



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON
PRESENCIA DE ALTO NIVEL FREÁTICO PARA DEPURAR
LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO
ESPINAL, DISTRITO CATACHE, PROVINCIA SANTA CRUZ,
DEPARTAMENTO CAJAMARCA**

**PRESENTADA POR
JIMENA PIERINA AGÜERO PEREZ
JHAEL JHAMIR BERRIOS CARRANZA**

ASESORES

**JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA
ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO**

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

**LIMA – PERÚ
2023**



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Ingeniería y
Arquitectura

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON
PRESENCIA DE ALTO NIVEL FREÁTICO PARA DEPURAR
LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO
ESPINAL, DISTRITO CATACHE, PROVINCIA SANTA CRUZ,
DEPARTAMENTO CAJAMARCA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

**AGÜERO PEREZ, JIMENA PIERINA
BERRIOS CARRANZA, JHAEL JHAMIR**

ASESORES:

**MAG. OBLITAS SANTA MARÍA, JUAN MANUEL
MAG. VILLAR GALLARDO, ERNESTO ANTONIO**

LIMA, PERÚ

2023

Agradezco a Dios, por guiarme siempre en cada paso que doy en el desarrollo de mi vida. A mis familiares y amistades, por su ayuda y apoyo incondicional. A los asesores de esta tesis por incentivar-me a mejorar en el ámbito profesional, educativo y personal.

Jimena Pierina Agüero Pérez

Agradezco Dios por guiarme y permitirme estudiar lo que siempre soñé. No ha sido fácil, fue un camino muy duro el que tuve que afrontar y nada sería sin su ayuda y las fuerzas que me ha dado para salir adelante.

También a mis padres y hermanos, ellos son los que siempre confían en mí y constituyen el motivo que me impulsa a ser profesional.

Jhael Jhamir Berrios Carranza

Esta tesis va dedicada a nuestros padres, quienes nos brindaron una educación con valores, nos enseñaron a plantearnos metas y luchar por conseguirlas. También a los lectores, con la esperanza de que esta tesis tenga la oportunidad de ser antecedente de otra futura investigación.

Jimena Pierina Agüero Pérez
Jhael Jhamir Berrios Carranza

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción de la Situación Problemática	1
1.2 Argumentación en Base a las Encuestas a Expertos	9
1.3. Formulación del Problema	14
1.4 Objetivos	15
1.5 Justificación de la Investigación	16
1.6 Alcance y Limitaciones	19
1.7 Impacto Potencial	19
1.8 Viabilidad de la Investigación	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación	23
2.2 Bases Teóricas	29
2.3 Definición de Términos Básicos	84
2.4 Hipótesis	85

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	
3.1. Diseño Metodológico	87
3.2 Definición de Variables	88
3.3 Operacionalización de las Variables	88
3.4 Población y Muestra	90
3.5 Técnicas e Instrumentos de la Recolección de Datos	93
3.6. Técnicas e Instrumentos de Procesamiento de los Datos	94
CAPÍTULO IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	
4.1. Levantamiento Topográfico	97
4.2 Proyección de la Población	101
4.3 Estudio de Mecánica de Suelos	101
4.4. Diseño Hidráulico de la PTAR	103
4.5. Diseño Estructural de la PTAR	131
CAPÍTULO V: RESULTADOS	
5.1. Levantamiento Topográfico	153
5.2. Proyección de la Población	159
5.3. Estudio de Mecánica de Suelos	162
5.4. Diseño Hidráulico	170
5.5. Diseño Estructural	176
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	
6.1. Contrastación de las Hipótesis Específicas	183
6.2. Contrastación de los Antecedentes	188
CONCLUSIONES	191
RECOMENDACIONES	193
FUENTES DE INFORMACIÓN	195
ANEXOS	206

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Censo del Centro Poblado Espinal	7
Tabla 2. Encuesta a Expertos	10
Tabla 3. Valor Agregado Bruto de la Producción 2011-2020	18
Tabla 4. Características de los Diferentes Discos Difusor	37
Tabla 5. Carta para Clasificación Suelos Según SUCS	46
Tabla 6. Clasificación de Suelo según AASHTO	52
Tabla 7. Dotación de Agua según Opción Tecnológica y Región (l/hab.d)	53
Tabla 8. Estándares de Calidad del Agua	55
Tabla 9. Límites Máximos Permisibles [LMP]	56
Tabla 10. Proceso de Tratamiento	57
Tabla 11. Aportes per Cápita	58
Tabla 12. Parámetros del DBO y DQO	58
Tabla 13. Clasificación de Cuerpos de Agua	59
Tabla 14. Parámetros de Cuerpos de Aguas según la Categoría 3	60
Tabla 15. Cantidad de Material Cribado	66
Tabla 16. Consumo Específico de Oxígeno	69
Tabla 17. Factores Punta para el Consumo de Oxígeno	70
Tabla 18. Valores de K para Pérdidas de Carga por Accesorios	77

Tabla 19. Valores de Coeficientes (k) para Cálculos de Momentos para la Tapa Libre y Fondo Empotrado	79
Tabla 20. Operacionalización de la Variable Independiente	90
Tabla 21. Operacionalización de la Variable Dependiente	91
Tabla 22. Cotas de Cámaras de Inspección	108
Tabla 23. Longitudes de Tramos de Tubería	108
Tabla 24. Cantidad de Habitantes en cada Tramo	109
Tabla 25. Caudal Medio, Mínimo, Máximo Instantáneo y Máximo extraordinario	111
Tabla 26. Pendientes Calculadas y Corregidas	112
Tabla 27. Determinación de Radio Hidráulico mediante Caudal Mínimo	114
Tabla 28. Determinación de Radio Hidráulico mediante Caudal Máximo Extraordinario	115
Tabla 29. Velocidades Reales y Críticas	117
Tabla 30. Tensiones Tractivas	118
Tabla 31. Interpolación para hallarel Consumo Específico de O ₂	124
Tabla 32. Cálculo de las Pérdidas por Accesorios de Impulsión	130
Tabla 33. Cálculo de las Pérdidas por Accesorios de Succión	131
Tabla 34. Coeficientes de Relación $b/h = 2$	134
Tabla 35. Momentos en Muros de Cámara de Rejas y Desarenador	134
Tabla 36. Coeficientes de Relación $b/h = 0.75$	149
Tabla 37. Momentos en Muros de Cámara de Cloro	149
Tabla 38. Coordenadas de las Viviendas en el Centro Poblado Espinal	156
Tabla 39. Número de Habitantes en el Centro Poblado Espinal según la Proyección de la Población	161
Tabla 40. Registro de Perforaciones del Estudio de Mecánica de Suelos	165
Tabla 41. Humedad Natural y Determinación de la Sal	166
Tabla 42. Análisis Granulométrico por Tamizado	168
Tabla 43. Resultados de los Límites de Atterberg	171
Tabla 44. Resultados del Ensayo de Corte Directo	172
Tabla 45. Resultado de la Capacidad Admisible del Terreno	173
Tabla 46. Resultados del Diseño Estructural del Canal de Entrada, Cámara de Rejas	179

Tabla 47. Resultados del Diseño Estructural del Biorreactor de Membrana Sumergida	181
Tabla 48. Resultados del Diseño Estructural de la Cámara de Cloración	183
Tabla 49. Contrastación de Hipótesis Específica 1	186
Tabla 50. Contrastación de Hipótesis Específica 2	187
Tabla 51. Contrastación de Hipótesis Específica 3	187
Tabla 52. Contrastación de Hipótesis Específica 4	189
Tabla 53. Contrastación de Hipótesis Específica 5	190
Tabla 54. Contrastación de un Antecedente Internacional	190
Tabla 55. Contrastación de un Antecedente Nacional	192

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Aguas Residuales Descargadas a la Red de Alcantarillado	2
Figura 2. Evaluación de la Generación de Aguas Residuales en el Perú	3
Figura 3. Histograma de Ejecución Mensual de Proyectos de Inversión de Cajamarca en el Año 2019	4
Figura 4. Histograma de Contrataciones de Obras en Cajamarca de Enero a Junio del 2022	6
Figura 5. Croquis del Centro Poblado Espinal y Centros Poblados Aguas Abajo del Río Zaña	8
Figura 6. Diagrama de Causa – Efecto	14
Figura 7. Comparación del Sistema de Tratamiento de Lodos Activados y Comparación del Sistema de Tratamiento de Lodos Activados y Biorreactor con Membranas	19
Figura 8. Poblador de Espinal Construyendo Módulo con Pozo Ciego	22
Figura 9. Curvas de Nivel del Centro Poblado Espinal	41
Figura 10. Perfil Longitudinal del Buzón 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 28, 15, 18 y 17	42
Figura 11. Levantamiento Topográfico	43
Figura 12. Carta de Flujo para Clasificación de Suelos de Grano Fino	47

Figura 13. Carta de Flujo para Clasificación de Suelos de Grano Fino Orgánico	48
Figura 14. Carta de Flujo para Clasificación de Suelos de Grano Grueso (50% o más pasa la Malla N°200)	49
Figura 15. Carta de Plasticidad	50
Figura 16. Cargas en el Biorreactor de la Membrana Sumergida	81
Figura 17. Ubicación del Proyecto	92
Figura 18. Delimitación del Terreno	92
Figura 19. Ubicación del Terreno donde se proyecta realizar la PTAR	93
Figura 20. Alrededores del Terreno donde se proyecta realizar la PTAR	93
Figura 21. Mapa de Procesos del Desarrollo de la Investigación	97
Figura 22. Ubicación de Espinal	98
Figura 23. Levantamiento Topográfico, en compañía del Topógrafo	99
Figura 24. Levantamiento Topográfico usando el Prisma	100
Figura 25. Estación Total utilizada para el Levantamiento Topográfico	101
Figura 26. Calicata para el Estudio de Mecánica de Suelos	104
Figura 27. Definición de Concreto Armado a utilizar en el SAP	141
Figura 28. Cargas en el Biorreactor de la Membrana Sumergida	143
Figura 29. Envolvente de Diseño según N.T.P. E060 ingresado en el SAP	144
Figura 30. Tabla de Momentos Horizontales del Programa SAP	145
Figura 31. Tabla de Momentos Verticales del Programa SAP	146
Figura 32. Tabla de Momento Máximo del Programa SAP	147
Figura 33. Curvas de Nivel	160
Figura 34. Gráfica de la Proyección de la Población	163
Figura 35. Curva Granulométrica	170
Figura 36. Vista en Planta del Canal de Entrada, Cámara de Rejas y Desarenador	165
Figura 37. Vista de la Sección Transversal del Canal de Entrada, Cámara de Rejas	174
Figura 38. Isométrico del Canal de Entrada, Cámara de Rejas y Desarenador	166
Figura 39. Corte Longitudinal del Biorreactor con Membrana Sumergida	176
Figura 40. Vista Planta del Biorreactor con Membrana Sumergida	177
Figura 41. Vista en Planta de la Cámara de Cloración	177

Figura 42. Vista de la Sección Transversal de la Cámara de Cloración	178
Figura 43. Vista en planta de la Distribución de Acero del Canal de Entrada, Cámara de Rejas y Desarenador	180
Figura 44. Vista de la Sección Transversal de la Distribución de Acero del Canal de Entrada, Cámara de Rejas y Desarenador	180
Figura 45. Vista en Planta de la Distribución de Acero de la Cimentación del Biorreactor de Membrana Sumergida	182
Figura 46. Vista en Planta de la Distribución de Acero de las Paredes del Biorreactor de Membrana Sumergida	182
Figura 47. Vista en Planta de la Distribución de Acero de la Cámara de Cloración	184
Figura 48. Vista de la sección transversal de la distribución de la cámara de cloración	184

RESUMEN

La tesis “Diseño de una Planta de Tratamiento con Presencia de Alto Nivel Freático para Depurar las Aguas Residuales del Centro Poblado Espinal, Distrito Catache, Provincia Santa Cruz, Departamento Cajamarca”, tiene como objetivo el diseño de la citada planta en el Centro Poblado Espinal, que tiene 154.57 hectáreas y 243 habitantes, pero no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

Esta investigación es importante en la medida que el tratamiento de aguas residuales es un requerimiento básico para asegurar la calidad de vida del hombre y las condiciones óptimas de la agricultura. Esta investigación es cuantitativa, aplicada, descriptiva y empleó en el diseño: 1) las normas peruanas OS.090 y E.060; 2) la norma alemana ATV-A131; 3) las teorías desarrolladas por Agüero Pittman en su obra “Agua Potable para Poblaciones, y por Tchobanoglous y Burton en su obra “Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización”; y 4) softwares como, Excel, AutoCAD y SAP2000.

El resultado de esta investigación logró el diseño de una PTAR, conformada por: un canal de entrada; una cámara de rejillas; un desarenador; un biorreactor con membrana sumergida de 1.80 m. de ancho, 10.00 m. de largo, 2.80 m. de altura; y, una cámara de cloración. Asimismo, el diseño estructural y diseño hidráulico permitieron calcular las dimensiones y la cuantía de acero en las estructuras. El diseño no consideró pozos de

percolación debido al alto nivel freático; por lo tanto, se implementó la nueva tecnología del biorreactor con membrana sumergida.

Palabras clave: PTAR, agua residual, biorreactor con membrana sumergida, Norma OS 0.90, DBO

ABSTRACT

The thesis titled "Design of a Treatment Plant with a High Water Table Presence to Purify Wastewater in the Espinal Rural Community, Catache District, Santa Cruz Province, Cajamarca Department" aims to design the aforementioned plant in the Espinal Rural Community, which covers 154.57 hectares and has 243 inhabitants but lacks a wastewater treatment plant (WWTP).

This research is significant as wastewater treatment is a fundamental requirement to ensure the quality of life for humans and optimal conditions for agriculture. This study is quantitative, applied, and descriptive, utilizing the following in the design process: 1) Peruvian standards OS.090 and E.060; 2) the German standard ATV-A131; 3) theories developed by Agüero Pittman in "Potable Water for Populations" and by Tchobanoglous and Burton in "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse"; and 4) software tools such as Excel, AutoCAD, and SAP2000.

The outcome of this research resulted in the design of a WWTP comprising: an inlet channel; a screening chamber; a grit chamber; a submerged membrane bioreactor measuring 1.80 m in width, 10.00 m in length, and 2.80 m in height; and a chlorination chamber. Additionally, the structural and hydraulic design allowed for the calculation of dimensions and steel quantities in the structures. The design did not include percolation wells

due to the high water table, thus implementing the new technology of submerged membrane bioreactor.

Keywords: Wastewater treatment plant, wastewater, submerged membrane bioreactor, OS 0.90 standard, BOD

NOMBRE DEL TRABAJO

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE ALTO NIVEL FREATICO PARA DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES

AUTOR

JIMENA PIERINA AGÜERO PEREZ / JHAIL JHAMIR BERRIOS CARRANZA

RECUENTO DE PALABRAS

32607 Words

RECUENTO DE CARACTERES

180923 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

228 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

16.7MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 27, 2023 12:42 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 27, 2023 12:44 PM GMT-5

● 8% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Biblioteca FIA

Patricia Rodríguez Toledo

Patricia Rodríguez Toledo
Bibliotecóloga

INTRODUCCIÓN

La realización del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales [PTAR] es de suma importancia por ser un servicio básico, el cual influye en la mejoría de la calidad en los sembríos y disminuye el índice de las distintas enfermedades producidas por el indebido procesamiento de las aguas residuales [AR] o por la inexistencia de una PTAR.

El Centro Poblado Espinal está localizado en distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca, el cual no cuenta con un servicio básico de saneamiento, utilizan pozos ciegos como servicio de descarga de las aguas negras; y además no posee una PTAR, lo cual ha causado un impacto negativo en las fuentes hídricas, en las aguas subterráneas por las infiltraciones en el subsuelo, y en los sembríos; originando daños como la extensión de patologías de diversos tipos a los pobladores de la zona, elevado nivel de contaminación en el suelo y del río Zaña; afectando también a la agricultura. Por consiguiente, la presente tesis propone plantear el diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales de la localidad del Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca. De esta manera, se desprenden cinco objetivos específicos:

Determinar la influencia del levantamiento topográfico, al obtener las elevaciones, coordenadas y perfiles longitudinales del área delimitada donde

se desarrollará el proyecto, a través de una estación total marca LEICA, modelo TS06PLUS 2" R500.

Determinar la influencia de la proyección de la población, al calcular el número de pobladores proyectados a 23 años, a través del análisis del último censo emitido por el Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI].

Determinar la influencia del estudio de mecánica de suelos, al establecer la capacidad portante y peso volumétrico del terreno, a través del análisis del documento del estudio de mecánica de suelos brindado por el laboratorio de la empresa "Amazing".

Determinar la influencia del diseño hidráulico, al calcular las dimensiones de cada una de las estructuras que conforman la PTAR a través de la realización de cálculos utilizando el software de Excel.

Determinar la influencia del diseño estructural, al calcular la cantidad y diámetro del acero de las estructuras que forman parte de la PTAR, haciendo uso del programa SAP2000, en el modelamiento de las estructuras que forman parte de la PTAR; y también del software Excel.

Para el diseño de la PTAR, se ejecutó previamente el levantamiento topográfico, proyección de la población y el estudio de mecánica de suelos [EMS]; para que posteriormente se realice el diseño hidráulico y de estructuras; siguiendo los lineamientos de las normas OS.070, OS.090, E.060 emitidas por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, también de la norma alemana ATV-A131 emitida por INFILCO, del libro Tratamiento, Vertido y Reutilización de Tchobanoglous y Burton emitido por Metcalf y Eddy, Inc., y del libro de Roger Agüero Pittman emitido por la Asociación de Servicios Educativos Rurales. El procesamiento de datos utilizando softwares como AutoCAD, Excel y SAP2000.

La presente investigación es importante debido a que beneficia a los pobladores de la zona, pobladores que residen aguas abajo del río Zaña y a la agricultura.

La justificación técnica al realizar el diseño de la PTAR utilizando el biorreactor con membrana sumergida, es sustituir los sistemas de tratamiento

primario hasta el terciario, ocupando de esta manera menor área del terreno, además de que el biorreactor proporciona un tratamiento de las aguas residuales con un resultado de mejor calidad que la de los tratamientos convencionales. Este efluente podrá ser reutilizado en la actividad agrícola, precisamente en los sembríos de arroz. El diseño de la PTAR se realiza sin considerar a los pozos de percolación ya que estos funcionan filtrando las aguas al subsuelo y no existe filtración por la existencia de un elevado nivel freático, por lo cual mediante tuberías se trasladará las aguas residuales desde el biorreactor de membrana sumergida a la cámara de cloración para un tratamiento final y desfogue en el río Zaña.

Además, el diseño de la PTAR en la investigación brinda una solución frente a la problemática de una napa freática elevada.

Como justificación ambiental, la tesis permitirá purificar las AR y a la vez, evitar la contaminación del río Zaña, suelos y agricultura, siendo la actividad predominante en el centro poblado y esencialmente los sembríos de arroz por ser la semilla preeminente en la zona.

Asimismo, como justificación social, la investigación busca una mejora en las condiciones de vida de los habitantes de la zona y pobladores que residen aguas abajo del río Zaña; al evitar enfermedades causadas por las AR no tratadas y, del mismo modo, se evitarán discordias entre las comunidades vecinas por la polución del río Zaña.

También como justificación económica, la ejecución del proyecto expuesto por la tesis aporta en la plusvalía de los terrenos en la zona donde se implementará la PTAR.

La tesis está estructurada en seis capítulos. En el Capítulo I se desarrolla a profundidad la situación problemática del Centro Poblado Espinal, que de acuerdo con el contexto determinado por la bibliografía, en conjunto con la validación y análisis de las encuestas realizadas a expertos, se procede a realizar la formulación del problema en cual se trazan objetivos tanto general como específicos para realizar el diseño de la PTAR, se expone la justificación de la investigación, se describe el alcance y las limitaciones, se define el

impacto potencial compuesto por impacto teórico y práctico para que posteriormente se determine la viabilidad social, económica y técnica.

El Capítulo II corresponde al Marco Teórico, contiene cinco antecedentes internacionales y cinco nacionales sobre temas vinculados al diseño de una PTAR, las bases teóricas que contienen los términos y parámetros de apoyo para el desarrollo del diseño, el glosario y las hipótesis

El Capítulo III muestra a detalle el diseño metodológico, las definiciones de las variables y su operacionalización; asimismo, en este capítulo se definen la población y la muestra, y se describen las técnicas e instrumentos utilizados para recolectar y procesar los datos.

En el Capítulo IV se desarrolla la investigación en sí, aplicando las bases teóricas. En el Capítulo V se entregan los resultados, en cada uno se describen los cálculos de cada dimensión de la tesis y del diseño de la PTAR. En el Capítulo VI se discuten los resultados y se contrastan con las hipótesis planteadas y el resultados de los antecedentes. Para finalizar, se presentan las conclusiones, recomendaciones, fuentes de información y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la situación problemática

Uno de los mayores desafíos que afronta el hombre en la actualidad es tratar de reducir el impacto ambiental acumulado por años. La ingeniería, así como diversas ramas de la ciencia, han buscado soluciones a diferentes problemáticas según sus especialidades.

En esta oportunidad se habla específicamente sobre AR, estas generalmente son las aguas de abastecimiento que las diferentes comunidades utilizan, contaminan y desechan.

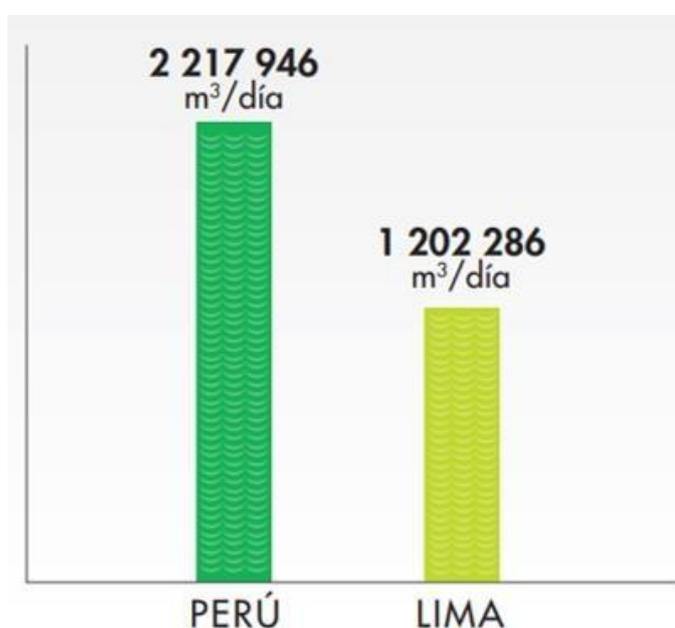
El indebido mantenimiento de las AR repercute en la agricultura y en la calidad de vida de las personas, causando enfermedades o hasta incluso la muerte. Aquel último problema mencionado es el más significativo y deplorable ya que a nivel mundial, se estima como mínimo 2,000 millones personas consumen alimentos regados por heces, causando un promedio anual de 502,000 fallecimientos provocados por la enfermedad de diarrea (OMS, 2022)

Asimismo, Edward Jones, asistente de investigación en la universidad de Wageningen y candidato para conseguir el título de PHD en la universidad de Utrecht, menciona que se generan 359,000,000 de m³ de AR cada año en todo el mundo con probabilidad de

que esta cifra aumente, además el 48% de las mismas son liberadas sin ser tratadas previamente (Iagua, 2021). Aquella tasa de tratamiento es muy baja, lo cual reduce el desarrollo económico, ambiental y social.

El Perú también vive la problemática mencionada, ya que se proyectó que al año 2024 se tendrá más del doble de AR que se generaban en el 2012, de 2,217,946 m³/día aumentaría a 4,842,579 m³/día (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014). Además, manifestó tan solo el 32% de estas reciben tratamiento.

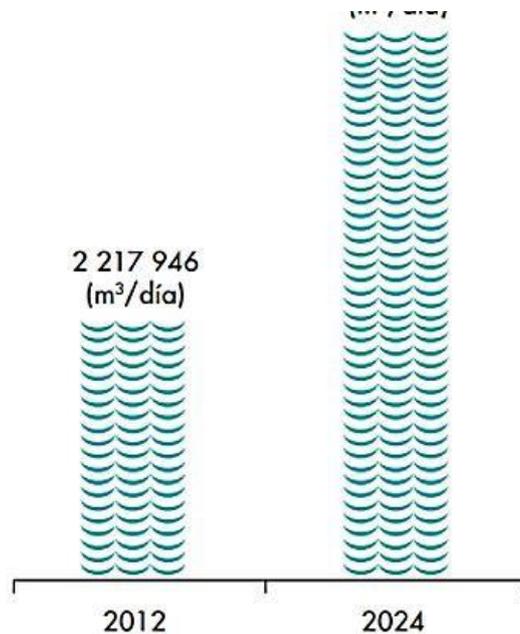
Figura 1: AR descargadas a la red de alcantarillado



Fuente: OEFA, 2014

Como se puede apreciar en la gráfica anterior, la OEFA expresa mediante un gráfico de barras, la cantidad de AR descargada en el Perú siendo 2,217,946 m³/día y en Lima siendo 1,202,286 m³/día, representando al 54.21% del total.

Figura 2: *Evaluación de la generación de AR en el Perú*



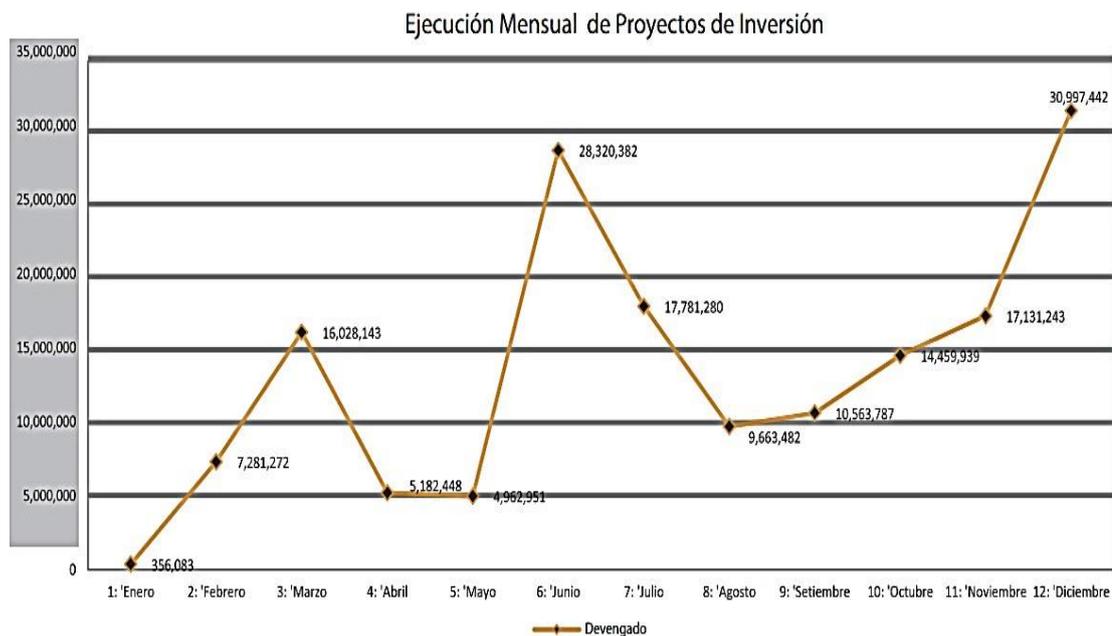
Fuente: OEFA, 2014

En la Figura 2, la OEFA expresa que, en 2014, Perú producirá más del doble de AR en comparación al año 2012.

De la misma forma, el organismo público señala que solo el 69.65% de los habitantes peruanos posee red de alcantarillado, el porcentaje restante vierte sus AR sin ser tratadas a cuerpos hídricos; o las usan para el regadío de sembríos. Aquello significa que, sin existencia de una PTAR, el índice de AR expulsadas a la intemperie es mayor, causando un impacto negativo en las masas de agua natural, de las subterráneas por las infiltraciones en el subsuelo, y de los sembríos; originando daños directamente en los pobladores y en el medio ambiente.

Siendo éste el mismo problema presentado en la localidad del Espinal en el departamento Cajamarca; al no contar con una PTAR.

Figura 3: Histograma de ejecución mensual de proyectos de inversión de Cajamarca en el año 2019



Fuente: Asociación Servicios Educativos Rurales y Profética, 2021

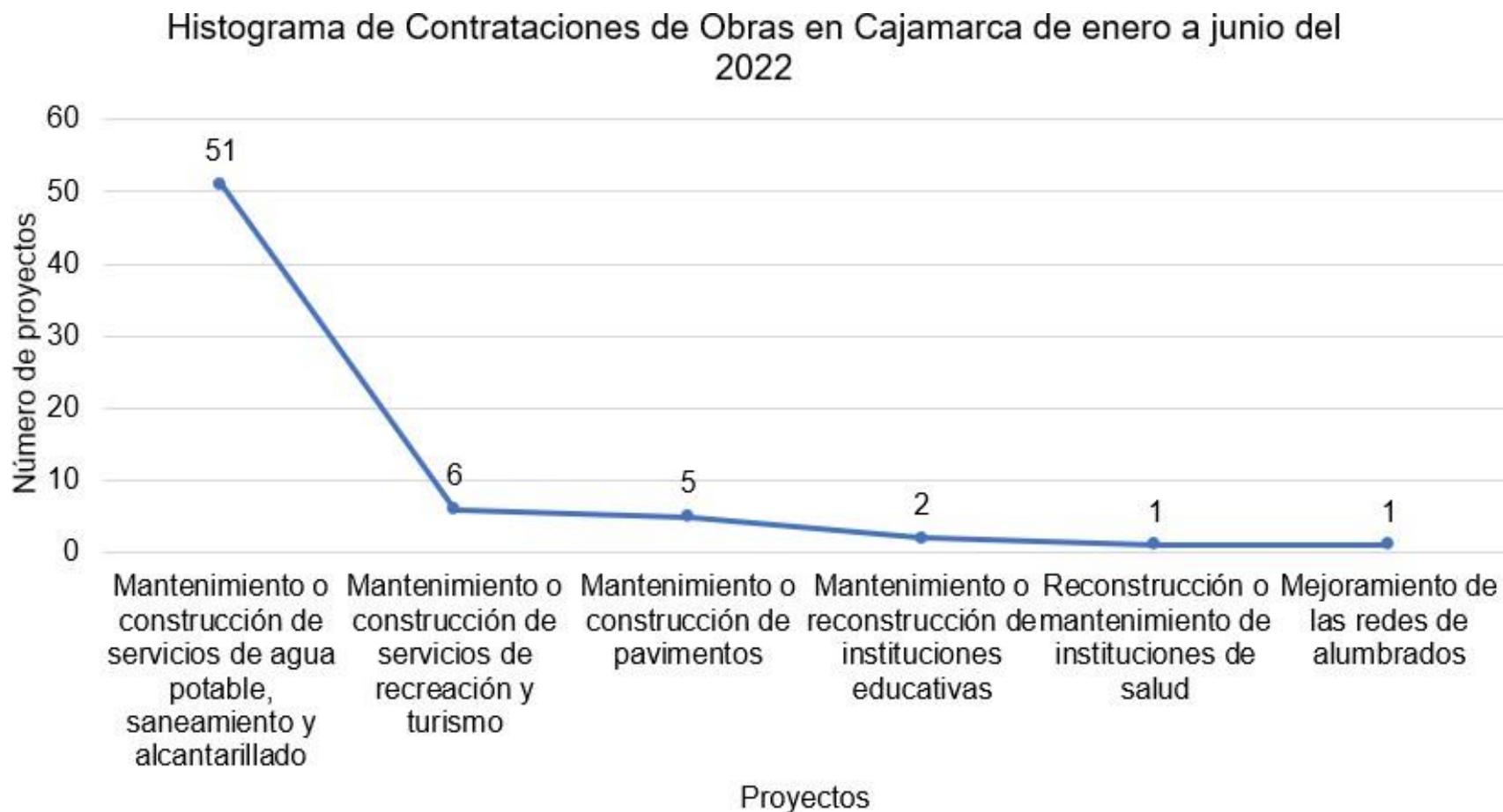
Como se puede apreciar en la Figura 3, la Asociación de Servicios Educativos Rurales y Proética [SER] (2021) expone los costos de financiamiento para efectuar mensualmente los proyectos en el departamento de Cajamarca durante el año 2019, donde el valor más alto se ubica en el mes de diciembre con una inversión de S/30,997,442 soles. Por otro lado, enero fue el mes con menor inversión siendo S/356,083 soles.

Según SER (2021) los principales proyectos ejecutados en Cajamarca, durante el 2019 son los de saneamiento y servicios de agua, además de reconstrucción de instituciones educativas. Sin embargo, no se registran proyectos para ejecución de proyectos relacionados a PTAR.

En la Figura 4, se aprecia el histograma de las contrataciones de obras en Cajamarca desde enero hasta mayo del año 2022, siguiendo lo expuesto por la consultora peruana privada, (INFOSISCON, 2022). En los cinco meses están en estado de convocación un total de 51

obras dirigidas a la construcción o conservación y reparación de servicios que proveen agua potable, saneamiento y eliminación de AR; 6 proyectos para mantenimiento o construcción de recreación y turismo; 5 proyectos de mantenimiento o construcción de pavimentos; 2 proyectos de mantenimiento o construcción de instituciones educativas; 1 proyecto de mantenimiento o construcción de instituciones de salud y 1 proyecto de mantenimiento de redes de alumbrado. Sin embargo, este número de proyectos no satisface a las comunidades que carecen de sistema de alcantarillado.

Figura 4: Histograma de contrataciones de obras en Cajamarca de enero a junio del 2022



Adaptado por los autores de INFOSISCON, 2022

Además, de acuerdo con el último censo del INEI (2017), el Centro Poblado Espinal contaba en el año 2017 con 243 personas, como se aprecia a continuación.

Tabla 1

Censo del Centro Poblado Espinal

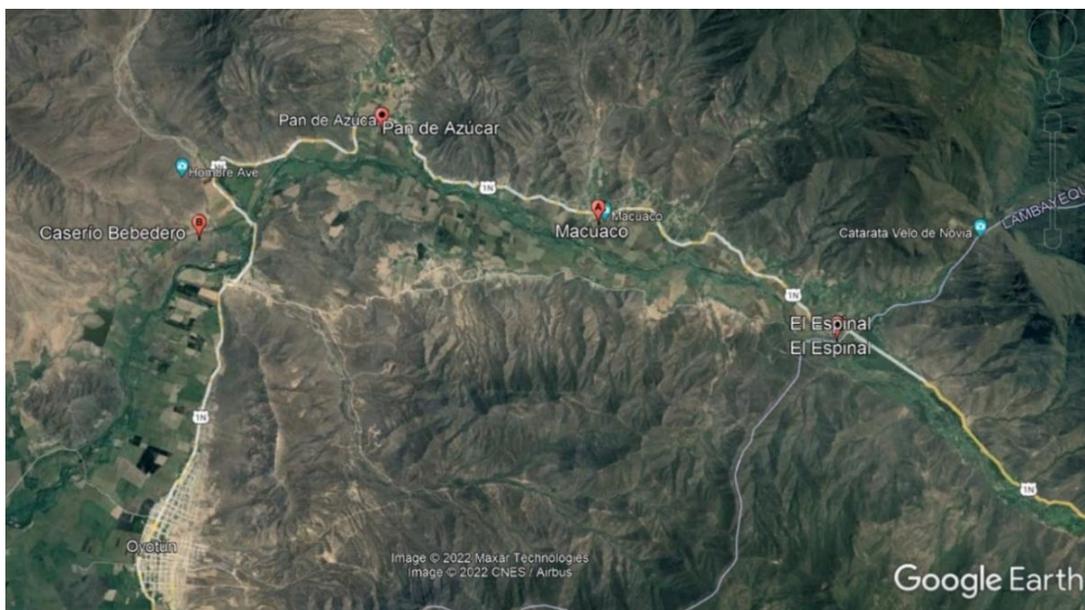
Centro Poblado	Región Natural (según piso altitudinal)	Altitud (m s.n.m.)	Población Censada			Viviendas Particulares		
			Total	Hombr	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
Pan de Azúcar	Chala	273	93	52	41	38	35	3
Santa Rita	Chala	259	117	62	55	56	46	10
Bebederos	Chala	234	42	20	22	29	24	5
Macuaco	Chala	306	132	68	64	54	44	10
El seis	Chala	328	31	12	19	17	16	1
Espinal	Chala	365	243	131	112	139	104	35

Fuente: INEI, 2017

Al aumentar la población, incrementará proporcionalmente la masa de AR que produce la comunidad, lo que tendrá como consecuencia un elevado nivel de contaminación en el suelo de la zona, y del río Zaña, afectando los cultivos de arroz, sembrío predominante en la zona. Además de propagar enfermedades tanto en Espinal y aguas abajo por

el río Zaña, como son los centros poblados de Pan de Azúcar, Bebederos y Macuaco, sumando una población según el de 267 personas (INEI, 2017).

Figura 5: *Croquis del Centro Poblado Espinal y centros poblados aguas abajo del Río Zaña*



Adaptado por los autores de Google Earth - Google LLC, 2022

En la Figura 5, el croquis muestra que el Centro Poblado Espinal tiene influencia con los centros poblados de Pan de Azúcar, Bebederos, Macuaco.

Según el Ministerio de Salud (MINSA, 2019), menciona que las enfermedades que atacan a estos habitantes por los residuos fecales y las aguas residuales son la diarrea aguda, disentería, parasitosis, hepatitis A.

Por otro lado, en otras provincias del departamento de Cajamarca ya cuentan con algunas medidas para solucionar esta problemática, como en la provincia que cuentan con la PTAR El Milagro y la PTAR Santa Apolonia que juntas tienen productividad de 205 lt/seg, mitigando la contaminación que provocan las aguas residuales, sin embargo, se concentran en ciudades principales, pero no tienen el alcance de llegar a diversos centros poblados como Espinal, incluso este último, no cuenta ni siquiera con una red de alcantarillado.

Por consiguiente, la presente investigación presenta una solución a la problemática, al proponer el diseño PTAR, lo que buscaría purificar las AR, y mejorar la forma de vida de los habitantes del Centro Poblado Espinal.

1.2 Argumentación en base a las encuestas a expertos

Se realizaron encuestas a expertos para que, en conjunto con los datos recogidos de la bibliografía y expuestos anteriormente, se determine de manera sustancial el problema general y específicos junto a la justificación de la investigación, la cual brinda la importancia sustancial de la tesis.

En la Tabla 2, se pueden apreciar los datos más resaltantes de cada uno de los entrevistados, quienes fueron diez ingenieros con diferentes especialidades: seis ingenieros civiles, un ingeniero civil ambiental, dos ingenieros civiles agrícolas y una ingeniera sanitaria ambiental. El tiempo de actividad en su especialidad oscila entre los 2 a 43 años de experiencia.

Tabla 2*Encuesta a expertos*

Encuestado	Nombre Completo	Profesión	CIP	Nacionalidad	Grado de formación	Tiempo de actividad
Encuestado N° 1	Victor Raúl Vallejos Vallejos	Ingeniero Civil	32238	Peruana	Magister	35 años
Encuestado N° 2	Joel Victor Vallejos Pérez	Ingeniero Civil	143246	Peruana	Magister	9 años
Encuestado N° 3	Eithel Yván Medrano Lizarzaburú.	Ingeniero Civil	59091	Peruana	Magister	23 años
Encuestado N° 4	Ándres Chunga Imán	Ingeniero Civil y Agrícola	84545	Peruana	Licenciado	8 años
Encuestado N° 5	Víctor Alberto Portilla Bustamante	Ingeniero Civil y Agrícola	163592	Peruana	Licenciado	5 años

Encuestado N° 6	Wiston Enrique Segura Saavedra	Ingeniero Civil	33100	Peruana	Magister	35 años
Encuesta_ do N° 7	Cesar Eduardo Zapatel Soracruz	Ingeniero Civil	17258	Peruana	Licenciado	43 años
Encuestado N° 8	Yonathan Jesús Monteza Garrido	Ingeniero Civil	247632	Peruana	Licenciado	2 años
Encuestado N° 9	Elver Sánchez Díaz	Ingeniero Civil y Ambiental	217470	Peruana	Magister	4 años
Encuestado N° 10	Carmen Teresa Meza Camacho de Ayesta	Ingeniero Sanitario y Ambiental	23595	Peruana	Licenciada	39 años

Elaborado por: los autores

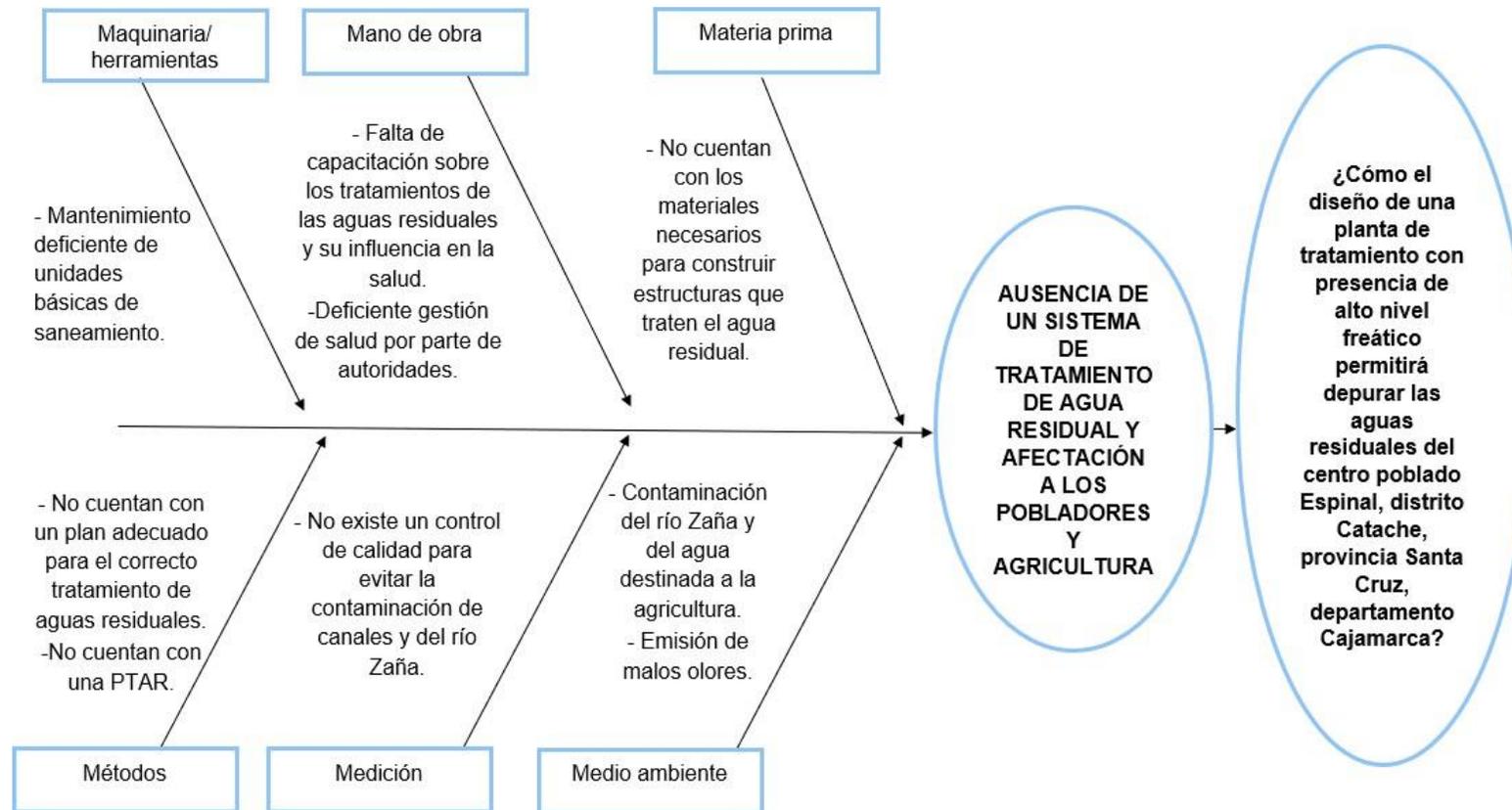
Al analizar y sintetizar las 10 encuestas dirigidas a los expertos y adjuntadas en el Anexo 3, se determina que entre los problemas abarcados se considera a la contaminación ambiental, daños en la agricultura, daños en los pobladores y la imposibilidad de la reutilización de las AR no tratadas.

La determinación de la problemática de la investigación es sustancial ya que, al analizar los datos bibliográficos y las encuestas dirigidas a los expertos, se establecieron las causas y consecuencias principales de la situación problemática de la investigación para realizar finalmente el planteamiento del problema general y específicos.

