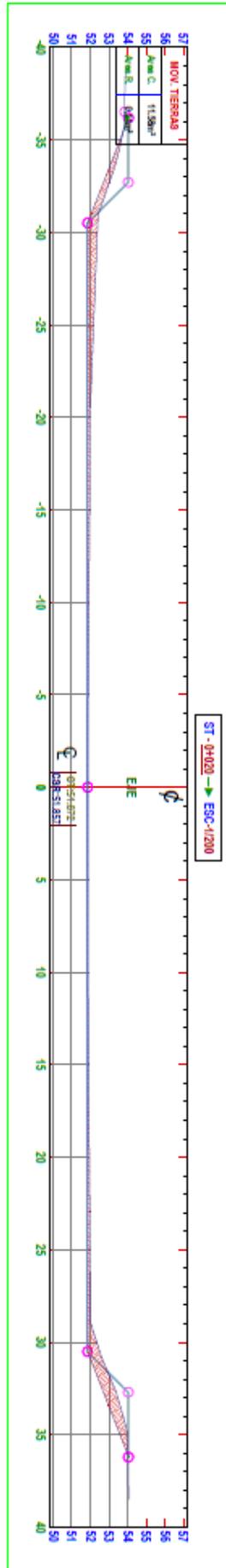
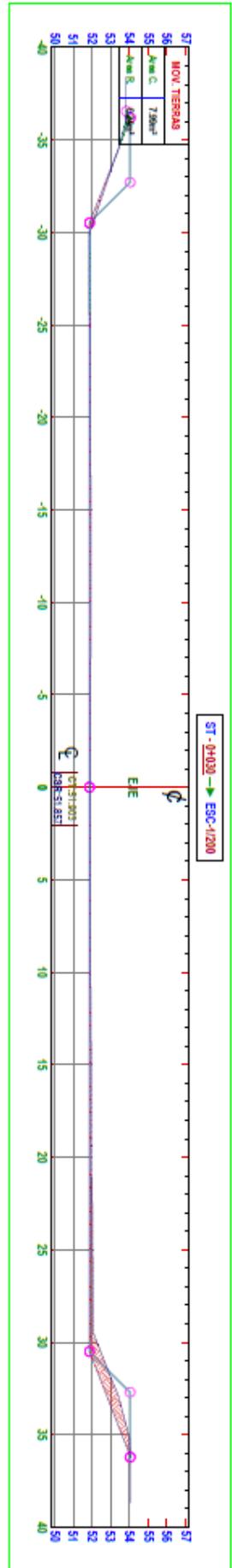