En la Figura 6, se presenta el diagrama de Ishikawa, donde se analizó la influencia de los factores de maquinaria y herramientas, mano de obra, materia prima, métodos, medición y medio ambiente; teniendo como causas respectivamente al mantenimiento deficiente de los elementos básicos de saneamiento, la escasa capacitación acerca del procesamiento de las AR y su influencia en la salud, la deficiente gestión de salud por parte de autoridades, los precarios materiales para construir estructuras que faciliten el tratamiento de AR, la inexistencia de un plan adecuado para el tratamiento de las AR, la inexistencia de una PTAR, la carencia de un control de calidad para evitar la polución de vertientes de agua, la contaminación del río Zaña y del agua destinada a la agricultura y la emisión de malos olores; han sido consideradas como principales causas de la situación problemática; obteniendo como consecuencia a la ausencia de un sistema de tratamiento de AR y afectación a los pobladores de la zona, pobladores aguas abajo del río Zaña y la agricultura.

Figura 6

Diagrama de Causa - Efecto



Elaborado por: los autores

1.3. Formulación del Problema

En relación con la situación problemática basada en bibliografía, validación y análisis de las encuestas realizadas a expertos, se determina que el principal problema es la ausencia o inexistencia de un sistema de tratamiento de AR y la afectación del medio ambiente y pobladores. Aquello nos lleva a formular el problema general y un total de cinco problemas específicos respectivos para la investigación.

1.3.1 Problema general

¿Cómo el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático permitirá depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca?

1.3.2 Problemas específicos

¿Cómo influye el levantamiento topográfico en el diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca?

¿Cómo influye el estudio de mecánica de suelos en el diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca?

¿Cómo influye la proyección de la población en el diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca?

¿Cómo influye el diseño hidráulico en el diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca?

¿Cómo influye el diseño estructural en el diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático para depurar las

aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca?

1.4 Objetivos

A partir de los problemas expuestos anteriormente, se determinaron los siguientes objetivos correspondientes:

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la influencia del levantamiento topográfico en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.
- b) Determinar la influencia del estudio de mecánica de suelos en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.
- c) Determinar la influencia de la proyección de la población en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.
- d) Determinar la influencia del diseño hidráulico en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.
- e) Determinar la influencia del diseño estructural en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.

1.5 Justificación de la Investigación

El diseño de una PTAR permite establecer un sistema que cumple la función de purificar AR y por consiguiente incrementar la mejoría en la condición de vida de las habitantes y la calidad en la agricultura.

Esta investigación se realiza para dar solución a la necesidad del servicio de saneamiento y tratamiento de las AR en la población del sector Espinal.

Según el INEI (2017), los pobladores del Espinal son 243, de acuerdo al censo en el año 2017. Aquella población conforma a los beneficiarios directos por la investigación.

Por otro lado, también existen beneficiarios indirectos, quienes son los agricultores de arroz ubicados aguas abajo por el río Zaña, sumando una cantidad de 267 personas de los centros poblados Pan de Azúcar, Bebederos y Macuaco en el 2017.

Indudablemente si la obra se realiza de una forma óptima, disminuirán significativamente las enfermedades como la diarrea aguda, disentería, parasitosis y hepatitis A, causadas por la ingesta de AR no tratadas.

Como se detalla en la Tabla 3, se expone la estructura porcentual y el desarrollo de las actividades económicas en el departamento de Cajamarca, donde la actividad agropecuaria es uno de los sectores con mayor porcentaje e influencia en el departamento de Cajamarca, tomando el valor de 13.1%. (Banco Central de Reserva del Perú [BCRP], 2023). Lo que quiere decir que es una actividad predominante e importante en el departamento. Además, según el INEI (2020), menciona que la producción del arroz en Cajamarca aumentó 0% en comparación al año 2019, significando que la actividad no se ha desarrollado en crecimiento.

Tabla 3*Valor Agregado Bruto de la Producción 2011-2020*

Actividades	Estructura	
	Porcentual	Crecimiento Promedio Anual 1/
Agropecuario	13,1	0,0
Pesca y Acuicultura	0,0	-3,3
Minería y petróleo	15,3	-7,3
Manufactura	6,1	-0,7
Electricidad y Agua	1,8	3,4
Construcción	10,8	4,2
Comercio	8,3	1,0
Transporte y comunicaciones	3,4	1,5
Alojamiento y restaurantes	1,3	-2,7
Telecomunicaciones	4,4	9,6
Adm. Pública y Defensa	10,3	5,3
Otros Servicios	25,3	4,0
Cajamarca		0,2

Fuente: BCRP, 2023

Para el sembrío de cada hectárea de arroz, se utilizan 12,000 metros cúbicos de agua (El País, 2021). Por ello, es de gran importancia, la calidad de agua usada para el riego de aquellos cultivos.

Al tratar las AR, se evitará la polución de vertientes de agua, infiltraciones dañinas en el subsuelo y mejorará la calidad del agua utilizada para los sembríos.

Al desarrollar planes de desarrollo urbano, los predios aumentan entre un 10% a 20% el valor comercial (El Peruano, 2021). Asimismo, al desarrollarse la tesis, es decir, al construir la PTAR en el Centro

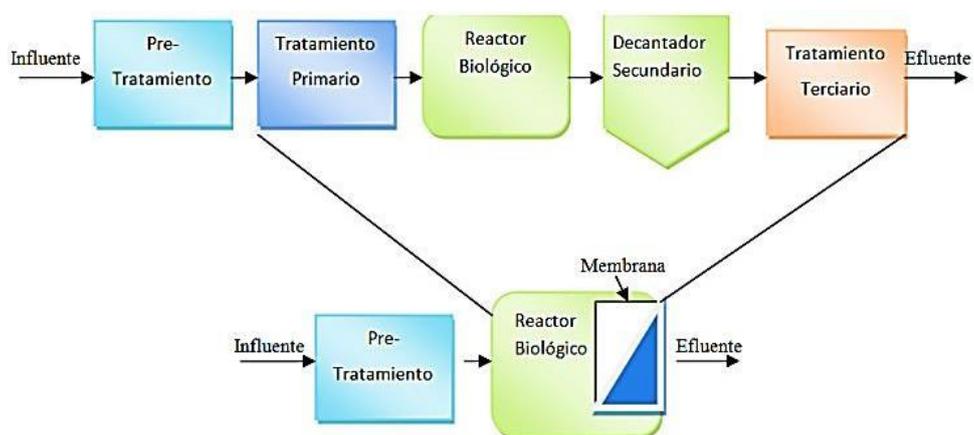
Poblado Espinal, uno de los beneficios a considerar es que los terrenos y predios en la zona aumentarán su valor comercial, generando plusvalía.

Al emplearse los biorreactores de membrana sumergida en el tratamiento de AR, se reduce considerablemente el espacio necesario para colocar este sistema, ya que es inferior entre dos a cinco veces del sistema convencional, además de que el biorreactor puede almacenar mayor cantidad de concentración de fangos dentro de su volumen, las concentraciones pueden ser de 20 a 30 kg/m³, mientras que las concentraciones en un sistema tradicional son de 2 a 6 kg/m³ (Shin et al.,2021)

Además, el biorreactor con membranas permite sustituir desde el tratamiento primario hasta el terciario, obteniendo de igual manera una calidad de efluente de carácter idéntico al que si pasara por estos tratamientos, ahorrando de esta manera área de la planta (Shin et al.,2021).

En la Figura 7, se muestra un gráfico según Corado (2010) en el cual se realiza la comparación del proceso de tratamiento de un sistema convencional de lodos activados con la nueva tecnología del biorreactor con membranas sumergidas. Como se puede apreciar, el biorreactor, reemplaza el tratamiento primario hasta el terciario, lo que es una ventaja ya que no se diseñan aquellos tratamientos.

Figura 7: Comparación del sistema de tratamiento de lodos activados y biorreactor con membranas



Fuente: Corado, 2010

Al emplearse el biorreactor con membranas se llegará a una eficiencia del 95%, a comparación de los sistemas convencionales de tratamiento de AR, ya que este sistema de tratamiento combina los procesos de depuración biológica a partir de la filtración a través de membrana, donde la membrana retiene la mayor parte de sólidos en suspensión y la biomasa, logrando de esta manera un efluente de gran calidad (Durán et al., 2020).

1.6 Alcance y Limitaciones

1.6.1 Alcance

La evaluación se efectúa en el Centro Poblado Espinal, del departamento de Cajamarca, para emitir una solución frente a las condiciones inexistentes del tratamiento de las AR, consiguiendo mejorar las condiciones de los residentes en el Espinal y el sector agrícola que ha sido afectado por esta problemática.

1.6.2 Limitaciones

La carencia de disponibilidad del laboratorio de la Universidad San Martín de Porres es una de las limitaciones que intervienen en la investigación; por lo cual, se requirió de un laboratorio externo para realizar los ensayos para el EMS.

La dificultad para movilizarse hasta la zona debido a que existe poca accesibilidad por parte de los vehículos.

La lejanía de la zona también es una limitación considerada ya que la zona se encuentra a 105.6 kilómetros, siendo un recorrido en vehículo particular de 2 horas y media desde Chiclayo hasta el Centro Poblado Espinal.

1.7 Impacto potencial

1.7.1. Impacto teórico

El impacto teórico radica en la solución que se lleva a cabo en relación con los problemas presentes al elaborar el respectivo diseño de la PTAR, ya que existirá un alto nivel freático debido a la cercanía existente del Centro Poblado Espinal al río Zaña, además de la

predominancia de la actividad agrícola, específicamente de los sembríos de arroz, ya que esta es la semilla más cosechada en el Centro Poblado Espinal.

Cabe resaltar que el diseño de la PTAR se realiza sin considerar a los pozos de percolación, los cuales son usados de manera convencional. No son considerados ya que estos funcionan filtrando las aguas al subsuelo; y como se mencionó anteriormente no existe filtración por la existencia de un elevado nivel freático, por lo cual se tendrá que emplear un nuevo sistema siendo el biorreactor con membrana sumergida, sustituyendo el tratamiento mediante filtros percoladores.

Es decir, el diseño de la PTAR en la investigación brinda una solución frente a la problemática de un alto nivel freático, por lo que se puede aplicar en diseño específicamente cuando se encuentre en este contexto.

También, se considera una nueva tecnología en el diseño, siendo la más avanzada que existe para el tratamiento de AR. El impacto teórico de plantear los biorreactores de membrana sumergida conforma una solución a la falta de tratamiento de AR debido a que es mucho más eficiente, depurando mayores concentraciones de fangos y proporcionando un efluente de mejor calidad a comparación con los sistemas tradicionales, tanto así que el efluente puede ser reutilizado. Además, su principal impacto es la sustitución de los sistemas de tratamiento primario hasta el terciario, ahorrando de esta manera, área ocupada por estos sistemas y también en costos.

1.7.2. Impacto práctico

Esta investigación también tiene un impacto práctico, ya que la investigación representa una solución frente a los requerimientos básicos de los habitantes de la zona porque no cuentan con una red de saneamiento ni una PTAR. En el Centro Poblado Espinal utilizan los llamados pozos ciegos, aquellos satisfacen parcialmente las necesidades de los pobladores por un periodo de tiempo corto, sin evitar la filtración de olores desagradables e infiltraciones de las AR no tratadas en vertientes de agua. Por ello es importante contar con una red de desagüe o servicio de

saneamiento y considerar de mayor importancia, realizar el tratado de las aguas residuales para lograr satisfacer los requerimientos básicos de los habitantes, junto a ellos evitando enfermedades como la diarrea aguda, disentería, parasitosis, hepatitis A; causadas por la ingesta de AR no tratadas; y de esta manera los pobladores de la zona posean mejores condiciones y calidad de vida.

Figura 8: Poblador de Espinal construyendo módulo con pozo ciego



Fuente: Fotografía de los autores

Como se observa en la Figura 8, un poblador del Centro Poblado Espinal dispuso construir un pequeño módulo con un respectivo pozo ciego. Sin embargo, en la parte posterior se extiende una parcela de cultivo de arroz, la cual, por la presencia del agua utilizada para el riego, llenará rápidamente el pozo ocasionando filtración de malos olores y contaminación del sembrío.

También se podrá prevenir la polución de fuentes de agua, infiltraciones dañinas en el subsuelo y mejorará la calidad del agua utilizada para los sembríos, predominando los sembríos de arroz.

Además, se considera el aumento del valor comercial de los terrenos en la zona por la implementación de una PTAR.

Cabe resaltar que, asimismo, como aporte práctico, el biorreactor con membrana sumergida permitirá ocupar una menor área, ya que este sistema permite sustituir los tratamientos secundarios y terciarios; también, proporcionará un efluente de gran calidad que podrá ser reutilizado posteriormente en actividades como la agricultura.

1.8 Viabilidad de la investigación

1.8.1 Viabilidad Social

La tesis sí presenta viabilidad social ya que al proponer el tratamiento de las AR al diseñar una PTAR, se ven beneficiados considerablemente los pobladores de la zona, agricultores y pobladores aguas abajo por el río Zaña.

1.8.2 Viabilidad económica

La investigación sí presenta viabilidad económica porque no se realizarán gastos grandes o exorbitantes debido a que los autores de la presente investigación se encuentran enlazados a dicho proyecto ya que los autores poseen experiencia trabajando en el Consorcio La Esperanza, ejecutora de diversos proyectos de PTAR y también en el rubro de saneamiento en la empresa GRUPO MLC S.A.C. Por lo descrito anteriormente se cuenta con los recursos humanos y profesionales que brindan conocimientos teóricos, técnicos y por su experiencia en el campo del saneamiento necesarios.

1.8.3 Viabilidad técnica

La investigación sí presenta viabilidad técnica debido a que toma en cuenta los conceptos de las normas O.S 090, E.060 del RNE, ATV-A131 emitida por INFILCO, y del libro de Roger Agüero Pittman emitido por la Asociación de Servicios Educativos Rurales, para el diseño de la PTAR y así brindar la respectiva solución a la situación problemática expuesta por la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Fandiño (2017) presentó su investigación con el fin de titularse como licenciado en ingeniería en la Pontificia Santo Tomás en la ciudad de Bogotá, Colombia; con el título respectivo de “Diseño preliminar de la PTAR del municipio de La Esperanza departamento norte de Santander en Colombia” teniendo como objetivo realizar un dimensionamiento preliminar de una PTAR, buscando mejorar el estado del agua, desembocando en quebradas.

La presente investigación toma en cuenta una muestra de 2,673 pobladores para el respectivo dimensionamiento preliminar de la PTAR, siguiendo los parámetros del Plan Nacional de Manejo de AR municipales en Colombia.

En los resultados se obtuvo que, en la ejecución del diseño de la PTAR para la locación La Esperanza, no presenta un procesamiento de lodos, ocasionados por los lechos de secado, causados en los procesos unitarios. La entidad encargada de brindar servicios de mantenimiento y operación de la PTAR tiene que ubicar los lodos a un depósito conforme a los requerimientos para recibir un tratamiento final

adecuada de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental, siendo una institución del gobierno de Colombia con plena autonomía, cuya función es administrar los recursos ambientales y su protección.

Jerez (2017) presentó su trabajo de investigación para titularse en ingeniería química en la Universidad Politécnica de Valencia, con el título “Diseño de un biorreactor de membranas con carbón activo para reducir el ensuciamiento de las membranas causado por las sustancias poliméricas extracelulares”, el cual tuvo como objetivo el diseño de la tecnología del biorreactor con membrana adicionando el compuesto del carbón activo para disminuir la contaminación de las membranas, para ello se realizaron diversos ensayos “jar-test” donde se aplicaron diferentes concentraciones de carbón activo para observar su capacidad de purificación de las AR.

Como conclusiones se obtuvo que el carbón activo elimina 80.13% de proteínas y 75.99% de carbohidratos.

Se añadió al biorreactor inicialmente 2500 kg de CAP para la supresión de SMP, posteriormente se añadió 60.56 kg de CAP diariamente.

Se apreció que, para el ensayo correspondiente a la resistencia frente a la filtración, que la adición de licor de mezcla disminuye la contaminación de membrana de ultrafiltración, a comparación del fango activo sin tratar.

Se diseñó un BRM-CAP tomando en cuenta un biorreactor con un volumen de 23,74 m de largo por 3,6 m de ancho y 5 m de altura; un tanque de membranas de 6 m de largo, 3,6 m de ancho y 3,8 m de altura. Se empleó un módulo de membranas modelo RW400 de 580 m² el cual consta de cuatrocientas unidades de membrana plana fabricadas con polietileno y tratadas con cloro, además se instalaron ciento cuatro difusores de membrana SUCOFLOW, siendo DS20 de burbuja fina como modelo, en la parte inferior del biorreactor.

Talvitie (2018) presentó su tesis de doctorado en ingeniería civil en la Universidad Aalto de Helsinki, Finlandia; con el título respectivo de “Las plantas depuradoras de aguas residuales como vías de microlitros al medio acuático”, teniendo como objetivo analizar la eliminación durante el proceso de micro basura durante la purificación dentro de las PTAR convencionales que utilizan sistemas de tratamiento de lodos activados convencionales. Además, se investigó la depuración de microplásticos de los efluentes de aguas contaminadas y se analizó la descarga de microplásticos de las PTAR finlandesas existentes en los entornos acuáticos.

Para analizar más a fondo el peligro ambiental que la microbasura puede ocasionar para las redes alimentarias acuáticas, se investigó su ingestión por mejillones azules del Báltico un área receptora de aguas residuales en el Golfo de Finlandia en el Mar Báltico del Norte.

Como resultados se obtuvo que el trato que se les da a las aguas residuales mediante tratamientos primarios y secundarios puede depurar eficientemente (> 99 %) los microlitros que llegan a la PTAR en el influente. El 98% de los microlitros se depuró durante el tratamiento primario. El proceso de lodo activado redujo un 88% de la concentración de microlitros. Durante el trato de las AR, la mayor parte de los microlitros (> 99,5 %) quedaron retenidos en el lodo sin tratar y en exceso. Sin embargo, el 20 % de la microbasura retenida se reutilizó al proceso de tratamiento junto con el agua de rechazo.

Olsson (2018) presentó su investigación doctoral en ingeniería civil en la Universidad de Mälardalen de Västerås, Suecia; con el título respectivo de “Codigestión de microalgas y lodos de depuradora: un estudio de viabilidad para PTAR municipales”, teniendo el objetivo examinar la posibilidad de emplear una purificación biológica alternativa la cual estará basada en la simbiosis entre microalgas y bacterias (proceso MAAS (microalgas y lodos activados)).

Se determinó el contenido de metales pesados y las alteraciones en las propiedades de drenaje de los lodos y como

consecuencia se demostró que las microalgas cultivadas a partir de un medio sintético incrementan la reducción de metano hasta en un 23 %. Por lo tanto, se pudo demostrar que las microalgas tienen la capacidad de aglomerar metales pesados.

Esta solución reduce notablemente la adición de gases de efecto invernadero antropogénicos al aire.

Velasco (2020) presentó su tesis para conseguir el título de ingeniero en electrónica digital y telecomunicaciones en la Universidad Tecnológica Israel de Quito, Ecuador; con el título de “Sistema SCADA para el proceso de potabilización en la planta de tratamiento de agua potable Conocoto” teniendo como finalidad elaborar un sistema SCADA en la planta de tratamiento.

El uso del software SCADA permitirá el manejo, monitoreo y adquisición de información en la PTAR de Conocoto.

En la actualidad el tratamiento de la planta no se encuentra automatizado, se realiza algunas actividades de manera manual, por no contar con el control automatizado para darle seguimiento, ejecutar y tener información en el momento de las variables del proceso.

Como conclusiones se obtuvo que, en la potabilización con la elaboración del sistema SCADA, llega a tener un sistema seguro de supervisión y control instantáneo, teniendo grandes beneficios para los trabajadores operativos permitiendo una acción inmediata cuando sus variables de control de calidad y operativas alteran de valor bruscamente.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Torre (2018) presentó su investigación para titularse como licenciado en ingeniería civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú en la ciudad Lima, Perú; con el título respectivo de “Diseño y análisis ambiental de una PTAR en la ciudad de Huaraz” teniendo el objetivo de diseñar y realizar una evaluación ambiental de la PTAR, con fines de llegar a valores admisibles en la calidad de agua y lograr una mejora en las condiciones de la población. Además, se espera que la PTAR permita el

aprovechamiento de los recursos originarios; tales como fertilizantes, biogás, entre otros. Como muestra, se tiene al área beneficiada equivalente a 5 km². Para realizar la tesis, intervinieron herramientas para el diseño y dirección ambiental. En el predimensionamiento, se empleó el software BioWin 5 versión estudiantil, permitiendo graficar un modelado diferente de tratamiento y tener un estimado de la clasificación del agua, obteniendo así, una estimación del total de recursos derivados del tratamiento. Por otro lado, en la evaluación ambiental se adoptaron los parámetros del ACV empleando el programa SimaPro. El método propuesto permite una evaluación y comparación de forma estricta de las consecuencias ocasionadas por la realización de la PTAR y por la escasez de esta. El predimensionamiento señala que cumple correctamente por lo señalado por la norma de calidad referente a efluentes de una planta de tratamiento expuestos en el Ministerio del Ambiente [MINAM] (La Presidencia de la República, 2010), y parte de lo descrito por las normas europeas EC, 1998; ECC, 1991. Los límites intrínsecos de BioWin estudiantil para la simulación de la circulación del licor combinado y permeado, se encuentran en falta de depuración de nutrientes. Así también, la respuesta de la evaluación ambiental indica que disminuye la eutrofización en más de 50% anualmente.

Ponce (2019) presentó su tesis para conseguir el título de ingeniería civil en la Universidad San Martín de Porres en la ciudad de Lima, Perú; con el título respectivo de "Implementación de una PTAR para optimizar el sistema de riego de parques en el distrito del Rímac – Lima - Perú" presentando como objetivo al análisis de la mejora del sistema para regar vegetación en espacios públicos en el distrito del Rímac a través de una PTAR. La muestra tomada para la presente tesis es de 174,785 pobladores con un área de 11.87 kilómetros cuadrados.

Se llegó a demostrar el beneficio de la PTAR en la población y el aprovechamiento de la energía a través de biogás y utilización de los residuos como abono.

Contiene un trabajo en campo, evaluándose la ubicación para las estructuras de tratamiento, teniendo en cuenta una

extensión y caudal de captación para la PTAR, influyendo en las zonas verdes cercanas. Los datos de campo fueron recaudados con un instrumento llamado caudalímetro, recopilando aquellos para posteriormente calcular el caudal promedio por día. En los resultados, se estableció que las circunstancias son las idóneas para el diseño de la PTAR, haciendo una evaluación del beneficio que tendría la zona afectada. Finalmente, se asumió que el predimensionamiento de una planta representa la resolución adecuada para aprovechar el agua, ya que la tasa interna de retorno conforma más del 20%, siendo adecuado para el respectivo diseño. La rentabilidad se obtiene desde el cuarto año, considerando 20 años de vida útil. Cabe resaltar que se ahorraría 600 mil litros cada año, representando el 70 % en riego para los parques relacionados con la investigación.

Pacori (2020) presentó su tesis para conseguir el grado de magíster en ingeniería civil en la Universidad Andina del Perú; con el título de “Diseño de una PTAR mediante el sistema de filtro percolador incorporando el tanque de desnitrificación”. Su objetivo principal es proponer el diseño de una PTAR con filtro percolador, añadiendo tanque de desnitrificación. El autor expone en la tesis que la muestra es no probabilística. En resultados se tuvo que, no se necesita de un tratamiento para los aceites, sólidos en suspensión, temperatura ya que aquellos están conforme a los límites máximos permisibles [LMP]. Sin embargo, el DBO, DQO, PH, sí necesitan de un plan de tratamiento ya que no respetan los LMP, el cual se diseñó en la investigación. El filtro percolador pudo extraer más del 50% de DBO5. Asimismo, el tratamiento primario eliminó la cuarta parte del total. El reactor anaeróbico y el tanque de desnitrificación ayudan a descartar el excedente de nitrógeno de las AR.

Silva (2020) presentó su tesis de grado en ingeniería civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú; con el título de “Diseño de una PTAR para el riego de áreas verdes en los Olivos” teniendo como objetivo principal proponer una PTAR para la reutilización del agua en la irrigación de las zonas verdes. La muestra tomada en cuenta de Los Olivos es de 192.66 hectáreas. Para el dimensionamiento se empleó el software BioWin 5.0. Como resultados, se observó que el diseño fue eficiente ya que

logró remover la materia orgánica, cumpliendo con los LMP formulados por el MINAM. Para mayor factibilidad, se tomó en cuenta un tratamiento secundario formado por reactores y filtros percoladores.

Tutaya (2021), en su tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana de Los Andes; con el título de “Mejoramiento del efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de biorreactor de membrana-Provincia de Junín”, teniendo como objetivo estudiar el progreso de las AR de una PTAR.

Se realizó el diseño de un biorreactor de obteniendo como resultado las dimensiones de 7.60 m de largo, 1.60 m de ancho y 1.80 m de altura.

Sin el uso del biorreactor, los coliformes eran de aproximadamente 270 NMP/100ml y E. Coli NMP/100ml de 110, posteriormente, implementando el biorreactor, se obtuvieron coliformes de NMP/100 ml=1.1, E.Coli NMP/100 ml=1.1

Se empleó membrana de fibra hueca marca Benenv modelo BN90.

Como conclusiones se obtuvo una reducción de partículas disueltas de 249 mg/lit a 221 mg/lit. reducción de su característica turbia de 29.18 NTU a 28.99 NTU.

También, se redujo el valor de pH de 8.85 a 8.05.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1. Aguas residuales [AR]

De acuerdo el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS] (2021) en la norma OS.090, determina a las AR como composiciones alteradas por la actividad del hombre y con presencia de materiales orgánicos o inorgánicos.

De la misma forma, el OEFA (2014) conceptualiza a las AR como las aguas que necesitan ser purificadas ya que

han sido afectadas por actividades humanas, las cuales son desechadas a recursos hídricos o al alcantarillado.

2.2.1.1 Daños causados por las aguas residuales

Según Rodríguez (2017) existe una crisis por la carencia de tratamiento de las AR en diversas actividades, como en el ámbito agrícola, minero y ganadero, puesto que estas generan un mayor impacto al ambiente, sumándole que, en su mayoría, terminan siendo descargados en cuerpos de agua y suelos. Este problema ha ocasionado avance en la contaminación y cada vez de manera más abrupta.

Este tipo de contaminación trae consigo no solo el daño en el recurso hídrico sino también daño de forma directa e indirecta con el ser humano.

Rodríguez (2017), exdirector del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) de La República Dominicana y presidente de la Fundación ProAguaRD, expuso en el portal web especializado en agua “iAgua”, que algunos de los daños causados por las aguas residuales, son los siguientes:

- Liberación de compuestos tóxicos: Causada por la liberación de sustancias que alteran la naturaleza, y a su vez al hombre.
- Olores desagradables: Causados por los gases generados por la descomposición de diferentes compuestos.
- Desarrollo de infecciones: La presencia de infecciones en las aguas receptoras transmiten enfermedades, epidemias por riego de cultivos con aguas contaminadas y hasta contaminación de la fauna marina por el desecho en los recursos hídricos de las aguas residuales.
- Contaminación térmica: Generado por los desechos arrojados con elevadas temperaturas, comúnmente pertenecientes a las industrias.
- Cambio estético: Las AR influyen también en la apariencia de las aguas, lo cual disminuye la atracción turística de la zona.

2.2.1.2 Clasificación según su origen

La clasificación de las AR depende del lugar de origen, es decir, según el lugar de donde se usaron.

Según el OEFA (2014), esta distingue a las AR en: domésticas, industriales y municipales o también llamadas urbanas.

Las aguas residuales domésticas son aguas pertenecientes a lugares urbanas, comúnmente producidas por actividades humanas o domésticas.

Las aguas residuales municipales o urbanas son los desechos en estado líquido de las zonas urbanas y las industrias, las cuales son llevadas por alcantarillas.

Las aguas residuales industriales son los líquidos desechados por las empresas y negocios, los cuales incluyen los de la agricultura y la ganadería.

2.2.2. Definición de planta de tratamiento de aguas residuales [PTAR]

Según el MVCS (2021) en el RNE, define a la PTAR como infraestructuras y conjunto de diferentes procesos con el propósito de purificar las AR.

Asimismo, según Farias (2016), investigador activo del Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales de la Universidad de Carabobo, en el portal web iAgua, define a las PTAR como una serie de operaciones y procedimientos fisicoquímicos, biológicos, o unión de ambos; las cuales pasan por fenómenos como manejo y transporte de fluidos.

2.2.3 Beneficios del tratamiento de las AR

En medida que las AR son procesadas, poseen diversos beneficios como mejorar la forma de vida de los pobladores, así protegiendo la salud de las personas y ayuda al medio ambiente (Banco Mundial, 2020).

La gestión adecuada de los servicios de agua y saneamiento es crucial, ya que son elementos fundamentales para prevenir enfermedades y detener la propagación de infecciones (Banco Mundial , 2020).

También el tratamiento de las AR permite que estas se reutilicen y aquello intervenga en el problema de la carencia de agua (Banco Mundial , 2020).

Cabe resaltar que además existe un beneficio económico ya que la reutilización de estas aguas tratadas puede llevarse en diferentes sectores como en la agricultura, ganadería, generación de energía, cubrir gastos operativos y de mantenimiento. De tal forma se debe considerar a las AR como un recurso y ya no como un desecho; minimizando residuos y aprovechando los recursos (Banco Mundial , 2020).

2.2.4 Operaciones de la PTAR

Existen diversas operaciones o también llamados procesos, por donde pasan los desechos en la PTAR para la respectiva limpieza y/o purificación (Farias, 2016):

- Operaciones Unitarias Físicas: No intervienen reacciones químicas.
- Operaciones Químicos: En este proceso sí intervienen reacciones químicas.
- Operaciones Biológicos: Intervienen procesos bioquímicos y biológicos.

2.2.5 Procesos de tratamiento de AR

2.2.5.1 Sedimentación primaria

En el RNE dentro de la norma OS.090, define a la sedimentación primaria como el proceso donde se remueven todas aquellas partículas que tienden a realizar la acción de sedimentar por la gravedad (MVCS, 2021) .

2.2.5.2 Lodos activados

Según el MVCS (2021) en el RNE dentro de la norma OS.090, define a los lodos activados como aquel tratamiento donde la mezcla del lodo activado y las aguas residuales pasan

por aeración. Aquella mezcla es llamada licor mezclado y controlado para sedimentarse y pueda seguir circulando.

2.2.5.3 Filtros percoladores

Según el MVCS (2021) en el RNE dentro de la OS.090, expone que es un tratamiento utilizado por cuestión de costos, funcionamiento y mantenimiento. Teniendo en cuenta esto se prefiere las opciones como: lechos de material de piedra, repartición del efluente primario mediante boquillas, sedimentadores secundarios y regreso del lodo.

2.2.5.4 Biorreactores con membranas

Son el conjunto de dos procesos los cuales son la degradación biológica y la separación de la materia orgánica a través de la filtración por membranas (Melin et al., 2006).

a) Tipos de biorreactores

a.1) Biorreactores con membrana sumergida

El tratamiento físico es producido por la membrana la cual se encuentra dentro del biorreactor, y está encargada de separar la materia orgánica, siendo el reactor biológico. Por otro lado, el tratamiento biológico se realiza a través de un difusor de aire para homogenizar el contenido del reactor y para la propia limpieza (Kraume et al., 2007).

a.2) Biorreactores con membrana externa

La membrana se encuentra fuera del biorreactor, por ende, el agua residual circula desde el biorreactor hacia la membrana a través de la presión que se crea por la gran velocidad del flujo, lo que permite que se filtre esta agua por las membranas (Kraume et al., 2007).

b) Tipos de membranas

Existen dos categorías de técnicas de filtración de membrana: aquellas que separan los sólidos disueltos, que se conocen como osmosis inversa (OI) y nanofiltración (NF); y aquellas que separan los sólidos suspendidos, que se denominan membranas de ultrafiltración (UF) y microfiltración (MF). (González, 2007).

b.1) Osmosis inversa (OI)

Desinfecta, controla y elimina la filtración y difusión de bacterias y virus (González, 2007).

b.2) Nanofiltración (NF)

Dado que sus poros son menores a $0,01\mu\text{m}$, esta tecnología tiene la capacidad de eliminar una gran cantidad de materia orgánica. (González, 2007).

b.3) Microfiltración (MF)

Poros de $0,1\mu\text{m}$ y eliminan elevadamente la materia orgánica, bacterias y parcialmente los virus (González, 2007).

b.4) Ultrafiltración (UF)

Elimina materia orgánica y desinfectan. Poseen poros entre $0,1\mu\text{m}$ hasta tamaños inferiores (González, 2007).

c) Configuración de la membrana

Las membranas son el componente central en la eliminación de partículas y materia orgánica que se encuentran en las aguas residuales. El tamaño del poro de la membrana es muy importante y suele oscilar entre $0,035$ y $0,04\mu\text{m}$, según el suministrador y de las necesidades específicas del proceso. Este tamaño de poro es lo suficientemente pequeño como para remover eficientemente la materia orgánica, lo que genera un fluido en óptimas condiciones (Dacomba, 2013).

Según Dacomba (2013), los tipos de configuraciones de membranas más conocidas y empleadas son:

c.1) De fibras huecas

Este proceso implica la disposición vertical de una serie de fibras huecas y cilíndricas en un marco o módulo, con aireadores incorporados. La corriente de agua residual fluye desde el exterior hacia el interior de las fibras. Se utiliza comúnmente en sistemas de membrana sumergida, tanto para aplicaciones industriales como municipales. Las plantas de tratamiento con altas capacidades suelen

preferir esta tecnología debido a su bajo consumo energético en el proceso de aireación. (Dacomba, 2013).

c.2) Tubular

La membrana tubular se compone de un módulo cilíndrico que alberga múltiples tubos cilíndricos. El AR que entra fluye por medio de tubos, sometiéndose a ultrafiltración, y el resultante del proceso de permeabilidad, permeado resulta se almacena en un depósito para su uso posterior. El efluente va desde afuera hacia adentro y los contaminantes retenidos son recirculados (Dacomba, 2013).

c.3) Plana

Posee forma rectangular y plana característica. Los paneles, que son los elementos que conforman la membrana, son generalmente semirrígidos o flexibles. En esta configuración, el efluente pasa externamente, mientras que el proceso de permeabilidad se encuentra en el interior de la membrana. Para elevar los lodos, se utilizan burbujas de aire que son producidas por difusores de aire. A diferencia de las anteriores membranas, la presente configuración apila las membranas creando múltiples capas que aumentan la eficiencia de retención de partículas sólidas. Esta configuración se utiliza principalmente por su simplicidad de operación. Además, gracias a su diseño compacto, las membranas planas son ideales para PTAR de pequeña y mediana capacidad (Dacomba, 2013).

d) Difusores de aire

Según SULZER (2023) menciona que existen diversos difusores de aire, sin embargo, los que más se utilizan y adecúan a los biorreactores con membrana son los difusores de disco, ya que colocación sencilla. La aplicación de este sistema es para la aireación ya sea de AR urbanas o industriales. El sistema de difusores de disco Gama ABS posee una diversa clasificación detallada a continuación:

- PIK300 de burbuja fina: Anillo corredizo y material de polipropileno para proteger la membrana. Apto para aireación continua e intermitente (SULZER, 2023)
- PRK300 de burbuja fina: Material compacto y apto para SBR, MBR y MBBR. Posee un anillo contra la fricción para la protección de la membrana y discos de expansión PRF para aumentar la capacidad de aireación. (SULZER, 2023)
- KKI215 de burbuja fina: Apto para aireación continua e intermitente. Característico uso en cuencas profundas que poseen flujos con una profundidad de hasta 15 m (SULZER, 2023)
- Sucoflow DS 20 de burbuja fina: Apto aireación de densidad elevada y retornable. Colocación sencilla. (SULZER, 2023)

En la Tabla 4 se puede mostrar las características de cada difusor de aire de manera resumida.

Tabla 4

Características de los diferentes discos difusor

CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES DISCOS DIFUSOR	
Diámetro del difusor	PIK300, PRK300: 336 mm KKI215: 215 mm Sucoflow DS 20: 500 mm
Superficie de la membrana	KKI: 0.025 m ² PIK, PRK: 0.060 m ² Sucoflow DS 20: 0.183 m ²
Rango de operación (+20°C; 1013 mbar)	KKI215: 0.5 – 4 m ³ /h PIK300, PRK300: 1.5 – 8 m ³ /h Sucoflow DS 20: 1 – 15 m ³ /h
Máx Temperatura de funcionamiento	PRK300, KKI215: 80°C PIK300, DS 20: 100°C

Elaborado por: los autores, en base a la página web SULZER, 2023

2.2.6. Desarrollo del proceso de tratamiento de las AR

Los residuos son sometidos a diversos procesos, los cuales son útiles para lograr reducir la toxicidad y reducir el volumen de la muestra.

Según el MVCS (2021), nos indica los siguientes tratamientos:

a) Tratamiento preliminar

En esta etapa se usan las cribas y los desarenadores, las cribas son obligatorias en toda PTAR, sin importar si son simples. Incluye al Desbaste, Desarenado y Desengrasado. (MVCS, 2021)

b) Tratamiento primario

Permite la depuración de los elementos sedimentables. Los compuestos que son retirados durante esta etapa deben ser tratados antes de ser desechados. En este tratamiento, se usan comúnmente tanque Imhoff, de sedimentación o de flotación. Incluye a Fosas Sépticas, Tanques Imhoff, Decantación primaria, reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA). (MVCS, 2021)

c) Tratamiento secundario

Cuando la remoción de la DBO es mayor a 80% se consideran como plantas secundarias, entre estos se encuentran las lagunas anaeróbicas usadas en ocasiones donde se tenga limitado espacio para la realización del proyecto, las lagunas de estabilización que usa procesos biológicos, también se tiene las lagunas aireadas que se usan para desechos industriales, también tenemos las facultativas que usan que reciben efluentes de lagunas aireadas. Incluye a los Humedales Artificiales, Filtros Intermittentes de Arena, Infiltración -Percolación, Filtros de Turba, Lagunajes. (MVCS, 2021).

d) Tratamiento terciario

Se utilizan cuando este tratamiento según las condiciones sea más factible que el secundario, el proyectista debe tener un buen criterio para elegir el

método a usar, entre estos métodos tenemos la electrodiálisis, también tenemos la ósmosis inversa, el intercambio iónico, la filtración, la oxidación química, etc. Incluye a Aireaciones Prolongadas, Lechos Bacterianos, Contactores Biológicos Rotativos (CBR), Reactores Secuenciales (SBR), Reactores de Biopelícula sobre Lecho Móvil (MBBR). (MVCS, 2021)

2.2.7 Diseño de la PTAR

Se diseña siguiendo los lineamientos evaluando la disposición final de los efluentes, luego se verificará la situación legal de la PTAR, además se analizará el tipo de tecnología que se querrá utilizar, luego se procederá a diseñar la infraestructura teniendo un buen manejo de residuos sólidos (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS], 2015).

Previo al diseño de la PTAR es necesario hacer los estudios correspondientes del cuerpo receptor teniendo como referencia, la situación más desfavorable. Una vez concluido los estudios mencionados se procederá al diseño teniendo lo siguiente: el tipo de AR ya sea domésticas o industriales, información de la topografía, hidrológica, geotécnica y geológica; determinación de caudales del presente y proyectados, selección del proceso a llevar a cabo para su tratamiento, evaluar los daños al medio ambiente y evaluar las alternativas tecno económicas y elegir la más adecuada. También se considera el diseño hidráulico sanitario, estructural, arquitectónico, mecánico, especificaciones técnicas para su debida construcción y especificaciones de un manual de operación y mantenimiento (MVCS, 2021)

2.2.7.1 Levantamiento topográfico

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC] (2018) expone que se tiene el fin de plantear respectivas mediciones indispensables en un plano horizontal y en altitud para obtener la geometría aplicada en el campo real donde se desarrollaría la carretera. Se deben tomar en cuenta numerosos factores para el levantamiento topográfico como:

a) Anteproyecto

Planificación de los pasos a realizar para este estudio.

b) Recopilación de la información

Es la reunión total de los planos del terreno en estudio con las respectivas coordenadas e información geodésica.

c) Sistemas de referencia

Búsqueda de los puntos referentes como guías para realizar el levantamiento topográfico.

d) Red básica

Es el levantamiento que funciona como apoyo debido a que ya es existente e influirá de forma notable en el levantamiento topográfico.

e) Equipos

Es la selección exclusiva de las herramientas a usarse tanto como equipos, materiales o personal necesario para llevar a cabo la tarea o jornada.

f) Observación de los errores

Es el paso que se efectúa al término de la tarea en campo, siendo la corrección en gabinete de los errores cometidos in situ, ya sean errores acimutales o los clásicos errores de medida.

g) La máxima longitud de radiación

Es la delimitación máxima del terreno donde se realizará el respectivo levantamiento topográfico.

Los estudios topográficos son esenciales para el desarrollo del proyecto, la topografía es la representación del relieve de un terreno en un plano, para esto se usan diferentes técnicas e instrumentos, es importante destacar que la topografía se realiza en áreas específicas en la tierra, además se considera que la tierra es plana, a diferencia de un levantamiento geodésico donde se considera la forma de la tierra y se efectúan en extensiones de grandes capacidades. (Navarro, 2008)

Las curvas de nivel son una forma de representar un plano tridimensional de una zona, sin embargo, se hace en un plano bidimensional, esto se logra, ya que en el plano las curvas representan una sola altitud. Los intervalos pueden variar dependiendo del

nivel de detalle que se solicite y de la extensión de la zona estudiada. (Navarro, 2008)

Figura 9: Curvas de Nivel del Centro Poblado Espinal

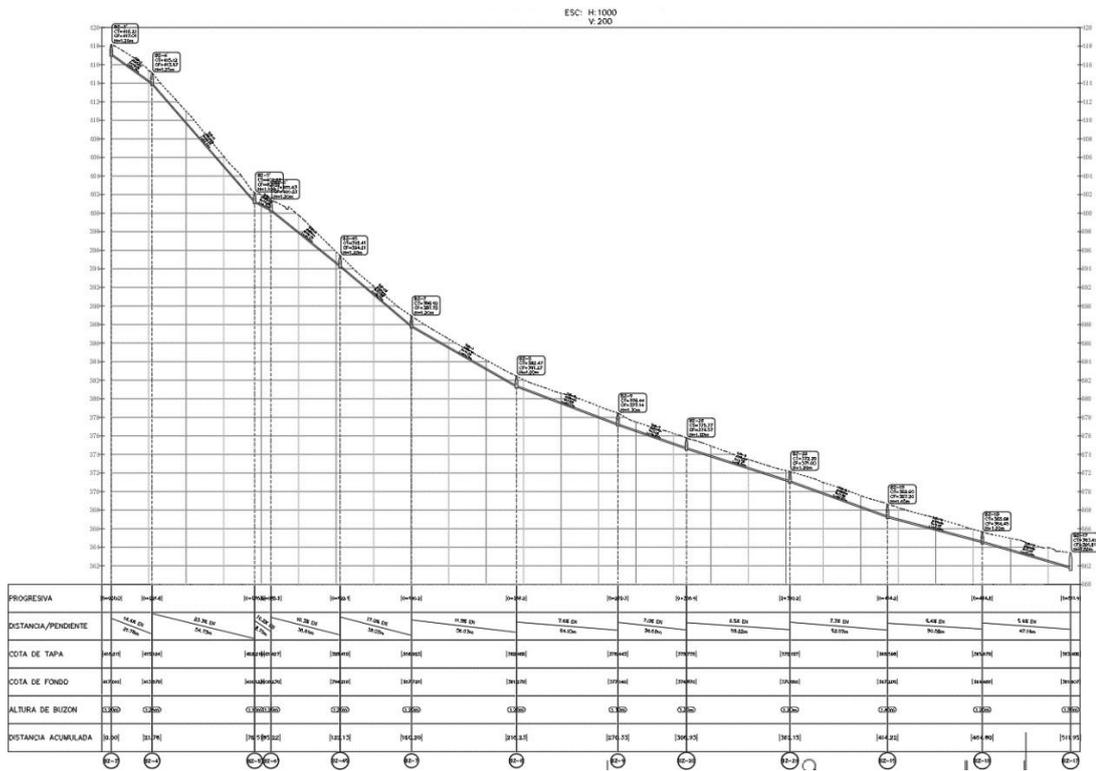


Elaborado por: los autores

En la , se enseñan las curvas de nivel del Centro Poblado Espinal, las cuales se obtuvieron del levantamiento topográfico.

Los perfiles longitudinales son la representación en planos las diferentes curvas verticales entre pendientes, cotas y desarrollo del kilometraje del proyecto (MTC, 2001).

Figura 10: Perfil longitudinal del buzón 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 28, 15, 18 y 17.