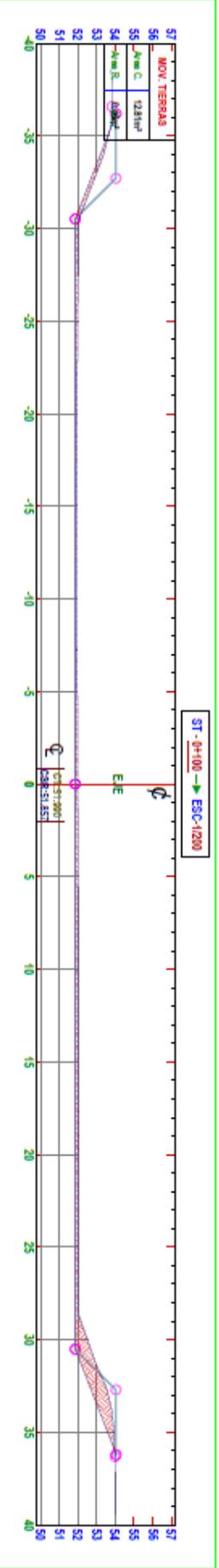
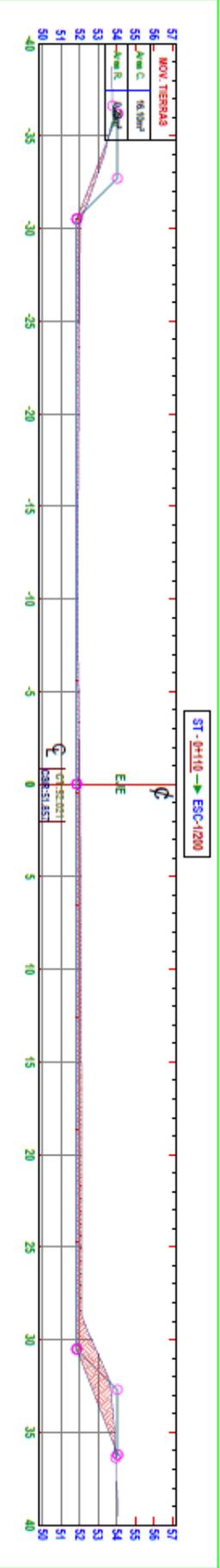
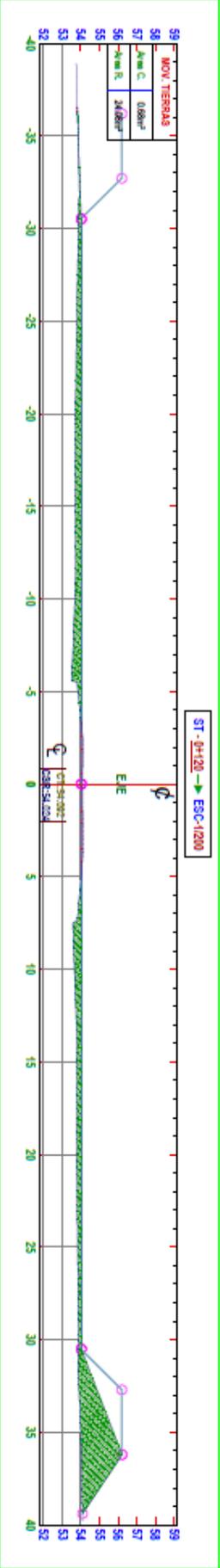
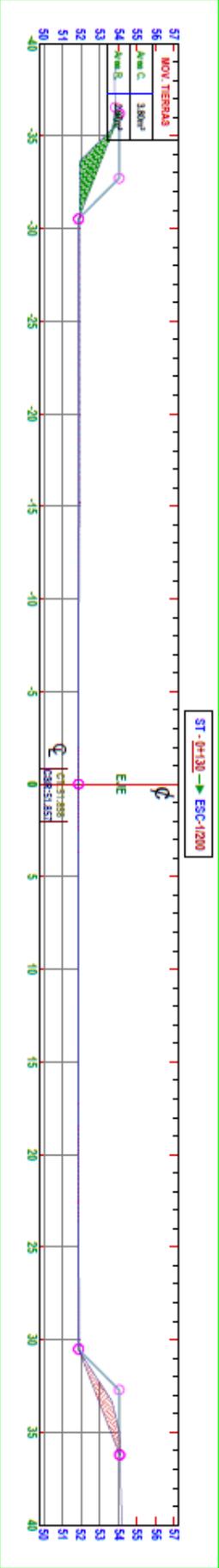
→ Eje-POSA 01 Y 02
 → V-1/200