Elaborado por: los autores

Como se visualiza en la Figura 10, se observa el perfil longitudinal de los buzones 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 28, 15, 18 y 17; hallado a través del levantamiento topográfico. Los perfiles longitudinales de manera completa se encuentran en el Anexo 4.

Figura 11: Levantamiento topográfico



Fotografía tomada por los autores

Se puede observar en la Figura 11, llevando a cabo el levantamiento topográfico para llevar a cabo el objetivo de la tesis.

2.2.7.2 Proyección de la Población

Las obras hidráulicas generalmente tienen un tiempo de diseño determinado, el cual según el MVCS (2021), debe oscilar entre los 20 y 30 años, definir el periodo de diseño es crucial, debido que se conocería las condiciones actuales y futuras con la cual se debe diseñar las PTAR éstas últimas proyectadas al año final de diseño.

La metodología para realizar la proyección de población es una función simple para realizar proyecciones de población, normalmente es utilizado para aumentos poblacionales iguales en cada periodo de tiempo, por lo cual es muy difícil de encontrar este caso, sin

embargo, frecuentemente se utiliza cuando solo se tiene dos censos poblacionales. (Pittenger, 1976, como se citó en Granados, 1987)

$$P = P_2 + \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} (t - t_2)$$

Donde:

P = Población a Futuro.

P₂ = Población del último censo.

P₁ = Población en el penúltimo censo.

t = Fecha para la que se busca la población .

t₂ = Año del último censo.

t₁ = Año del penúltimo censo.

Para calcular la tasa del aumento en la población, se toma en consideración la población final, la población inicial y el tiempo transcurrido; y así aplicarse la siguiente fórmula expresada en la siguiente fórmula expresada por Granados (1987):

$$r = \sqrt[n]{\frac{P_f}{P_o}} - 1$$

P_f = Población futura.

P_o = Población del último censo.

n = Periodo de diseño.

2.2.7.3 Estudio de mecánica de suelos

Para la clasificación del suelo, se siguen los lineamientos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual [INDECOP], el cual menciona las normas NTP 400.012, NTP 339.129, NTP 339.134 y NTP 339.135, las cuales nos ayudan a clasificar al suelo según el SUCS y la AAHSTO.

Según INDECOPI (2001) en la NTP 400.012, expone que la granulometría permite definir la repartición de los fragmentos de la muestra de suelo por medio de diferentes tamices con aberturas de diámetros diferentes. Con ayuda de la granulometría se podrán realizar diversos cálculos, como los siguientes:

$$\% \text{ Retenido de cada tamiz} = \frac{\text{Peso Retenido del tamiz respectivo}}{\sum \text{Peso Retenido}} \times 100$$

$$\% \text{ Retenido Acumulado} = \% \text{ Retenido de cada tamiz} + \% \text{ Retenido Acumulado}$$

$$\% \text{ Pasa} = 100\% - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

La NTP 339.134 de INDECOPI (1999) establece que la clasificación del suelo según el sistema SUCS tiene como objetivo categorizar el suelo para su uso en proyectos de ingeniería.

Tabla 5

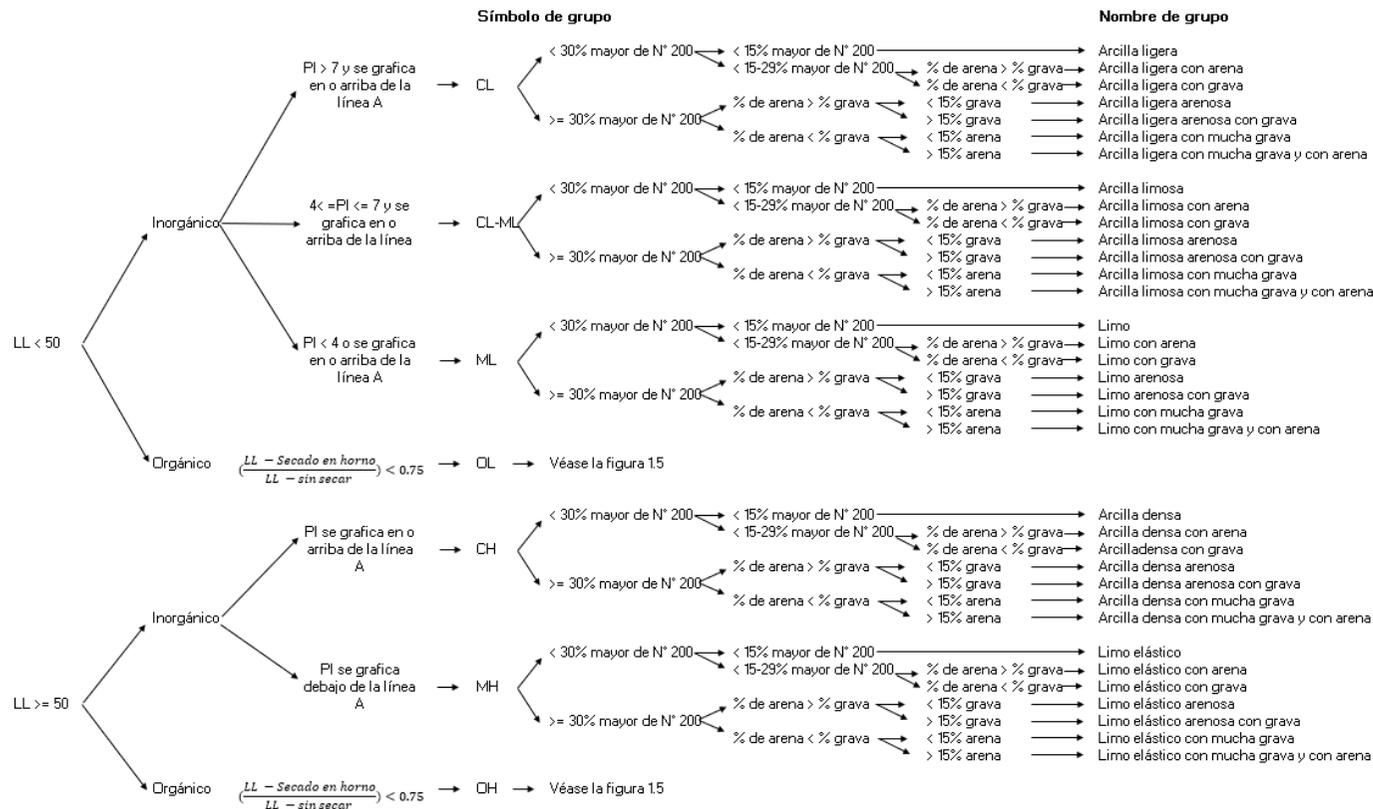
Carta para clasificación suelos según SUCS

Criterios para la asignación de símbolos de grupos y nombres de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			Símbolo	Nombre de Grupo		
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 2$	GW	Grava bien graduada	
		Menos del 5% pasa por la malla N° 200	$Cu < 4$ o $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada	
		GRAVAS CON FINOS	$IP < 4$ ó debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa	
		Más del 5% pasa por la malla N° 200	$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa	
			$IP \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC-GM	Grava limosa arcillosa	
	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de 50% es retenido en la malla N° 200	ARENAS El 50% o más de la fracción gruesa pasa por la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS CON FINOS	Cumple con los criterios de GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo
			Entre el 5% y 12% pasa por la malla N° 200	Cumple con los criterios de GW y GC o para GW y GC - GM	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
			ARENAS LIMPIAS	Cumple con los criterios de GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo
			Menos del 5% pasa por la malla N° 200	Cumple con los criterios de GP y GC o para GW y GC - GM	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla
			ARENAS CON FINOS	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS El 50% o más pasa por la malla N° 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido menor 50	Más del 12% pasa por la malla N° 200	$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada	
		ARENAS LIMPIAS CON FINOS	$IP < 4$ ó debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa	
		Entre el 5% y 12% pasa por la malla N° 200	$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa	
			$IP \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC-SM	Arena limosa arcillosa	
			Cumple con los criterios de SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo	
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido 50 o mayor	Inorgánicos		Cumple con los criterios de SW y SC o para SW y SC - SM	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla
				Cumple con los criterios de SP y SM	SP-SM	Arena mal graduada con limo
				Cumple con los criterios de SP y SC o para SW y SC - SM	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla
				$IP < 4$ ó debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	ML	Limo de baja plasticidad
				$IP < 4$ ó debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL	Arcilla de baja plasticidad
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Principalmente materia orgánica de color oscura		$IP \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL-ML	Arcilla limosa	
			Límite Líquido secado al horno /Límite Líquido no secado < 0.75	OL	Limo orgánico	
			Se grafica en la carta de plasticidad debajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad	
			Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad	
			Límite Líquido secado al horno /Límite Líquido no secado < 0.75	OH	Limo orgánico Arcilla orgánica	
		PT	Turba			

Fuente: INDECOPI, NTP 339.134, 1999

Figura 12

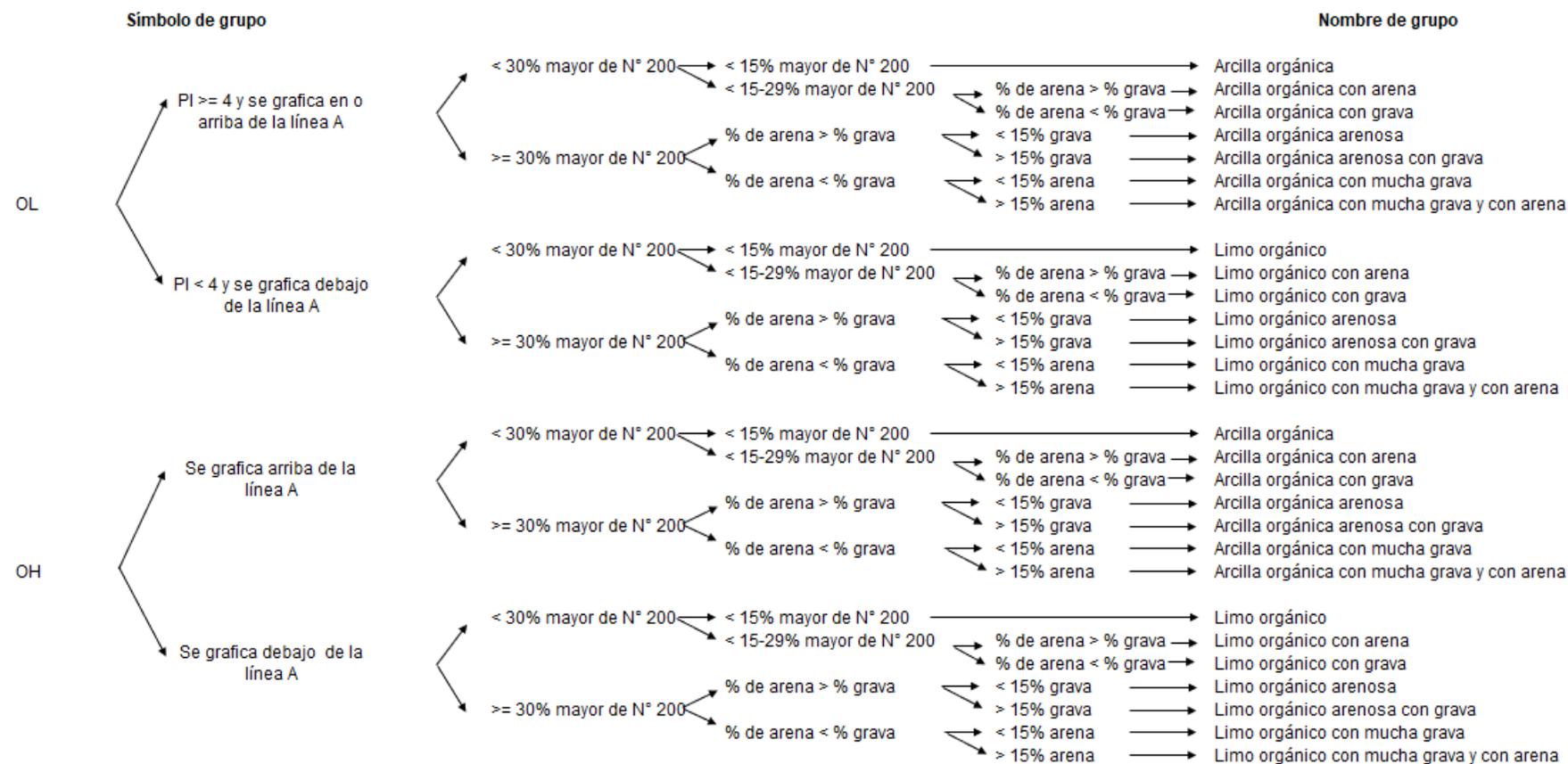
Carta de flujo para clasificación de suelos de grano fino.



Fuente: INDECOPI, NTP 339.134, 1999

Figura 13

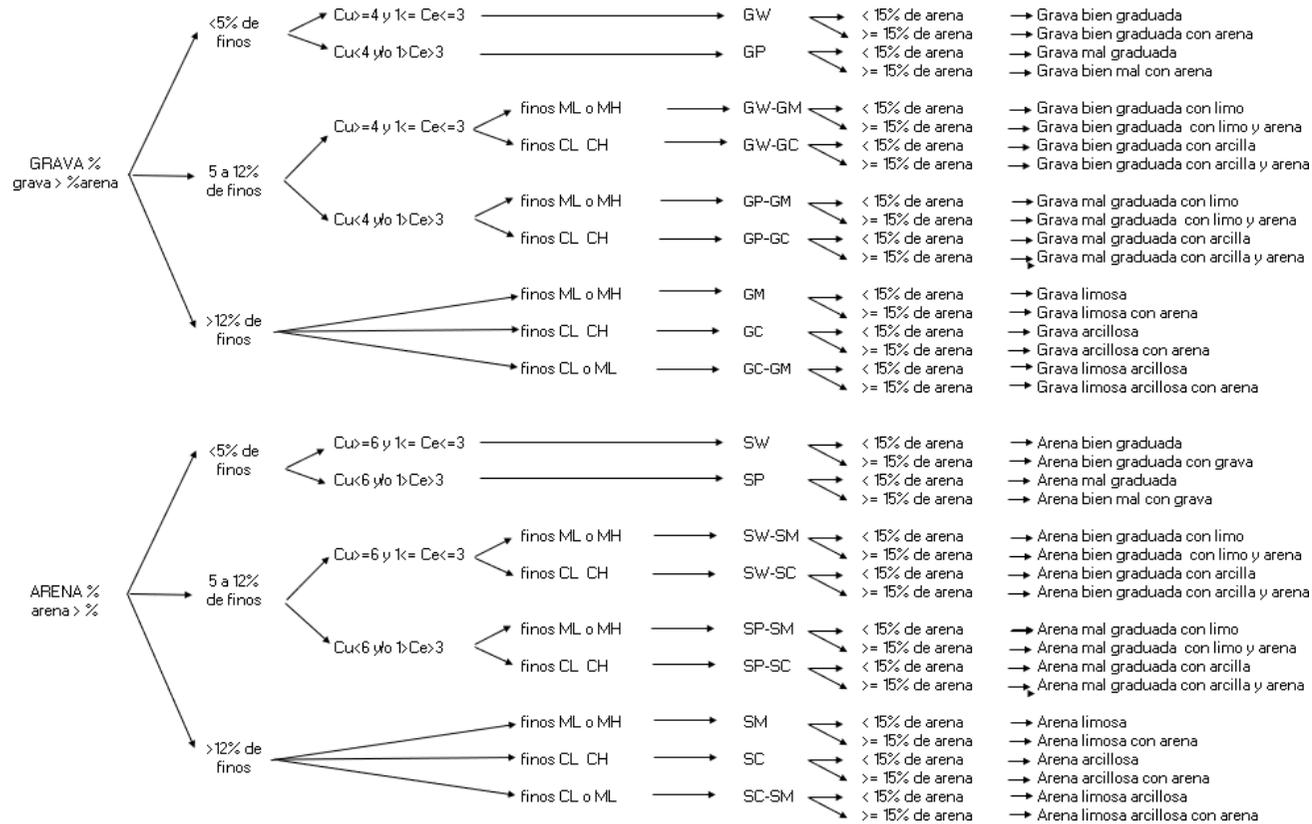
Carta de flujo para clasificación de suelos de grano fino.



Fuente: INDECOPI, NTP 339.134, 1999

Figura 14

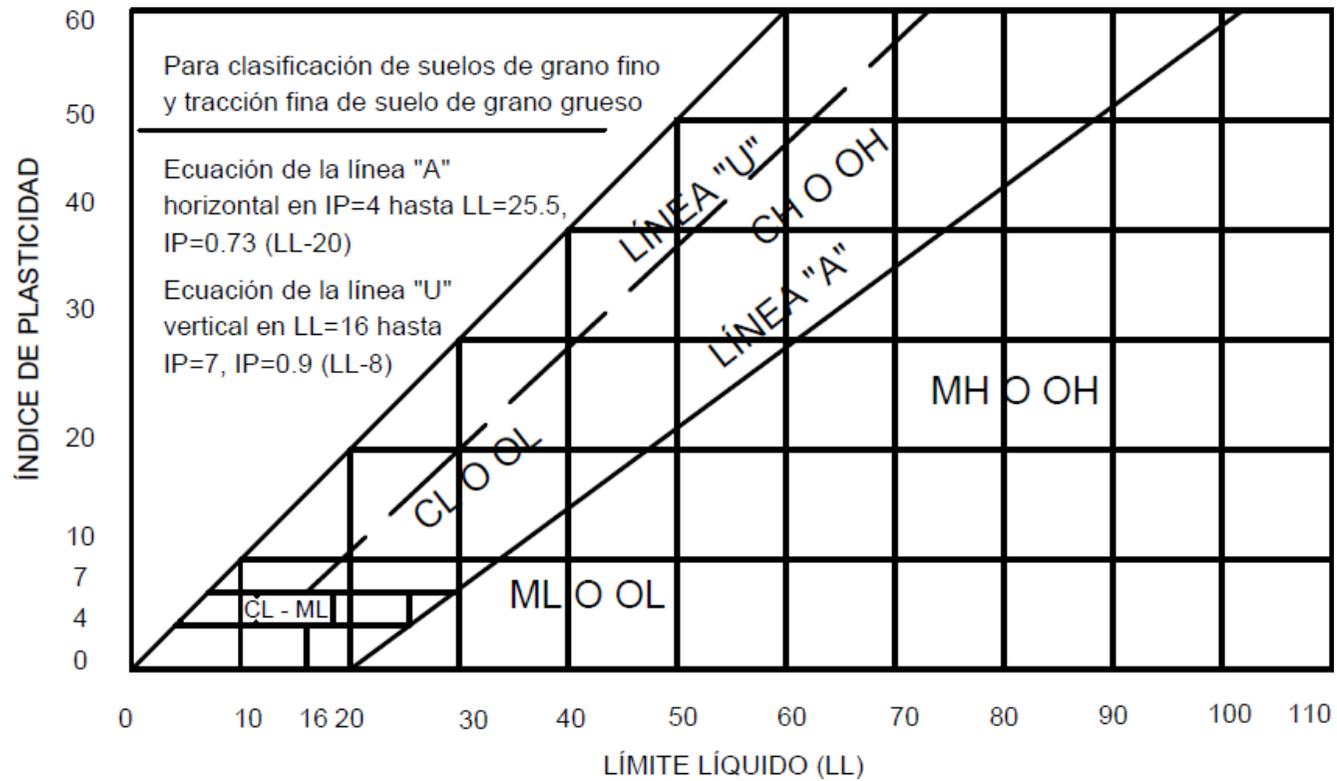
Carta de flujo para clasificación de suelos de grano grueso.



Fuente: INDECOPI, NTP 339.134, 1999

Figura 15

Carta de plasticidad



Fuente: INDECOPI, NTP 339.134, 1999

En la Tabla 5 y las Figura 12, Figura 13, Figura 14, Figura 15; se aprecia que la norma NTP 339.134 proporciona diferentes parámetros para clasificar el suelo, teniendo en cuenta a la granulometría y a los índices de plasticidad.

Por otro lado, en la Tabla 6 se observa según INDECOPI (1999) indica en la NTP 339.135, que la clasificación según AAHSTO, permite clasificar al suelo para fines de construcción de carreteras.

La NTP 339.129 de INDECOPI (2014) establece que el límite líquido del suelo es el punto en que la muestra de suelo está en un estado entre líquido y plástico, mientras que el límite plástico es el punto en que la muestra de suelo está en un estado entre plástico y semisólido. El índice de plasticidad, a su vez, es la diferencia entre estos dos estados mencionados anteriormente. Estos factores tienen un impacto en la clasificación del suelo.

Además, la NTP 339.171 de INDECOPI (1999) establece que la prueba de corte directo permite medir la resistencia de una muestra de suelo consolidada o drenada a la fuerza de corte, variando los niveles de humedad y aplicando cargas horizontales y verticales crecientes.

Como se puede apreciar en la Tabla 6, la norma NTP 339.135 nos brinda parámetros para clasificar al suelo según la metodología AASHTO.

Además, según la norma NTP 339.135 expuesta por INDECOPI (1999) el índice de grupo resulta:

$$IG = (\% \text{ pasante del tamiz N}^\circ 200 - 35) * [0.2 + 0.005 * (\text{Límite Líquido} - 40)] + 0.01 * (\% \text{ pasante del tamiz N}^\circ 200 - 15) * (\text{Índice de Plásticidad} - 10)$$

Tabla 6

Clasificación de suelo según AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa por el tamiz #200)				
Clasificación de grupos	A - 1		A - 3 ^ A	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
	A - 1 - a	A - 1 - a		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5	A - 7 - 6
Tamizado, % que pasa												
Nº 10 (2.00 mm)	50 máx											
Nº 40 (425 um)	30 máx	50 máx	51 mín									
Nº. 200 (75 um)	15 máx	25 máx	10 mín	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	
Consistencia												
Límite Líquido						B		40 máx	41 máx	40 máx	41 máx	
Índice de plasticidad	6 máx					B		10 máx	10máx	11 máx	11 máx	
Tipo de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosa				Suelos limosos		Suelos Arcillosos		
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo				

Fuente: INDECOPI, NTP 339.134, 1999

2.2.7.4 Diseño hidráulico

a) Determinación del caudal

Para el cálculo del caudal, el volumen de las AR originadas por los seres humanos en un futuro determinado se conoce como caudal de diseño, estando constituido por la dotación de agua potable, conexiones erradas e infiltración de agua (MVCS,2018).

El especialista sectorial de la Dirección General de Inversiones, Guibo (2012) menciona que:

$$Q_{\text{promedio}}(\text{lt/seg}) = \frac{\text{Población} \times \text{Dotación}}{86400}$$

La dotación será usada según la Tabla 7 emitida por MVCS (2018).

Tabla 7

Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab.d).

Región	Dotación Según opción tecnológica (l/hab.d)	
	Sin Arrastre Hidráulico	Con Arrastre Hidráulico
Costa	60	90
Sierra	50	80
Selva	70	100

Fuente: MVCS, 2018

El caudal promedio debe ser multiplicado por un coeficiente de retorno para obtener el caudal máximo horario, mínimo horario y máximo diario. Estos caudales pueden ser determinados a partir del caudal promedio de desagüe utilizando los coeficientes "k" correspondientes a cada tipo de caudal mencionado (MVCS, 2021).

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

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

$$Q_{\text{máx diario}} = Q_{\text{promedio}} * k_1$$

El MVCS (2021) establece que, para el dimensionamiento de las estructuras y tuberías de la red de alcantarillado, es necesario definir el caudal total mediante la suma de los caudales individuales:

$$Q \text{ de diseño} = Q_{\text{promedio}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{conexiones erróneas}}$$

Según el MVCS (2021) expone que el caudal de infiltración es calculado considerando la longitud de toda la red de alcantarillado, utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{inf}} = (20000 * \text{longitud}) + (380 * N^{\circ} \text{buzones})$$

El caudal de conexiones erróneas se calcula aplicando el 15% a el caudal máximo horario. (MVCS, 2021)

$$Q_c = 15\% * Q_{\text{máx}}$$

b) Determinación de la calidad del agua

Un requisito antes de realizar el diseño preliminar o final de una PTAR es el estudio de cuerpo receptor en el cual se debe considerar las condiciones más desfavorables, donde se analiza la calidad del agua.

La Presidencia de la República (2008) mediante el decreto supremo N°002-2008-MINAM admite los criterios de calidad del agua en el Perú, expuestos en la Tabla 8.

Tabla 8

Estándares de calidad del agua

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

Fuente: La Presidencia de la República, 2008

El MVCS (2021) en la OS.090 del RNE establece que, para evaluar la calidad y nivel de contaminación de las aguas residuales, se deben considerar dos parámetros esenciales: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO).

La MVCS (2021) explica que la DBO es la cantidad de oxígeno necesaria para estabilizar la materia orgánica, considerando un tiempo y temperatura específicos.

La DQO es una medida de la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica presente en una muestra de agua residual (MVCS, 2021). El MVCS (2021) indica que la evaluación del grado de tratabilidad del agua residual (AR) se realizará según su nivel de contaminación, tomando en cuenta los ECA y los LMP presentados en la Tabla 9.

Tabla 9

Límites máximos Permisibles [LMP]

Parámetros	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes y Termotolerantes	NMP/1 00 ml	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
Ph	unidad	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: La Presidencia de la República, 2010

Los ECA son los estándares que determinan el nivel de presencia de sustancias en el aire, agua o suelo, los cuales son seguros para los seres humanos y el medio ambiente receptor, sin causar daños significativos (La Presidencia de la República, 2008).

Los LMP son los requisitos de densidad de materias, que pueden caracterizar a un efluente, que al existir un exceso causaría daños a la integridad, a la tranquilidad poblacional y al ambiente (La Presidencia de la República, 2008).

El parámetro más considerado es el de la DBO, para conocer los porcentajes de estos compuestos en el agua residual son necesarios estudios del agua en el alcantarillado. (MVCS, 2021).

Tabla 10

Proceso de Tratamiento

Proceso de tratamiento	Remoción (%)		Remoción (ciclos log10)	
	DBO	Sólidos en suspensión	Bacterias	Helmintos
Sedimentación primaria	25 - 30	40 – 70	0 - 1	0 – 1
Lodos activados	70 - 95	70 – 95	0 - 2	0 – 1
Filtros percoladores	50 - 90	70 – 90	0 - 2	0 – 1
Lagunas aireadas	80 - 90	-	1 - 2	0 – 1
Zanjas de oxidación	70 - 95	80 – 95	1 - 2	0 – 1
Lagunas de estabilización	70 - 85	-	1 - 6	1 – 4

Fuente: MVCS, 2021

En la Tabla 10, se pueden apreciar los parámetros necesarios para escoger el proceso de tratamiento.

Tabla 11*Aportes per cápita*

Aportes Per Cápita para aguas residuales domésticas	
Parámetros	
DBO 5 días, 20°C, g/ (hab.d)	50
Sólidos en suspensión, g / (hab.d)	90
NH3 - N como N, g / (hab.d)	8
N Kjeldahl total como N, g / (hab.d)	12
Fósforo total, g/ (hab.d)	3
Coliformes fecales, N° de bacterias / (hab.d)	2x10 ¹¹
Salmonella Sp., N° de bacterias / (hab.d)	1x10 ⁸
Nematodos intes., N° de huevos / (hab.d)	4x10 ⁵

Fuente: MVCS, 2021

Como se aprecia en la Tabla 11, se aprecian los valores de los aportes per cápita para diferentes parámetros.

Al conocer los porcentajes de muestra, se debe hallar la cantidad de remoción, definidos por LMP, cuyos parámetros se aprecian en la tabla 8. (La Presidencia de la República, 2010).

Tener en cuenta la categoría de los ríos es de suma importancia ya que el MINAM, indica nuevos parámetros que son los siguientes de la Tabla 12. (MVCS, 2021).

Tabla 12*Parámetros del DBO y DQO*

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

Fuente: La Presidencia de la República, 2008

Según el MVCS (2021) menciona que, para elegir el proceso de tratamiento, se debe realizar un análisis mediante LMP y de acuerdo con la zona que desembocará las aguas tratadas; para ambos casos se debe hallar el índice de contaminación del AR de la población. Para el diseño de plantas que solo tratarán AR de desechos humanos se toma en cuenta el aporte per cápita de DBO que es 50 g (hab/d) y se sigue la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de DBO} = \frac{\text{Población} * \text{Aporte per cápita (DBO)}}{\text{Qpromedio} + \text{Qinfil}}$$

Conociendo la cantidad de DBO existente, se puede calcular la eficiencia de remoción requerida que se desea conseguir, para obtener la eficiencia se realiza el análisis según los Límites Máximos permisibles. (MVCS, 2021)

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

En la Tabla 13, se expone la tabla de la clasificación de cuerpos de agua emitida por la Autoridad Nacional del Agua.

Tabla 13

Clasificación de cuerpos de agua

CURSO DE AGUA			
N°	Código Curso	Nombre	Categoría
658	1377525	Río Loco de Chamán	Categoría 3
659	1377526	Quebrada San Gregorio	Categoría 3
660	1377527	Río San José	Categoría 3
661	1377528	Río Zaña	Categoría 3

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2018

Tabla 14*Parámetros de cuerpos de aguas según la categoría 03*

Categorías		ECA Agua: Categoría 3	
Parámetro	Unidad	Parámetros Para Riesgo de Vegetales	Parámetros para bebidas de animales
Físicos - Químicos			
Aceites y grasas	mg/L	5	5
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Cloro (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	mg/L	2500	5500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DBO)	mg/L	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2	0,5
Fenoles	mg/L	0,002	0,01
Fluoruros	mg/L	1	**
Nitratos (NO ₃ - N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100	100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Potencial de Hidrógeno (Ph)	Unidad de Ph	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ3	Δ3

Fuente: La Presidencia de la República, 2015

Según el MVCS (2021) expone que, el segundo aspecto a considerar es analizar la zona que servirá de desemboco para las aguas finalmente tratadas, para esto se debe ir a la Tabla 13 que expone las clases de los cuerpos de agua que son superficiales, luego ubicaremos el parámetro de

DBO según la categoría perteneciente del río según la Tabla 14, para posteriormente calcular la eficiencia requerida con la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia requerida \%} = \frac{\text{DBO existente} - \text{DBO según cat 3}}{\text{DBO existente}} * 100$$

Finalmente se debería elegir el proceso de tratamiento, teniendo en cuenta la eficiencia requerida, en la Tabla 10 expone el proceso de tratamiento según su eficiencia; sin embargo empleando el biorreactor con membrana sumergida se llegará a una eficiencia del 95%, debido a que este sistema de tratamiento combina los procesos de depuración biológica a partir del proceso de filtración, obteniendo un efluente con condiciones óptimas (Tchobanoglous y Burton, 1995).

c) Diseño de tuberías de red de alcantarillado

El MVCS (2021) indica que al diseñar la PTAR, es necesario considerar la red de alcantarillado, la cual se diseña con base en las cotas y distancias obtenidas en el levantamiento topográfico, así como en el caudal promedio o caudal de contribución, junto con el caudal de infiltración.

El diseño se empieza colocando un número a cada cámara de inspección y la cota tanto de tapa y de fondo de buzón. (MVCS, 2021)

Según el MVCS (2021) se determina el caudal medio y máximo instantáneo en la que interviene la población acumulada y el caudal medio en cada tramo, utilizando la fórmula del caudal promedio expresada por Guibo (2012)

$$\begin{aligned} &\text{Caudal medio buzón x - y} \\ &= \frac{\text{Pb acumulada} * \text{dotación} * \text{coeficiente de retorno}}{86400} \end{aligned}$$

Según el MVCS (2021) se toma en cuenta a 1.50 litros/segundo como caudal mínimo en relación con el caudal máximo extraordinario y caudal máximo instantáneo.

Las fórmulas emitidas por el MVCS (2021) permiten el cálculo tanto del caudal máximo instantáneo o caudal máximo horario como del caudal máximo extraordinario, siendo estas:

$$\text{Caudal máx inst} = 1.5 * Q_{\text{medio}}$$

$$\text{Caudal máx extr} = \text{Caudal máx inst buzón} * \text{Coef de seguridad}$$

Según Navarro (2008) expone la fórmula utilizada para calcular la pendiente de dos puntos, siendo:

$$\text{Pendiente de tramo} = \frac{\text{cota de fondo inicial} - \text{cota de fondo final}}{\text{longitud propia}}$$

Por otro lado, la fórmula de la pendiente mínima es expuesta por el MVCS (2021), siendo:

$$\text{Pendiente mínima} = 0.0055 * Q \text{ máx extraordinario}^{(-0.47)}$$

Las fórmulas de la velocidad del flujo en las tuberías de la red de alcantarillado y del caudal a tubo lleno son emitidas por el MVCS (2021):

$$\text{Velocidad} = \frac{1}{n} * \left(\frac{\text{diámetro}}{4} \right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{0.5}$$

$$Q \text{ a tubo lleno} = \text{Vel} * \pi * \frac{\text{diam}^2}{4} * 1000$$

Por otro lado, las fórmulas para calcular el radio hidráulico y velocidad real son emitidas por Agüero Pittman (1997)

$$\text{Radio hidráulico 4 - 5} = \left(\frac{\text{diámetro}}{4} - \frac{\text{diámetro} * \text{Seno}(\text{theta mín})}{4 * \text{theta mín}} \right)$$

$$f \text{ theta 4 - 5} = \frac{8 * Q_{\text{mín}}}{1000} * \frac{\text{Coef de Manning}}{\text{diám}^2 * \text{pend}^{0.5} * R_h^3} + \text{Sen}(\text{Theta min}) - \text{theta min}$$

$$\text{Theta mín rad 4 - 5} = \text{theta mín} - \frac{f \text{ theta mín}}{f' \text{ theta mín}}$$

$$\text{Theta máx rad 4 - 5} = \text{theta máx} - \frac{f \text{ theta máx}}{f' \text{ theta máx}}$$

$$\text{Vel real mínima 4 - 5} = \frac{1}{\text{coef de rug}} * R_{h\text{mín}}^{\left(\frac{2}{3}\right)} * \text{Pendiente}^{0.5}$$

$$\text{Vel real mínima} < \text{Vel crítica mínima} \quad \text{Ok}$$

$$\text{Vel real máxima 4 - 5} = \frac{1}{\text{coef de rug}} * R_{h\text{máx}}^{\left(\frac{2}{3}\right)} * \text{Pendiente}^{0.5}$$

$$\text{Vel real máx} < \text{Vel crítica máx} \quad \text{Ok}$$

Según Agüero Pittman (1997) se debe verificar que la velocidad real mínima sea menor que la velocidad crítica mínima. Y a la vez, que la velocidad real máxima sea menor que la velocidad crítica máxima.

Por último, la fórmula de la tensión tractiva en las tuberías está determinada por el MVCS (2021) y como parámetro, menciona que para cada tramo debe ser mayor a un pascal.

$$\text{Tensión tractiva 4 - 5} = R_h \text{ máx} * \text{pendiente} * 10000$$

$$\text{Tensión tractiva 4 - 5} = 15.065 \text{ Pa} > 1\text{Pa} \text{ OK}$$

d) Diseño hidráulico del canal de entrada y cámara de rejas

Según el MVCS (2021) para diseñar el canal de entrada se debe tener en cuenta el caudal de diseño ya calculado en el apartado 4.4.1, determinación de caudal; además se debe asumir la velocidad por medio de barras limpias que según la norma O.S. 090 del RNE nos indica que debe estar entre 0.60 m/s y 0.75 m/s. Los dos cálculos mencionados permiten determinar el área útil del canal.

d.1) Cálculo del área útil

$$\text{Área útil} = \frac{\text{Q de diseño}}{\text{velocidad a traves de rejas}}$$

d.2) Cálculo de la eficiencia de la barra

El MVCS (2021) brinda los valores requeridos para la separación y espesor de barra en la norma OS.090 del RNE, los cuales son usados en la siguiente fórmula para hallar la eficiencia:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Separación de barras}}{\text{Separación de barras} + \text{espesor de barra}}$$

d.3) Cálculo del área del canal

Según el MVCS (2021) menciona que podemos determinar el área del canal aguas arriba y por consiguiente el ancho y altura, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Area del canal} = \frac{\text{área útil}}{\text{Eficiencia}}$$

d.4) Cálculo del tirante

El MVCS (2021) emite la fórmula para calcular el tirante, siendo:

$$\text{Tirante "y"} = \frac{\text{área de canal}}{\text{base}}$$

d.5) Cálculo del radio hidráulico.

Se determina el radio hidráulico según el MVCS (2021) por la siguiente fórmula:

$$\text{Radio hidráulico} = \frac{\text{área de canal}}{\text{Base} + (2 * Y_{\text{máx}})}$$

d.6) Cálculo de la pendiente del canal

Se determina la pendiente del canal, siguiendo los lineamientos del MVCS (2021)

$$\text{Pendiente del canal} = \left(\frac{Q \text{ de diseño} * \text{Coeficiente de rugosidad}}{A \text{ canal} * \text{Radio hidráulico}^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

d.7) Cálculo de la velocidad antes de las rejas

El cálculo se realiza siguiendo los lineamientos del MVCS (2021)

$$\text{velocidad antes de las rejas} = \frac{Q \text{ de diseño}}{\text{Área de canal}}$$

Según el MVCS (2021), el valor de la velocidad antes de las rejas debe estar entre 0.30 - 0.60 m/s.

d.8) Cálculo del número de barras

También se determina según el MVCS (2021) por la siguiente fórmula:

$$\text{Número de barras} = \frac{(\text{Base de canal} - \text{separacion de rejas})}{(\text{espesor de rejas} + \text{separacion de rejas})}$$

d.9) Diseño del by-pass

De acuerdo con el MVCS (2021), es necesario planificar la construcción de un bypass para realizar labores de mantenimiento y limpieza en la cámara de rejas. La altura de dicho bypass se debe calcular considerando el caudal de diseño y la base elegida, utilizando la fórmula que se especifica a continuación.

$$Q_{\text{diseño}} = 1.838 * B * H^{3/2}$$

Para determinar la pendiente del by pass primero se debe calcular el radio hidráulico, conocer el coeficiente del con creto y el área del canal que ya está calculado para aplicar la fórmula de Manning. (MVCS, 2021)

$$\text{Radio hidráulico} = \frac{\text{area de canal}}{\text{Base} + (2 * Y_{\text{máx}})}$$

$$\text{Pendiente del canal} = \left(\frac{Q \text{ de diseño} * \text{Coeficiente de rugosidad}}{A \text{ canal} * \text{Radio hidráulico}^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

e) Diseño hidráulico del desarenador

La cámara de rejillas es también llamada cribas, es un tratamiento preliminar, ya que se encarga de evitar que las tuberías no se obstruyan, ya sea con basura, ramas, etc. Es indispensable tener cámara de rejillas en toda planta de tratamiento. Se tiene diversos aspectos a tomar en cuenta, cuando se diseña las cribas, es indispensable que se diseñen tomándose en cuenta el caudal máximo horario, respecto a las barras, se sugiere un espesor de 30 a 75 mm y una sección de 5 a 15 mm, y la separación entre estas puede oscilar entre 20 mm y 50 mm, sin embargo, si se presenta casos de un mal manejo del recojo de residuos sólidos, no se debe usar un valor que exceda los 25 milímetros. (MVCS, 2021)

La velocidad que debe prevalecer antes de las barras debe ser alrededor de 30 a 60 metros por segundo, la velocidad a través de las barras debe ser de 60 a 75 metros por segundo, la inclinación de las barras debe oscilar entre 45 a 60 grados. (MVCS, 2021)

El perfil hidráulico debe diseñarse considerando un 50% del área obstruida, además el material cribado será conforme a la siguiente tabla.

Tabla 15*Cantidad de Material Cribado*

Abertura (mm)	Cantidad (litros de material cribado l/m3 de agua residual)
20	0,038
25	0,023
35	0,012
40	0,009

Fuente: MVCS, 2021

El Desarenador es una estructura presente como un pretratamiento para eliminar minerales. Estas sustancias eliminadas de peso específico menor que el agua subirán de manera de una capa flotante para luego ser retenida y retirada (MVCS, 2021).

Al igual que las cribas, las PTAR siempre deben ser diseñadas con un desarenador a excepción de algunos casos, uno de los tipos de desarenadores se le conoce como flujo horizontal, estos son usados para remover arenas de igual o superior a 0.20 milímetros, el flujo debe tener una velocidad aproximada de 0.3 metros por segundo (tolerancia +20%). Además, la relación del largo y la altura de la estructura no dese ser menos que 25%. (MVCS, 2021).

e.1) Cálculo del área máxima de la sección transversal

Según el MVCS (2021), se utiliza el caudal de diseño que está calculado y la velocidad horizontal de flujo que considera un valor de 0.3 m/s con una tolerancia de +20%, siguiendo la fórmula:

$$\text{Área max seccion transversal} = \frac{\text{Caudal de diseño}}{\text{velocidad horiz de flujo}}$$

e.2) Cálculo de la longitud del desarenador

De acuerdo con el MVCS (2021), al diseñar una PTAR el tiempo en el que las aguas residuales permanecen retenidas., el cual se calcula dividiendo

la altura real, no la estimada, entre la velocidad de sedimentación de partículas de 0.2 mm.

$$Tr = \frac{H}{\text{Vel para mover partículas}}$$

Finalmente, para calcular la longitud se multiplica el tiempo de retención por la velocidad de flujo que según norma OS.090 está alrededor de 0.3 metros por segundo. Además, se debe agregar un 25% a la longitud teórica y que cumpla con la relación que el largo entre la base sea mínimamente 25. (MVCS, 2021)

$$\text{Longitud} = Tr * V$$

f) Diseño hidráulico de biorreactor con membrana sumergida

f.1) Cálculo del volumen del biorreactor

Según Tchobanoglous y Burton (1995), el volumen del biorreactor viene dada por la siguiente ecuación:

$$V_{\text{biorreactor}} = \frac{DBO5 \times QE}{SSLM \times CM}$$

Donde:

DBO5 = Demanda bioquímica de oxígeno (kg DBO5)/m³

QE = Caudal de entrada (m³/día)

SSLM = Concentración de microorganismos en el tanque de aireación ((kg SSLM)/m³)

CM = Carga másica ((kg DBO5)/(kg SSLM.día))

Los valores de DBO5 y QE, son los obtenidos del cálculo de la demanda bioquímica de oxígeno y del cálculo de caudal de diseño, respectivamente.

Según Iglesias (2014), se recomienda los valores a emplear en la concentración de microorganismos, la cual es de 7 kg SSLM/m³, ya que son las mismas características de aguas residuales domésticas, los parámetros biocinéticos también son los mismos, por lo que no es necesario realizar ensayos de laboratorio.

Según Westerhoff et al. (2005), los valores de carga másica se pueden tomar del rango 0.01 - 0.15 kg DBO5/kg SSLM.día, usualmente se toma el valor de 0.10 ya que con ese valor indica que la respiración continua. Por otro lado, este valor también puede ser calculado a partir de la siguiente ecuación:

$$CM = \frac{DBO5 \times QE}{SSLM \times V}$$

Donde:

CM = Carga másica (kg DBO5/kg SSLM.día).

DBO5 = Demanda bioquímica de oxígeno (kg DBO5)/m³

QE = Caudal de entrada (m³/día)

SSLM = Concentración de fangos ((kg SSLM)/m³)

V = Volumen del biorreactor (m³)

f.2) Cálculo de la producción específica de fangos (Pe)

Según La Iglesia (2016), la producción específica de fangos se calcula a partir de la ecuación de Huisken:

$$Pe = 1.2 \times C_M^{0.23}$$

Donde:

Pe = Producción de fangos (kg SSLM/kg DBO5 eliminada)

CM = Carga másica (kg DBO5/kg SSLM.día).

f.3) Cálculo de la edad del fango o tiempo de retención celular (SRT)

Tomando como referencia la norma INFILCO (2000), se realiza el cálculo para determinar posteriormente las necesidades de oxígeno.

$$\theta = \frac{1}{Pe \times CM}$$

Donde:

θ = Edad del fango (días)

Pe = Producción de fangos (kg SSLM/kg DBO5 eliminada)

CM = Carga másica (kg DBO5/kg SSLM.día).

f.4) Cálculo del tiempo de retención hidráulico (THR)

Es el tiempo que necesitará estar el agua residual dentro del biorreactor (Morales, 2020). Viene determinado por la siguiente ecuación:

$$\text{THR} = \frac{V \text{ biorreactor}}{\text{QE}}$$

Donde:

THR = Tiempo de retención hidráulico (horas)

V biorreactor = Volumen del biorreactor (m³)

QE = Caudal de entrada (m³/día)

f.5) Cálculo de la carga volumétrica (CV)

Según Westerhoff et al. (2005), este dato se emplea para hallarla carga partículas que ingresan de forma diaria en el biorreactor

$$\text{CV} = \frac{\text{QE} \times \text{DBO5}}{V \text{ biorreactor}}$$

Donde:

CV= Carga volumétrica ((kg DBO5)/(m³.día))

V biorreactor = Volumen del biorreactor (m³)

QE = Caudal de entrada (m³/día)

DBO5 = Demanda bioquímica de O₂ ((kg DBO5)/m³).

Para hallar el consumo específico de O₂, a partir de los datos obtenidos de la edad del fango y a una temperatura de 20°C, se interpolan los valores empleando la Tabla 16 propuesta por INFILCO (2000).

Tabla 16

Consumo específico de oxígeno

T °C	EDAD DEL FANGO EN DÍAS					
	4	8	10	15	20	25
10	0.85	0.99	1.04	1.13	1.18	1.22
12	0.87	1.02	1.07	1.15	1.21	1.24
15	0.92	1.07	1.12	1.19	1.24	1.27
18	0.96	1.11	1.16	1.23	1.27	1.30
20	0.99	1.14	1.18	1.25	1.29	1.32

Elaborado por: los autores, en base a la norma ATV-A131 emitida por INFILCO, 2000

Posteriormente se multiplica el valor de las necesidades de O2 para la depuración de partículas, obtenido de la interpolación, por un factor punta, el cual tiene un rol como el factor de seguridad, se encarga de cubrir la punta de 2 horas frente a la media de 24 horas, cuando no hay analítica suficiente. Los factores punta se obtienen de la Tabla 17.

Tabla 17

Factores punta para el consumo de oxígeno

	EDAD DEL FANGO (d)					
	4	6	8	10	15	25
fc	1.3	1.25	1.2	1.2	1.15	1.1
fN para C _{d,DBO5} ≤ 1.200 kg/d	-	-	-	2.5	2.0	1.5
fN para C _{d,DBO5} > 6000 kg/d	-	-	2.0	1.8	1.5	-

Elaborado por: los autores, en base a la norma ATV-A131 emitida por INFILCO, 2000

f.6) Sistema de aireación

f.6.1) Cálculo de transferencia de los difusores

Según Iglesias (2014), se calcula la cantidad de Kg O2/día transmitidos en situaciones estándar, es decir en agua pura a una temperatura de 20°C y O2 disuelto cero:

$$N = N_0 \times \left[\frac{\beta \times C_s - C_w}{C_{s20}} \right] \times \theta^{T-20} \times \alpha$$

Se despeja N₀ y queda expresada en función de N...Ecuación (1)

Donde:

N₀ = Kg O2/días colocados en agua pura a una temperatura de 20°C y O2 disuelto cero.

N = Kg O2/días colocados en situaciones convencionales. β

= factor de rectificación por salinidad y tensión superficial.

α = factor de rectificación de la transmisión de O₂ para el AR. θ
= Coeficiente de Arrhenius.

CS = Saturación del O₂ a la temperatura de trabajo

CW = O₂ del AR en condiciones de trabajo.

CS₂₀ = Saturación del agua de red a una temperatura de 20°C.

T = temperatura de diseño.

Los valores que se tomarán para los siguientes parámetros serán los siguientes, recomendados por Pérez (2014).

DATOS

B = 0.95

Θ = 1.024

α = 0.4

C_w = 2 mg/L

CS = 9.17 mg/L

CS₂₀ = 9.17 mg/L

Según Pérez (2014), ya que se calcula N, en condiciones estándar, posteriormente se calcula en condiciones normales, a partir de la siguiente ecuación:

$$N = QE \times \text{DBO5} \times \text{consumo específico de O}_2$$

Donde:

N = Kg O₂/día transmitidos en circunstancias convencionales.

QE = Caudal de entrada (m³/día)

DBO₅ = Demanda bioquímica de oxígeno ((kg DBO₅)/m³).

Consumo específico de O₂ ((kg O₂)/(kg DBO₅)).

Cálculo de la cantidad total de oxígeno:

$$O_2 = N \frac{\text{kg } O_2}{\text{día}}$$

Según Iglesias (2014), para calcular la cantidad de O₂ necesario para aportar en el biorreactor, se resuelve la Ecuación (1), anteriormente expresada despejada de N_o, en función de N, obteniéndose de esta manera la cantidad de oxígeno ((kg O₂)/día).

f.6.2) Cálculo de transferencia de aire de los difusores

Según Durán et. al (2020), para determinar la cantidad y ubicación de los difusores, encargados de proporcionar el aire necesario; se necesita conocer las siguientes equivalencias:

1kg de aire = 0.23 kg de O₂

1m³ = 1.29 kg de aire

La transferencia de aire puede ser calculada mediante la fórmula propuesta por Durán et. al (2020), en la cual se divide el valor de N_o entre el valor de O₂ presente en el medio y el volumen que le corresponde.

$$\text{Transferencia de aire} = \frac{N_o}{0.23 \frac{\text{kg } O_2}{\text{Kg de aire}} \times 1.29 \text{ kg aire/m}^3}$$

Donde:

Transferencia de aire expresada en m³/día.

N_o = La cantidad de oxígeno transferida en un día en kilogramos en agua limpia a una temperatura de 20°C y con oxígeno disuelto igual a cero.

La transferencia de aire, así como la cantidad de difusores a emplear va a depender de las especificaciones técnicas de los difusores de aire a utilizar, ya que será necesario fijar el caudal de aire suministrado por el difusor.

f.6.3) Número de difusores

Para el cálculo de la cantidad de difusores se necesita saber el tipo que se empleará en el diseño y el aire que suministran por m³ por hora por unidad, entonces se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

Número de difusores =

$$\text{transferencia de aire} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} \\ \times \frac{1 \text{ difusor}}{(\text{caudal suministrado por difusor}) \text{ m}^3/\text{h}}$$

f.6.4) Superficie de membrana (S)

$$S = \frac{QE}{J}$$

$$S = \frac{7.26 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{28 \frac{\text{L}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}}$$

$$S = 259.33 \text{ m}^2$$

Donde:

QE = Caudal de entrada (m³/día)

J = Flujo de permeado para membranas de placa plana (L/(m².h)).

La cantidad de membranas dependerá de las especificaciones específicas, del área de superficie efectiva de la membrana a emplear.

Cantidad de membranas

número de membranas

$$= \frac{\text{Superficie de membrana}}{\text{área de superficie efectiva de la membrana}}$$

f.7) Dimensionamiento del biorreactor

De acuerdo con las dimensiones de la membrana, se determinan las dimensiones del módulo en el cual estarán las membranas.

En base a las dimensiones del módulo, se dimensiona el biorreactor, cumpliendo con el volumen calculado inicialmente.

Según la altura y el ancho del módulo, se calcula el largo del biorreactor

$$\text{Área} = \text{altura} \times \text{ancho}$$

$$\text{Largo del biorreactor} = \frac{\text{Volumen del biorreactor}}{\text{Área}}$$

f.8) Cálculo de la potencia de electrobomba

Jimeno (1995) establece que, durante el proceso de impulso de agua desde la cisterna hasta el tanque elevado, es necesario asegurarse de que se cumplan las siguientes condiciones:

Q_b es el caudal que resulta superior entre Q_{mds} y $Q_{llenado}$ del tanque elevado

Q_b = Caudal de bombeo

Q_{mds} = La demanda Máxima simultánea, que es equivalente al gasto probable.

$Q_{llenado}$ = Caudal de llenado del tanque elevado para ser llenado en un lapso de 2 horas.

De acuerdo con Jimeno (1995), la ecuación que permite determinar la altura dinámica total de bombeo (ADT) es la siguiente:

$$ADT = H_g + h_s + \frac{V^2}{2g} + \sum h_f + P_s$$

Donde:

ADT = Altura dinámica a vencer.

Hg = Desnivel geométrico entre eje de bomba y nivel de entrega de agua.

hs = Desnivel geométrico entre eje de bomba y mínimo nivel de agua a succionar.

$\sum hf$ = Sumatoria de pérdidas de carga en la línea de succión, de impulsión y en los accesorios de ambas líneas.

Ps = Presión de servicio de entrega del agua en la descarga.

$V^2/2g$ = Carga de velocidad.

Jimeno (1995) indica que el rendimiento de los equipos de impulsión depende del rendimiento tanto del motor como de la bomba que se utilice.

Cuando se tiene un conjunto de equipos de bombeo, es decir bomba y motor, la eficiencia se determina con:

$$\eta = \eta_{\text{motor}} \times \eta_{\text{bomba}}$$

Según Jimeno (1995), la potencia de los equipos viene determinada por la siguiente fórmula:

$$\text{Pot} = \frac{Q_b \times \text{ADT}}{75\eta}$$

Donde:

P = Potencia del equipo de bombeo en HP

Q = Caudal de bombeo (l/s).

ADT = Altura Dinámica Total de Bombeo (m.c.a).

η = Eficiencia del conjunto motor bomba.

Según Jimeno (1995), el tiempo de bombeo viene determinado por:

$$T = \frac{\text{VTE}}{Q_b}$$

Donde:

VTE= Volumen del tanque elevado

Q = Caudal de bombeo (l/s).

Según Jimeno (1995), las horas totales de bombeo viene determinada por:

$$HBT = \frac{3T}{3600}$$

Donde:

T= Horas de bombeo calculadas (s)

Según Jimeno (1995), el factor X, se calcula con la siguiente ecuación:

$$X = \frac{HB}{24}$$

Donde:

HB = Horas de bombeo (hrs)

Según Rocha (2007), la determinación del diámetro económico se determina con la siguiente fórmula:

$$De = 1.3Qb^{0.5} * X^{0.25}$$

Donde:

Qb = caudal de bombeo (m³/s)

X= Factor

Según Jimeno (1995), a partir del diámetro económico, se determina el diámetro de impulsión, el cual es seguidamente superior al diámetro económico, y el diámetro de succión que es seguidamente superior al diámetro de impulsión.

Según Jimeno (1995), se calcula la velocidad de impulsión y de succión, empleando los diámetros escogidos respectivamente:

Cálculo de la velocidad de impulsión (Di)

$$V = \frac{Q}{\pi \frac{Di^2}{4}}$$

Cálculo de la velocidad de succión (Ds)

$$V = \frac{Q}{\pi \frac{Ds^2}{4}}$$

Según Jimeno (1995), se calcula la pérdida de carga total por impulsión y succión incluyendo las pérdidas por accesorio:

$$h_{fi} = k \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

h_{fi} = pérdida por accesorio

k =coeficiente adimensional

V = Velocidad (m/s)

g =gravedad

Según Rocha (2007), los valores para k , vienen determinados a continuación.

Tabla 18

Valores de K para pérdida de carga por accesorios

Valores de K para pérdidas de carga por accesorios	
Accesorio	Valores de k
Válvula esférica, totalmente abierta	10
Válvula de ángulo, totalmente abierta	5
Válvula de retención de charneta	2.5
Válvula check	1.85

Válvula de pie con colador	0.8
Válvula de compuerta, totalmente abierta	0,19
Codo de retroceso (codo en U)	2.2
Empalme en T normal	1.8
Codo de 90° normal	0,9
Codo de 90° de radio medio	0,75
Codo de 90° de radio grande	0,60
Codo de 45°	0,42

Elaborador por: los autores, en base al Libro Hidráulica de tuberías y canales, Rocha, 2007

g) Diseño hidráulico de cámara de cloración

Luego de ser procesados, es factible para eliminar las bacterias al usar una cámara de cloración, estas son estructuras para realizar a desinfección de las plantas de tratamiento y cámaras filtrantes empleando cloro (MVCS, 2021).

Según el MVCS (2021), la cámara de cloro es diseñada teniendo en cuenta el caudal máximo horario y el tiempo de retención hidráulica, en la que para calcular el volumen de la cámara de contacto se multiplica el caudal por el tiempo de retención.

$$\text{Vol de cámara de cloración} = \text{TRH} * \text{Qmáx}$$

2.2.7.5 Diseño estructural

Agüero Pittman (1997) menciona que para diseño de muros se empieza determinando los momentos, los cuales están determinados por los coeficientes de la Tabla 19.

Tabla 19

Valor numérico para coeficientes (k) en cálculos de momentos para la tapa libre y fondo empotrado

b/h	x/h	y = 0		y = b/4		y = b/2	
		Mx	My	Mx	My	Mx	My
3	0	0	0.025	0	0.014	0	-0.082
	¼	0.01	0.019	0.007	0.013	-0.014	-0.071
	½	0.005	0.01	0.008	0.01	-0.011	-0.055
	¾	-0.033	-0.004	-0.018	0	-0.006	-0.028
	1	-0.126	-0.025	-0.092	-0.018	0	0
2.5	0	0	0.027	0	0.013	0	-0.074
	¼	0.012	0.022	0.007	0.013	-0.013	-0.066
	½	0.011	0.014	0.008	0.01	-0.011	-0.053
	¾	-0.021	-0.001	-0.01	0.001	-0.005	-0.027
	1	-0.108	-0.022	-0.077	-0.015	0	0
2	0	0	0.027	0	0.009	0	-0.06
	¼	0.013	0.023	0.006	0.01	-0.012	-0.059
	½	0.015	0.016	0.01	0.01	-0.01	-0.049
	¾	-0.008	0.003	-0.02	0.003	-0.005	-0.027
	1	-0.08	-0.017	-0.059	-0.012	0	0
1.75	0	0	0.025	0	0.007	0	-0.05
	¼	0.012	0.022	0.005	0.008	-0.01	-0.052
	½	0.016	0.016	0.01	0.009	-0.009	-0.046
	¾	-0.002	0.005	0.001	0.004	-0.005	-0.027
	1	-0.074	-0.015	-0.05	-0.01	0	0
1.5	0	0	0.021	0	0.005	0	-0.04
	¼	0.008	0.02	0.004	0.007	-0.009	-0.044
	½	0.016	0.016	0.01	0.008	-0.008	-0.042
	¾	0.003	0.006	0.003	0.004	-0.005	-0.026
	1	-0.06	-0.012	-0.041	-0.008	0	0
1.25	0	0	0.015	0	0.003	0	-0.029
	¼	0.005	0.015	0.002	0.005	-0.007	-0.034

	½	0.014	0.015	0.008	0.007	-0.007	-0.037
	¾	0.006	0.007	0.005	0.005	-0.005	-0.024
	1	-0.047	-0.009	-0.006	-0.006	0	0
	0	0	0.009	0	0.002	0	-0.018
	¼	0.002	0.011	0	0.003	-0.005	-0.023
1	½	0.009	0.013	0.005	0.005	-0.006	-0.029
	¾	0.008	0.008	0.005	0.004	-0.004	-0.02
	1	-0.035	-0.007	-0.022	-0.005	0	0
	0	0	0.004	0	0.001	0	-0.007
	¼	0.001	0.008	0	0.002	-0.002	-0.011
0.75	½	0.005	0.01	0.002	0.003	-0.003	-0.017
	¾	0.007	0.007	0.003	0.003	-0.003	-0.013
	1	-0.024	-0.005	-0.015	-0.003	0	0
	0	0	0.001	0	0	0	-0.002
	¼	0	0.005	0	0.001	-0.001	-0.004
0.5	½	0.002	0.006	0.001	0.001	-0.002	-0.009
	¾	0.004	0.006	0.001	0.001	-0.001	-0.007
	1	-0.015	-0.003	-0.008	-0.002	0	0

Fuente: Agüero Pittman, 1997

De acuerdo con lo mencionado en la tabla, siempre se deben tomar presentes aquellos valores de estos coeficientes, estando entre 0.5 a 3 la relación de la base y altura; en caso se obtenga un valor diferente se toma el inmediato superior existente en la tabla. (Agüero Pittman, 1997)

$$\text{Relacion} = \frac{\text{Base}}{\text{Altura de agua}}$$

a) Diseño estructural del biorreactor de membrana sumergida

a.1) Diseño en concreto armado

Según el MVCS (2020) menciona en la norma E.060, que se considera el material a usar de concreto armado, siendo el diseño realizado con las cargas de gravedad teniendo en cuenta las cargas que se presentan en la estructura. Se toma en consideración la carga muerta, el empuje

lateral de suelos (CE) y la presión hidrostática. Finalmente, se incluye la Figura 18 de las cargas para su consideración en el proceso de modelamiento en SAP 2000.

Según MVCS (2020), el material usado del concreto armado para estructural es 210 kg/cm² debido que estará en contacto con el agua se utiliza altas resistencia como el de 280kg/cm². Para el empuje de suelos (CE) se considera la profundidad de la misma altura, teniendo en cuenta la sobrecarga en las paredes.

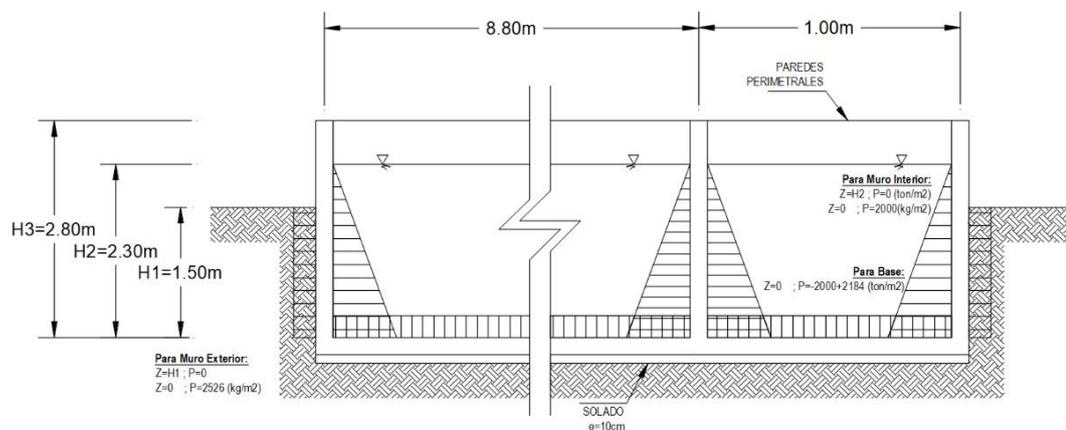
$$P(z = H) = S/C$$

$$P(z = 0) = S/C + \gamma_s * H$$

Para la presión hidrostática (CL) estaba determinada por la densidad como la altura del líquido, la presión que afecta tanto a las paredes y al fondo. (MVCS, 2020)

Figura 16

Cargas en el biorreactor de la membrana sumergida



Elaborado por: los autores

Según MVCS (2020), para las combinaciones de carga por resistencia creando una envolvente de las combinaciones, se aplican las fórmulas siguientes:

Comb1: 1.40CM+1.70CV

Comb2: 1.40CM+1.70CV+1.70 CE

Comb3: 0.90CM+1.70CE

Comb4: 1.40CM+1.70CV+1.40CL

ENVOLVENTE: Comb1+ Comb2+ Comb3+Comb4

La finalidad del programa SAP 2000 es utilizar modelos matemáticos lineales elásticos en las tres direcciones para determinar el peso por unidad de volumen de los componentes y calcular el peso de los componentes introducidos en el programa en base a las magnitudes mencionadas (MVCS, 2020).

- Diseño de pared

Según Agüero Pittman (1997), el cálculo del área de acero para determinar tanto vertical y horizontal se debe tener en cuenta los momentos máximos en sentido vertical y horizontal, el peralte efectivo, la fatiga de trabajo, además de los coeficientes “n”, “fc” “k”, “j”. Para hallar el peralte efectivo se resta el recubrimiento al espesor asumido, siguiendo la siguiente fórmula:

$$\text{Peralte efectivo} = \text{Espesor} - \text{recubrimiento}$$

El coeficiente “n” se calcula teniendo en cuenta f’c. (Agüero Pittman, 1997)

$$n = \frac{2100}{15 * \sqrt{f'c}}$$

El coeficiente “fc” se calcula aplicando el 40% al f’c. (Agüero Pittman, 1997)

$$fc = 0.4 * f'c$$

El coeficiente “k” se halla teniendo en cuenta los coeficientes “n”, “fc”; además de la fatiga de trabajo (Agüero Pittman, 1997).

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\text{fatiga de trabajo}}{n * fc}}$$

Y finalmente el coeficiente “j” que es calculado utilizando en coeficiente “k” de la siguiente manera (Agüero Pittman, 1997).

$$j = 1 - \frac{k}{3}$$

Conociendo los momentos vertical y horizontal, la fatiga de trabajo, el peralte efectivo y el coeficiente “j” se puede calcular el área del acero en ambos sentidos. (Agüero Pittman, 1997)

$$\text{Área de acero vertical} = \frac{\text{Momento máximo vertical}}{\text{fatiga de trabajo} * \text{peralte efectivo} * j}$$

$$\text{Área de acero horizontal} = \frac{\text{Momento máximo horizontal}}{\text{fatiga de trabajo} * \text{peralte efectivo} * j}$$

Estas áreas se comparan con las áreas mínimas de acero, que para el diseño se considera el mayor valor. El área mínima de acero se calcula multiplicando la cuantía “p” por 100 y por el espesor del muro. (Agüero Pittman, 1997)

$$A_s \text{ mínimo} = p * 100 * \text{espesor}$$

Cálculo del espaciamiento, Para el espaciamiento se divide el área acero entre el área considerable. (Agüero Pittman, 1997)

- Diseño de losa de fondo

Agüero Pittman (1997) expone que, conociendo el mayor momento absoluto, la fatiga de trabajo, el peralte efectivo y el coeficiente “j” se puede calcular el área del acero de la losa para ambos sentidos; a través de la fórmula:

$$A_s = \frac{\text{Momento máx. absoluto}}{\text{fatiga de trabajo} * \text{peralte efectivo} * j}$$

Esta área se compara con el área mínima de acero, que para el diseño se considerar el mayor valor. El área mínima de acero se calcula multiplicando la cuantía “p” por 100 y por el espesor de la losa. (Agüero Pittman, 1997)

$$A_s \text{ mínimo} = p * 100 * \text{espesor}$$

Cálculo del espaciamiento Para el espaciamiento se divide el área acero entre el área considerable. (Agüero Pittman, 1997)

b) Diseño estructural del canal de entrada, cámara de rejillas, desarenador y cámara de cloración

- Diseño de pared

Para el cálculo de momentos, Agüero Pittman (1997) menciona que se empieza calculando los momentos en los muros, estando determinados por la siguiente fórmula:

$$\text{Momentos en muro} = K * \text{peso esp del agua} * \text{altura de agua}^3$$

El diseño del espesor de muro, según Agüero Pittman (1997) se diseña el espesor de muro teniendo en cuenta el momento máximo calculado, además de esfuerzo de tracción por flexión calculado aplicándose la siguiente fórmula:

$$\text{Esfuerzo de tracción por flexión} = 0.85 * \sqrt{f'c}$$

$$\text{Espesor de muro} = \sqrt{\frac{6 * M_{\text{máx}}}{\text{esfuerzo de tracción por flexión} * 100 \text{ cm}}}$$

Según Agüero Pittman (1997), el cálculo del área de acero, para determinar tanto vertical y horizontal se debe tener en cuenta los momentos máximos en sentido vertical y horizontal, el peralte efectivo, la fatiga de trabajo, además de los coeficientes “n”, “fc” “k”, “j”; explicado antes en el diseño del biorreactor. Como se realiza en el cálculo del espaciamiento, se divide el área acero entre el área considerable.

- Diseño de losa de fondo

Según Agüero Pittman (1997) menciona que, para diseñarla se debe calcular los momentos de empotramiento y el momento en el centro. Además, debe ser hallado el peso que afecta a la estructura considerando

al peso específico del concreto y el espesor de muros asumido, peso específico y altura de agua; utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{Peso} = w \text{ esp del concreto} * \text{espesor} + \text{peso esp del agua} * \text{altura de agua}$$

$$\text{Momento de empotramiento} = \frac{- \text{Peso} * \text{Longitud}^2}{192}$$

$$\text{Momento en el centro} = \frac{- \text{Peso} * \text{Longitud}^2}{384}$$

Según Agüero Pittman (1997) menciona que, para dimensionar losas con acero en dos direcciones se emplean coeficientes que son aplicados de acuerdo con la ubicación del momento para determinar los momentos finales, si es en el empotrado, se utiliza 0.529, y si es en el centro 0.0513; calculándose a través de las siguientes fórmulas:

Para momento en el empotramiento

$$= \text{coeficiente} * \text{momento de empotramiento}$$

Según Agüero Pittman (1997) menciona que, a partir del mayor momento, se halla el espesor de la losa, comparándose con el espesor asumido para determinar el peso. Se elige el mayor valor de estos. Se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\text{Espesor de losa} = \sqrt{\frac{6 * M_{\text{máx}}}{\text{esfuerzo de tracción por flexión} * 100 \text{ cm}}}$$

Según Agüero Pittman (1997), para el cálculo del área de acero conociendo el mayor momento absoluto, la fatiga de trabajo, el peralte efectivo y el coeficiente “j” se puede calcular el área del acero de la losa para ambos sentidos. Se procede a realizar como los pasos en el biorreactor, cómo el cálculo del espaciamiento.

2.3 Definición de Términos básicos

Aireación: Transportación del oxígeno hacia el agua proveniente del aire, siendo de forma natural o artificial. (MVCS, 2021).

Agua residual: Agua que obtuvo un uso determinado y se encuentra con materia orgánica o inorgánica. (MVCS, 2021).

Bacterias: Cuerpos microscópicos de una sola célula, intervinientes en estabilizar la materia orgánica. (MVCS, 2021).

By-pass: Conglomerado de componentes que desencaminan el cauce del AR en la planta en situaciones de mantenimiento o emergencia. (MVCS, 2021).

Carga superficial: Permite obtener las dimensiones del proceso de tratamiento, siendo el caudal por la unidad de área. (MVCS, 2021).

Caudal máximo horario: Caudal presente en la hora máxima de liberación. (MVCS, 2021).

Cloración: Atribuir cloro u otros compuestos de cloro para desinfectar, control de olores u oxidación química. (MVCS, 2021).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Oxígeno necesario para realizar la estabilización de las sustancias donde interviene el contexto de tiempo y temperatura. (MVCS, 2021).

Demanda química de oxígeno (DQO): Medición del oxígeno para realizar la oxidación de manera química de las sustancias orgánicas del agua residual. (MVCS, 2021).

Efluente: Residuo líquido que como consecuencia de la composición y peligrosidad cuando es vertida es complicado depurar o reciclar a través de métodos tradicionales (MVCS, 2021).

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

El diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático permitirá depurar las AR del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.

2.4.2 Hipótesis Específicas

H1: El levantamiento topográfico determina una altitud menor de 400 m.s.n.m y una topografía poco accidentada para el diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático, y así depurar las AR del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.

H2: La proyección de la población determina una población de diseño entre 600 a 700 personas para el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático, y así depurar las AR del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.

H3: El estudio de mecánica de suelos determina que la capacidad portante no es mayor a 1.5 kg/cm² para el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático, y así depurar las AR del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.

H4: El diseño hidráulico determina que el proceso de tratamiento es de lagunas de oxidación en el diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático para depurar las AR del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.

H5: El diseño estructural determina que en el tratamiento preliminar se utilizará el mismo diámetro de acero para las estructuras en el diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático para depurar las AR del del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1 Enfoque de la Investigación

Se identifica de tipo cuantitativo, debido que se obtendrán resultados numéricos de los diferentes ensayos y estudios que serán útiles para el diseño.

3.1.2 Tipo de la Investigación

Se identifica como una investigación aplicada ya que se basa en conceptos de fuentes primarias, normas y conocimientos de ingeniería existentes para el diseño de la PTAR, como los expuestos por el MVCS en el año 2021 y por el libro de Agüero Pittman emitido por la Asociación de Servicios Educativos y Rurales; brindando una propuesta de solución a la ausencia de un sistema de tratamiento de AR y afectación al medio ambiente.

3.1.3 Nivel de la Investigación

La tesis presenta un nivel descriptivo ya que realiza la descripción de los resultados del diseño de una PTAR para mejorar el problema de la inexistencia de la misma en el Centro Poblado Espinal y la afectación del medio ambiente.

3.1.4 Diseño de la Investigación

Es no experimental debido a que las variables no se manipulan y el PTAR se tendrá en cuenta normas comprobadas; además se tomarán en cuentas antecedentes similares.

Asimismo, es transversal porque los datos para proseguir con la investigación serán recolectados solo una vez para el respectivo procesamiento y cálculo del diseño de la PTAR.

3.2 Definición de variables

3.2.1 Variable independiente

Diseño de una planta de tratamiento con alto nivel de agua en el terreno: Es la propuesta de una estructura donde a través de diferentes procesos, las AR son tratadas. Además, para el diseño se usarán las normas técnicas como la OS. 090 del RNE, Norma ATV-A131 emitida por INFILCO. Cabe resaltar que, debido la alta profundidad de la capa superior del agua acumulada en el subsuelo, el diseño no será convencional sino aquello influirá en el proceso de tratamiento usado para el diseño.

3.2.2 Variable dependiente

Depurar las aguas residuales: Es la disminución de la contaminación presente en las aguas residuales, la cuales no pueden ser tratadas, ya que el Centro Poblado Espinal carece de PTAR. Aquello afecta principalmente y de manera directa a los moradores de la zona, pobladores aguas abajo del río Zaña donde desembocan estas aguas, la ganadería y agricultura.

Aquella es la variable dependiente porque se encontrará sujeta a la variable independiente.

3.3 Operacionalización de las Variables

A continuación, se desarrolla la operacionalización de lo que corresponde a la variable independiente, siendo el diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático; presentada con sus respectivas dimensiones e indicadores.

Tabla 20*Operacionalización de la variable independiente*

Variable Independiente	Dimensión	Indicador
X: Diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático.	Estudio topográfico	-Curvas de Nivel. -Coordenadas. - Perfiles Longitudinales.
	Proyección de la población	-Población de diseño. - Censos. - Tasa de crecimiento poblacional.
	Estudio de mecánica de suelos	-Contenido de humedad. -Análisis granulométrico. -Límites de Atterberg. - Corte Directo. - Caudal de diseño.
	Diseño hidráulico	- Eficiencia de remoción del DBO. -Predimensionamiento de la cámara de desarenador. -Predimensionamiento de biorreactor con membrana sumergida -Predimensionamiento de la cámara de cloración.
	Diseño estructural	- Cuantía de acero. - Espesor de muros de estructuras.

Elaborado por: los autores

Asimismo, se presenta la operacionalización de la variable “Y” con sus respectivas dimensiones.

Tabla 21

Operacionalización de la variable dependiente

Variable dependiente	Dimensión	Indicador
	Contaminación ambiental	- Estudio de calidad del agua del río.
Y: Depurar las aguas residuales	Salud	- Reducción de enfermedades.
	Economía	- Plusvalía Inmobiliaria.

Elaborado por: los autores

3.4 Población y muestra

La población y muestra coinciden, siendo la localidad del Centro Poblado Espinal, ubicado en el distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.

Figura 17

Ubicación del proyecto

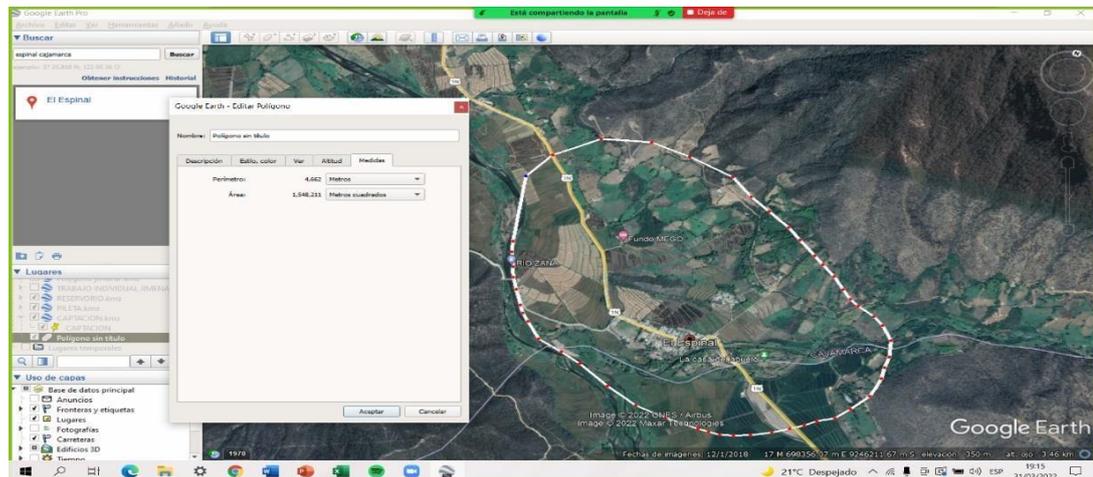


Adaptado por los autores de Google Earth - Google LLC, 2022

En la Figura 17 se observa la localización del proyecto y la respectiva ubicación de la PTAR, estableciéndose a unos metros del río Zaña y a unos 457.97 metros del centro poblado.

Figura 18

Delimitación del terreno



Adaptado por los autores de Google Earth - Google LLC, 2022

En la Figura 18 se puede observar que, el Centro Poblado Espinal tiene una extensión de 154.54 hectáreas y un perímetro de 4,662 metros

Figura 19

Ubicación del terreno donde se proyecta realizar la PTAR



Fuente: Vuelo en dron realizado por los autores

En la figura anterior, se puede visualizar la ubicación del terreno donde se trazar la ejecución de la PTAR para el Centro Poblado Espinal. La fotografía es obtenida por un vuelo en dron realizado por los autores de la presente investigación.

Figura 20

Alrededores del terreno donde se proyecta realizar la PTAR.



Fuente: Vuelo en dron realizado por los autores

En la Figura 20 anterior, se exponen los alrededores del terreno donde se traza la ejecución de la PTAR. Se puede visualizar a la derecha de la trocha al río Zaña y al lado izquierdo al terreno donde se extenderá la PTAR. Aquella fotografía también es obtenida a través del vuelo en dron realizado por los autores.

También se considera como muestra a las personas de la localidad para el diseño de la respectiva PTAR. En la tabla 1, según el último censo realizado por el INEI (2017), se aprecia que los pobladores del Espinal son 243 habitantes, aquellos son considerados los beneficiarios directos. Cabe resaltar que también existen beneficiarios indirectos, quienes son los habitantes que residen aguas abajo del río Zaña, sumando una cantidad de 267 personas en los centros poblados Pan de Azúcar, Bebederos y Macuaco en el año 2017; y también los agricultores son considerados beneficiarios indirectos ya que mejorarán las aguas utilizadas para el regadío de sus sembríos.

3.5 Técnicas e Instrumentos de la recolección de datos

3.5.1. Técnicas para la recolección de datos

Se realizará el levantamiento topográfico de la superficie en estudio para delimitar el terreno y determinar las curvas de nivel.

Además, se consideró el último censo emitido por el INEI del año 2017 para tomar en cuenta el número de pobladores del Centro Poblado Espinal y posteriormente realizar la proyección de la población.

También se realizó el análisis del EMS del laboratorio de la empresa “Amazing” para determinar la clasificación de suelo, capacidad portante y peso volumétrico del terreno.

3.5.2. Instrumentos para la recolección de datos.

En el levantamiento topográfico se utilizó estación total marca LEICA TS06PLUS 2" R500.

Para la determinación de la población, se empleó la computadora para buscar información del último censo brindado por el INEI.

Para el análisis del EMS, se utilizó del software Excel para organizar la información sintetizada brindada por el laboratorio.

3.6. Técnicas e instrumentos de Procesamiento de los datos

3.6.1. Técnicas para el procesamiento de datos

Cálculos para determinar las curvas de nivel, coordenadas, perfiles longitudinales, proyección de la población, diseño para la respectiva PTAR.

3.6.2. Instrumentos para el procesado de datos

Excel: Software que contribuyó en simplificar procesos repetitivos y sean más sencillos y rápidos al usar las fórmulas, obteniendo facilidades brindadas por el programa.

AutoCAD: Software que ayuda a visualizar de una mejor manera el panorama del diseño planteado.

SAP2000: Software que permitió realizar la modelación y análisis del diseño estructural de la PTAR.

Tablas y nomogramas: Emitidas por las bases teóricas como la norma OS.090, E. 060 emitidas por el MVCS, la norma ATV-A131 emitida por INFILCO y el libro de Agüero Pittman emitido por la Asociación de Servicios Educativos Rurales, las cuales permitirán procesar los datos para realizar los cálculos para el diseño del pavimento.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

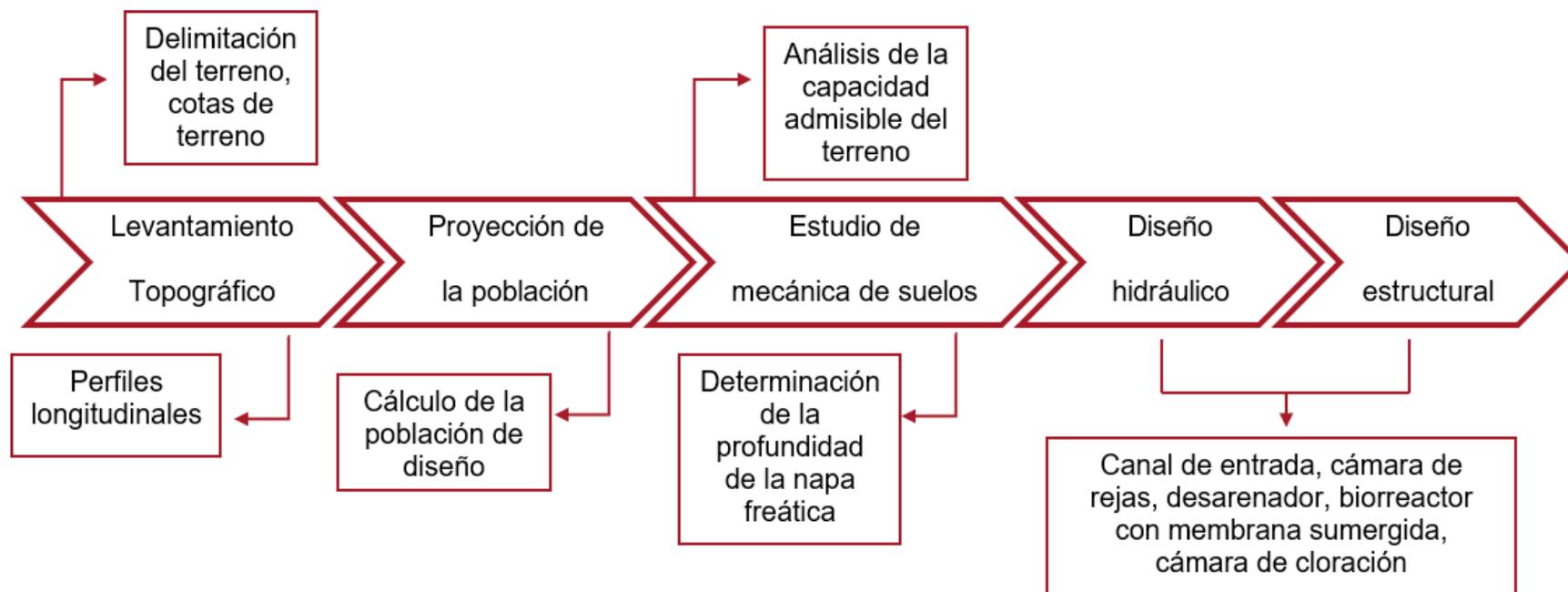
El desarrollo de la investigación se realiza teniendo en cuenta los objetivos que se plantearon en la tesis, dentro de los cuales podemos encontrar al levantamiento topográfico, proyección de población , diseño hidráulico y estructural de una PTAR.

Las aguas residuales por purificar a través de la planta de tratamiento son domésticas ya que provienen de las viviendas y de la actividad de los pobladores de la zona.

Para realizar el desarrollo de la investigación, se realizó un mapa de procesos para mejorar la comprensión del desarrollo de la investigación, como se puede visualizar en la siguiente figura.

Figura 21

Mapa de procesos del desarrollo de la investigación



Elaborado por: los autores

4.1 Levantamiento Topográfico

4.1.1. Ubicación

El Centro Poblado Espinal pertenece al distrito de Catache, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. Este centro poblado cuenta con una altitud promedio de 365 m.s.n.m y unas coordenadas geográficas con respecto a la iglesia del centro poblado, siendo $6^{\circ}49'09''$ S y $79^{\circ}12'13''$ W.

Figura 22

Ubicación de Espinal



Fuente: Google LLC_Google Earth, 2022

En la figura anterior se puede ubicar el Centro Poblado Espinal en un plano, a través del software Google Earth.

4.1.2. Límites

Por el Norte: Centro Poblado Alto Espinal

Por el Sur: Río Zaña

Por el Este: Centro poblado El Conde

Por el Oeste: Centro Poblado El Seis.

4.1.3. Ejecución del levantamiento topográfico

Realizado principalmente para definir la ubicación de la PTAR, la proyección de la red de desagüe en la comunidad de Espinal, además de la zona de descarga, el río Zaña, y finalmente obtener las coordenadas de todas las zonas mencionadas anteriormente. Se empleó una estación total marca LEICA modelo TS06 PLUS 2", trípode, prismas circulares, porta prismas, GPS marca Garmin modelo ETREX 10 y winchas.

Figura 23

Levantamiento topográfico, en compañía del topógrafo



Fuente: Fotografía de los autores

En la Figura 23, se puede apreciar la realización del levantamiento topográfico.

Se desarrolló un plano topográfico adjuntado en el Anexo 3 el cual vaciando los datos de la estación total y realizando el trabajo de gabinete empleando el programa AUTOCAD con las curvas de nivel del Centro Poblado Espinal.

Altitud: 365 m.s.n.m.

Latitud: 6°49'09" S

Longitud: 79°12'13" O

Figura 24

Levantamiento topográfico usando el prisma



Fuente: Fotografía de los autores

Como se puede visualizar en la figura anterior, se realizó el levantamiento topográfico.

4.1.3.1. Recursos disponibles

Recursos humanos: un topógrafo y tres prismeros.

Equipo de ingeniería: un trípode, tres prismas circulares, tres porta-prismas, un GPS marca Garmin modelo ETREX 10, una estación total marca LEICA TS06 PLUS 2" R500.

Figura 25

Estación total utilizada para el levantamiento topográfico



Fuente: Fotografía de los autores

En la Figura 25, se presenta a la estación total utilizada para el levantamiento topográfico. La marca es LEICA, modelo TS06PLUS 2" R500.

4.1.3.2. Dibujo del plano de topografía

Al recoger los datos obtenidos de la estación total, se procedió a dibujar los planos topográficos con ayuda del software AutoCAD.

Los planos realizados son las curvas de nivel, los perfiles longitudinales; los cuales están expuestos en el Anexo 3.

4.2 Proyección de la población

Se empleó el método aritmético para el cual se utilizan los datos emitidos por el INEI del año 2015 y 2017.

Penúltimo censo 2015: 211 habitantes

Último censo 2017: 243 habitantes

Se diseñó con una proyección de diseño para el año 2045 (23 años), teniendo en cuenta que el tiempo mínimo es 20 años y un tiempo máximo de 3 años como tiempo para recibir la aprobación y ejecución de la PTAR

Determinación de población actual 2022:

$$P = 243 + \frac{243 - 211}{2017 - 2015} * (2022 - 2017)$$

$$P = 323 \text{ hab}$$

Cálculo de población futura:

$$P = 243 + \frac{243 - 211}{2017 - 2015} * (2045 - 2017)$$

$$P = 691 \text{ hab}$$

Tasa de crecimiento poblacional:

$$r = \sqrt[23]{\frac{691}{323}} - 1$$

$$r = 3.36 \%$$

4.3 Estudio de mecánica de suelos

La empresa Amazing, constructora y servicios generales, realizó los ensayos en su laboratorio. La oficina y laboratorio se ubica en Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo – Lambayeque.

Para realizar el estudio de mecánica de suelos, se efectuó una calicata de 2.80 metros de profundidad en el lugar donde se proyecta construir la PTAR.

En el registro de la calicata se pudo observar que en una profundidad de 0.20 metros es material de relleno no calificado.

Al realizar el análisis de la muestra extraída se determinó que, según la clasificación S.U.C.S el suelo es GC, es decir grava arcillosa. Asimismo, según la clasificación AASHTO se determinó un suelo A-2-6 (0), siendo una grava y arena limoarcillosa. Teniendo las siguientes características:

Mediana plasticidad, compacta, color marrón claro con piedras angulares de $\varnothing > 1^\circ$.

Límite líquido: 33.71%

Índice de plasticidad: 16.38%.

% Sales: 0.12%.

Corte directo: 1.20 kg/cm².

Cimentación contigua= 1.10 kg/cm².

Cimentación aislada= 1.34 kg/cm².

Durante el tiempo de excavación se ubicó la existencia de la napa freática a 2.80 metros.

Como se puede observar en el Anexo 3, la capacidad portante, resultante del ensayo de corte directo es de 1.10 kg/cm².

Figura 26

Calicata para el EMS.



Fuente: Fotografía de los autores

Como se puede analizar en la Figura 26, uno de los testistas se encuentra al lado de la calicata realizada para el EMS.