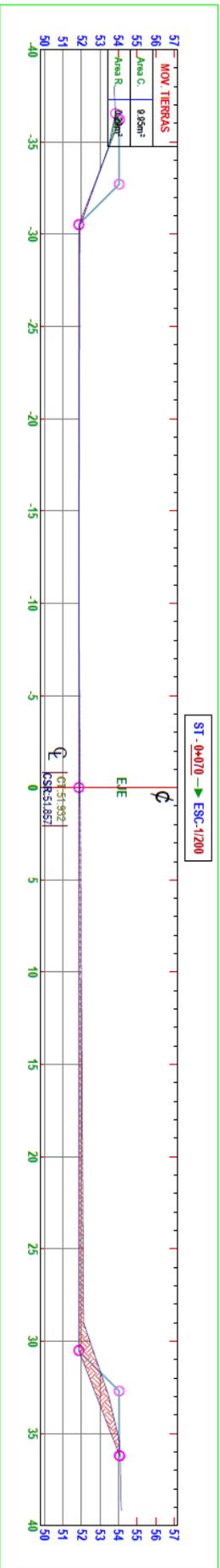
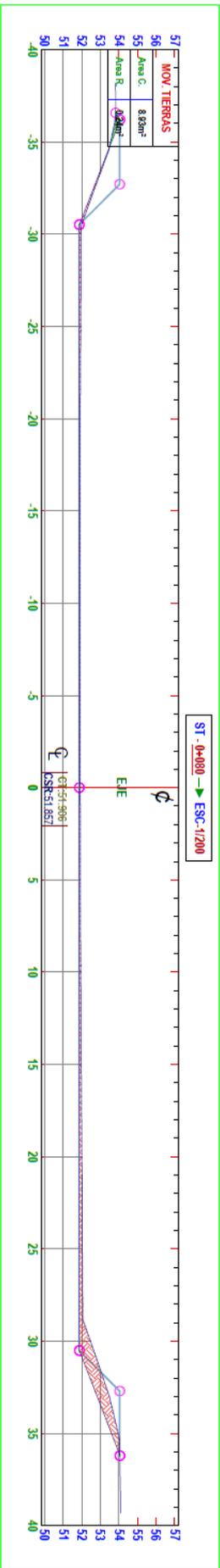
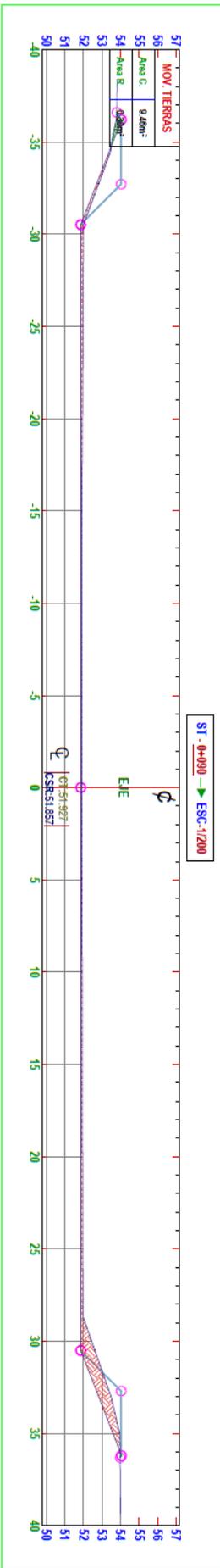