4.4. Diseño hidráulico de la PTAR

4.4.1 Determinación de caudal

a) Cálculo de caudales

Para su determinación, se debe tener en cuenta la tabla 6 del capítulo 2.2.7.4 Diseño hidráulico, Determinación del Caudal, donde tenemos que la dotación para la zona es de 90 (lt/hab.d), además el coeficiente de retorno debe ser de 80%.

Población = 691 habitantes

Dotación = 90 (L/hab.d)

Coef. de retorno = 80%

$$Q = \text{Población} * \text{Dotación} * \text{Coef de retorno}$$

$$Q = 691 \text{ hab} * 90 \frac{\text{l}}{\text{hab} * \text{dia}} * 80 \%$$

$$Q = 49\,752 \frac{\text{lt}}{\text{dia}}$$

$$Q = \frac{49\,752}{86\,400} \text{ l/s}$$

$$Q = 0.575833 \text{ l/s}$$

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

$$Q_{\text{máx horario}} = 0.575833 \text{ l/s} * 2$$

$$Q_{\text{máx horario}} = 1.1516667 \text{ l} * \text{s}$$

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

$$Q_{\text{mín horario}} = 0.575833 \text{ l/s} * 0.5$$

$$Q_{\text{mín horario}} = 0.2879167 \text{ l} * \text{s}$$

$$Q_{\text{máx diario}} = Q_{\text{promedio}} * k_1$$

$$Q_{\text{máx dia.}} = 0.575833 \text{ lt/s} * 1.3$$

$$Q_{\text{máx dia.}} = 0.7485833 \text{ lt/s}$$

b) Cálculo del caudal de diseño

$$Q_{\text{de diseño}} = Q_{\text{promedio}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{conexiones erróneas}}$$

El caudal de infiltración es calculado considerando la longitud de toda la red de alcantarillado siendo 2.11923 kilómetros y el número de buzones 46.

$$Q_{\text{inf}} = (20000 * \text{longitud}) + (380 * N^{\circ} \text{ buzones})$$

$$Q_{\text{inf}} = ((20000 * 2.11923) + (380 * 46)) \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{inf}} = 0.6928773 \text{ l/s}$$

El caudal de conexiones erróneas se calcula aplicando el 15% a el caudal máximo horario; es decir:

$$Q_c = 15\% * Q_{\text{máx}}$$

$$Q_c = 15\% * 1.1516667 \text{ l/s}$$

$$Q_c = 0.17275 \text{ l/s}$$

Por lo tanto, el caudal de diseño es:

$$Q \text{ de diseño} = Q_{\text{promedio}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{conexiones erróneas}}$$

$$Q \text{ de diseño} = 0.5758333 \frac{\text{l}}{\text{s}} + 0.6928773 \frac{\text{l}}{\text{s}} + 0.17275 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$Q \text{ de diseño} = 2.017294 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$Q \text{ de diseño} = 0.002017294 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

4.4.2 Proceso de tratamiento a utilizar

Al no tener alcantarillado, se diseña con los aportes per cápita de la tabla 3, tomando en cuenta el aporte per cápita de DBO que es 50 g (hab/d).

a) Cálculo de DBO

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

$$\text{Cantidad de DBO} = \frac{691 \text{ hab} * 50 \text{ g} \left(\frac{\text{hab}}{\text{dia}} \right)}{\frac{109,617}{1000} \text{ m}^3/\text{dia}}$$

$$\text{Cantidad de DBO} = 315.19 \text{ mg/lt}$$

Como se puede apreciar en la tabla 6, el LMP del DBO es de 100 mg/lt, entonces se aplica en la siguiente fórmula:

b) Cálculo de Eficiencia Requerida

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

$$\text{Eficiencia requerida \%} = \frac{315.19 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} - 100 \text{mg/lt}}{315.19 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}} * 100$$

$$\text{Eficiencia requerida \%} = 68.27\%$$

El río Zaña en la clasificación de cuerpos de agua superficial pertenece a la categoría 3. Por ello, según la tabla 6, el DBO es 15 mg/lt.

$$\text{Eficiencia requerida \%} = \frac{\text{DBO existente} - \text{DBO según cat 3}}{\text{DBO existente}} * 100$$

$$\text{Eficiencia requerida \%} = \frac{315.19 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} - 15 \text{mg/lt}}{315.19 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}} * 100$$

$$\text{Eficiencia requerida \%} = 90\%$$

Posteriormente se debe elegir el proceso de tratamiento, si bien es cierto si seguimos los lineamientos de la norma OS.090 se requiere de un proceso que cumpla con la eficiencia requerida de la tabla 10, sin embargo, se empleara un tratamiento mediante biorreactores con membranas sumergidas el cual tienen una eficiencia de remoción del 95% sustituyendo al tratamiento secundario y terciario.

4.4.3 Diseño de tuberías de red de alcantarillado

El plano de topografía además nos permite definir la ubicación de los buzones, las cuales está presentes al inicio de nuestro colector y en donde existe un cambio de dirección, además de no pasar la distancia máxima en función al diámetro.

Se especifica en la siguiente tabla, el número de cota de cada buzón, datos brindados por el levantamiento topográfico.

Tabla 22*Cotas de cámaras de inspección*

TRAMO Buzones	COTA SUPERIOR DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON	
	Inicial	Final	Inicial	Final
3-4	418.21	415.12	417.01	413.87
4-5	415.12	402.22	413.87	401.12
5-6	402.22	401.43	401.12	400.23
6-45	401.43	395.41	400.23	394.21
45-7	395.41	388.92	394.21	387.72
7-8	388.92	382.47	387.72	381.27
8-9	382.47	378.44	381.27	377.14
9-28	378.44	375.77	377.14	374.57

Elaborado por: los autores

Posteriormente del plano topográfico se obtiene las longitudes propias es decir de buzón a buzón, longitudes tributarias y las acumuladas siendo las sumatoria de las longitudes de tramos en diseño, apreciable en la Tabla 23.

Tabla 23*Longitudes de tramos de tubería*

TRAMO Buzones	Longitud (m)		
	Propia	Tributaria	Acumulada
3-4	21.78	0	21.78
4-5	54.73	21.78	76.51
5-6	8.71	76.51	85.22
6-45	36.91	85.22	122.13
45-7	38.07	122.13	160.2
7-8	56.03	160.2	216.23
8-9	54.1	216.23	270.33
9-28	36.6	270.33	306.93

Elaborado por: los autores

De acuerdo con los 691 habitantes calculados para el año 2045 y las 153 viviendas descritas en el plano topográfico, asumimos que en una vivienda residen de 4 a 5 habitantes.

Para el diseño de las tuberías se tiene en cuenta la cantidad de viviendas en cada uno de los tramos, por consiguiente, se debe conocer la cantidad de habitantes en cada uno de los tramos delimitados por los buzones, apreciable en la

Tabla 24.

Tabla 24

Cantidad de habitantes en cada tramo

TRAMO	Población	
Buzones	Servida	Acumulada
3-4	4.5	4.5
4-5	9	13.5
5-6	0	13.5
6-45	4.5	18
45-7	0	18
7-8	0	18
8-9	0	18
9-28	0	18

Elaborado por: los autores

Teniendo la población acumulada de acuerdo con los tramos, la dotación en litros de cada habitante por día, siendo 90 lt/hab*d, y el coef. de retorno, 80%, se calcula el caudal medio, que tiene que ser mayor a igual al caudal mínimo de 1.5 l/s, en caso sea menor se emplea el caudal mínimo para los cálculos siguientes.

$$\text{Caudal medio buzón 3 - 4} = \frac{\text{Pb acumulada} * \text{dotación} * \text{coeficiente de retorno}}{86400}$$

$$\text{Caudal medio buzón 3 - 4} = \frac{4.5 * 90 * 80\%}{86400}$$

$$\text{Caudal medio buzón 3 – 4} = 0.00375 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal medio buzón 4 – 5} = \frac{\text{Pb acumulada} * \text{dotación} * \text{coeficiente de retorno}}{86400}$$

$$\text{Caudal medio buzón 4 – 5} = \frac{13.5 * 90 * 80\%}{86400}$$

$$\text{Caudal medio buzón 4 – 5} = 0.01125 \text{ l/s}$$

También se determina el caudal máximo instantáneo que particularmente se le conoce como caudal máximo horario, en la que interviene el caudal promedio multiplicado al coeficiente de maximización de 1.5 según descripción de norma.

$$\text{Caudal máx inst buzón 3 – 4} = 1.5 * \text{Qmedio})$$

$$\text{Caudal máx inst buzón 3 – 4} = 1.5 * 0.00375)$$

$$\text{Caudal máx inst buzón 3 – 4} = 0.0056 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal máx inst buzón 4 – 5} = 1.5 * \text{Qmedio})$$

$$\text{Caudal máx inst buzón 4 – 5} = (1.5) * 0.01125)$$

$$\text{Caudal inst buzón 4 – 5} = 0.0169 \text{ l/s}$$

Para calcular el caudal máximo extraordinario se multiplica un coeficiente de seguridad que en este diseño se considera 2 por el caudal máximo instantáneo de cada tramo.

$$\text{Caudal máx extr buzón 3 – 4} = \text{Caudal máx inst buzón} * \text{Coef de seguridad}$$

$$\text{Caudal máx extr buzón 3 – 4} = 0.0056 * 2$$

$$\text{Caudal máx extr buzón 3 – 4} = 0.011 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal máx extr buzón 4 – 5} = \text{Caudal máx inst buzón} * \text{Coef de seguridad}$$

$$\text{Caudal máx extr buzón 4 – 5} = 0.0169 * 2$$

$$\text{Caudal máx extr buzón 4 – 5} = 0.034 \text{ l/s}$$

Como se aprecia en la siguiente tabla, se exponen los caudales para el respectivo diseño.

Tabla 25

Caudal medio, Caudal mínimo, Caudal máximo instantáneo y Caudal máximo extraordinario

TRAMO	Gasto				
	Buzones	Qmedio	Qmínimo	Q máx. inst	Q máx. extr
3-4		0.00375	1.5	0.005625	0.01125
4-5		0.01125	1.5	0.016875	0.03375
5-6		0.01125	1.5	0.016875	0.03375
6-45		0.015	1.5	0.0225	0.045
45-7		0.015	1.5	0.0225	0.045
7-8		0.015	1.5	0.0225	0.045
8-9		0.015	1.5	0.0225	0.045
9-28		0.015	1.5	0.0225	0.045

Elaborado por: los autores.

También se debe calcular la pendiente de cada tramo de la red colectora, la cual debe ser mayor o igual a la pendiente mínima.

$$\text{Pendiente de tramo 3 - 4} = \frac{\text{cota de fondo inicial} - \text{cota de fondo final}}{\text{longitud propia}}$$

$$\text{Pendiente de tramo 3 - 4} = \frac{417.01 - 413.87}{21.78}$$

$$\text{Pendiente de tramo 3 - 4} = 0.144 \text{ m/m}$$

$$\text{Pendiente mínima 3 - 4} = 0.0055 * \text{Q máx extraordinario}^{(-0.47)}$$

$$\text{Pendiente mínima 3 - 4} = 0.0055 * 2.058^{(-0.47)}$$

$$\text{Pendiente mínima 3 - 4} = 0.0039 \text{ m/m}$$

$$\text{Pendiente de tramo 4 - 5} = \frac{\text{cota de fondo inicial} - \text{cota de fondo final}}{\text{longitud propia}}$$

$$\text{Pendiente de tramo 4 - 5} = \frac{413.87 - 401.12}{54.73}$$

$$\text{Pendiente de tramo 4 – 5} = 0.233 \text{ m/m}$$

$$\text{Pendiente mínima 4 – 5} = 0.0055 * Q \text{ máx extraordinario}^{(-0.47)}$$

$$\text{Pendiente mínima 4 – 5} = 0.0055 * 2.077^{(-0.47)}$$

$$\text{Pendiente mínima 4 – 5} = 0.0039 \text{ m/m}$$

En la Tabla 26, se detallan los resultados de las cotas iniciales y finales considerando las pendientes calculadas y posteriormente corregidas.

Tabla 26

Pendientes calculadas y corregidas

TRAMO Buzones	COTA FONDO DE BUZON		LONGITUD (m) Propia	PENDIENTE	
	Inicial	Final		Pend	Pend corregido
3-4	417.01	413.87	21.78	0.1442	0.144
4-5	413.87	401.12	54.73	0.2330	0.233
5-6	401.12	400.23	8.71	0.1022	0.102
6-45	400.23	394.21	36.91	0.1631	0.163
45-7	394.21	387.72	38.07	0.1705	0.17
7-8	387.72	381.27	56.03	0.1151	0.115
8-9	381.27	377.14	54.1	0.0763	0.076
9-28	377.14	374.57	36.6	0.0702	0.07

Elaborado por: los autores

Se asume un diámetro de tubería de 160 milímetros, la misma que debe estar dentro de los parámetros que se mencionarán a lo largo del diseño, que al no ser cumplidas se tiene que cambiar de diámetro.

Para asegurar el correcto diseño de una PTAR, es necesario llevar a cabo un análisis de velocidad y caudal del agua residual en tubo lleno. El caudal resultante debe ser mayor al caudal previamente calculado en función a la población de estudio. Para este cálculo se utiliza la ecuación de Manning.

$$\text{Velocidad } 3 - 4 = \frac{1}{n} * \left(\frac{\text{diámetro}}{4} \right)^{\frac{2}{3}} * \text{pendiente}^{0.5}$$

$$\text{Velocidad } 3 - 4 = \frac{1}{0.013} * \left(\frac{0.1536}{4} \right)^{\frac{2}{3}} * 0.144^{0.5}$$

$$\text{Velocidad } 3 - 4 = 3.32 \text{ m/s}$$

$$Q \text{ a tubo lleno } 3 - 4 = \text{Vel} * \pi * \frac{\text{diam}^2}{4} * 1000$$

$$Q \text{ a tubo lleno } 3 - 4 = 3.32 * \pi * \frac{0.1536^2}{4} * 1000$$

$$Q_{3 - 4} = 61.53 \text{ l/s}$$

Posteriormente se debe calcular el radio hidráulico por el método Newton-Raphson, en la que intervienen un theta mínimo y máximo, f theta mínimo y máximo, f' theta mínimo y máximo y un theta mínimo y máximo en radianes, en la que se busca que el f theta mínimo y máximo sea lo más cercano a cero y en caso no suceda, se cambia el diámetro de tubería. Estos términos mencionados anteriormente se calculan de siguiente manera:

Existe una dependencia entre en theta mínimo y la theta mínimo radianes por lo cual se recomienda utilizar el Excel, esto debido que se empieza dando un valor de pi a theta mínimo hasta calcular el valor de theta mínimo radianes, para después colocar el mismo valor de theta mínimo radianes en theta mínimo se pueda arrastrar dicho valor en todas las celdas que emplea dicho dato. Para realizar los cálculos de dichos valores se emplea el caudal máximo instantáneo y extraordinario, siempre y cuando sea mayor o igual a 1.5 l/s, en caso no cumpla con lo mencionado se diseña utilizando el caudal mínimo de 1.5 l/s.

Empleando caudal mínimo.

$$\text{Radio hidráulico } 4 - 5 = \left(\frac{\text{diámetro}}{4} - \frac{\text{diámetro} * \text{Sen}(\text{theta mín})}{4 * \text{theta mín}} \right)$$

$$f \text{ theta } 4 - 5 = \frac{8 * Q_{\text{mín}}}{1000} * \frac{\text{Coef de Manning}}{\text{diám}^2 * \text{pend}^{0.5} * Rh^{\frac{2}{3}}} + \text{Sen}(\text{Theta min}) - \text{theta min}$$

$$f'_{\theta 4-5} = \frac{4 * Q_{\min}}{1000} * \frac{\text{Coef de Manning}}{3 * \text{diám} * \text{pend}^{0.5} * Rh^{\frac{5}{3}}} * \frac{(\theta_{\min} * \text{Cos}(\theta_{\min}) - \text{Sen}(\theta_{\min}))}{\theta_{\min}^2} + \text{Cos}(\theta_{\min}) - 1$$

$$\theta_{\min \text{ rad } 4-5} = \theta_{\min} - \frac{f_{\theta \min}}{f'_{\theta \min}}$$

A continuación, en la Tabla 27 se presentan los resultados obtenidos del radio hidráulico en función al caudal mínimo 1.5 l/s calculado anteriormente.

Tabla 27

Determinación de radio hidráulico mediante caudal mínimo

TRAMO Buzones	Theta min Rad	Rh	f theta	f' theta	theta min rad
3-4	1.337088	0.010462	0	-0.768414	1.337088
4-5	1.259989	0.009384	0	-0.694173	1.259989
5-6	1.395671	0.011307	0	-0.825768	1.395671
6-45	1.316729	0.010173	0	-0.748657	1.316729
45-7	1.309903	0.010077	0	-0.742056	1.309903
7-8	1.374961	0.011006	0	-0.805414	1.374961
8-9	1.448027	0.012081	0	-0.877539	1.448027
9-28	1.46307	0.012306	0	-0.892482	1.46307

Elaborado por: los autores

Empleando caudal máximo extraordinario.

$$\text{Radio hidráulico } 4-5 = \left(\frac{\text{diámetro}}{4} - \frac{\text{diámetro} * \text{Sen}(\theta_{\max})}{4 * \theta_{\max}} \right)$$

$$f_{\theta 4-5} = \frac{8 * Q_{\max}}{1000} * \frac{\text{Coef de Manning}}{\text{diám}^2 * \text{pend}^{0.5} * Rh^3} + \text{Sen}(\theta_{\max}) - \theta_{\max}$$

$$f'_{\theta} 4 - 5 = \frac{4 * Q_{\text{máx}}}{1000} * \frac{\text{Coef de Manning}}{3 * \text{diám} * \text{pend}^{0.5} * Rh^{\frac{5}{3}}}$$

$$* \frac{(\theta_{\text{máx}} * \text{Cos}(\theta_{\text{máx}}) - \text{Sen}(\theta_{\text{máx}}))}{\theta_{\text{máx}}^2}$$

$$+ \text{Cos}(\theta_{\text{máx}}) - 1$$

$$\theta_{\text{máx rad}} 4 - 5 = \theta_{\text{máx}} - \frac{f_{\theta_{\text{máx}}}}{f'_{\theta_{\text{máx}}}}$$

En la Tabla 28, se detallan los resultados del radio hidráulico en función al caudal máximo, siempre y cuando sea mayor a de 1.5 l/s como se explicó anteriormente.

Tabla 28

Determinación de radio hidráulico mediante caudal máximo extraordinario

TRAMO Buzones	Theta min Rad	Rh	f theta	f' theta	theta min rad
3-4	1.337088	0.010462	0	-0.768414	1.337088
4-5	1.259989	0.009384	0	-0.694173	1.259989
5-6	1.395671	0.011307	0	-0.825768	1.395671
6-45	1.316729	0.010173	0	-0.748657	1.316729
45-7	1.309903	0.010077	0	-0.742056	1.309903
7-8	1.374961	0.011006	0	-0.805414	1.374961
8-9	1.448027	0.012081	0	-0.877539	1.448027
9-28	1.46307	0.012306	0	-0.892482	1.46307

Elaborado por: los autores

Hallado el radio hidráulico se calcula las velocidades, real y crítica, tanto máximas como mínimas. Las velocidades críticas deben ser mayores a las reales para que el diseño sea el correcto.

$$\text{Vel real mínima } 4 - 5 = \frac{1}{\text{coef de rug}} * Rh_{\text{min}}^{\frac{2}{3}} * \text{Pendiente}^{0.5}$$

$$\text{Vel real mínima } 4 - 5 = \frac{1}{0.0013} * 0.0105^{\frac{2}{3}} * 0.144^{0.5}$$

$$\text{Vel real mínima 4 - 5} = 1.396 \text{ m/s}$$

$$\text{Vel crítica mínima 4 - 5} = 6 * \sqrt{9.81 * 0.0105}$$

$$\text{Vel crítica mínima 4 - 5} = 1.922 \text{ m/s}$$

$$\text{Vel real mínima} < \text{Vel crítica mínima} \quad \text{Ok}$$

Velocidad máxima real y crítica.

$$\text{Vel real máxima 4 - 5} = \frac{1}{\text{coef de rug}} * R_{\text{máx}}^{\left(\frac{2}{3}\right)} * \text{Pendiente}^{0.5}$$

$$\text{Vel real máx 4 - 5} = \frac{1}{0.009} * 0.0105^{\left(\frac{2}{3}\right)} * 0.144^{0.5}$$

$$\text{Vel real máx 4 - 5} = 1.396 \text{ m/s}$$

$$\text{Vel crítica máx 4 - 5} = 6 * \sqrt{9.81 * 0.01198}$$

$$\text{Vel crítica máx 4 - 5} = 1.922 \text{ m/s}$$

$$\text{Vel real máx} < \text{Vel crítica máx} \quad \text{Ok}$$

En la Tabla 29, se sintetizan los cálculos de las velocidades reales y críticas halladas para el respectivo diseño de la red de tuberías.

Tabla 29*Velocidades reales y críticas*

TRAMO Buzones	Velocidades Reales		Velocidad Critica	
	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)
3-4	1.39627421	1.39627421	1.92214157	1.92214157
4-5	1.65190873	1.65190873	1.82043146	1.82043146
5-6	1.23763582	1.23763582	1.99830998	1.99830998
6-45	1.45808786	1.45808786	1.89544282	1.89544282
45-7	1.47967062	1.47967062	1.88646482	1.88646482
7-8	1.29068179	1.29068179	1.97149629	1.97149629
8-9	1.11650185	1.11650185	2.06553594	2.06553594
9-28	1.08479929	1.08479929	2.08469991	2.08469991

Elaborado por: los autores

Por último, como parámetro, se debe cumplir que la tensión tractiva para cada tramo sea mayor a un pascal.

$$\text{Tensión tractiva } 4 - 5 = Rh \text{ máx} * \text{pendiente} * 10000$$

$$\text{Tensión tractiva } 4 - 5 = 0.01046 * 0.144 * 10000$$

$$\text{Tensión tractiva } 4 - 5 = 15.065 \text{ Pa} > 1\text{Pa} \text{ OK}$$

Finalmente, en la Tabla 30 se presentan las tensiones tractivas calculadas en cada uno de los tramos delimitados por los buzones.

Tabla 30

Tensiones tractivas

TRAMO Buzones	Tensión Tractiva Pa
3-4	15.06474304
4-5	21.86417424
5-6	11.53332092
6-45	16.58202139
45-7	17.13068921
7-8	12.65663513
8-9	9.181372284
9-28	8.614173737

Elaborado por: los autores

Este procedimiento se realizó para las tuberías de los 46 buzones presentes en la red colectora de aguas residuales como se muestra en el Anexo 3.

4.4.4 Diseño hidráulico del canal de entrada, Cámara de Rejas y desarenador

4.4.4.1 Canal de entrada y cámara de rejas

a) Cálculo del área útil

$$\text{Área útil} = \frac{\text{Q de diseño}}{\text{velocidad a traves de rejas}}$$

$$\text{Área útil} = \frac{0.002017294 \text{ m}^3/\text{s}}{0.6 \text{ m/s}}$$

$$\text{Área útil} = 0.003362157 \text{ m}^2$$

b) Cálculo de la eficiencia de la barra

$$\text{Eficiencia} = \text{Separación de barras}/(\text{espesor de barra} + \text{separación de barra})$$

$$\text{Eficiencia de barra} = 20 \text{ mm} * (15 \text{ mm} + 20 \text{ mm}) * 100$$

$$\text{Eficiencia de barra} = 57.14\%$$

c) Cálculo del área del canal

$$AC = \frac{\text{área útil}}{\text{Eficiencia}}$$

$$AC = \frac{0.003362157 \text{ m}^2}{57.14\%}$$

$$AC = 0.00588377 \text{ m}^2$$

Se asumió una base de 0.30 metros por lo tanto la dimensión del tirante será el área entre la base.

$$\text{Tirante "y"} = \frac{\text{área de canal}}{\text{base}}$$

$$\text{Tirante "y"} = \frac{0.00588377 \text{ m}^2}{0.30 \text{ m}}$$

$$\text{Tirante y} = 0.0196 \text{ m}$$

Debido que el tirante es de una dimensión muy difícil de representar en la realidad, se tomó en consideración 0.16 metros es decir la misma dimensión de la tubería de entrada, pero a este se le suma 0.20 metros para que no se trabaje a canal lleno, por lo tanto, se toma una altura de 36 cm.

d) Cálculo del radio hidráulico

Se utilizó el coeficiente de rugosidad del concreto igual a 0.013 y se trabajará con el tirante calculado.

Seguidamente se determina el radio hidráulico G_y y se trabajará con el tirante calculado.

$$\text{Radio hidráulico} = \frac{\text{area de canal}}{\text{Base} + (2 * Y_{\text{máx}})}$$

$$\text{Radio hidráulico} = \frac{0.00588337 \text{ m}^2}{0.3 \text{ m} + 2 * 0.01961 \text{ m}}$$

$$\text{Radio hidráulico} = 0.017344 \text{ m}$$

e) Cálculo de la pendiente del canal

$$\text{Pendiente del canal} = \left(\frac{Q \text{ de diseño} * \text{Coeficiente de rugosidad}}{A \text{ canal} * \text{Radio hidráulico}^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$\text{Pendiente del canal} = \left(\frac{0.002017294 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 0.013}{0.00588 \text{ m}^2 * 0.01734 \text{ m}^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$\text{Pendiente del canal} = 0.004424755 \frac{\text{m}}{\text{m}} = 0.4425\%$$

f) Cálculo de la velocidad antes de las rejas

$$\text{velocidad antes de las rejas} = \frac{Q \text{ de diseño}}{\text{Área de canal}}$$

$$\text{velocidad antes de las rejas} = \frac{0.002017294 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.005883774 \text{ m}^2}$$

$$\text{velocidad antes de las rejas} = 0.342857143 \text{ m/s}$$

El valor de la velocidad cumple estando entre 0.30 m/seg y 0.60 m/seg.

g) Cálculo del n° de barras

$$\text{Número de barras} = \frac{(\text{Base de canal} - \text{separacion de rejas})}{(\text{espesor de rejas} + \text{separacion de rejas})}$$

$$\text{Número de barras} = 8$$

h) Diseño de by-pass

$$Q_{\text{diseño}} = 1.838 * B * H^{3/2}$$

$$\left(\frac{Q_{\text{diseño}}}{B} \right)^{2/3} = H$$

$$0.0196 \text{ m} = H$$

$$\text{Radio hidráulico} = \frac{\text{area de canal}}{\text{Base} + (2 * Y_{\text{máx}})}$$

$$\text{Radio hidráulico} = \frac{0.4\text{m} * 0.0196}{0.4 \text{ m} + 2 * 0.01961 \text{ m}}$$

$$\text{Radio hidráulico} = 0.01785 \text{ m}$$

$$\text{Pendiente del canal} = \left(\frac{Q \text{ de diseño} * \text{Coeficiente de rugosidad}}{A \text{ canal} * \text{Radio hidráulico}^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$\text{Pendiente del canal} = \left(\frac{0.002017294 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 0.013}{(0.4 * 0.0196) \text{ m}^2 * 0.01785 \text{ m}^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$\text{Pendiente del canal} = 0.0024 \frac{\text{m}}{\text{m}} = 0.2399\%$$

4.4.4.2 Desarenador

a) Cálculo del área máxima de la sección transversal

$$\text{Área max seccion transversal} = \frac{\text{Caudal de diseño}}{\text{velocidad horiz de flujo}}$$

$$\text{Área max seccion transversal} = \frac{0.00201729398 \text{ m}^3/\text{s}}{0.3 \text{ m/s}}$$

$$\text{Área max seccion transversal} = 0.00672431 \text{ m}^2$$

Si se realiza el dimensionamiento con dicha área y considerando que la altura es dos veces la base y se obtienen dimensiones muy pequeñas como se describirá a continuación, por tanto, se asume una base de 0.30 m y por consiguiente una elevación de 0.60 m.

$$\text{Área} = B * 2B$$

$$B = \left(\frac{\text{Área}}{2} \right)^{0.5}$$

$$B = 0.058\text{m}$$

$$H = 0.087 \text{ m}$$

b) Cálculo de la longitud del desarenador

$$Tr = \frac{H}{\text{Vel para mover partículas}}$$

$$Tr = \frac{0.087 \text{ m}}{0.02 \text{ m/s}}$$

$$Tr = 4 \text{ seg}$$

$$\text{Longitud} = Tr * V$$

$$\text{Longitud} = 4 \text{ seg} * 0.3 \text{ m/s}$$

$$\text{Longitud} = 1.2 \text{ m}$$

$$\text{Longitud} = 1.2 \text{ m} + 25\% * 1.2 \text{ m}$$

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

Con una longitud de 1.50 metros no cumple con la relación establecida en la norma por lo tanto se consideró 2.50 metros.

4.4.5 Diseño hidráulico de Biorreactor con membrana sumergida

a) Cálculo del volumen del biorreactor

$$V \text{ biorreactor} = \frac{DBO5 \times QE}{SSLM \times CM}$$

$$V \text{ biorreactor} = \frac{0.20 \frac{\text{kg DBO5}}{\text{m}^3} \times 174 \text{ m}^3/\text{día}}{7 \frac{\text{kg SSLM}}{\text{m}^3} \times 0.10 \frac{\text{kg DBO5}}{\text{kg SSLM} \cdot \text{día}}}$$

$$V \text{ biorreactor} = 49.36 \text{ m}^3$$

b) Cálculo de la producción específica de fangos (Pe)

$$Pe = 1.2 \times C_M^{0.23}$$

$$Pe = 1.2 \times 0.1^{0.23}$$

$$Pe = 0.7066 \text{ kg SSLM/kg DBO5 eliminada}$$

c) Cálculo de la edad del fango o tiempo de retención celular (SRT)

$$\theta = \frac{1}{Pe \times CM}$$
$$\theta = \frac{1}{0.7066 \frac{\text{kgSSLM}}{\text{kgDBO5 eliminada}} \times 0.10 \frac{\text{kg DBO5}}{\text{kg SSLM.día}}}$$
$$\theta = 14.15 \text{ días}$$

d) Cálculo del tiempo de retención hidráulico (THR)

$$THR = \frac{V \text{ biorreactor}}{QE}$$

$$THR = \frac{49.36 \text{ m}^3}{174 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$THR = 0.28 \text{ días} = 6.80 \text{ h}$$

e) Cálculo de la carga volumétrica (CV)

$$CV = \frac{QE \times \text{DBO5}}{V \text{ biorreactor}}$$

$$CV = \frac{174 \text{ m}^3/\text{día} \times 0.20 \frac{\text{kg DBO5}}{\text{m}^3}}{49.36 \text{ m}^3}$$

$$CV = 0.70 \frac{\text{kg DBO5}}{\text{m}^3 \cdot \text{día}}$$

Interpolando, para hallar el consumo específico de O₂, según la edad del fango de 14.15 días, se obtiene en la Tabla 31:

Tabla 31*Interpolación para hallar el consumo específico de O2*

Edad del fango (días)	Consumo específico de oxígeno (Kg de O2/Kg de DBO5)
10.000	1.18
14.152	Consumo esp. de O2
15.000	1.25

Elaborado por: los autores

$$\text{Consumo esp. de oxígeno} = 1.2381 \frac{\text{kg de O}_2}{\text{kg de DBO}_5}$$

Multiplicando por el factor punta: 1.15

$$\text{Consumo esp. de oxígeno} = 1.2381 \frac{\text{kg de O}_2}{\text{kg} * \text{DBO}_5} \times 1.15$$

$$\text{Consumo esp. de oxígeno} = 1.4238 \frac{\text{kg de O}_2}{\text{kg de DBO}_5}$$

f) Sistema de aireación del biorreactor**f.1) Cálculo de transferencia de los difusores**

Se utilizó un tipo de difusores de disco de la marca ABS Nopon, los cuales están compuestos por una membrana de monómeros de etileno propileno dieno con perforaciones pequeñas que permiten la formación de burbujas de aire. Esto es esencial para el proceso de aireación.

Cálculo de Kg O2/día transmitidos en circunstancia estándar, es decir en agua pura a una temperatura de 20°C y O2 disuelto cero:

$$N = N_0 \times \left[\frac{\beta \times C_s - C_w}{C_{s20}} \right] \times \theta^{T-20} \times \alpha$$

$$N = N_0 \times \left[\frac{0.95 \times 9.17 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 2 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{9.17 \text{ mg/L}} \right] \times 1.024^{20-20} \times 0.4$$

$$N = N_0 \times 0.29276$$

$$N_0 = 3.41578 \times N$$

Cálculo de Kg Oxígeno/día transferidos en situaciones comunes:

$$N = QE \times \text{DBO5} \times \text{consumo específico de oxígeno}$$

$$N = 174 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 0.20 \frac{\text{kg DBO5}}{\text{m}^3} \times 1.4238 \frac{\text{kg O}_2}{\text{kg DBO5}}$$

$$N = 49.1928 \frac{\text{kg O}_2}{\text{día}}$$

f.2) Cantidad de O2 necesario para contribuir en el biorreactor

$$N_0 = 3.41578 \times N$$

$$N_0 = 3.41578 \times 49.1928 \frac{\text{kg O}_2}{\text{día}}$$

$$N_0 = 168.0318 \frac{\text{kg O}_2}{\text{día}}$$

f.3) Cálculo de transferencia de aire de los difusores

Equivalencias:

1kg de aire = 0.23 kg de O2

1m3 = 1.29 kg de aire

$$\text{Transferencia de aire} = \frac{N_0}{0.23 \frac{\text{kg O}_2}{\text{Kg de aire}} \times 1.29 \text{ kg aire/m}^3}$$

$$\text{Transferencia de aire} = \frac{168.0318 \frac{\text{kg O}_2}{\text{día}}}{0.23 \frac{\text{kg O}_2}{\text{Kg de aire}} \times 1.29 \text{ kg aire/m}^3}$$

$$\text{Transferencia de aire} = 566.34 \text{ m}^3/\text{día}$$

La eficiencia de los difusores es del 30%, de acuerdo con las especificaciones del difusor a emplear.

f.4) Cálculo de la transferencia de aire

$$\text{Transferencia de aire} = 566.34 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 30\%$$

$$\text{Transferencia de aire} = 1887.79 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Debido a la instalación de los difusores de aire tipo ABS Noxon en el sistema de difusores de disco, se estableció que estos difusores pueden suministrar un flujo de aire que va desde 1.50 hasta 15 m³ por hora por unidad. Además, se determinó que cada difusor es capaz de suministrar un caudal de aire de 10 m³/hr:

f.5) Número de difusores

$$\text{Número de difusores} = \text{transferencia de aire} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ difusor}}{10 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\text{Número de difusores} = 188.79 \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ difusor}}{10 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\text{Número de difusores} = 8 \text{ unidades}$$

En el diseño del biorreactor se ha escogido las membranas de tipo placa plana, ya que su configuración permite que las membranas sean más fáciles de apilar creando múltiples capas que aumentan la eficiencia de retención de sólidos, de esta manera ocupan menos espacio, también son las más adecuadas a emplear cuando se trata de sumergir las membranas dentro del biorreactor. Además, son más simples de operar, y la energía requerida de operación es menor, reduciendo de esta manera los costos de operación.

g) Superficie de membrana (S)

$$S = \frac{QE}{J}$$

$$S = \frac{7.26 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{28 \frac{\text{L}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}}$$

$$S = 259.33 \text{ m}^2$$

En la membrana, el área de superficie efectiva es de 45 m², por lo tanto, se necesitaron:

h) Cantidad de membranas

$$\text{número de membranas} = \frac{\text{Superficie de membrana}}{\text{área de superficie efectiva de la membrana}}$$

$$\text{número de membranas} = \frac{259.33 \text{ m}^2}{45 \text{ m}^2}$$

$$\text{número de membranas} = 5.76 = 6 \text{ unidades}$$

i) Dimensionamiento del biorreactor

Según las especificaciones técnicas de la membrana a emplear, las dimensiones son:

$$\text{Altura de membrana} = 2.04 \text{ m}$$

$$\text{Espesor de membrana} = 0.05 \text{ m}$$

$$\text{Ancho de membrana} = 0.57 \text{ m}$$

De acuerdo con las especificaciones técnicas de la membrana que proporcionan el fabricante escogido, fue necesario 1 módulo el cual contenga 6 unidades de membrana de placa plana, obteniendo de esta manera las siguientes dimensiones del módulo:

$$\text{espesor del módulo: unidades de membrana} \times \text{espesor de membrana}$$

$$\text{espesor del módulo: } 6 \text{ unidades} \times 0.05 \text{ m}$$

$$\text{espesor del módulo: } 0.30 \text{ m} + 0.25 \text{ m (espacio entre membrana)} = 0.55 \text{ m}$$

$$\text{ancho del módulo: ancho de membrana}$$

$$\text{ancho del módulo: } 0.57 \text{ m} = 0.80 \text{ m}$$

$$\text{altura del módulo: } 2.20 \text{ m}$$

En base a las dimensiones del módulo, se diseña a criterio las dimensiones que tendrá el biorreactor, cumpliendo con el volumen del biorreactor calculado.

Ancho del biorreactor: 1.80 m

Altura del biorreactor: 2.80 m

Largo del biorreactor: 10 m

$$\text{Volumen calculado} = 1.80 \text{ m} \times 2.80 \text{ m} \times 10 \text{ m}$$

$$\text{Volumen calculado} = 50.40 \text{ m}^3 > 49.36 \text{ m}^3 \text{ CUMPLE}$$

j) Cálculo de la potencia de electrobomba

Bombeo (Qb) = 2.02 l/s

Altura dinámica total de bombeo

$$T = \frac{V_{cc}}{Q_b}$$

$$T = \frac{1730 \text{ l}}{2.02 \text{ l/s}}$$

$$T = 857.71 \text{ s}$$

Horas de bombeo total = 3T

$$\text{HBT} = \frac{3T}{3600}$$

$$\text{HBT} = \frac{3 * 857.71 \text{ s}}{3600}$$

$$\text{HBT} = 1 \text{ hrs}$$

Cálculo del X

$$X = \frac{\text{HB}}{24}$$

$$X = \frac{1}{24}$$

$$X = 0.0298$$

Cálculo del diámetro económico

$$De = 1.3Qb^{0.5} * X^{0.25}$$

$$De = 1.3(2.02)^{0.5} * (0.0298)^{0.25}$$

$$De = 0.0243 \text{ m}$$

Diámetro de impulsión = 1 1/4"

Diámetro de succión = 1 1/2"

Cálculo de la altura de succión (Hs)

$$Hs = 0.58 \text{ m}$$

Cálculo de la altura de impulsión (Hd)

$$Hd = 1.35 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad

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

$$V = \frac{Q}{\pi \frac{D^2}{4}}$$

Velocidad de impulsión

$$V = \frac{2.02 \times 10^{-3}}{\pi \frac{0.0348^2}{4}}$$

$$V = 2.1206 \text{ m/s}$$

Velocidad de succión

$$V = \frac{2.02 \times 10^{-3}}{\pi \frac{0.0406^2}{4}}$$

$$V = 1.5580 \text{ m/s}$$

Presión de servicio = 2m

Cálculo de la pérdida de carga total por impulsión

Longitud de impulsión: 1.81 m

Pendiente: 0.195

Hf: 0.35 mca

El cálculo de las pérdidas por accesorio se resume en la Tabla 32.

Tabla 32

Cálculo de las pérdidas por accesorios de impulsión

ACCS.	CANT	K	SUMA K	PÉRDIDA DE CARGA POR ACCS.
Codo 90°	4	0.9	3.6	0.8251
Válvula Check	1	1.85	1.85	0.424
Válvula compuerta	1	0.19	0.19	0.0435
			TOTAL	1.29

Elaborado por: los autores

$H_{fi} = 0.35 + 1.29 = 1.65$ mca

Cálculo de la pérdida de carga total por succión

Longitud de succión: 0.58 m

Pendiente: 0.092

Hf: 0.05 mca

El cálculo de las pérdidas por accesorio se resume en la **Tabla 33**.

Tabla 33

Cálculo de las pérdidas por accesorios de succión

ACCS.	CANT	K	SUMA K	PÉRDIDA DE CARGA POR ACCS.
Codo 90°	3	0.9	2.7	0.334
Válvula Check	1	1.85	1.85	0.2289
Válvula compuerta	1	0.19	0.19	0.0235
			TOTAL	0.59

Elaborado por: los autores

$$H_{fi} = 0.05 + 0.59 = 0.64 \text{ mca}$$

Cálculo de ADT

$$ADT = h_s + \frac{V^2}{2g} + \sum h_f + h_d + P_s$$

$$ADT = 0.58 + \frac{2.1206^2}{2(9.81)} + 2.29 + 1.35 + 2$$

$$ADT = 6.4441 \text{ m}$$

Cálculo de la pot. de la bomba

$$Pot = \frac{Q_b \times ADT}{75n}$$

Con eficiencia de la bomba al 55%

$$Pot = \frac{2.02 \times 6.4441}{75 \times 0.55}$$

$$Pot = 0.32 \text{ hp}$$

Se empleará una electrobomba de 0.5HP

4.4.6 Diseño hidráulico de Cámara de Cloración

$$\text{Vol} = \text{TRH} * \text{Qmáx}$$

$$\text{Vol} = 1500 \text{ seg} * 1.1517 \text{ l/s}$$

$$\text{Vol} = 1727.5 \text{ l} = 1.73 \text{ m}^3$$

A partir del volumen se asumen valores de las dimensiones que cumplan con dicho valor, se tomó un ancho de 0.85 m, un alto efectivo de 1.15 m y un borde libre de 0.20 m, por lo tanto, aplicando la siguiente fórmula se obtiene el largo de la cámara.

$$\frac{\text{Vol de cámara de cloración}}{H} = \text{Área}$$

$$\frac{1.73 \text{ m}^3}{1.35 \text{ m}} = \text{Área}$$

$$1.27 \text{ m}^2 = \text{Área}$$

$$\text{Base} * \text{largo} = \text{Área}$$

$$\text{Largo} = \frac{\text{Área}}{\text{Base}}$$

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

Adicional a estas dimensiones se considera 5 baffles separados como mínimo a 19 centímetros entre ellos y a 20 centímetros de las paredes.

4.5. Diseño estructural de la PTAR

4.5.1. Diseño estructural de cámara de rejillas y desarenador

Se diseñó la estructura en base a las dimensiones obtenidas en el cálculo hidráulico, que incluye una anchura de 0.30 metros para la cámara de rejillas, una altura de agua de 0.16 metros, una longitud de 2.50 m y un borde libre de 0.20 m. Además, se utilizaron otros resultados del EMS, como el peso específico (1684 kg/m³), la capacidad portante (1.1 kg/cm²), una resistencia del concreto (f'c) de 175 kg/cm², un

esfuerzo de fluencia del acero de 4200 kg/cm² y un recubrimiento de 5 centímetros.

$$\text{Relacion} = \frac{\text{Base}}{\text{Altura de agua}}$$

$$\text{Relacion} = \frac{0.3}{0.16} = 1.875$$

Como el valor de 1.875 no se encuentra en la Tabla 19, se considera el valor entero inmediatamente superior, siendo 2.

a) Cálculo de momentos

$$\text{Momentos en muro} = K * \text{peso específico de terreno} * \text{altura de agua}^3$$

$$\text{Momentos en muro} = K * 1684 \text{ kg/m}^3 * (0.16 \text{ m})^3$$

Tabla 34

Coefficientes de relación b/h = 2

b/h	x/h	y = 0		y = b/4		y = b/2	
		Mx	My	Mx	My	Mx	My
2	0	0	0.027	0	0.009	0	-0.06
	¼	0.013	0.023	0.006	0.01	-0.01	-0.059
	½	0.015	0.016	0.01	0.01	-0.01	-0.049
	¾	-0.008	0.003	-0.02	0.003	-0.01	-0.027
	1	-0.08	-0.017	-0.059	-0.012	0	0

Fuente: Libro de Agüero Pittman, 1997

En la Tabla 34 se detallan los coeficientes que se utilizarán para hallar los momentos.

Teniendo los coeficientes, peso específico del terreno y altura, se procede a multiplicar obteniendo los resultados detallados en la Tabla 35.