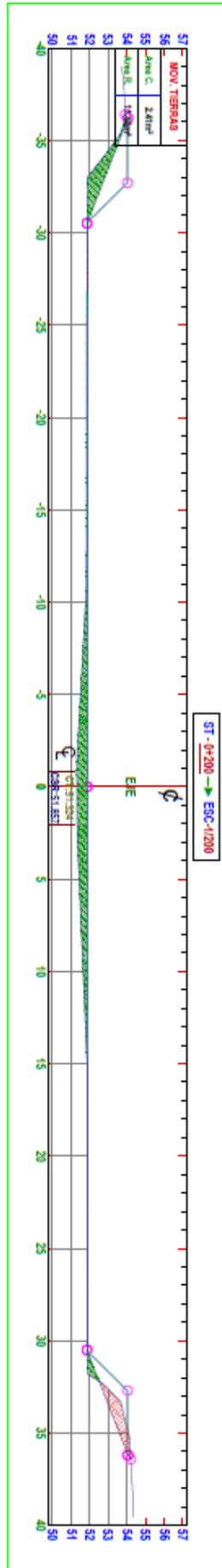
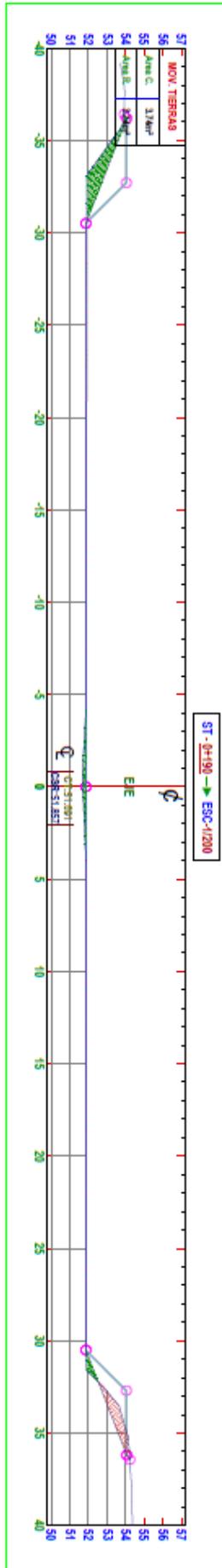
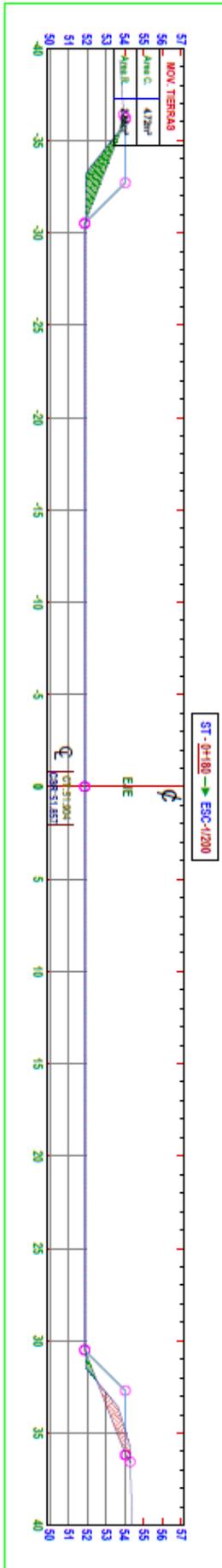
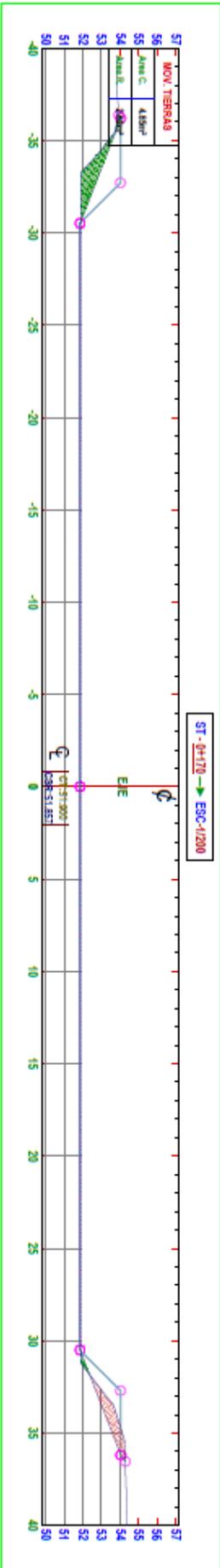
Perfiles Transversales