Tabla 35

Momentos en muros de cámara de rejillas y desarenador

B/(Ha+h)	x/(ha+h)	y=0		y=B/4		y=B/2	
		Mx (kg-m)	My (kg-m)	Mx (kg-m)	My (kg-m)	Mx (kg-m)	My (kg-m)
							-
	0	0.000	0.186	0.000	0.062	0.000	0.414
	¼	0.090	0.159	0.041	0.069	-0.083	0.407
2	½	0.103	0.110	0.069	0.069	-0.069	0.338
	¾	-0.055	0.021	-0.138	0.021	-0.034	0.186
	1	-0.593	-0.117	-0.407	-0.083	0.000	0.000

Elaborado por: los autores

b) Diseño del espesor de muro

Posteriormente se diseña el espesor de muro teniendo en cuenta el momento máximo calculado en la Tabla 35, siendo 0.593 kg*m.

$$\text{Esfuerzo de tracción por flexión} = 0.85 * \sqrt{f'c}$$

$$\text{Esfuerzo de tracción por flexión} = 0.85 * \sqrt{175}$$

$$\text{Esfuerzo de tracción por flexión} = 11.24 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Espesor de muro} = \sqrt{\frac{6 * M_{\text{máx}}}{\text{esfuerzo de tracción por flexión} * 100}}$$

$$\text{Espesor de muro} = \sqrt{\frac{6 * 0.593 * 100}{11.24 * 100}}$$

$$\text{Espesor de muro} = 0.562 \text{ cm}$$

Como se observa se obtiene un valor muy reducido por tanto se asumen un valor de 0.15 metros.

c) Cálculo del área de acero

Los momentos máximos se pueden observar en la Tabla 35, siendo el momento máximo vertical 0.593 kg*m y el momento máximo horizontal 0.401 kg*m.

Se consideró 0.05 metros de recubrimiento.

$$\text{Peralte efectivo} = \text{Espesor} - \text{recubrimiento}$$

$$\text{Peralte efectivo} = 0.15 \text{ m} - 0.05 \text{ m}$$

$$\text{Peralte efectivo} = 0.1 \text{ m}$$

$$\text{Fatiga de trabajo} = 0.4 * f_y$$

$$\text{Fatiga de trabajo} = 0.4 * 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Fatiga de trabajo} = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{2100}{15 * \sqrt{f'c}}$$

$$n = \frac{2100}{15 * \sqrt{175}}$$

$$n = 10.58$$

$$f_c = 0.4 * f'c$$

$$f_c = 0.4 * 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 70 \text{ kg/cm}^2$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\text{fatiga de trabajo}}{n * f_c}}$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{1680}{10.58 * 70}}$$

$$k = 0.306$$

$$j = 1 - \frac{k}{3}$$

$$j = 0.898$$

Conociendo los momentos, vertical y horizontal, la fatiga de trabajo, el peralte efectivo y el coeficiente “j” se puede calcular el área del acero en ambos sentidos.

$$\text{Área de acero vertical} = \frac{\text{Momento máximo vertical}}{\text{fatiga de trabajo} * \text{peralte efectivo} * j}$$

$$\text{Área de acero vertical} = \frac{0.593 \text{ kg} * \text{m}}{1680 \text{ kg/cm}^2 * 0.10 \text{ m} * 0.898}$$

$$\text{Área de acero vertical} = 0.0039 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área de acero horizontal} = \frac{\text{Momento máximo horizontal}}{\text{fatiga de trabajo} * \text{peralte efectivo} * j}$$

$$\text{Área de acero horizontal} = \frac{0.407 \text{ kg} * \text{m}}{1680 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 0.10 \text{ m} * 0.898}$$

$$\text{Área de acero horizontal} = 0.0027 \text{ cm}^2$$

$$p = \frac{0.7 * \sqrt{f'c}}{f_y}$$

$$p = \frac{0.7 * \sqrt{175}}{4200}$$

$$p = 0.002$$

As mínimo = p * 100 * espesor

$$\text{As mínimo} = 0.002 * 100 \text{ cm} * (0.15 * 100)\text{cm}$$

$$\text{As mínimo} = 3.55 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, para el diseño se considera el área de acero mínimo. Teniendo en cuenta lo anterior vemos conveniente emplear acero de 3/8" de diámetro, teniendo un área considerable tanto vertical como horizontal de 3.55 cm².

d) Cálculo del espaciamiento

Para el espaciamiento se divide el área del acero de 3/8", siendo 0.71 cm² entre el área considerable.

$$\text{Espaciamiento} = \frac{0.71}{3.55} \text{ cm}$$

$$\text{Espaciamiento} = 0.215 \text{ m}$$

e) Comprobación por esfuerzo cortante y adherencia

$$\text{Fuerza cortante máxima} = \frac{\text{peso específico del terreno} * \text{altura de agua}^2}{2}$$

$$\text{Fuerza cortante máxima} = \frac{1684 * 0.16^2}{2}$$

$$\text{Fuerza cortante máxima} = 21.55 \text{ kg}$$

$$\text{Esfuerzo cortante} = \frac{\text{Fuerza cortante máxima}}{j * 100 * \text{peralte efectivo}}$$

$$\text{Esfuerzo cortante} = \frac{21.55 \text{ kg}}{0.898 * 100\text{cm} * 10\text{cm}}$$

$$\text{Esfuerzo cortante} = 0.024 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo permisible} = 0.02 * f'c$$

$$\text{Esfuerzo permisible} = 0.02 * 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo permisible} = 3.5 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo permisible > Esfuerzo cortante

$$3.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} > 0.024 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{Ok}$$

$$\text{Adherencia de dise\~no} = \frac{\text{Fuerza cortante m\~axima}}{\text{So} * \text{j} * \text{peralte efectivo}}$$

$$\text{Adherencia de dise\~no} = \frac{21.55 \text{ kg}}{15 * 0.898 * 10 \text{ cm}}$$

$$\text{Adherencia de dise\~no} = 0.16 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Adherencia permisible} = 0.05 * f'c$$

$$\text{Adherencia permisible} = 0.05 * 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Adherencia permisible} = 8.75 \text{ kg/cm}^2$$

Adherencia permisible > Adherencia de dise\~no

$$8.75 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} > 0.16 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{Ok}$$

f) Dise\~no de losa de fondo

Para el c\~alculo se debe conocer la longitud del desarenador, siendo 2.50 metros y el espesor de muro asumido, siendo 0.15 metros.

Peso = w esp del concreto * espesor + w vol deterreno * altura de agua

$$\text{Peso} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.15\text{m} + 1684 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.16\text{m}$$

$$\text{Peso} = 629.44 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Momento de empotramiento} = \frac{-\text{Peso} * \text{Longitud}^2}{192}$$

$$\text{Momento de empotramiento} = \frac{-629.44 * 2.50^2}{192}$$

$$\text{Momento de empotramiento} = -20.49 \text{ kg} * \text{m}$$

$$\text{Momento en el centro} = \frac{-\text{Peso} * \text{Longitud}^2}{384}$$

$$\text{Momento en el centro} = \frac{-629.49 * 2.50^2}{384}$$

$$\text{Momento en el centro} = -10.24 \text{ kg} * \text{m}$$

Para momento en el empotramiento

$$= \text{coeficiente} * \text{momento de empotramiento}$$

$$\text{Para momento en el empotramiento} = 0.529 * (-20.49)$$

$$\text{Para momento en el empotramiento} = -10.849 \text{ kg} * \text{m}$$

Para momento central = coeficiente * momento en el centro

$$\text{Para momento central} = 0.0513 * -10.245$$

$$\text{Para momento central} = -0.526 \text{ kg} * \text{m}$$

El mayor momento absoluto es 10.84 kg * m.

$$\text{Espesor de losa} = \sqrt{\frac{6 * M_{\text{máx}}}{\text{esfuerzo de tracción por flexión} * 100}}$$

$$\text{Espesor de losa} = \sqrt{\frac{6 * 10.84 * 100}{11.24 * 100}}$$

$$\text{Espesor de losa} = 2.40 \text{ cm}$$

Se asume el espesor de 0.15 metros debido que 2.40 centímetros es una dimensión muy pequeña; por lo tanto, se tiene un peralte efectivo de 0.10 metros.

g) Cálculo del área de acero

$$\text{Área de acero} = \frac{\text{Momento máximo absoluto}}{\text{fatiga de trabajo} * \text{peralte efectivo} * j}$$

$$\text{Área de acero vertical} = \frac{10.84 \text{ kg} * \text{m}}{1680 \text{ kg/cm}^2 * 0.10 \text{ m} * 0.898}$$

$$\text{Área de acero vertical} = 0.072 \text{ cm}^2$$

$$\text{As mínimo} = p * 100 * \text{espesor}$$

$$\text{As mínimo} = 0.002 * 100 \text{ cm} * (0.15 * 100) \text{ cm}$$

$$\text{As mínimo} = 3.55 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, para el diseño se considera el área de acero mínimo en ambas direcciones. Teniendo en cuenta lo anterior vemos conveniente emplear acero de 3/8" de diámetro, teniendo un área efectiva de 3.55 cm².

Para el espaciamiento se divide en área del acero de 3/8" que es 0.71 cm² entre el área considerable.

$$\text{Espaciamiento} = \frac{0.71}{3.55} \text{ cm}$$

$$\text{Espaciamiento} = 0.215 \text{ m} = 0.20 \text{ m}$$

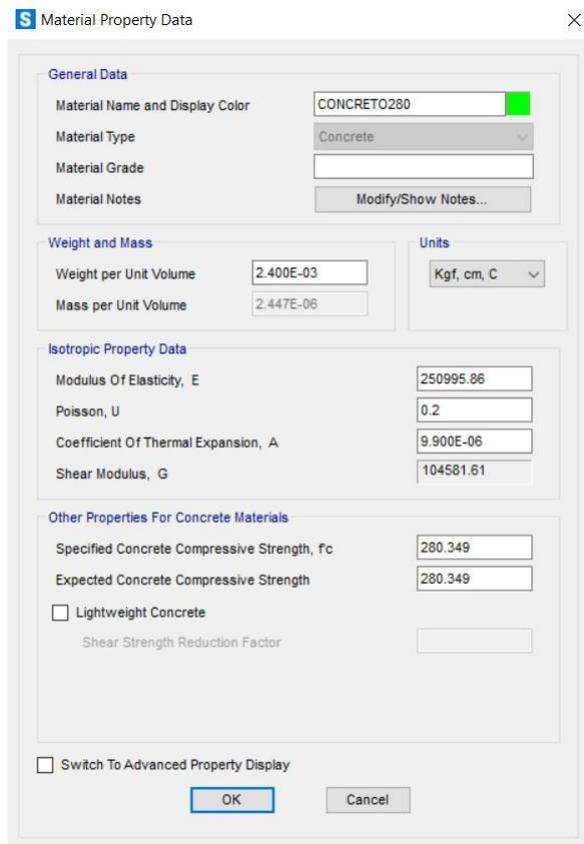
4.5.2. Diseño estructural del biorreactor con membrana sumergida

a) Diseño en concreto armado

El material usado del concreto armado se utilizó el de 280kg/cm² cual su uso es de manera estructural con una fluencia de 4200 kg/cm².

Figura 27

Definición de concreto armado a utilizar en el SAP



The image shows a screenshot of the 'Material Property Data' dialog box in SAP. The dialog is titled 'Material Property Data' and has a close button (X) in the top right corner. It is divided into several sections:

- General Data:**
 - Material Name and Display Color: CONCRETO280 (with a green color swatch)
 - Material Type: Concrete (dropdown menu)
 - Material Grade: (empty text field)
 - Material Notes: (empty text field with a 'Modify/Show Notes...' button)
- Weight and Mass:**
 - Weight per Unit Volume: 2.400E-03
 - Mass per Unit Volume: 2.447E-06
 - Units: Kgf, cm, C (dropdown menu)
- Isotropic Property Data:**
 - Modulus Of Elasticity, E: 250995.86
 - Poisson, U: 0.2
 - Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06
 - Shear Modulus, G: 104581.61
- Other Properties For Concrete Materials:**
 - Specified Concrete Compressive Strength, f_c: 280.349
 - Expected Concrete Compressive Strength: 280.349
 - Lightweight Concrete
 - Shear Strength Reduction Factor: (empty text field)

At the bottom of the dialog, there is a checkbox labeled 'Switch To Advanced Property Display' which is unchecked. Below this are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Elaborado por: los autores

b) Cargas en la estructura del biorreactor.

Carga muerta (DEAD): Se toma en cuenta el peso de los elementos estructurales. El peso específico del material es de 2400kg/m³.

Empuje lateral de suelos (CE): Se considera la profundidad de la misma altura, teniendo en cuenta la sobrecarga en las paredes. No existe carga

viva sobre la estructura, el peso específico del suelo del estudio de suelos 1684 kg/m³ y con una altura del suelo de 1.5m.

Paredes

$$P_{\text{suelo}}(z = 0) = 0 + 1684 \text{ kg/m}^3 * 1.5\text{m}$$

$$P_{\text{suelo}}(z = 0) = 2526 \text{ kg/m}^2$$

Losa de fondo

$$P_{\text{suelo}}(z = 0) = 0 + 1684 \text{ kg/m}^3 * 1.3\text{m}$$

$$P_{\text{suelo}}(z = 0) = 2184 \text{ kg/m}^2$$

c) Presión hidrostática (CL)

Se consideró la densidad como la altura del líquido, la presión que afecta tanto a las paredes y el fondo; con el peso específico del agua 1000.00 kg/m³ y con una elevación del nivel de agua de 2.30m. En las paredes se diseña la carga según el diagrama triangular, y la losa de fondo como diagrama rectangular.

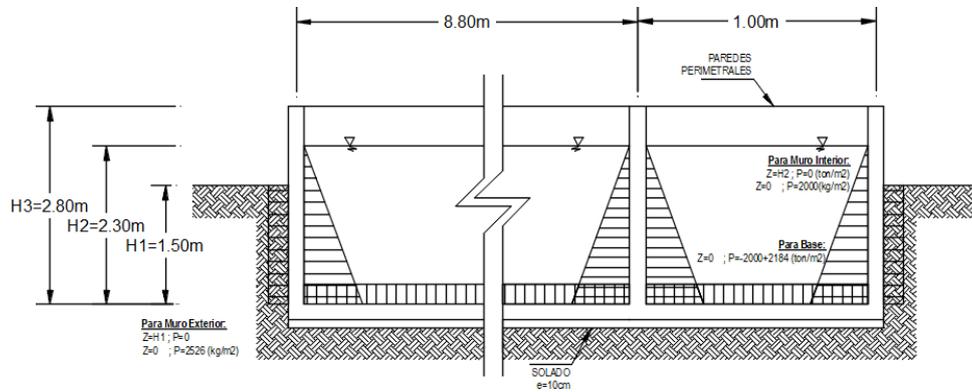
$$P_{\text{agua}}(z = 0) = 1000 \text{ kg/m}^3 * 2.30\text{m}$$

$$P_{\text{agua}}(z = 0) = 2300 \text{ kg/m}^2$$

Por último, se considera dentro de un sistema de cargas reales de la estructura (Figura 29), para consideraren el modelamiento en el SAP 2000.

Figura 28

Cargas en el biorreactor de la membrana sumergida

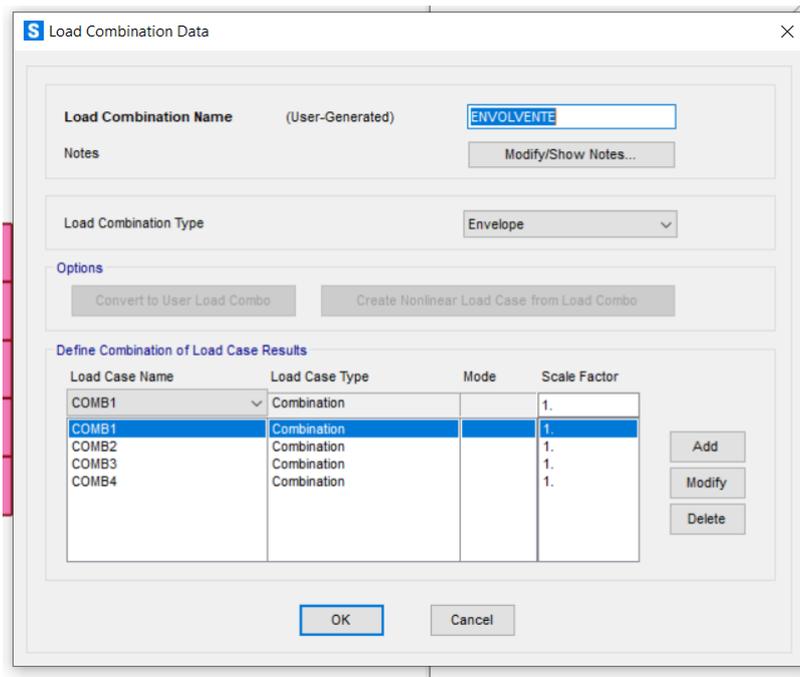


Elaborado por: los autores

Se ingresó en el programa SAP las combinaciones de carga por resistencia creando una envoltente de las combinaciones, según la normativa técnica peruana E.060.

Figura 29

Envoltente de diseño según N.T.P. E060 ingresado en el SAP



Elaborado por: los autores

d) Diseño de pared

El coeficiente “n” se calcula,

$$n = \frac{2100}{15 * \sqrt{280}}$$
$$n = 8.37$$

El coeficiente “fc” se obtiene,

$$fc = 0.4 * 280\text{kg/cm}^2$$
$$fc = 112\text{kg/cm}^2$$

El coeficiente “k” se halla,

$$k = \frac{1}{1 + \frac{1680 \text{ kg/cm}^2}{8.37 * 112}}$$
$$k = 0.36$$

Y finalmente el coeficiente “j”,

$$j = 1 - \frac{0.33}{3}$$
$$j = 0.88$$

Se cálculo el área de acero se conocen el momento máximo vertical como el momento máximo horizontal de 3032kg-cm, la fatiga de trabajo de 1680 kg/cm², el peralte efectivo de 17 cm y el coeficiente j de 0.88

Figura 30

Tabla de momentos horizontales del programa SAP

CaseType Text	StepType Text	F11 Kgfm	F22 Kgfm	F12 Kgfm	FMax Kgfm	FMin Kgfm	FAngle Degrees	FVM Kgfm	M11 Kgf-m/m	M22 Kgf-m/m
Combination	Min	-1232.42	-143.32	-439.06	0	0	0	0	-2570.5	-151.44
Combination	Min	-700.19	-187.74	-209.55	0	0	0	0	-2520.35	-499.39
Combination	Min	-695.86	-138.85	-7.21	0	0	0	0	-2513.48	-465.02
Combination	Min	-821.34	-208.79	-94.55	0	0	0	0	-2207.14	-481.05
Combination	Min	-814.03	-229.13	-143.52	0	0	0	0	-2205.23	-470.48
Combination	Min	-1379.39	-513.71	-55.68	0	0	0	0	-1933.36	-393.52
Combination	Min	-1472.51	-337.97	28.6	0	0	0	0	-1928.93	-374.02
Combination	Min	-3152.72	-902.55	60.71	0	0	0	0	-1852.2	-343.01
Combination	Min	-1301.16	-624.21	-460.51	0	0	0	0	-1848.98	-420.71
Combination	Min	-1285.35	-806.73	-396.93	0	0	0	0	-1848.4	-423.96
Combination	Min	-3148.01	-909.55	-956.4	0	0	0	0	-1844.89	-341.38
Combination	Min	-3196.94	-981.62	307.56	0	0	0	0	-1834.17	-252.84
Combination	Min	-4228.95	-1180.11	102.48	0	0	0	0	-1832.81	-119.8
Combination	Min	-1885.37	-408.5	-120.52	0	0	0	0	-1829.59	-83.97
Combination	Min	-3191.8	-982.59	-1375.94	0	0	0	0	-1826.97	-251.76

Elaborado por: los autores

Figura 31

Tabla de momentos verticales del programa SAP

CaseType Text	StepType Text	F11 Kgfm	F22 Kgfm	F12 Kgfm	FMax Kgfm	FMin Kgfm	FAngle Degrees	FVM Kgfm	M11 Kgf-m/m	M22 Kgf-m/m
Combination	Max	3297.02	15083.24	10221.49	0	0	0	0	1003.99	4178.68
Combination	Max	6705.56	15784.95	7798.04	0	0	0	0	1001.84	4178.85
Combination	Max	4613.43	3160.61	81.87	0	0	0	0	621.99	3099.67
Combination	Max	4150.12	3067.95	105.52	0	0	0	0	620.97	3099.47
Combination	Max	3410.14	2893.9	288.36	0	0	0	0	626.02	3099.26
Combination	Max	4144.69	3040.81	145.03	0	0	0	0	613.85	3096.77
Combination	Max	4598.32	3020.53	140.3	0	0	0	0	608.83	3026.63
Combination	Max	4584.88	3017.84	-71.23	0	0	0	0	603.68	3025.6
Combination	Max	2477.07	3185.4	380.51	0	0	0	0	612.26	3020.03
Combination	Max	3509.74	3391.93	544.79	0	0	0	0	606.08	3018.34
Combination	Max	2383.59	436.98	9013.75	0	0	0	0	499.78	2961.77
Combination	Max	-273.28	2884.74	61.35	0	0	0	0	488.9	2960.28
Combination	Max	1624.94	2658.09	1046.98	0	0	0	0	593.96	2879.13
Combination	Max	4253.59	3035.34	655.5	0	0	0	0	584.66	2877.84
Combination	Max	4615.77	3107.78	493.12	0	0	0	0	568.77	2874.66

Elaborado por: los autores

$$\text{Área de acero vertical} = \frac{4178.69 \text{ kg} - \text{cm}}{1680 \text{ kg/cm}^2 * 17 \text{ cm} * 0.88}$$

$$\text{Área de acero vertical} = 17.91 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área de acero horizontal} = \frac{2570.50 \text{ kg} - \text{cm}}{1680 \text{ kg/cm}^2 * 17\text{cm} * 0.88}$$

$$\text{Área de acero horizontal} = 10.32 \text{ cm}^2$$

Estas áreas se comparan con las áreas mínimas de acero,

$$\text{As mínimo} = 0.0015 * 100 * 20$$

$$\text{As mínimo} = 3\text{cm}$$

El acero para el diseño se consideró el área de acero calculada. Para el acero horizontal se utilizó 8 varillas de 1/2" teniendo un área de 10.32cm² y su distribución es cada 13 cm. Para el acero vertical se utilizó 9 varillas de 5/8" teniendo un área de 17.91cm² y su distribución es cada 10 centímetros.

e) Diseño de losa de fondo

Se conocen tanto el momento máximo vertical como el momento máximo horizontal de 3032kg-cm, la fatiga de trabajo de 1680 kg/cm², el peralte efectivo de 17 cm y el coeficiente j de 0.88.

Figura 32

Tabla de momento máximo del programa SAP

Element	FVM Kgf/m	M11 Kgf-m/m	M22 Kgf-m/m	M12 Kgf-m/m	MMax Kgf-m/m	MMin Kgf-m/m	MAngle Degrees	V13 Kgf/m	V23 Kgf/m	VMax Kgf/m	VAngle Degrees
1	0	0	1648.26	4312.72	804.47	0	0	2782.07	3202.14	0	0
2	0	0	1569.86	4297.05	79.85	0	0	5164.61	3081.72	0	0
3	0	0	1266.84	3159.75	275.53	0	0	2169.88	4792.43	0	0
4	0	0	1184.99	3143.38	-101.05	0	0	5305.5	4753.04	0	0
5	0	0	617.37	3125.76	0.83	0	0	24.88	1867.28	0	0
6	0	0	618.92	3124.05	13.75	0	0	-19.25	1865.71	0	0
7	0	0	619.54	3119.05	64.42	0	0	101.3	1867.71	0	0
8	0	0	615.97	3116.5	18.09	0	0	24.88	1853.68	0	0
9	0	0	615.28	3099.57	23.53	0	0	90.91	2014.23	0	0
10	0	0	612.75	3097.28	11.35	0	0	8.1	1975.01	0	0
11	0	0	608.66	3096.48	18	0	0	8.1	2006.54	0	0
12	0	0	614.55	3095.73	68.55	0	0	-31.53	2006.99	0	0
13	0	0	628.29	3065.16	10.55	0	0	-19.25	1903.78	0	0
14	0	0	600.86	3056.46	19.34	0	0	-83.79	1832.16	0	0
15	0	0	606	3038.66	94.04	0	0	101.3	1866.91	0	0

Elaborado por: los autores

$$\text{Área de acero} = \frac{4312.72 \text{ kg} - \text{cm}}{1680 \text{ kg/cm}^2 * 17 \text{ cm} * 0.88}$$

$$\text{Área de acero} = 17.15 \text{ cm}^2$$

Estas áreas se comparan con las áreas mínimas de acero,

$$\text{As mínimo} = 0.0015 * 100 * 20$$

$$\text{As mínimo} = 3 \text{ cm}$$

El acero para el diseño se consideró el área de acero calculada. Para el acero horizontal se utilizó 13 varillas de 1/2" teniendo un área de 16.77cm² y su distribución es cada 8 cm.

4.5.3. Diseño estructural de la cámara de cloración

Se partió de las dimensiones calculadas en el diseño hidráulico, como ancho de cámara, 0.85 metros; la altura de agua, 1.15 metros; borde libre, 0.20 metros; longitud de cámara, 1.50 metros; además de otros datos como peso específico del agua, 1000 kg/m³; se toma en cuenta un f_c de 175 kg/cm²; f_y de 4200 kg/cm² y un recubrimiento de 3 centímetros.

$$\text{Relacion} = \frac{\text{Base}}{\text{Altura de agua}}$$

$$\text{Relacion} = \frac{0.85}{1.15} = 0.74$$

Como el valor de 0.74 no se encuentra en la tabla 15, por lo tanto, se considera 0.75.

a) Cálculo de momentos

$$\text{Momentos en muro} = K * \text{peso esp del agua} * \text{altura de agua}^3$$

$$\text{Momentos en muro} = K * 1000 \text{ kg/m}^3 * (1.15 \text{ m})^3$$

Tabla 36

Coefficientes de relación $b/h = 0.75$

b/h	x/h	y = 0		y = b/4		y = b/2	
		Mx	My	Mx	My	Mx	My
0.75	0	0	0.004	0	0.001	0	-0.007
	1/4	0.001	0.008	0	0.002	-0.002	-0.011
	1/2	0.005	0.01	0.002	0.003	-0.003	-0.017
	3/4	0.007	0.007	0.003	0.003	-0.003	-0.013
	1	-0.024	-0.01	-0.015	-0.003	0	0

Fuente: Agüero Pittman (1997)

En la Tabla 36 se detallan los valores que se emplearán para el respectivo cálculo de momentos.

Teniendo los coeficientes, peso específico del terreno y altura, se multiplica, obteniendo los resultados detallados a continuación.

Tabla 37

Momentos en muros de cámara de cloro

B/(Ha+h)	x/h	y=0		y=B/4		y=B/2	
		Mx	My	Mx	My	Mx	My
0.75	0	0.00	6.08	0.00	1.52	0.00	-10.65
	1/4	1.52	12.17	0.00	3.04	-3.04	-16.73
	1/2	7.60	15.21	3.04	4.56	-4.56	-25.85
	3/4	10.65	10.65	4.56	4.56	-4.56	-19.77
	1	-36.50	-7.60	-22.81	-4.56	0.00	0.00

Elaborado por: los autores

b) Diseño del espesor de muro

Posteriormente se diseña el espesor de muro teniendo en cuenta el momento máximo calculado en la Tabla 37 siendo $-36.50 \text{ kg}\cdot\text{m}$.

$$\text{Esfuerzo de tracción por flexión} = 0.85 * \sqrt{f'c}$$

$$\text{Esfuerzo de tracción por flexión} = 0.85 * \sqrt{175}$$

$$\text{Esfuerzo de tracción por flexión} = 11.24 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Espesor de muro} = \sqrt{\frac{6 * M_{\text{máx}}}{\text{esfuerzo de tracción por flexión} * 100 \text{ cm}}}$$

$$\text{Espesor de muro} = \sqrt{\frac{6 * 36.50 * 100}{11.24 * 100}}$$

$$\text{Espesor de muro} = 4.22 \text{ cm}$$

Se asume un valor de 0.15 metros de espesor de muros.

c) Cálculo del área de acero

Los momentos máximos se pueden observar en la Tabla 37, siendo el momento máximo vertical -25.85 kg*m y el momento máximo horizontal -36.50 kg*m.

Se consideró 0.03 metros de recubrimiento.

$$\text{Peralte efectivo} = \text{Espesor} - \text{recubrimiento}$$

$$\text{Peralte efectivo} = 0.15 \text{ m} - 0.03 \text{ m}$$

$$\text{Peralte efectivo} = 0.12 \text{ m}$$

La fatiga de trabajo es considerada 1680 kg/cm².

$$n = \frac{2100}{15 * \sqrt{f'c}}$$

$$n = \frac{2100}{15 * \sqrt{175}}$$

$$n = 10.58$$

$$f_c = 0.4 * f'c$$

$$f_c = 0.4 * 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 70 \text{ kg/cm}^2$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\text{fatiga de trabajo}}{n * f_c}}$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{1680}{10.58 * 70}}$$

$$k = 0.31$$

$$j = 1 - \frac{k}{3}$$

$$j = 0.0898$$

$$\text{Área de acero vertical} = \frac{\text{Momento máximo vertical}}{\text{fatiga de trabajo} * \text{pertalte efectivo} * j}$$

$$\text{Área de acero vertical} = \frac{25.85 \text{ kg} * \text{m}}{1680 \text{ kg/cm}^2 * 0.12 \text{ m} * 0.898}$$

$$\text{Área de acero vertical} = 0.14 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área de acero horizontal} = \frac{\text{Momento máximo horizontal}}{\text{fatiga de trabajo} * \text{pertalte efectivo} * j}$$

$$\text{Área de acero horizontal} = \frac{36.50 \text{ kg} * \text{m}}{1680 * 0.12 \text{ m} * 0.898}$$

$$\text{Área de acero horizontal} = 0.20 \text{ cm}^2$$

$$\text{As mínimo} = p * 100 * \text{espesor}$$

$$\text{As mínimo} = 0.0015 * 100 \text{ cm} * (0.15 * 100) \text{ cm}$$

$$\text{As mínimo} = 2.25 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, para el diseño se considera el área de acero mínimo. Teniendo en cuenta lo anterior vemos conveniente emplear acero en ambos sentidos de 3/8" de diámetro, teniendo un área considerable de 2.84 cm².

d) Cálculo del espaciamiento

Para el espaciamiento se divide el área acero entre el área considerable. (Agüero Pittman, 1997)

Para el espaciamiento se divide en área de acero de 3/8", siendo 0.71 cm² entre el área considerable.

$$\text{Espaciamiento} = \frac{0.71}{2.84} \text{ cm}$$

$$\text{Espaciamiento} = 0.25 \text{ m}$$

e) Diseño de losa de fondo

Para el cálculo se debe conocer la longitud de zona de digestión, siendo 1.50 metros y el espesor de muro asumido, siendo 0.15 metros.

Peso = w esp del concreto * espesor + peso esp del agua * altura de agua

$$\text{Peso} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.15 \text{ m} + 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1.15 \text{ m}$$

$$\text{Peso} = 1510 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Momento de empotramiento} = \frac{- \text{Peso} * \text{Longitud}^2}{192}$$

$$\text{Momento de empotramiento} = \frac{-1510 * 1.15^2}{192}$$

$$\text{Momento de empotramiento} = -17.83 \text{ kg} * \text{m}$$

$$\text{Momento en el centro} = \frac{- \text{Peso} * \text{Longitud}^2}{384}$$

$$\text{Momento en el centro} = \frac{- 1510 * 1.15^2}{384}$$

$$\text{Momento en el centro} = -8.91 \text{ kg} * \text{m}$$

Para momento en el empotramiento

$$= \text{coeficiente} * \text{momento de empotramiento}$$

$$\text{Para momento en el empotramiento} = 0.529 * (-17.83)$$

$$\text{Para momento en el empotramiento} = -8.91 \text{ kg} - \text{m}$$

Para momento en el centro = coeficiente * momento en el centro

$$\text{Para momento en el centro} = 0.0513 * -8.91$$

$$\text{Para momento en el centro} = -0.46 \text{ kg} - \text{m}$$

El mayor momento abs. es 8.91 kg-m.

$$\text{Espesor de losa} = \sqrt{\frac{6 * M_{\text{máx}}}{\text{esfuerzo de tracción por flexión} * 100 \text{ cm}}}$$

$$\text{Espesor de losa} = \sqrt{\frac{6 * 8.91 * 100}{12.32 * 100}}$$

$$\text{Espesor de losa} = 2.08 \text{ cm}$$

Se asume el espesor de 0.15 metros; por lo tanto, se tiene un peralte efectivo de 0.12 metros.

f) Cálculo del área de acero

$$\text{Área de acero} = \frac{\text{Momento máximo absoluto}}{\text{fatiga de trabajo} * \text{peralte efectivo} * j}$$

$$\text{Área de acero} = \frac{8.91 \text{ kg} * \text{m}}{1680 \text{ kg/cm}^2 * 0.12 \text{ m} * 0.898}$$

$$\text{Área de acero} = 0.05 \text{ cm}^2$$

$$\text{As mínimo} = p * 100 * \text{espesor}$$

$$\text{As mínimo} = 0.0015 * 100 \text{ cm} * (0.15 * 100) \text{ cm}$$

$$\text{As mínimo} = 2.25 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, para el diseño se considera el área de acero mínimo en ambas direcciones. Teniendo en cuenta lo anterior vemos conveniente emplear acero de 3/8" de diámetro, teniendo un área de 2.84 cm².

g) Cálculo del espaciamiento.

Para el espaciamiento vertical se divide el área del acero de 3/8", siendo 0.71 cm² entre el área considerable.

$$\text{Espaciamiento} = \frac{0.71}{2.84} \text{ cm}$$

$$\text{Espaciamiento} = 0.25 \text{ m}$$

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Levantamiento topográfico

Se determinaron los límites del Centro Poblado Espinal, siendo los descritos a continuación:

- Por el Norte: Centro Poblado Alto Espinal
- Por el Sur: Rio Zaña
- Por el Este: Centro poblado El Conde
- Por el Oeste: Centro Poblado El Seis.

En la Tabla 38 se exponen las coordenadas de cada una de las viviendas existentes en el Centro Poblado Espinal.

Tabla 38*Coordenadas de las viviendas en el Centro Poblado Espinal*

SECTOR EL ESPINAL			28	698651.50	9245873.46
N° LOTE	COORDENADAS		29	698650.37	9245866.81
	ESTE	NORTE	30	698649.19	9245860.45
1	698880.83	9246256.19	31	698648.83	9245856.49
2	698876.70	9246247.75	32	698647.85	9245851.71
3	698881.02	9246201.47	33	698646.85	9245845.44
4	698866.23	9246193.51	34	698633.92	9245836.67
5	698750.67	9246071.58	35	698628.37	9245837.05
6	698748.91	9246077.75	36	698624.81	9245837.31
7	698747.75	9246079.20	37	698620.99	9245837.60
8	698741.47	9246087.13	38	698615.49	9245837.99
9	698740.11	9246088.95	39	698613.34	9245838.29
10	698734.58	9246096.43	40	698605.60	9245838.84
11	698729.05	9246103.62	41	698602.08	9245839.09
12	698725.59	9246108.01	42	698597.45	9245839.40
13	698714.97	9246106.83	43	698593.97	9245839.70
14	698706.24	9246100.15	44	698589.29	9245840.10
15	698681.52	9246057.16	45	698585.55	9245840.36
16	698689.13	9246057.36	46	698579.55	9245841.09
17	698718.72	9246058.02	47	698571.20	9245841.68
18	698720.18	9245887.91	48	698565.66	9245841.94
19	698717.61	9245884.98	49	698560.82	9245841.85
20	698707.54	9245872.69	50	698555.98	9245843.00
21	698702.04	9245866.92	51	698552.12	9245843.15
22	698693.29	9245864.01	52	698547.55	9245843.54
23	698684.87	9245867.31	53	698540.52	9245844.03
24	698680.64	9245868.65	54	698535.94	9245844.40
25	698676.45	9245870.31	55	698527.21	9245845.14
26	698666.64	9245874.08	56	698524.20	9245845.73
27	698658.54	9245877.25	57	698520.76	9245845.86

58	698513.22	9245846.42	91	698464.38	9245764.12
59	698494.22	9245848.02	92	698503.62	9245804.52
60	698491.42	9245848.35	93	698511.39	9245804.07
61	698483.01	9245849.10	94	698513.32	9245803.59
62	698473.36	9245850.20	95	698517.99	9245802.55
63	698466.50	9245850.97	96	698522.36	9245801.72
64	698454.68	9245852.21	97	698529.87	9245801.17
65	698444.03	9245853.41	98	698535.60	9245800.87
66	698440.28	9245853.81	99	698537.35	9245800.76
67	698435.62	9245854.39	100	698544.19	9245800.12
68	698421.76	9245855.51	101	698545.52	9245800.45
69	698416.73	9245855.91	102	698551.28	9245799.93
70	698407.11	9245857.22	103	698552.38	9245799.82
71	698402.23	9245857.32	104	698556.00	9245799.02
72	698394.35	9245858.32	105	698567.78	9245795.96
73	698391.58	9245858.52	106	698573.36	9245795.06
74	698386.24	9245859.12	107	698580.66	9245794.34
75	698378.33	9245860.19	108	698585.40	9245793.59
76	698371.72	9245861.10	109	698588.87	9245792.35
77	698354.88	9245853.89	110	698595.77	9245790.95
78	698360.36	9245840.79	111	698599.23	9245789.86
79	698358.63	9245834.74	112	698603.62	9245789.02
80	698356.52	9245827.54	113	698607.73	9245788.23
81	698352.59	9245813.91	114	698613.36	9245786.96
82	698349.37	9245803.75	115	698616.20	9245786.26
83	698355.52	9245791.97	116	698621.17	9245784.82
84	698375.15	9245786.51	117	698628.19	9245782.69
85	698404.40	9245778.65	118	698631.42	9245782.48
86	698412.47	9245776.35	119	698637.44	9245782.17
87	698419.78	9245774.25	120	698644.74	9245777.36
88	698430.18	9245770.41	121	698655.12	9245824.15
89	698436.77	9245768.76	122	698665.56	9245823.00
90	698440.63	9245767.82	123	698677.01	9245821.95

124	698685.32	9245821.26
125	698684.58	9245832.23
126	698695.94	9245848.87
127	698699.00	9245851.68
128	698704.79	9245857.81
129	698712.06	9245865.66
130	698717.59	9245871.69
131	698723.85	9245878.73
132	698739.30	9245900.65
133	698507.69	9245794.28
134	698520.00	9245793.18
135	698528.28	9245792.13
136	698539.36	9245790.83
137	698545.79	9245790.02
138	698554.59	9245757.03
139	698555.77	9245765.12
140	698551.86	9245740.79
141	698551.76	9245733.22
142	698560.49	9245724.45
143	698560.63	9245743.77
144	698560.34	9245748.20
145	698560.06	9245760.04
146	698565.87	9245787.68
147	698576.40	9245786.43
148	698578.45	9245786.23
149	698587.78	9245784.98
150	698591.19	9245784.49
151	698596.16	9245783.90
152	698605.36	9245779.07
153	698617.19	9245781.24

Elaborado por: los autores

Además, se determinó que la distancia del centro poblado a la PTAR es de 457.97 metros.

En el Anexo 2 se pueden apreciar los cálculos de las elevaciones y el plano de perfiles longitudinales.

Como se puede observar en las curvas de nivel y en los perfiles longitudinales, la altitud más alta del Centro Poblado Espinal es 418.21 m.s.n.m, la cual se encuentra frente al campo deportivo.

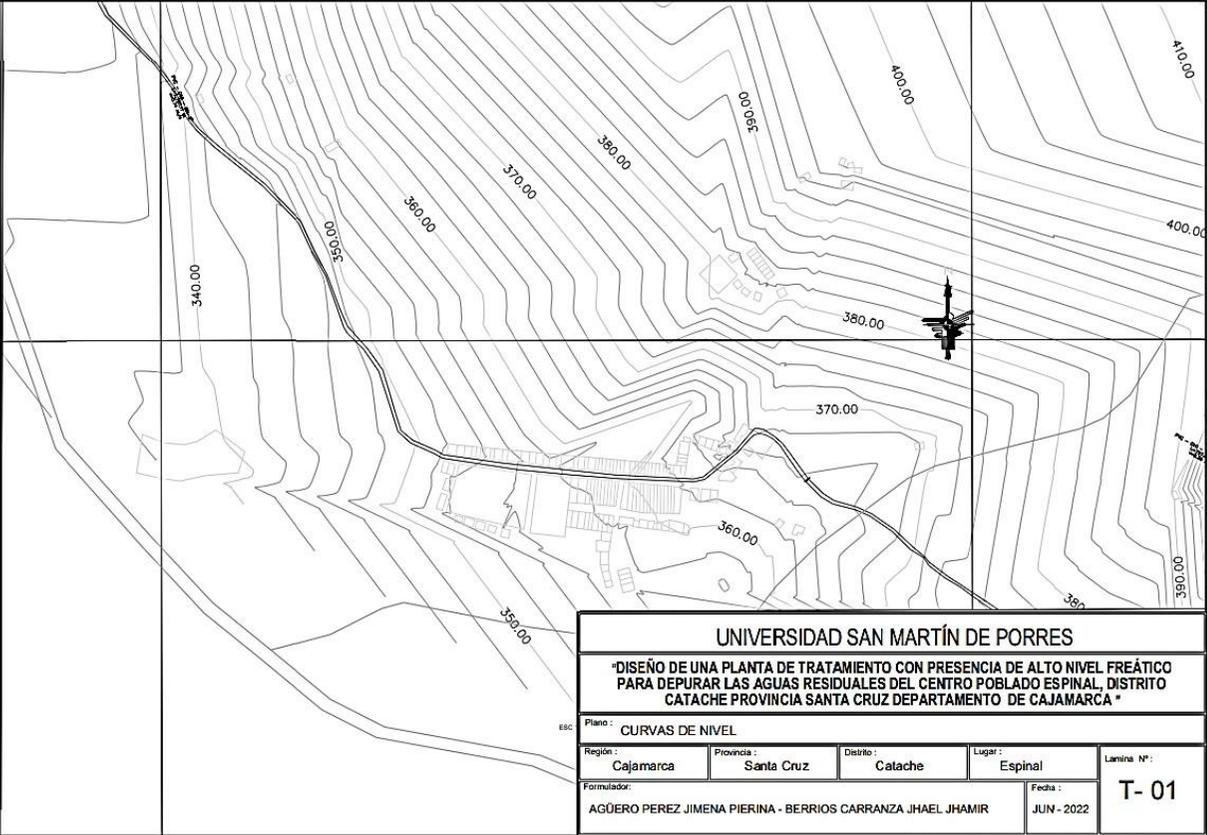
Asimismo, la altitud del parque central del Centro Poblado Espinal es de 365.68 m.s.n.m.

Cabe resaltar que, donde se proyecta realizar la PTAR, presenta una altitud de 339.28 m.s.n.m.

Como se expresa en la Figura 33, las elevaciones halladas al realizar el levantamiento topográfico del proyecto son detalladas.

Figura 33

Curvas de nivel



Elaborado por: los autores

5.2. Proyección de la población

Se consideró una proyección de 23 años ya que la norma OS. 090 estipula que el periodo de diseño de una PTAR debe oscilar entre los 20 a los 30 años.

La población proyectada resultante fue de 691 habitantes proyectados al año 2045.

Se obtuvo una tasa de crecimiento poblacional del 3.76%.

A continuación, se aprecia el número de habitantes del Centro Poblado Espinal entre los años 2015 y 2045, donde los dos primeros años son datos emitidos por el INEI; siguiendo los valores hallados por los cálculos de la proyección poblacional.

Tabla 39

Cantidad de habitantes en la localidad del Espinal según la proyección de la población

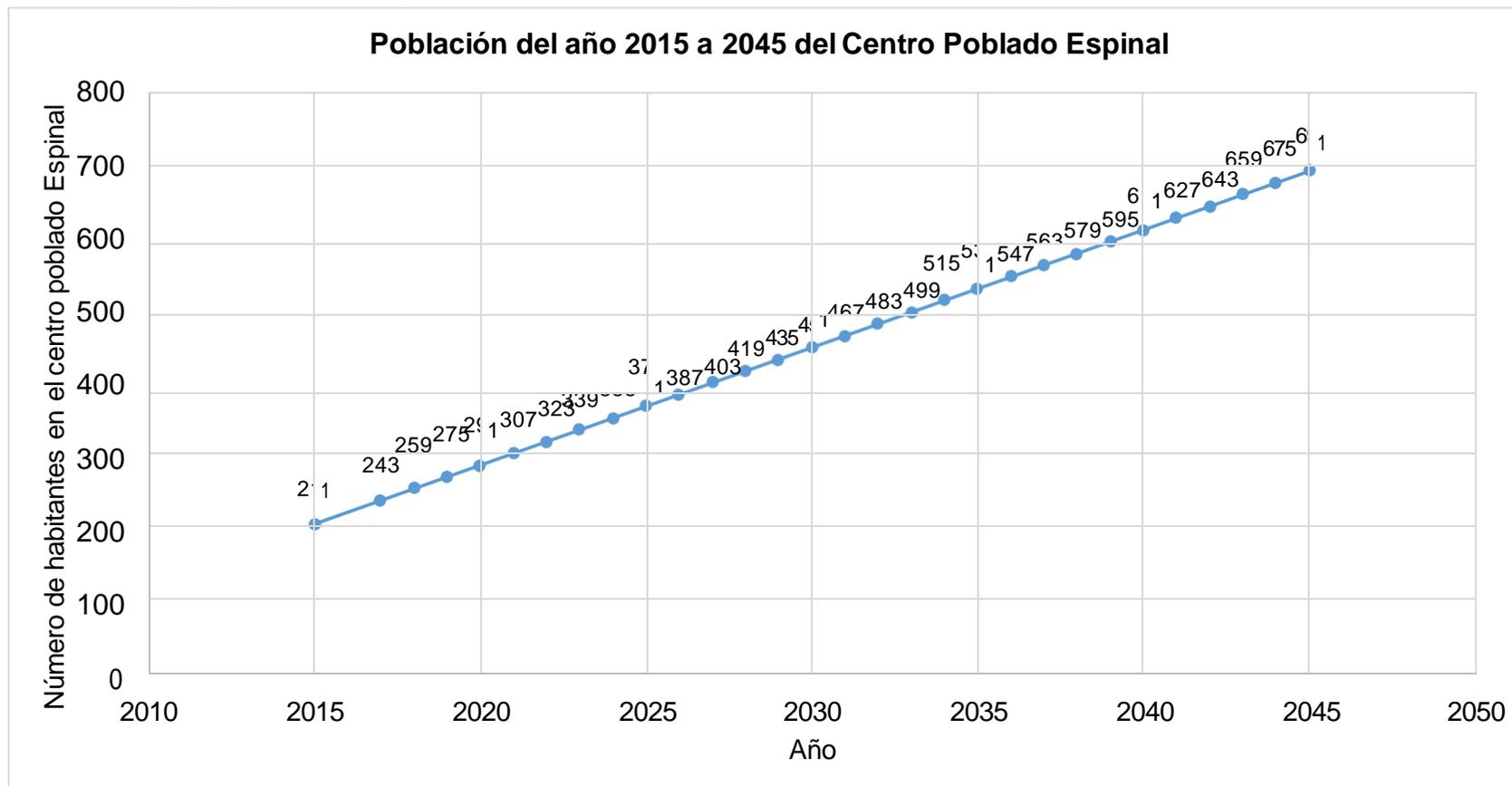
Año	Cantidad de habitantes en la localidad del Espinal
2015	211
2017	243
2018	259
2019	275
2020	291
2021	307
2022	323
2023	339
2024	355
2025	371
2026	387
2027	403

2028	419
2029	435
2030	451
2031	467
2032	483
2033	499
2034	515
2035	531
2036	547
2037	563
2038	579
2039	595
2040	611
2041	627
2042	643
2043	659
2044	675
2045	691

Elaborado por: los autores

Figura 34

Gráfica de la proyección de la población



Elaborado por: los autores

Como se puede apreciar en la Figura 34, se presenta la gráfica que representa a la proyección de la población del Centro Poblado Espinal desde el año 2015 hasta el año 2045.

5.3. Estudio de mecánica de suelos (EMS)

Según la clasificación S.U.C.S: la muestra es GC, siendo grava arcillosa.

Según la clasificación AASHTO: la muestra es A-2-6 (0), siendo una grava y arena limoarcillosa.

Durante el tiempo de excavación se ubicó la existencia de la capa freática a 2.80 metros.

En el Anexo 3, se observa que, en el EMS brindado por el laboratorio, la capacidad portante, resultante del ensayo de corte directo es de 1.10 kg/cm².

Tabla 40

Registro de perforaciones del EMS

REGISTRO DE PERFORACIONES				
COTA	PROFUNDIDAD	SÍMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO ESTRATO	OBSERVACIONES
	Mts	MUESTRA		
	0			
		RELLENO		Material de relleno no calificado
	0.2			
		M-1		Grava arcillosa de mediana plasticidad, compacta, de color marrón claro con piedras angulares de $\varnothing > 1^\circ$ -Límite líquido: 33.71% Índice de plasticidad: 16.38% % Sales: 0.12% Corte directo: Cimentación contigua 1.10 kg/cm ² Cimentación aislada 1.34 kg/cm ²
	2.8			Profundidad de muestra: 2.80 m Durante el tiempo de excavación se ubicó la existencia de la napa freática

Fuente: EMS emitido por el laboratorio de la empresa "Amazing", 2022

La Tabla 40, brindada por el EMS realizado por el laboratorio de la empresa “Amazing”, muestra el registro de perforaciones, donde se puede apreciar que la calicata contaba con 20 centímetros de relleno y tuvo una profundidad de 2.80 metros presentando solo un estrato.

Tabla 41

Humedad natural y determinación de la sal

HUMEDAD NATURAL	
Calicata – muestra	C1-M1
Sondaje	
Profundidad	0.2-2.80
N° recipiente	20
1. Peso suelo húmedo + recipiente	77.26
2. Peso suelo seco + recipiente	73.57
3. Peso de agua	2.62
4. Peso recipiente	19.26
5. Peso suelo seco	54.31
6. Porcentaje de humedad	6.79%
DETERMINACIÓN DE LA SAL	
Calicata – muestra	C1-M1
Sondaje	
Profundidad	0.20-2.50
N° recipiente	25
(1) Peso de tarro	18.05
(2) Peso de tarro + agua+ sal	34.15
(3) Peso tarro seco + sal	18.07
(4) Peso sal (3-1)	0.02
(5) Peso de agua (2-3)	16.08
(6) Porcentaje de sal	0.12%

Fuente: EMS emitido por el laboratorio de la empresa “Amazing”, 2022

La Tabla 41 muestra el valor de humedad natural de 6.79% y el porcentaje de sal de 0.12%

Tabla 42

Análisis granulométrico por tamizado

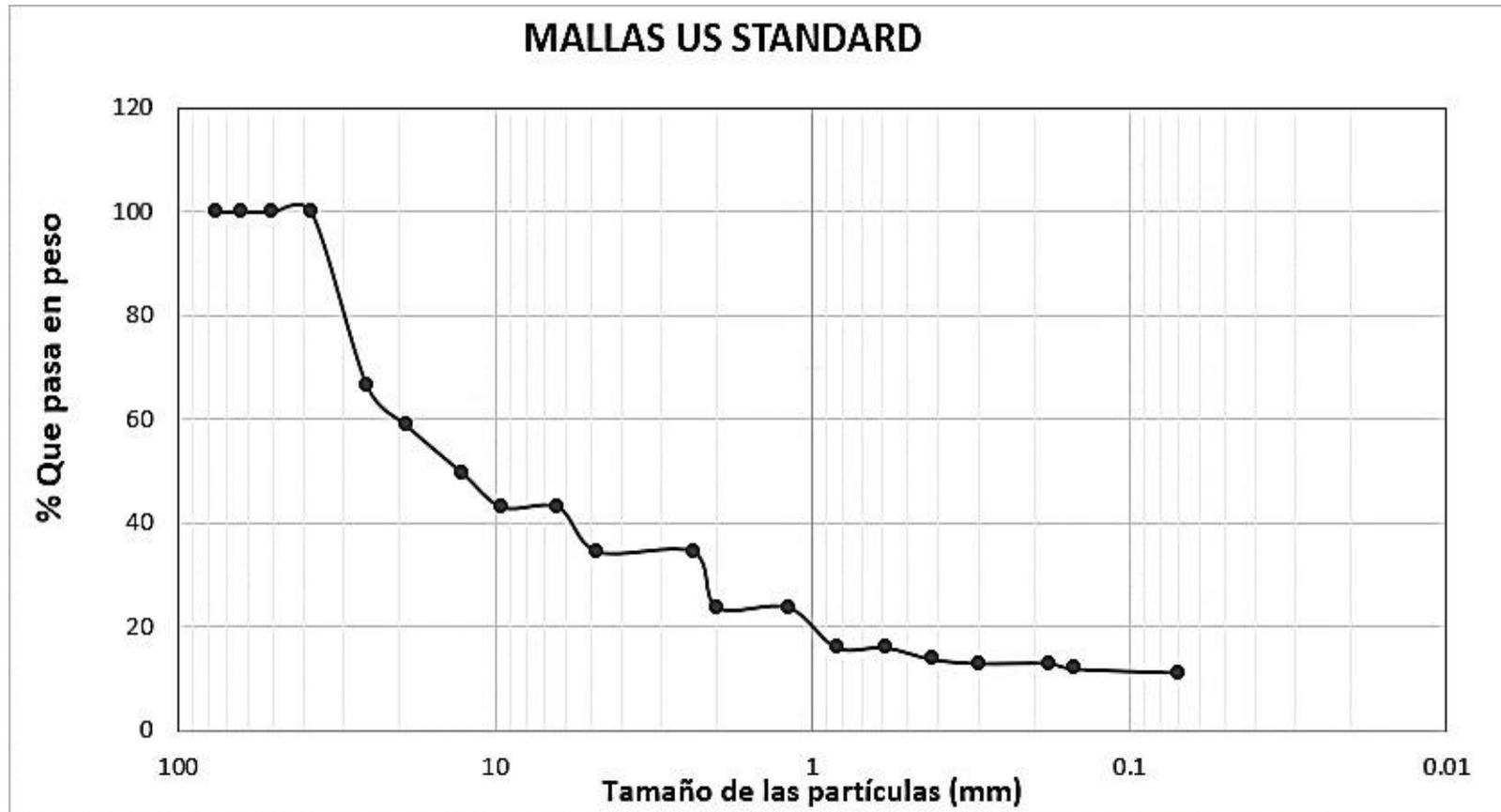
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						CLASIFICACIÓN SUCS
Abertura de malla	Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa		
pulg.	mm					
3"	76.2					GC; gravas arcillosas, mezcla de grava, arena y arcilla
2 1/2"	63.5					
2"	50.8					
1 1/2"	38.1	---	---	---	100	LL: 33.71
1"	25.4	167.42	33.48	33.48	66.52	L.P: 16.38
3/4"	19.05	38.36	7.67	41.15	58.85	I.P: 17.33
1/2"	12.7	45.8	9.16	50.31	49.69	CLASIFICACIÓN
3/8"	9.53	32.63	6.53	56.84	43.16	AASHTO: A-2-6 (0)
1/4"	6.35	---	---	---	43.16	
N° 04	4.76	42.95	8.59	65.43	34.57	
N° 08	2.38	---	---	---	34.57	
N° 10	2	53.74	10.75	76.18	23.82	OBSERVACIONES:
N° 16	1.19	---	---	---	23.82	
N° 20	0.84	38.69	7.74	83.92	16.08	Profundidad: 0.20 - 2.80 m

N° 30	0.59	---	---	---	16.08		
N° 40	0.42	11.36	2.27	86.19	13.81		
N° 50		0.3		3.85	0.77	86.96	13.04
N° 80		0.18		---	---	---	13.04
N° 100		0.15		5.31	1.06	88.02	11.98
N° 200		0.07		3.85	0.77	88.79	11.21
<N° 200				56.0	11.21	100	0
				4			
Peso inicial		500					

Fuente: EMS emitido por el laboratorio de la empresa "Amazing", 2022

Figura 35

Curva granulométrica



Fuente: EMS emitido por el laboratorio de la empresa "Amazing", 2022

En la Tabla 42 se puede apreciar el análisis granulométrico el cual se realizó a través del método del tamizado, donde la muestra de suelo pasó entre los tamices de 3” hasta la malla número 200, para que posteriormente se realice la curva granulométrica mostrada en la Figura 35.

Tabla 43

Resultados de los límites de Atterberg

Límites de Atterberg	
Límite líquido	33.71
Límite plástico	16.38
Índice de Plasticidad	17.33

Fuente: EMS emitido por el laboratorio de la empresa “Amazing”, 2022

En la Tabla 43 se aprecia lo obtenido de los límites de Atterberg. Resultando un límite líquido de 33.71, límite plástico de 16.38 e índice de plasticidad de 17.33.

Tabla 44*Resultados del ensayo de corte directo*

ENSAYO DE CORTE DIRECTO								
N° DE ESPÉCIME N	PESO VOLUMÉTRICO SECO (gr/cm ³)	ESFUERZO NORMAL (kg/cm ²)	PROPOR CIÓN DE ESFUER ZOS (t/S)	HUMEDAD NATURAL (%)	ESFUER ZO DE CORTE (kg/cm ²)	HUMEDAD SATURADA (%)	PESO VOLUMÉTRI CO NATURAL (gr/cm ³)	PESO VOLUMÉTRI CO SATURADO (gr/cm ³)
1	1.688	0.5	1.16	4.26	0.581	28.76	1.76	2.173
2	1.684	1	0.76	4.29	0.732	28.88	1.756	2.17
3	1.683	1.5	0.59	4.71	0.882	28.5	1.762	1.163

Fuente: EMS emitido por el laboratorio de la empresa "Amazing", 2022

Como se puede apreciar en la Tabla 44, se exponen los resultados del ensayo de corte directo realizado por el laboratorio de la empresa “Amazing”.

Concluyendo que como se visualiza en la Tabla 45, la capacidad portante es 1.10 kg/cm², valor utilizado para el cálculo de la cuantía de acero en el diseño estructural.

Tabla 45

Resultado de la capacidad portante

PROFUNDIDAD EN METROS	CAPACIDAD PORTANTE (kg/cm²)
1.20m	1.1

Fuente: EMS emitido por el laboratorio de la empresa “Amazing”.

5.4 Diseño hidráulico

El Q medio es 0.576 lt/s.

El Q máximo horario es 1.152 lt/s.

El Q de diseño calculado es 2.02 lt/s.

5.4.1. Canal de entrada

Se definió una sección rectangular de cielo abierto, con base de 0.30 metros y 0.36 metros de altura, considerando 0,20 metros para que dicho canal no rebalse al trabajar.

Ancho: 0.30 metros.

Altura: 0.36 metros.

5.4.2. Cámara de rejas

Las barras utilizadas en el diseño son 8 y de material de acero con 15 milímetros de espesor, teniendo un espaciamiento de 20 milímetros entre cada una de las barras.

La base de la cámara de rejas es de 0.30 metros, con una pendiente de 0.44%.

También se realizó el diseño del baipás con un ancho de 0.40 metros y 2.30 metro de largo.

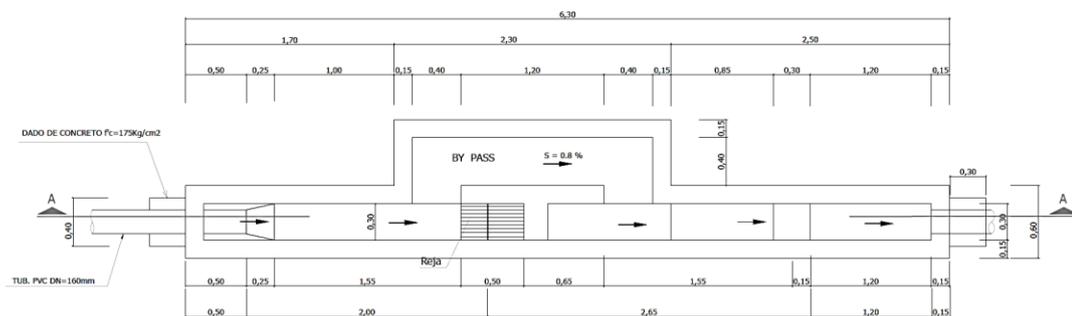
5.4.3. Desarenador

El desarenador presenta una base de 0.30 metros y un largo de 2.50 metros, el cual incluye un 25% adicional de la longitud calculada tanto a la salida como a la entrada del desarenador para evitar turbulencias.

Ancho: 0.30 metros.

Largo: 2.50 metros.

Figura 36

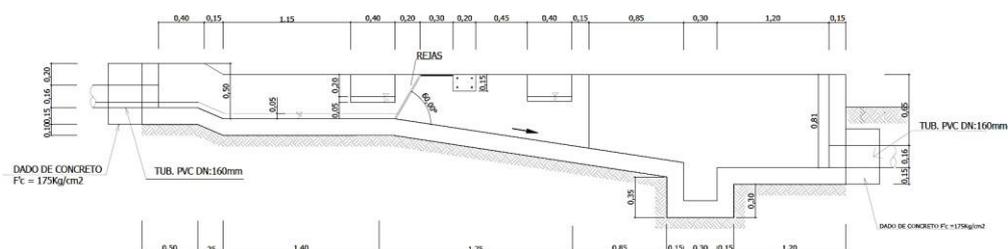


Vista en planta del canal de acceso, cámara de rejas y desarenador

Elaborado por: los autores

Figura 37

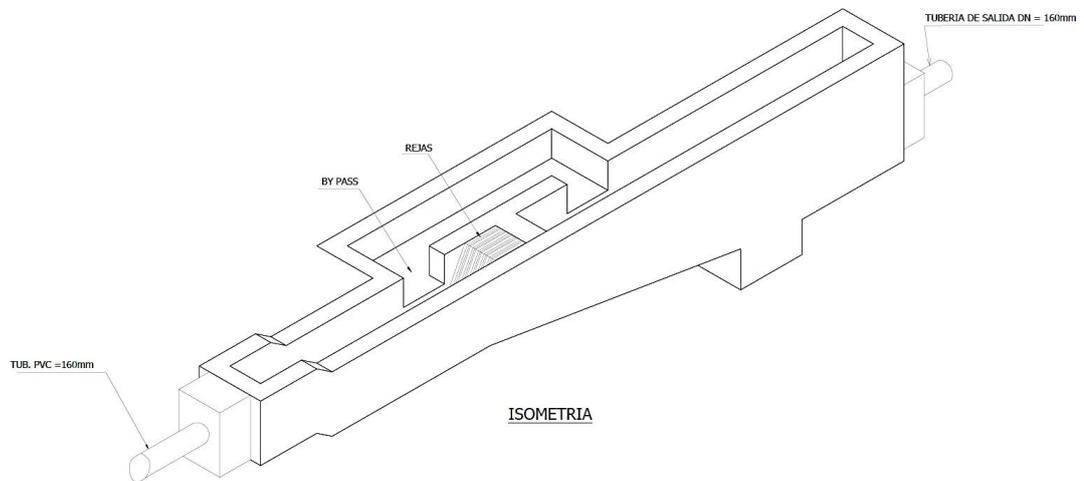
Vista de la sección transversal del canal de acceso, cámara de rejas y desarenador



Elaborado por: los autores

Figura 38

Isométrico del canal de acceso, cámara de rejas y desarenador.



Elaborado por: los autores

En la Figura 36, Figura 37 y Elaborado por: los autores

Figura 38, se pueden apreciar las dimensiones calculadas por el diseño hidráulico.

5.4.4. Biorreactor con membrana sumergida

Las dimensiones del biorreactor fueron:

Ancho: 1.80 metros.

Largo: 10.00 metros.

Altura: 2.80 metros.

Las dimensiones del módulo de las membranas fueron:

Ancho: 0.80 metros.

Altura: 2.20 metros.

Espesor: 0.55 metros.

Se emplearon 6 membranas sumergidas de placa plana de material PVDF, las cuales tienen un flujo de permeado (J) de 28 L/m².h.

Área de superficie efectiva: 45 m².

Tamaño de poro nominal: 0.04 µm.

Largo: 571 milímetros.

Ancho: 45 milímetros.

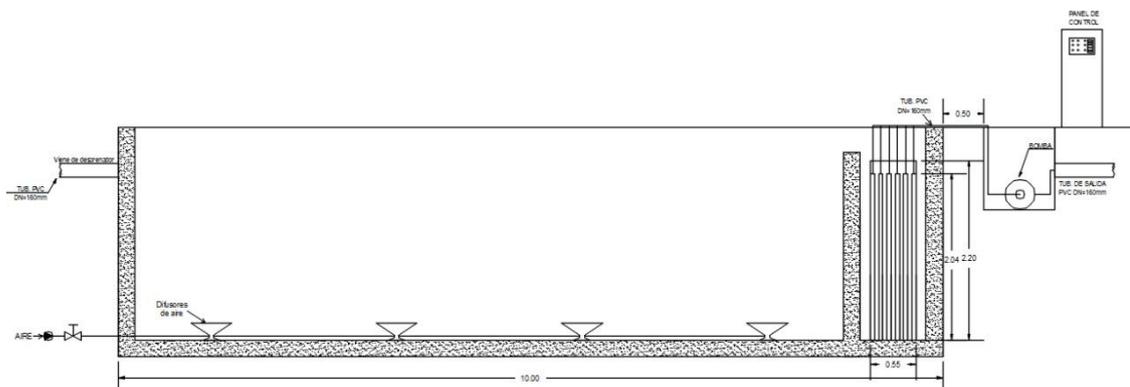
Altura: 2040 milímetros.

Se calcularon también la cantidad de difusores de aire a utilizar, que fueron de 8 unidades, el tipo de difusores fueron ABS Nopon sistema de difusores de disco.

Rango de flujo de aire suministrado: 1.5 – 1 m³ por hora y unidad, además de tener un caudal suministrado de 10 m³/hr.

Figura 39

Corte longitudinal del biorreactor con membrana sumergida

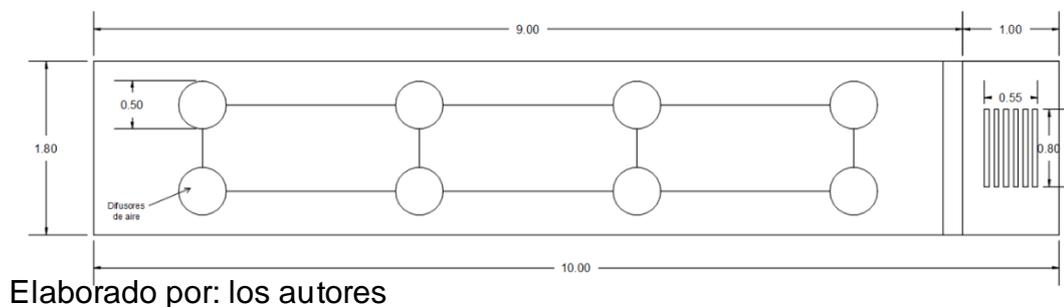


Elaborado por: los autores

También, se emplearon dos electrobombas una la cual cumplirá la función de succión, permitiendo ejercer presión que permitirá que el agua filtre por las membranas, esta bomba será de 0.5HP, por otro lado, se empleará otra bomba de 1HP, que se encargará de la limpieza del biorreactor y módulo de membranas, empleando el agua de la cámara de cloración.

Figura 40

Vista planta del biorreactor con membrana sumergida



5.4.5. Cámara de cloración

La cámara de cloración se diseñó teniendo en cuenta el tiempo de retención hidráulica de 25 minutos, calculando un ancho de 0.85 m, un largo de 1.50 m y una altura de 1.35 m.

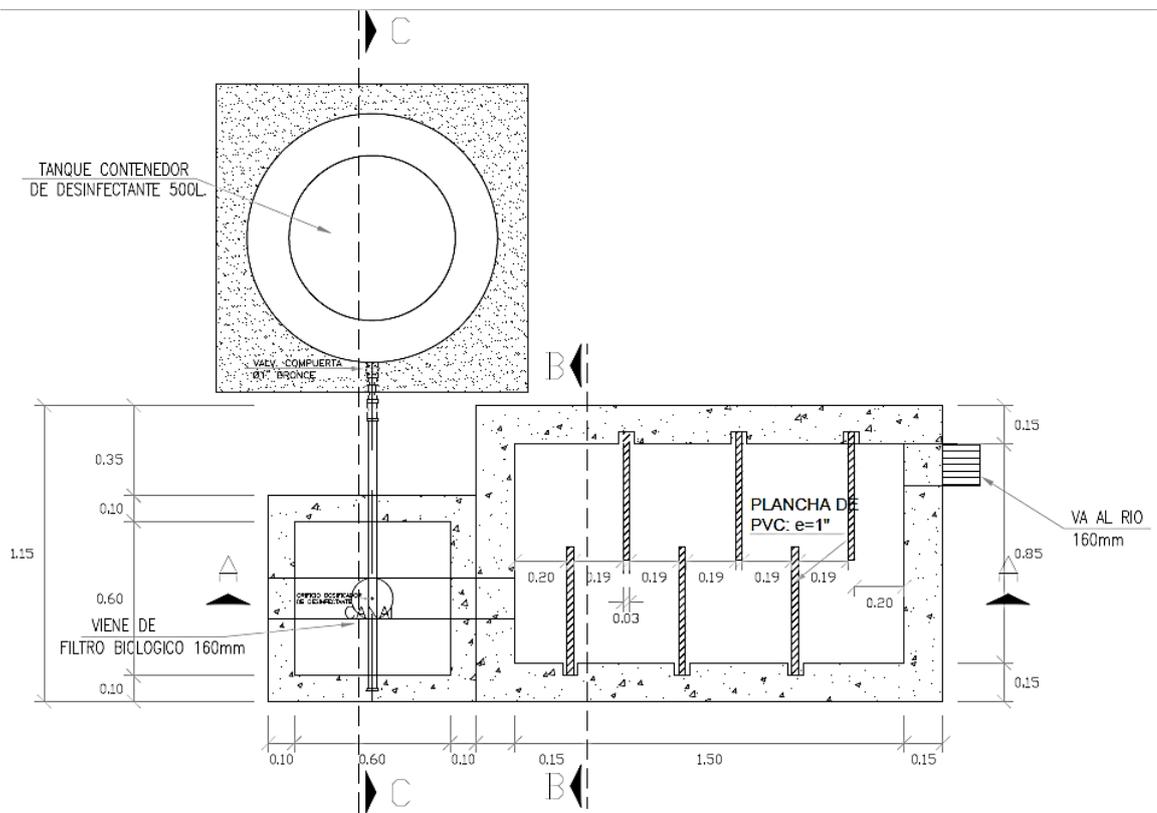
Ancho: 0.85 m.

Largo: 1.50 m.

Altura: 1.35 m.

Figura 41

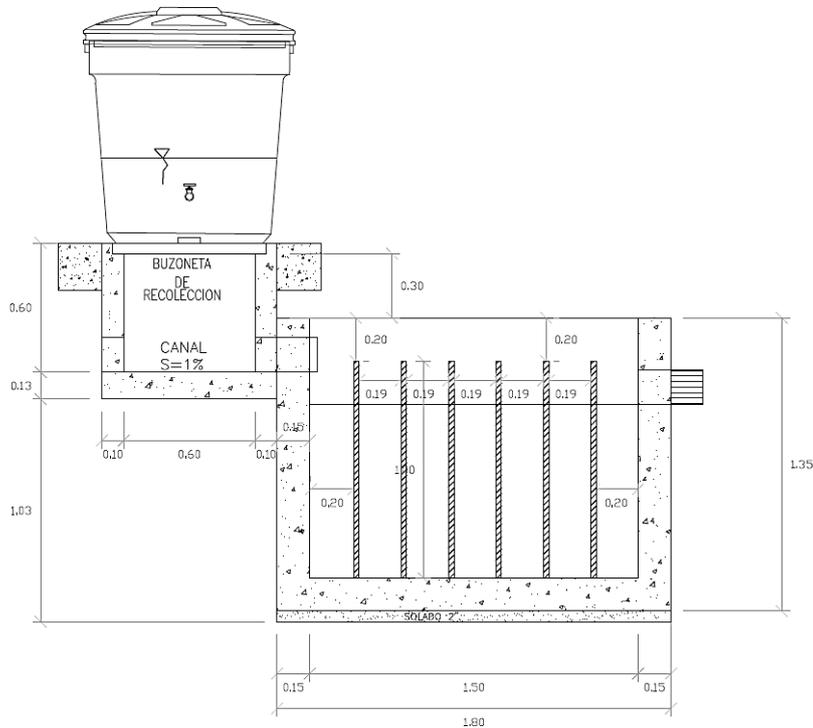
Vista en planta de la cámara de cloración



Elaborado por: los autores

Figura 42

Vista de la sección transversal de la cámara de cloración.



Elaborado por: los autores

En la Figura 41, Figura 42 se pueden apreciar las dimensiones calculadas de la cámara de cloración por el diseño hidráulico.

5.5. Diseño estructural

5.5.1. Canal de entrada, cámara de rejas y desarenador

En la Tabla 46 se exponen los resultados de los cálculos del diseño estructural; donde se pueden apreciar los valores de los momentos, espesor útil, área de acero, cuantía mínima y número de acero con su respectivo diámetro.

Tabla 46

Resultados del diseño estructural del canal de entrada, cámara de rejas y desarenador

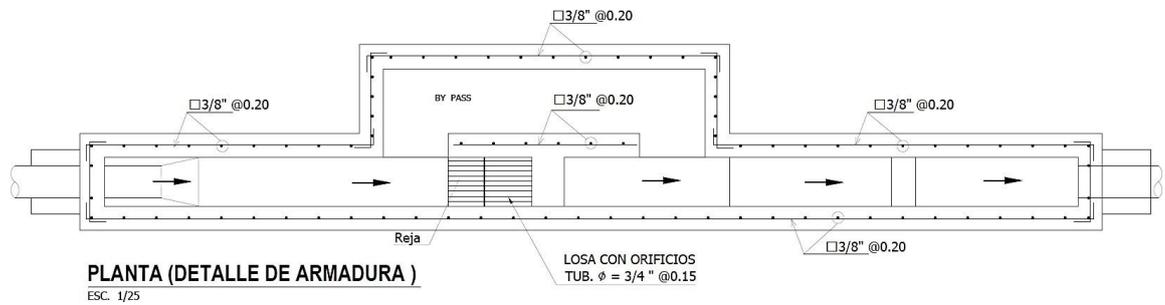
Diseño estructural del canal de entrada cámara de rejas y desarenador			
Descripción	Pared		Losa fondo
	Vertical	Horizontal	
Momentos (Kg*m)	0.593	0.407	-10.839
Espesor útil (cm)	10	10	10
fs (kg/cm ²)	1680	1680	1680
N	10.583	10.583	10.583
K	0.306	0.306	0.306
J	0.898	0.898	0.898
Área de acero (cm ²)	0.0039	0.0027	0.0718
C	0.0022	0.0022	0.0022
b (cm)	100	100	100
e (cm)	15	15	15
Cuantía mínima (cm ²)	3.31	3.31	3.31
Área de acero 3/8 (cm ²)	0.71	0.71	0.71
As (cm ²)	3.55	3.55	3.55
As mín (cm ²)	-	-	-
Distribución (3/8) @ cm	20	20	20

Elaborado por: los autores

En la cámara de rejas y desarenador se calculó acero de 3/8" en las paredes y en la losa de fondo en ambos sentidos.

Figura 43

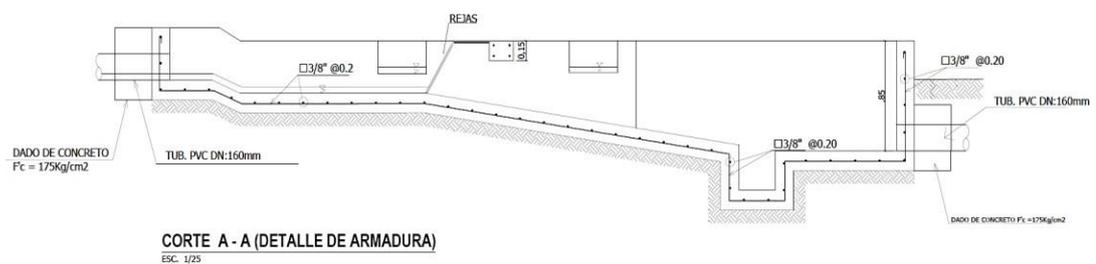
Vista en planta de la distribución de acero del canal de entrada, cámara de rejas y desarenador



Elaborado por: los autores

Figura 44

Vista de la sección transversal de la distribución de acero del canal de entrada, cámara de rejas y desarenador



Elaborado por: los autores

En la Figura 43 y Figura 44 se puede apreciar la distribución de acero calculado.

5.5.2. Biorreactor con membrana sumergida

Los resultados del diseño estructural del biorreactor de membrana sumergida se presentan a continuación, donde se pueden apreciar los momentos flectores, espesor útil, área de acero, cuantía mínima y número de acero con su respectivo diámetro.

Tabla 47

Resultados del diseño estructural del biorreactor de membrana sumergida

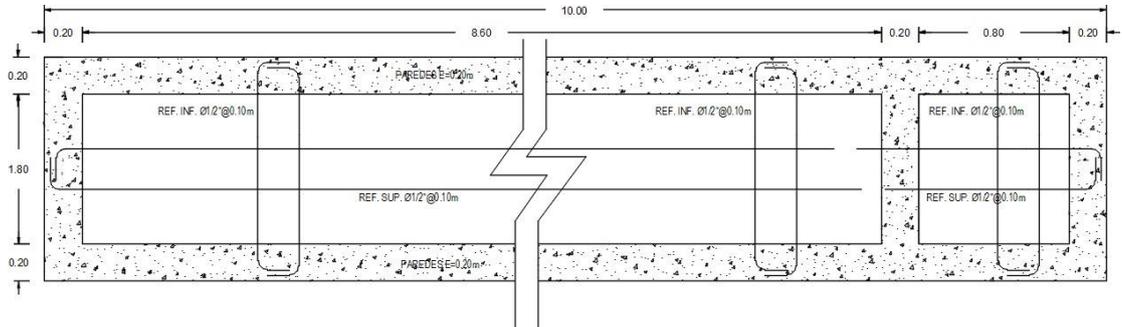
DESCRIPCION	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL BIORREACTOR		
	PARED		LOSA FONDO
	VERTICAL	HORIZONTAL	
Momentos (Kg*m)	41.79	25.71	43.13
Espesor útil (cm)	17.00	17.00	17.00
	1680.0		
fs (kg/cm ²)	0	1680.00	1680.00
N	8.37	8.37	8.37
K	0.36	0.36	0.36
J	0.88	0.88	0.88
Área de acero (cm ²)	17.91	10.32	17.15
C	0.0015	0.0015	0.0015
b (cm)	100.00	100.00	100.00
e (cm)	20.00	20.00	20.00
Cuantía mínima (cm ²)	3.00	3.00	3.00
	1.99	1.29	1.29
Área de acero (cm ²)	5/8	1/2	1/2
Área efectiva As (cm ²)	17.91	10.32	16.77
Área efectiva de As mín (cm ²)	-	-	-
Distribución @ cm	13.00	11.00	8.00

Elaborado por: los autores

En el biorreactor de membrana sumergida se calculó acero de 5/8" en las paredes verticales, en las paredes horizontales se consideró de 1/2" y losa de fondo se considera 1/2".

Figura 45

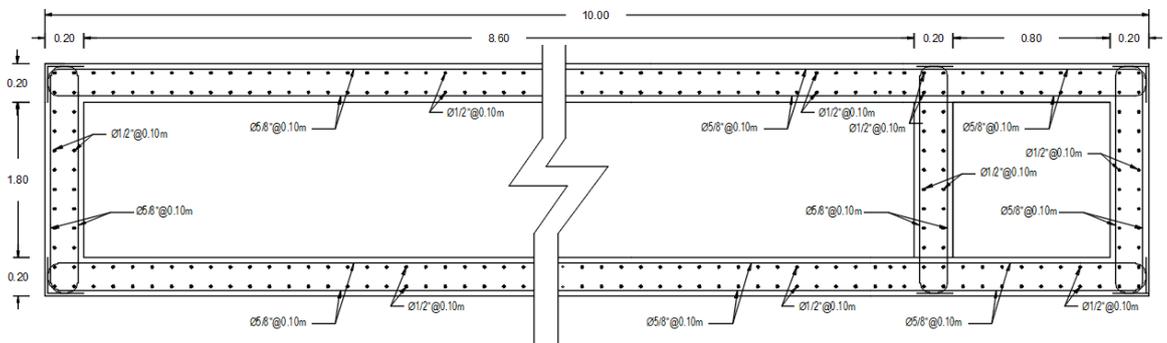
Vista en planta de la distribución de acero de la cimentación del biorreactor de membrana sumergida



Elaborado por: los autores

Figura 46

Vista en planta de la distribución de acero de las paredes del biorreactor de membrana sumergida



Elaborado por: los autores

5.5.3. Cámara de cloración

En la Tabla 48 se exponen los resultados de los cálculos del diseño estructural de la cámara de cloración, donde se pueden apreciar los valores de los momentos, espesor útil, área de acero, cuantía mínima y número de acero con su respectivo diámetro.

Tabla 48*Resultados del diseño estructural de la cámara de cloración*

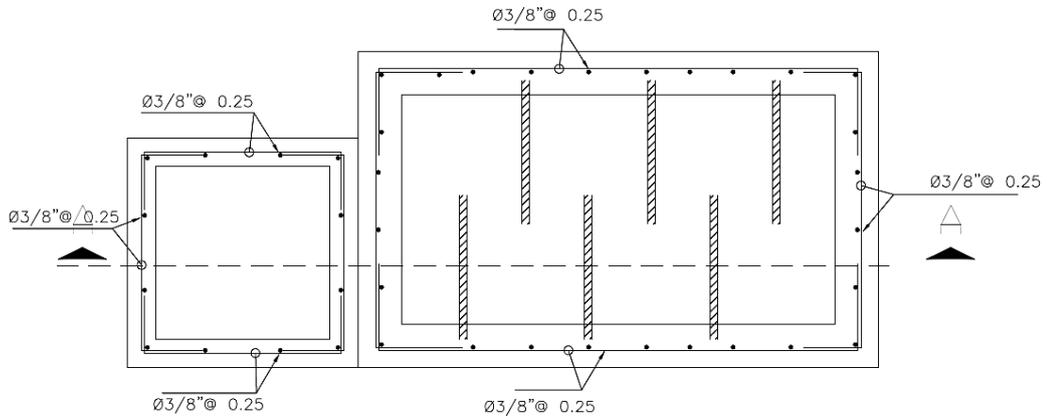
Diseño estructural de cámara de cloro			
Descripción	Pared		Losa fondo
	Vertical	Horizontal	
Momentos (Kg*m)	25.85	36.50	8.91
Espesor útil (cm)	12.00	12.00	12.00
fs (kg/cm ²)	1680.00	1680.00	1680.00
N	10.58	10.58	10.58
K	0.31	0.31	0.31
J	0.90	0.90	0.90
Área de acero (cm ²)	0.14	0.20	0.05
C	0.0015	0.0015	0.0015
b (cm)	100.00	100.00	100.00
<u>e</u> (cm)	15.00	15.00	15.00
Cuantía mínima (cm ²)	2.25	2.25	2.25
Área de acero 3/8 (cm ²)	0.71	0.71	0.71
Área efectiva As (cm ²)	-	-	-
Área efectiva de As mín. (cm ²)	2.84	2.84	2.84
Distribución (3/8) @ cm	25.00	25.00	25.00

Elaborado por: los autores

En la cámara de cloración se calculó acero de 3/8" en las paredes y losa de fondo.

Figura 47

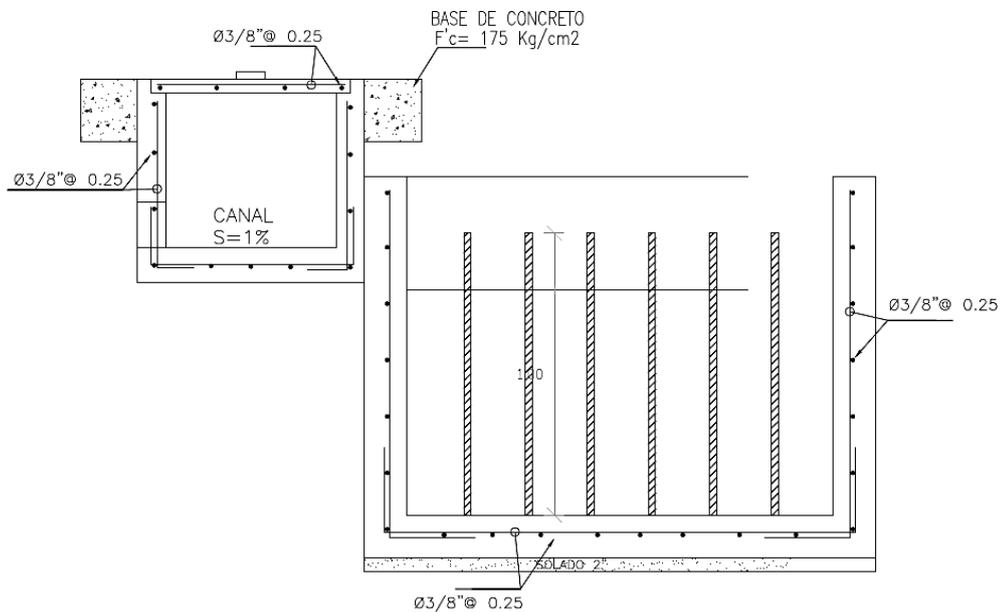
Vista en planta de la distribución de acero de la cámara de cloración.



Elaborado por: los autores

Figura 48

Vista de la sección transversal de la distribución de la cámara de cloración.



Elaborado por: los autores

En la Figura 47 y Figura 48 se puede apreciar la distribución de acero calculado de la cámara de cloración.

La cámara de clorado posee 5 baffles con un espaciamiento de 0.19 metros uno del otro y a 0.20 de las paredes.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La contrastación se realizó a partir de las hipótesis específicas y los antecedentes.

6.1. Contrastación de las hipótesis específicas

Como se puede apreciar en la Tabla 49, la hipótesis 1 es válida ya que se confirmó la coincidencia de la hipótesis con los resultados obtenidos, al realizar el levantamiento topográfico, siguiendo los lineamientos del MTC, los resultados obtenidos coinciden con la hipótesis planteada.

Se proyectó una altitud de 400 m.s.n.m según la hipótesis. Obteniendo en resultados, una altitud de 365 m.s.n.m según el levantamiento topográfico.

Asimismo, se proyectó una topografía poco accidentada y se obtuvo el mismo resultado a través del levantamiento topográfico.

Por consiguiente, se confirma que la hipótesis específica 1 es válida.

Tabla 49*Contrastación de hipótesis específica 1*

Hipótesis Planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
H1: El levantamiento topográfico determina una altitud menor de 400 m.s.n.m y una topografía poco accidentada para el diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático, y así depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.	Levantamiento topográfico con estación total. - Cálculo elevaciones. - Ubicación de coordenadas. - Cálculo de los perfiles longitudinales	- Altitud de 365 m.s.n.m. - Topografía poco accidentada debido a que no presenta pendientes pronunciadas.	Hipótesis válida. Se confirmó la hipótesis 1.

Elaborado por: los autores

Como se puede visualizar en la Tabla 50, la hipótesis 2 es válida ya que se confirmó la coincidencia de la hipótesis con los resultados, al analizar el EMS considerando las normas de INDECOPI siendo la NTP 400.012, NTP 339.129, NTP 339.134 y NTP 339.135, los resultados coinciden con la hipótesis.

Se proyectó una capacidad portante no mayor a 1.5 kg/cm², según la hipótesis. Obteniendo en resultados, una capacidad de soporte de 1.10 kg/cm².

Por consiguiente, se confirma que la hipótesis específica 2 es válida.

Tabla 50

Contrastación de hipótesis específica 2

Hipótesis Planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
H2: El EMS determina que la capacidad portante no es mayor a 1.5 kg/cm ² para el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático, y así depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.	- Ensayo de granulometría, límites de Atterberg, índice de plasticidad, corte directo.	- Capacidad portante es 1.10 kg/cm ² .	Hipótesis válida. Se confirmó la hipótesis 2.

Elaborado por: los autores

Como se visualiza en la Tabla 50, la hipótesis 3 es válida ya que se confirmó la coincidencia de la hipótesis con los resultados obtenidos, al realizar la proyección de la población, aplicando la fórmula expuesta por Pittenberg, los resultados coinciden con la hipótesis.

Se proyectó una población de diseño resultante entre 600 a 700 personas, según la hipótesis. Obteniendo en resultados, población de diseño de 691 personas.

Por consiguiente, se confirma que la hipótesis específica 3 es válida.

Tabla 51*Contrastación de hipótesis específica 3*

Hipótesis Planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
H3: La proyección de la población determina una población de diseño entre 600 a 700 personas para el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático, y así depurar las AR del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.	- Cálculo para la proyección poblacional.	- Población futura de diseño de 691 habitantes para el año 2045.	Hipótesis válida. Se confirmó la hipótesis 3.

Elaborado por: los autores

Como se puede visualizar en la Tabla 52, la hipótesis 4 es inválida ya que no coincide con los resultados obtenidos.

Se proyectó que el proceso de tratamiento de la PTAR sería de lagunas de oxidación, según la hipótesis. Obteniendo en resultados que, el empleamiento de una nueva tecnología debido al alto nivel freático presente en la zona, siendo este el biorreactor con membrana sumergida.

Por consiguiente, se confirma que la hipótesis específica 4 es inválida.