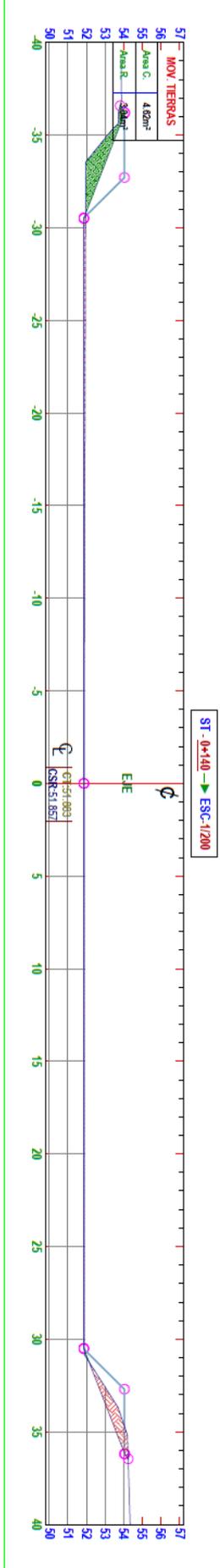
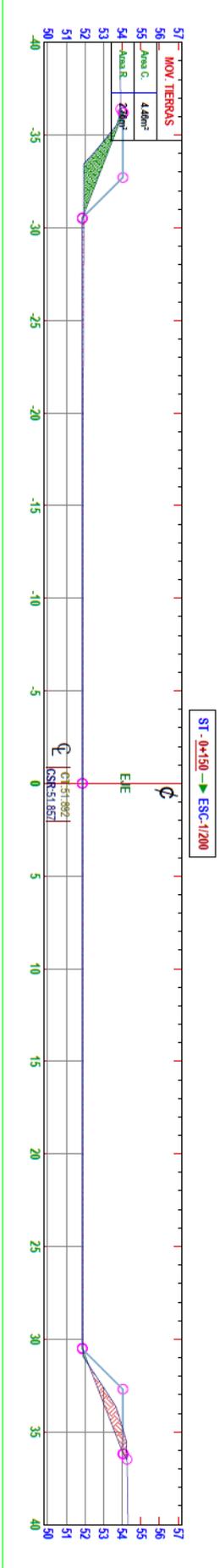
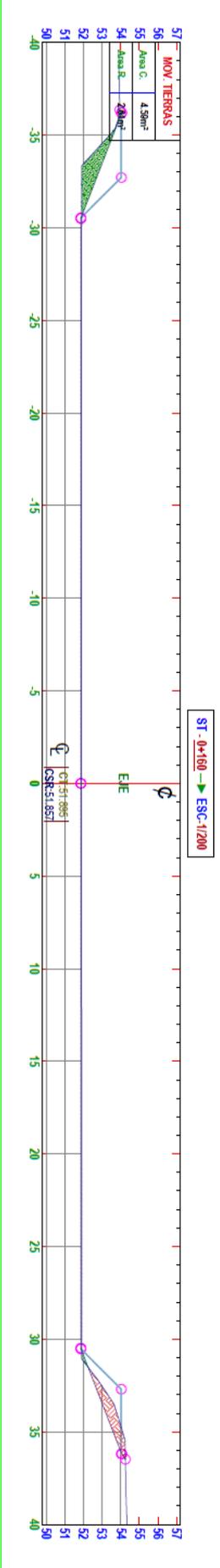


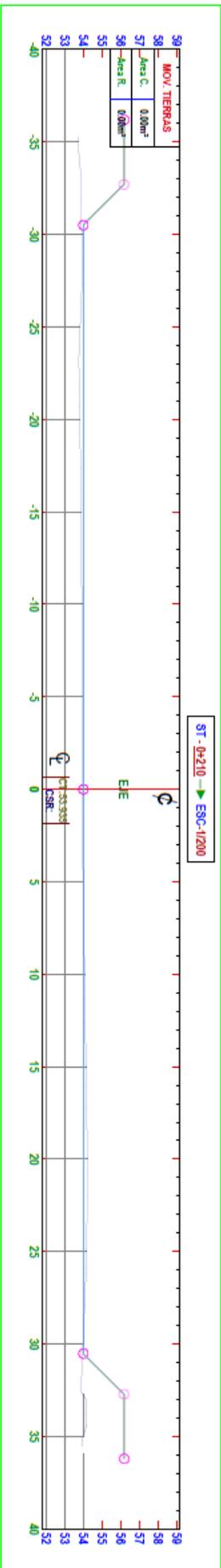
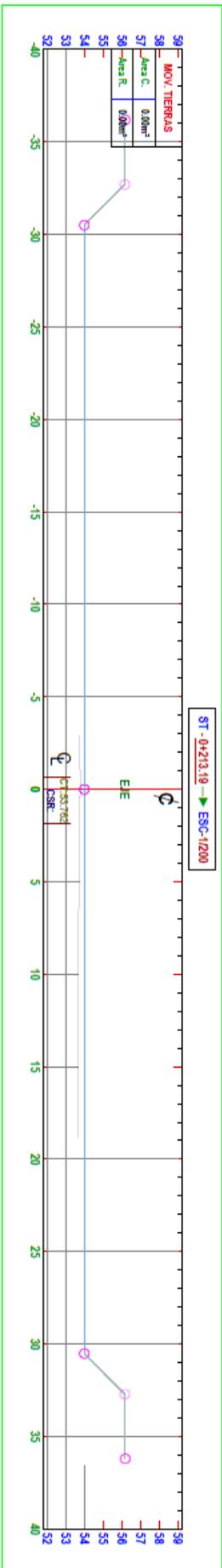












MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROG.	Área C. m ²	Vol. C.m ³	Vol. C. Acum. m ³	Area R. m ²	Vol. C. m ³	Vol. R. Acum. m ³
0+000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
0+010	13.684	68.421	68.421	1.08	5.39	5.39
0+020	11.580	126.323	194.745	0.11	5.94	11.33
0+030	7.993	97.867	292.612	0.24	1.74	13.07
0+040	7.335	76.638	369.250	0.26	2.52	15.59
0+050	7.895	76.149	445.399	0.19	2.26	17.84
0+060	9.086	84.907	530.306	0.17	1.80	19.64
0+070	9.948	95.174	625.481	0.29	2.29	21.93
0+080	8.931	94.397	719.877	0.24	2.62	24.55
0+090	9.456	91.933	811.810	0.30	2.68	27.24
0+100	12.811	111.332	923.142	0.16	2.28	29.51
0+110	16.103	144.569	1067.711	0.23	1.94	31.45
0+120	0.677	83.898	1151.609	24.08	121.54	152.99
0+130	3.804	22.402	1174.011	2.97	135.23	288.22
0+140	4.615	42.093	1216.104	3.04	30.06	318.27
0+150	4.459	45.370	1261.474	2.76	29.02	347.29
0+160	4.586	45.224	1306.697	2.61	26.86	374.14
0+170	4.855	47.203	1353.901	2.62	26.18	400.33
0+180	4.717	47.857	1401.758	2.88	27.51	427.84
0+190	3.736	42.264	1444.021	3.74	33.08	460.91

MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROG.	Área C. m²	Vol. C.m³	Vol. C. Acum. m³	Area R. m2	Vol. C. m3	Vol. R. Acum. m3
0+200	2.414	30.752	1474.773	11.10	74.19	535.10
0+210	0.000	12.070	1486.843	0.00	55.50	590.59
0+213.18	0.000	0.000	1486.843	0.00	0.00	590.59

Aprobación del jurado

Tesis: **“Propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas anaerobias en el Centro Poblado Cerrito la Virgen - distrito Huanchaco 2021”**

AUTORES:

Br. GAITAN AVALOS, PAULO CESAR

Br. ZAVALETA CUEVA, GERARDO SAUL

Aprobado por:

Ing. Juan Pablo García Rivera
Presidente
CIP:68614

Ing. William Galicia Guarniz
Secretario
CIP:96091

Ing. José Serrano Hernandez
Vocal
CIP:54464

Ing. Álvaro Fernando Salazar Perales
Asesor
CIP: 97281