Tabla 52*Contrastación de hipótesis específica 4*

Hipótesis Planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
H4: El diseño hidráulico determina que el proceso de tratamiento es de lagunas de oxidación en el diseño de una PTAR con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.	- Aplicación de los lineamientos de la norma O.S 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones a través de cálculos en el software de Excel.	- El proceso de tratamiento utilizado es el de biorreactor con membrana sumergida, compuesto por canal de entrada, cámara de rejillas, desarenador, biorreactor con membrana sumergida y cámara de cloración.	Hipótesis inválida.

Elaborado por: los autores

Como se aprecia en la Tabla 53, la hipótesis 5 es válida ya que se confirmó la coincidencia de la hipótesis con los resultados obtenidos al realizar el diseño estructural y calcular los diámetros de acero utilizados para cada una de las estructuras que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales.

Por consiguiente, se confirma que la hipótesis específica 5 es acertada.

Tabla 53*Contrastación de hipótesis específica 5*

Hipótesis Planteada	Métodos aplicados	Resultados obtenidos	Observaciones
H5: El diseño estructural determina que en el tratamiento preliminar se utilizará el mismo diámetro de acero para las estructuras en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las AR del Centro Poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.	- Aplicación de los lineamientos emitidos por la norma E.060 y la Asociación Servicios Educativos Rurales, a través de cálculos en el software de Excel.	- En el tratamiento preliminar, compuesto por canal de entrada, cámara de rejillas y biorreactor de membrana sumergido, se utilizó acero de 3/8"	Hipótesis válida. Se confirmó la hipótesis 5.

Elaborado por: los autores

6.2 Contrastación de los antecedentes

Como se aprecia en la Tabla 54, se expone la contratación de la tesis con un antecedente internacional, siendo la tesis de Jerez titulada " Diseño de un biorreactor de Membranas con carbón activo

para reducir el ensuciamiento de las Membranas causado por las sustancias poliméricas extracelulares "

La contrastación con el antecedente internacional es válida ya que los resultados coinciden, por utilizar el mismo proceso de tratamiento, siendo el biorreactor con membrana sumergida, con la diferencia de que en el antecedente incorporan carbón activo, a diferencia de que en esta investigación no se incorporó.

Tabla 54

Contrastación de un antecedente internacional

Antecedente internacional	Resultados obtenidos	Observaciones
Jerez (2017) en su investigación "Diseño de un biorreactor de membranas con carbón activo para reducir el ensuciamiento de las membranas causado por las sustancias poliméricas extracelulares". Valencia, España.	Se diseñó un biorreactor con membrana empleando carbón activo para la reducción del ensuciamiento de las membranas. Además, se implementó un sistema de aireación y un sistema de limpieza.	El proceso de tratamiento coincide.

Elaborado por: los autores

Como se aprecia en la Tabla 55, se expone la contratación de la tesis con un antecedente nacional, siendo la tesis de Pacoñ titulada "Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales mediante

el sistema de filtro percolador incorporando el tanque de desnitrificación en la localidad de Cabanillas",

La contrastación con el antecedente nacional no es válida, como se puede observar en los resultados, se emplean filtros percoladores, mientras que el tratamiento de AR en esta investigación es mediante un sistema de biorreactor con membrana sumergida.

Tabla 55

Contrastación de un antecedente nacional

Antecedente nacional	Resultados obtenidos	Observaciones
Pacori (2020) "Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales mediante el sistema de filtro percolador incorporando el tanque de desnitrificación en la localidad de Cabanillas"	Para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, se utilizó el sistema de filtro percolador que obedece a la remoción de la materia orgánica, incorporando un tanque de desnitrificación.	El proceso de tratamiento no coincide.

Elaborado por: los autores

CONCLUSIONES

1. El diseño de la PTAR con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales de la localidad del Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca; se realizó a través de los componentes de canal de entrada, cámara de rejillas, desarenador, biorreactor con membrana sumergida y cámara de cloración. No se realizó el diseño de pozos percoladores ante la presencia del nivel freático alto, sino se utilizó una nueva tecnología siendo la del biorreactor con membrana sumergida, la cual sustituye el procedimiento de tratamiento primario hasta el terciario y es un procedimiento de trato que puede ser aplicado en condiciones de alto nivel freático.
2. El levantamiento topográfico permitió obtener la delimitación del Centro Poblado Espinal para ubicar de mejor manera al proyecto, estando a 457.97 metros del centro poblado. También ubicó las redes de alcantarillado diseñadas, las cuales son indispensables ya que permiten conectar el servicio de saneamiento de las viviendas con la PTAR. Además, se determinaron las elevaciones, coordenadas, perfiles longitudinales y la altitud del centro poblado, siendo de 365 m.s.n.m.
3. La proyección de la población permitió calcular el número de personas para diseñar la estructura de la PTAR resultando 691 habitantes para un diseño proyectado a 23 años.
4. El estudio de mecánica de suelos permitió obtener información acerca de la clasificación del suelo. Según la clasificación SUCS, se determinó que el

suelo es del tipo GC, que consiste en grava arcillosa compuesta por una mezcla de esta misma con adiciones de arena y arcilla. Además, según la clasificación AASHTO, el suelo fue identificado como A-2-6 (0), lo que significa que es una mezcla de grava, arena y limo arcillosos. A partir de esta información, se pudo obtener la capacidad portante, que fue de 1.10 kg/cm², lo cual fue utilizado para calcular la cantidad de acero necesaria en el diseño.

5. El diseño hidráulico permitió dimensionar la PTAR a nivel estructural. Obteniendo las dimensiones del canal de entrada con 0.30 metros de ancho y 0.35 metros de altura; cámara de rejas con 8 barras de 15 milímetros de diámetro; desarenador con 0.30 m de ancho y 2.50 m de largo; biorreactor con membrana sumergida de 1.80 m de ancho, 10 m de largo y 2.80 m de altura con membrana tipo placa plana de 2.04 m de altura, 0.05 m de espesor y 0.57 m de ancho, con el módulo de membranas de 0.55 m de espesor, 0.80 m de ancho y 2.20 m de altura, además se emplearon 8 unidades de difusores de aire tipo disco ABS Nopon; y cámara de cloración con 0.85 m de ancho, 1.50 m de largo y 1.35 m de altura.
6. El diseño estructural permitió calcular la cuantía de acero de las estructuras que conforman la PTAR. La cámara de rejas se calculó acero de 3/8" en las paredes y en la losa de fondo. Para el biorreactor de membrana sumergida se calculó acero de 5/8" en las paredes verticales, en las paredes horizontales se consideró de 1/2" y losa de fondo se considera 1/2". Para la cámara de cloración se calculó acero de 3/8" en las paredes y losa de fondo.

RECOMENDACIONES

1. Implementar obras de ejecución de plantas de tratamiento de aguas residuales debido a que forma parte de una necesidad básica de la población ya que las obras proyectadas en el departamento de Cajamarca no cubren la demanda poblacional.
2. Emplear datos del lugar para realizar la proyección poblacional, debido a que existe poca información de la población de algunas localidades como es Espinal, y en muchos casos se suelen tomar la tasa de crecimiento del distrito al que pertenece para determinar la población futura, lo cual no brinda una precisión adecuada.
3. Graficar los planos arquitectónicos y estructurales para obtener una mejor comprensión y presentación de las dimensiones y distribución de acero de las estructuras que componen a la PTAR.
4. Utilizar equipos calibrados para reducir errores y tener una mejor precisión con las distancias y ángulos en el levantamiento topográfico.

5. Seguir los lineamientos de las normas OS.090 y E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones y el libro de Agüero Pittman emitido por la Asociación de Servicios Educativos Rurales para realizar el diseño hidráulico y estructural, debido a que en estas fuentes se encuentran los requisitos para realizar el diseño de una planta de tratamiento de agua residual.

6. Implementar un curso en la universidad que brinde conocimientos acerca del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales ya que es un proyecto de gran envergadura y necesidad en la actualidad.

7. Emplear el software Excel para realizar cálculos ya que permite controlar las fórmulas utilizadas para el respectivo diseño de las diferentes estructuras de la PTAR.

8. Proporcionar el adecuado mantenimiento a las membranas del biorreactor, para así evitar su deterioro y que perduren en el tiempo, emitiendo efluentes de calidad.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Agüero Pittman, R. (1997). *Agua Potable Para Poblaciones Rurales*. Asociación Servicios Educativos Rurales. <https://www.ircwash.org/sites/default/files/221-16989.pdf>

Asociación de Servicios Educativos Rurales y Proética [SER] (2021). *Cajamarca: Contexto, inversión pública, ciudadanía y MapaInversiones*. <https://www.proetica.org.pe/wp-content/uploads/2021/10/LIBRO-CAJAMARCA.pdf>

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (13 de febrero del 2018). *Cuerpos de agua loticos clasificados*. http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._056-2018-ana_0.pdf

Banco Central de Reserva del Perú [BCRP]. (julio de 2023). *Caracterización del Departamento de Cajamarca. Departamento de Estudios Económicos de la Sucursal Trujillo*. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Trujillo/cajamarca-caracterizacion.pdf>

- Banco Mundial [BM]. (19 de marzo del 2020). *El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial.* <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/19/wastewater-a-resource-that-can-pay-dividends-for-people-the-environment-and-economies-says-world-bank>
- Corado, H. (2010). *Diseño de un biorreactor de membrana para la regeneración de las aguas residuales en un establecimiento hotelero.* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://studylib.es/doc/7608461/dise%C3%B1o-de-un-biorreactor-de-membrana-para-la-regeneraci%C3%B3n...>
- Dacomba, P. (2013). *Empleo de la tecnología de reactores biológicos con membranas para el tratamiento de aguas residuales municipales.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/355892>
- Durán, F., Robles, Á., Giménez, J., Ferrer, J., Ribes, J., y Serralta, J. (2020). Modeling the anaerobic treatment of sulfate-rich urban wastewater: Application to AnMBR technology. *Water Research*, 184. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135420306709>
- El País. (17 de octubre del 2021). ¿Cuántos litros de agua requiere una ha de arroz? *El País.* <https://rurales.elpais.com.uy/agro-para-principiantes/cuantos-litros-de-agua-requiere-una-ha-de-arroz>
- El Peruano. (09 de agosto del 2021). La Ley N° 31313 y la plusvalía del suelo. *Diario Oficial del Bicentenario El Peruano.* <https://elperuano.pe/noticia/126367-la-ley-no-31313-y-la-plusvalia-del-suelo>
- Fandiño, H. (2017). *Diseño preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de La Esperanza departamento norte de Santander en Colombia.* [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9238/2017hansfandino.pdf?sequence=4>

- Farias, B. (12 de septiembre del 2016). Conocimientos básicos sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Módulo I). *Portal iAgua*. <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>
- González, L. (2007). *Estudio Comparativo De Un Pro-Ceso Biológico Convencional Y Un Proceso Mediante Biomembranas Para El Tratamiento De Aguas Residuales Urbanas*. [Proyecto de fin de carrera, Universidad de Cádiz]. <https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/6556/33727259.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Google LLC. (2022). [Localización del proyecto y la respectiva ubicación de la PTAR]. Software Google Maps.
- Google LLC. (2022). [Delimitación del terreno]. Software Google Earth.
- Granados, M. (1987). *Técnicas de proyecciones de población de áreas menores. Aplicación y Evaluación*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/32594/D-13118.00_es.pdf?sequence=1
- Guibo, J. (2012). *Formulación y evaluación en PIP del sector saneamiento*. Ministerio de Economía y Finanzas. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/capacidades/capac_12/saneamiento/octubre_2012/03_b_Formulaci_2_Aspectos_Tecnicos.pdf
- iagua. (8 de febrero de 2021). Según una investigación, el tratamiento de aguas residuales en el mundo aumenta al 50%. *Portal iAgua*. <https://www.iagua.es/noticias/europa-press/segun-investigacion-tratamiento-aguas-residuales-mundo-aumenta-al-50>
- Iglesias, R. (2014). *Guía técnica para la implantación de biorreactores de membrana*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. <https://cpage.mpr.gob.es/producto/guia-tecnica-para-la-implantacion-de-biorreactores-de-membrana/>

- INFILCO. (2000). *Norma ATV-A131. Dimensionamiento de plantas de fangos activos de una etapa*. <https://es.scribd.com/doc/20102943/ATV-A131-2000#>
- INFOSISCON. (2022). *Contrataciones de obra: Objeto del Contrato: Cajamarca*. <https://www.perulicitaciones.com/contrataciones-de-obra-peru.html>
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual [INDECOPI]. (1999). *SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)*. (NTP 339.134). <https://pdfcoffee.com/ntp-339134-1999-metodos-clasificacion-suelos-sucs-3-pdf-free.html>
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual [INDECOPI]. (1999). *Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte*. (NTP 339.135). https://kupdf.net/download/ntp-339135-suelos-metodo-para-la-clasificacion-de-suelos-para-uso-en-vias-de-transporte-ntpdecrypted_5cdc0670e2b6f5d818b7e367_pdf
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (1999). *SUELOS. Método de ensayo estándar para el ensayo de corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas*. (NTP 339.171). <https://es.slideshare.net/ERICKCORDOVACAPCHA/ntp-339171-corte-directo-1pdf>
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual [INDECOPI]. (2001). *Análisis Granulométrico del agregado fino, grueso y global*. (NTP 400.012). <https://dokumen.tips/engineering/norma-tecnica-peruana-agregados-400012.html>

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual [INDECOPI]. (2014). *SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.* (NTP 339.129). <https://vsip.info/ntp-339129-2014-ll-y-lp-pdf-free.html>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2017). *Directorio nacional de centros poblados.* https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (mayo de 2020). *Producción de arroz cáscara creció 47,0% en mayo del presente año.* <https://m.inei.gov.pe/prensa/noticias/produccion-de-arroz-cascara-crecio-470-en-mayo-del-presente-ano-12322/#:~:text=Durante%20mayo%20del%202020%2C%20la,t%C3%A9cnico%20Per%C3%BA%3A%20Panorama%20Econ%C3%B3mico%20Departamental.>

Jimeno, E. (1995). *Instalaciones Sanitarias en Edificaciones.* Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú. https://mega.nz/file/bOpHmYZD#lisy_s_sWKeX-C6VfHXdETyq3sHRYlmt8rSgGxuNVyc

Jerez, C. (2017). *Diseño de un biorreactor de membranas con carbón activo para reducir el ensuciamiento de las membranas causado por las sustancias poliméricas extracelulares.* [Tesis de Grado, Universidad Politécnica de Valencia]. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76813/TFG____14806060779934186094279034050836.pdf?sequence=2

Kraume, M., Wedi, D., Schaller, J., Iversen, V. & Drews, A. (2007). Fouling in MBR: ¿What use are lab investigations for full scale operation? *Desalination*, 236(2), 94-103. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916408006310>

- Melín, T; Jeffersonb, B; Bixio, D; Thoeye, C; De Wilde, W; De Koning, J; Van der Graafd, J & Wintgens, T. (2006). Membrane bioreactor technology for wastewater treatment and reuse. *Desalination*, 187(3), 271-282. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916406000063>
- Ministerio de Salud. (14 de enero de 2019). Contacto con aguas servidas y residuos fecales puede originar desde infecciones cutáneas y diarreas hasta hepatitis A. *Plataforma digital única del Estado Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/24587-contacto-con-aguas-servidas-y-residuos-fecales-puede-originar-desde-infecciones-cutaneas-y-diarreas-hasta-hepatitis-a>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2001). *Manual de Diseño Geométrico para carreteras*. (DG-2001). http://www.carreteros.org/hispana/peru/08_peru.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2018). *Manual de Carreteras*. (DG-2018). https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (abril de 2018). *Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1743222/ANEXO%20RM%20192-2018-VIVIENDA%20B.pdf.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (diciembre de 2020). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Concreto Armado* (Norma E.060). <https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2yIU5Kz/view>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (4 de noviembre del 2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Redes de Aguas Residuales.* (Norma OS. 070). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366336/23%20OS.070%20REDES%20DE%20AGUA%20RESIDUALES%20DS%20N%C2%B0%20010-2009.pdf>

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

Morales, E. (2020). Evaluación de la estabilidad de un digestor an aerobio termófilo. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(2). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2020000200152&script=sci_arttext&tlng=pt

Navarro, S. (2008). *Manual de Topografía - Altimetría.* Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/modulo-i-introduccion-a-altimetria1.pdf>

Navarro, S. (2008). *Topografía II.* Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/folleto-topografia-ii.pdf>

La Iglesia, J. (2016). *Lodos activos con reducción de nutrientes. Producción fangos. Aireación. Recirculación / Módulo Gestión de Aguas Residuales y Reutilización.* Escuela de Organización Industrial. <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/80965/lodos-activos-con-reduccion-de-nutrientes-produccion-fangos-aireacion-recirculacion>

La Presidencia de la República. (2008). Decreto Supremo 002-2008-MINAM del 30 de julio de 2008. *Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua*. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_002-2008-minam.pdf

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

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

Olsson, J. (2018). *Codigestión de microalgas y lodos de depuradora: un estudio de viabilidad para plantas de tratamiento de aguas residuales municipales*. [Tesis Doctoral, Universidad de Mälardalen]. <http://mdh.diva-portal.org/smash/get/diva2:1204273/FULLTEXT02.pdf>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA] (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827#:~:text=El%20Per%C3%BA%20genera%20aproximadamente%202,alcantarillado%20de%20las%20EPS%20Saneamiento

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (21 de marzo de 2022). *Agua para el consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (21 de marzo del 2022). *Saneamiento*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>

- Pacori, J. (2020). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales mediante el sistema de filtro percolador incorporando el tanque de desnitrificación en la localidad de Cabanillas*. [Tesis de Maestría, Universidad Andina]. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/5131>
- Pérez, R. (2014). *Análisis de la Viabilidad Económica para la Mejora de la Calidad de los Vertidos Urbanos al Río Chumbao de la Provincia de Andahuaylas, Región de Apurímac, Perú*. [Tesis de Maestría, Universidad de Valencia. Valencia]. <https://renati.sunedu.gob.pe/bitstream/sunedu/232294/1/TESIS%20-%20TFM%20RONALD.pdf>
- Ponce, G. (2019). *Implementación de una PTAR para optimizar el sistema de regadío de parques en el distrito del Rímac – Lima – Perú*. [Tesis de Grado, Universidad San Martín de Porres]. https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6481/ponce_mg.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, H. (13 de marzo del 2017). Aguas residuales y sus efectos contaminantes. *Portal iAgua*. <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Rocha, A. (2007). *Hidráulica de tuberías y canales (3.^a ed.)*. Universidad Nacional de Ingeniería del Perú. https://www.academia.edu/9746328/HIDR%C3%81ULICA_DE_TUBER%C3%8DAS_Y_CANALES
- Shin, C., Tilmans, S., Chenc, F. & Criddle, C. (2021). Anaerobic membrane bioreactor model for design and prediction of domestic wastewater treatment process performance. *Chemical Engineering Journal*, 426. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894721034926>
- Silva, D. (2020). *Diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el riego de áreas verdes en el distrito de los Olivos* [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/16965/SILVA_OBREGON_DIEOGO_DISE%c3%91O_PLANTA_TRATAMIENTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SULZER. (2023). Sistema de difusores de disco Gama ABS. *SULZER*.
<https://www.sulzer.com/es-es/spain/shared/products/disc-diffuser-system-type-abs>

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS]. (2015). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. (1^o edición).
<https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>

Talvitie, J. (2018) *Las plantas depuradoras de aguas residuales como vías de microlito al medio acuático*. [Tesis Doctoral, Universidad Aalto].
<https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/30720/isbn9789526079806.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tchobanoglous, G. & Burton, F. (Eds.). (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización*. (Vol. 2).
https://www.academia.edu/45529169/INGENIERIA_DE_AGUAS_RESIDUALES_TRATAMIENTO_VERTIDO_Y_REUTILIZACION_Volumen_II_Metcalf_y_Eddie

Torre, A. (2018). *Diseño y análisis ambiental de una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Huaraz* [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13033/TORRE_GARCIA_ANDRE_DISE%c3%91O_ANALISIS_AMBIENTAL.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Tutaya, H. (2021). *Mejoramiento del Efluente de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Implementación de Biorreactor de Membrana –Provincia de Junín*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4854>

Velasco, J. (2020). *Sistema Scada para el proceso de potabilización en la planta de tratamiento de agua potable en Conocoto*. [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica Israel]. <http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2431/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2020-016.pdf>

Westerhoff, P., Yoon, Y., Snyder, S. y Wert., E. (2005). Fate of endocrine-disruptor, pharmaceutical, and personal care product chemicals during simulated drinking water treatment processes. *Environmental Science & Technology*, 39(17), 6649-6663. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es0484799>

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Matriz de Consistencia	207
Anexo 2: Encuesta a Expertos	209
Anexo 3: Curvas de Nivel y Perfiles Longitudinales	220
Anexo 4: Estudio de Mecánica de Suelos	224
Anexo 5: Red de Alcantarillado	234
Anexo 6: Plano en Planta de la PTAR	240
Anexo 7: Planos Arquitectónicos de las Estructuras de la PTAR	241
Anexo 8: Planos Estructurales de las Estructuras de la PTAR	245

Anexo 1.
Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título de Tesis:

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE ALTO NIVEL FREÁTICO PARA DEPIRAR LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO ESPINAL DISTRITO CATACHE PROVINCIA SANTA CRUZ DEPARTAMENTO CAJAMARCA

Elaborado por: Jimena Pierina Agüero Pérez.
Jhael Jhamir Berrios Carranza.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE			Diseño
¿Cómo el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático permitirá depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca?	Diseñar una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca	El diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático permitirá depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.	X: Diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático.	Levantamiento topográfico	-Curvas de Nivel -Coordenadas. -Perfiles Longitudinales.	Tipo de investigación: Cuantitativa Nivel de Investigación: Descriptivo.
				Proyección de la población	-Población de diseño. - Censos. - Tasa de crecimiento poblacional.	Diseño de Investigación: No experimental - transversal.
				Estudio de mecánica de suelos	-Contenido de humedad. - Análisis Granulométrico. - Límites de Atterberg. - Corte directo.	Muestra
				Diseño Hidráulico	- Eficiencia de remoción del DBO. - Predimensionamiento de la cámara de rejillas. - Predimensionamiento de desarenador. - Predimensionamiento de biorreactor. - Predimensionamiento de cámara de cloración.	Extensión de 154.82 hectáreas y población de 243 personas.
				Diseño Estructural	-Cuantía de acero. - Espesor de muros de estructuras.	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE			Instrumentos
¿Cómo influye el levantamiento topográfico en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca?	Determinar la influencia del levantamiento topográfico en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.	El levantamiento topográfico determina una altitud menor de 400 m.s.n.m y una topografía poco accidentada para el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático, y así depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.	Y: Depurar las aguas residuales.	Contaminación del medio ambiente	-Estudio de calidad del agua del río.	Estación total, computadora, Software AutoCAD, Software Excel, Software SAP 2000, tablas y nomogramas de las fuentes de información.
¿Cómo influye la proyección de la población en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca?	Determinar la influencia de la proyección de la población en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.	La proyección de la población determina una población de diseño entre 600 a 700 personas para el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático, y así depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.				
¿Cómo influye el estudio de mecánica de suelos en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca?	Determinar la influencia del estudio de mecánica de suelos en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.	El estudio de mecánica de suelos determina que la capacidad admisible del terreno no es mayor a 1.5 kg/cm ² para el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático, y así depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.				
¿Cómo influye el diseño hidráulico en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca?	Determinar la influencia del diseño hidráulico en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.	El diseño hidráulico determina que el proceso de tratamiento es de lagunas de oxidación en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.				
¿Cómo influye el diseño estructural en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca?	Determinar la influencia del diseño estructural en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.	El diseño estructural determina que en el tratamiento preliminar se utilizará el mismo diámetro de acero para las estructuras en el diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.				
				Salud	-Reducción de enfermedades.	Procedimiento
				Economía	-Plusvalía Inmobiliaria	Levantamiento topográfico, estudio de mecánica de suelos, planificación, proyección de la población, diseño hidráulico y diseño estructural.

Anexo 2.
Encuestas a Expertos.

ENCUESTA A EXPERTOS

Encuestado 1: Vallejos Vallejos Víctor Raúl, Ingeniero Civil, código CIP 32238, Magister con 35 años de experiencia.

1. ¿Qué le parece el título “Diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca”?

Me parece adecuado.

2. ¿Cuál es la importancia de la presente investigación?

Mejorar la calidad de vida de los pobladores, evitar la contaminación del medio ambiente.

3. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?

Mejorar la calidad de vida de las personas, así como también disminuir las enfermedades.

4. ¿Qué objetivos se podrían proponer para esta investigación?

Realizar un correcto diseño de la planta de tratamiento de agua residual para que este pueda satisfacer las necesidades de la población.

5. ¿Cuál es el problema principal que genera el no realizar el diseño una PTAR en el centro poblado Espinal distrito Catache provincia Santa Cruz departamento Cajamarca?

El principal problema de no realizar una PTAR es que las aguas residuales desembocan en ríos y canales, las cuales tendrán gran cantidad de contaminantes lo que evitará que esa pueda reutilizarse para regadíos o cualquier otro uso.

Encuestado 2: Vallejos Pérez Joel Víctor, Ingeniero Civil, código CIP 143246, Magister con 9 años de experiencia.

1. ¿Qué le parece el título “Diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca”?

Me parece adecuado.

2. ¿Cuál es la importancia de la presente investigación?

Reutilizar el agua para cultivos y evitar la contaminación del medio ambiente.

3. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?

Reutilización del agua ya sea para regadíos siembras o como bebida de animales y reducir el impacto ambiental.

4. ¿Qué objetivos se podrían proponer para esta investigación?

El objetivo principal de esta investigación es realizar un buen diseño para que pueda satisfacer las necesidades de la población durante el periodo de vida de la estructura.

5. ¿Cuál es el problema principal que genera el no realizar el diseño una PTAR en el centro poblado Espinal distrito Catache provincia Santa Cruz departamento Cajamarca?

Al no realizar una PTAR no se está contribuyendo a mejorar la calidad de vida de las personas, es decir se seguirá utilizando las denominadas letrinas las cuales no tratan el agua residual, sino que son empleados por un corto periodo de tiempo para almacenar dichas aguas.

Encuestado 3: Medrano Lizarzaburú Eithel Yván, Ingeniero Civil, código CIP 59091, Magister con 21 años de experiencia.

1. ¿Qué le parece el título “Diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca”?

Me parece adecuado.

2. ¿Cuál es la importancia de la presente investigación?

Mejorar la calidad de vida de los pobladores.

3. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?

Evitar enfermedades.

4. ¿Qué objetivos se podrían proponer para esta investigación?

El objetivo de esta investigación evitar la contaminación del medio ambiente por las aguas residuales.

5. ¿Cuál es el problema principal que genera el no realizar el diseño una PTAR en el centro poblado Espinal distrito Catache provincia Santa Cruz departamento Cajamarca?

El problema principal es que en lugar de conservar el medio ambiente lo estaríamos contaminando, las aguas residuales deben ser tratadas para evitar las enfermedades dentro de una población.

Encuestado 4: Chunga Imán Andrés, Ingeniero Civil y Agrícola, código CIP 84545, Licenciado con 8 años de experiencia.

1. ¿Qué le parece el título “Diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca”?

Me parece correcto.

2. ¿Cuál es la importancia de la presente investigación?

Evitar la contaminación del medio ambiente y Reutilizar el agua para cultivos.

3. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?

Mejorar la calidad de vida de las personas.

4. ¿Qué objetivos se podrían proponer para esta investigación?

Realizar un buen diseño el cual trate eficientemente las aguas residuales.

5. ¿Cuál es el problema principal que genera el no realizar el diseño una PTAR en el centro poblado Espinal distrito Catache provincia Santa Cruz departamento Cajamarca?

Considero que el problema principal de no realizar una planta de tratamiento de agua residual es provocar enfermedades siempre y cuando exista un grupo de vivienda cercanas en caso de que las viviendas estén alejadas por cuestión de gastos y condiciones del territorio sería mucho mejor realizar lo que son los UBS.

Encuestado 5: Portilla Bustamante Víctor Alberto, Ingeniero Civil y Agrícola, código CIP 163592, Licenciado con 5 años de experiencia.

1. ¿Qué le parece el título “Diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca”?

No debería de llevar la ubicación en el título.

2. ¿Cuál es la importancia de la presente investigación?

Evitar la contaminación del medio ambiente y mejorar la calidad de vida de los pobladores.

3. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?

Mejorar la calidad de vida de las personas y evitar enfermedades.

4. ¿Qué objetivos se podrían proponer para esta investigación?

Realizar un buen diseño para mejorar la calidad de vida de las personas.

5. ¿Cuál es el problema principal que genera el no realizar el diseño una PTAR en el centro poblado Espinal distrito Catache provincia Santa Cruz departamento Cajamarca?

El problema principal de no realizar una planta de tratamiento de agua residual es la contaminación del medio ambiente.

Encuestado 6: Segura Saavedra Winston Enrique, Ingeniero Civil, código CIP 33100, Magister con 35 años de experiencia.

1. ¿Qué le parece el título “Diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca”?

Debería llevar comas o guiones al describir la ubicación.

2. ¿Cuál es la importancia de la presente investigación?

Mejorar la calidad de vida de los pobladores y Evitar la contaminación del medio ambiente.

3. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?

Reutilizar el agua una vez que esté tratada.

4. ¿Qué objetivos se podrían proponer para esta investigación?

Hacer un buen dimensionamiento de la planta de tratamiento de agua residual.

5. ¿Cuál es el problema principal que genera el no realizar el diseño una PTAR en el centro poblado Espinal distrito Catache provincia Santa Cruz departamento Cajamarca?

El principal problema es que esa agua no va a poder reutilizarse por tanto va a estar en contacto con el medio provocando enfermedades dentro de una población.

Encuestado 7: Zapatel Soralez Cesar Eduardo, Ingeniero Civil, código CIP 17258, Licenciado con 43 años de experiencia.

1. ¿Qué le parece el título “Diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca”?

Me parece correcto.

2. ¿Cuál es la importancia de la presente investigación?

Evitar la contaminación del medio ambiente.

3. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?

Evitar la contaminación de cuerpos receptores de las aguas residuales.

4. ¿Qué objetivos se podrían proponer para esta investigación?

Impulsar a estudiantes o ingenieros civiles a realizar diseños de plantas de tratamiento de agua residual, el cual ayuda a evitar la contaminación del medio ambiente y mejorar la calidad de vida de las personas.

5. ¿Cuál es el problema principal que genera el no realizar el diseño una PTAR en el centro poblado Espinal distrito Catache provincia Santa Cruz departamento Cajamarca?

El problema principal es la contaminación de los cuerpos receptores, por contener agua residual sin tratar.

Encuestado 8: Montaña Garrido Jonathan Jesús, Ingeniero Civil, código CIP 247632
Licenciado con 2 años de experiencia.

1. ¿Qué le parece el título “Diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca”?

Me parece adecuado.

2. ¿Cuál es la importancia de la presente investigación?

Mejorar la calidad de vida de los pobladores y Evitar la contaminación del medio ambiente.

3. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?

Reutilización del agua.

4. ¿Qué objetivos se podrían proponer para esta investigación?

Que la propuesta presentada por ustedes sea tenga sus estudios correspondientes para tener un buen diseño de la planta de tratamiento de agua residual

5. ¿Cuál es el problema principal que genera el no realizar el diseño una PTAR en el centro poblado Espinal distrito Catache provincia Santa Cruz departamento Cajamarca?

El problema de no contar con una planta de tratamiento de agua residual es que se va a tener enfermedades dentro de una localidad en el cual va emanar malos olores y disgustos.

Encuestado 9: Sánchez Díaz Elver, Ingeniero Civil y Ambiental, código CIP 217470, magister con 4 años de experiencia.

1. ¿Qué le parece el título “Diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca”?

Debería llevar la palabra “propuesta” al inicio.

2. ¿Cuál es la importancia de la presente investigación?

Evitar la contaminación del medio ambiente y mejorar la calidad de vida de los pobladores.

3. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?

Mejorar la calidad de vida de las personas.

4. ¿Qué objetivos se podrían proponer para esta investigación?

El objetivo es realizar un correcto tratamiento del agua residual para que estas aguas sean aprovechadas de la mejor manera.

5. ¿Cuál es el problema principal que genera el no realizar el diseño una PTAR en el centro poblado Espinal distrito Catache provincia Santa Cruz departamento Cajamarca?

Al no tener una planta de tratamiento de agua residual solo a contar con lo que son los pozos ciegos en los cuales son de poca duración además que emanan malos olores y bueno causan enfermedades.

Encuestado 10: Meza Camacho de Ayesta Carmen Teresa, Ingeniera Sanitaria y Ambiental, código CIP 23595, Licenciada con 39 años de experiencia.

1. ¿Qué le parece el título “Diseño de una planta de tratamiento con presencia de alto nivel freático para depurar las aguas residuales del centro poblado Espinal, distrito Catache, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca”?

Me parece adecuado.

2. ¿Cuál es la importancia de la presente investigación?

Mejorar la calidad de vida de los pobladores y reutilizar el agua para cultivos.

3. ¿Cuáles serían los beneficios o aportes que se espera de esta investigación?

Evitar enfermedades y evitar la contaminación ambiental.

4. ¿Qué objetivos se podrían proponer para esta investigación?

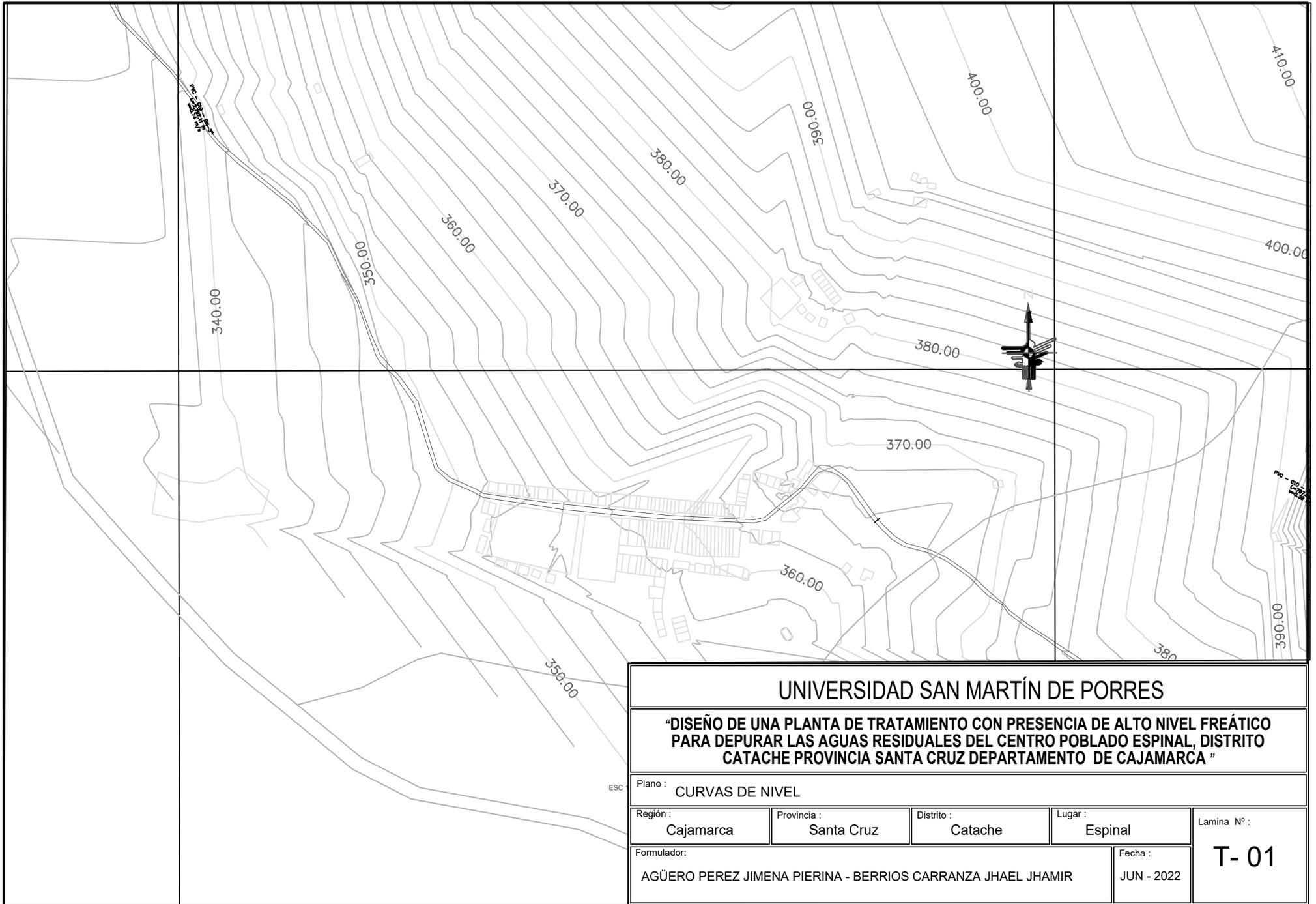
Que es la propuesta pueda satisfacer con la necesidad de contar con un desagüe la cual pueda tratar sus aguas residuales y así reducir el índice de enfermedades de una localidad.

5. ¿Cuál es el problema principal que genera el no realizar el diseño una PTAR en el centro poblado Espinal distrito Catache provincia Santa Cruz departamento Cajamarca?

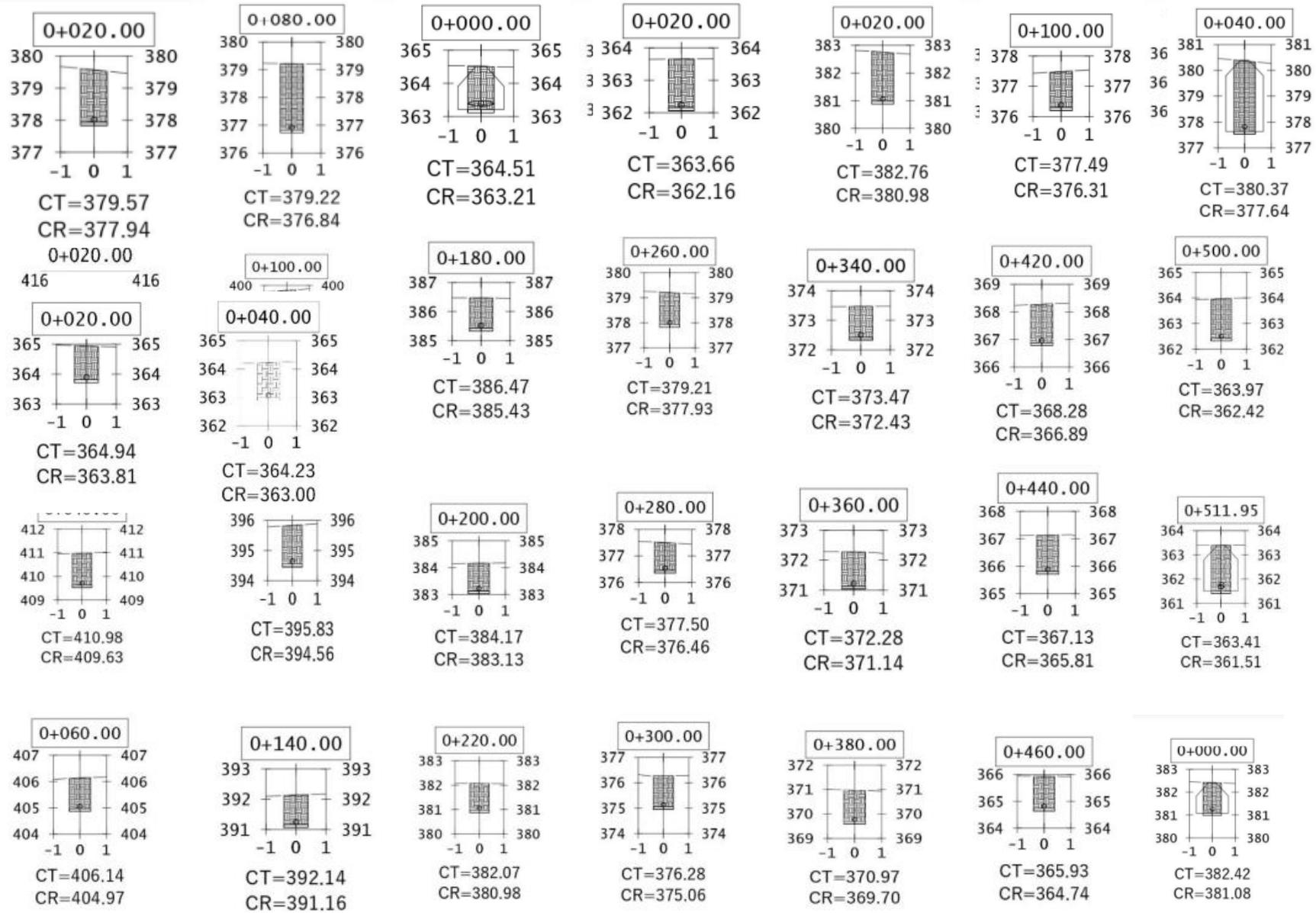
No realizarán el tratado de sus aguas residuales por tanto estás contaminarán sus canales ríos o sus propios cultivos.

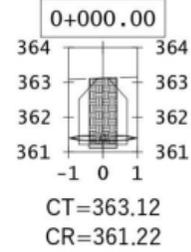
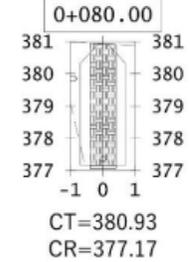
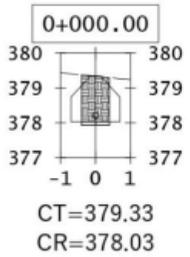
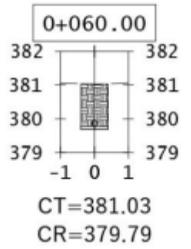
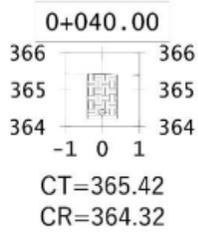
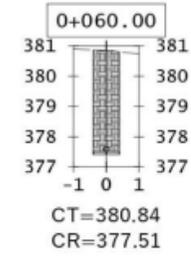
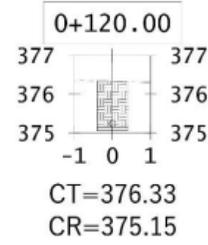
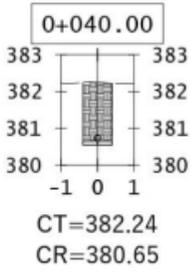
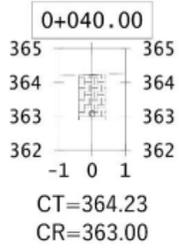
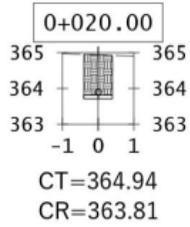
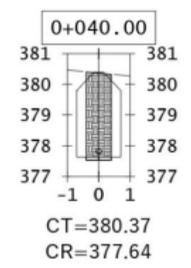
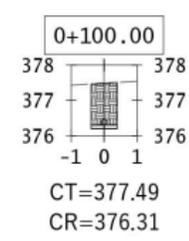
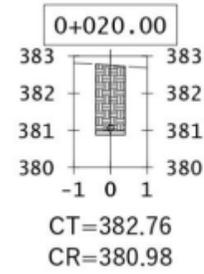
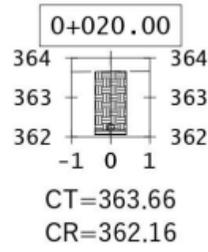
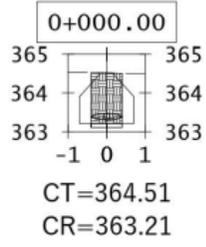
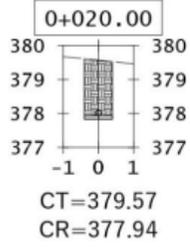
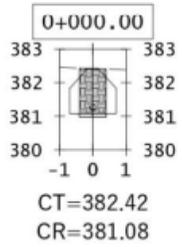
Anexo 3.

Curvas de Nivel y Perfiles Longitudinales.



UNIVERSIDAD SAN MARTÍN DE PORRES				
“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE ALTO NIVEL FREÁTICO PARA DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO ESPINAL, DISTRITO CATACHE PROVINCIA SANTA CRUZ DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA ”				
Plano : CURVAS DE NIVEL				
Región :	Provincia :	Distrito :	Lugar :	Lamina Nº :
Cajamarca	Santa Cruz	Catache	Espinal	T- 01
Formulador:			Fecha :	
AGÜERO PEREZ JIMENA PIERINA - BERRIOS CARRANZA JHAEL JHAMIR			JUN - 2022	





Anexo 4.

Estudio de mecánica de suelos.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

REGISTRO DE PERFORACIONES					
COTA	PROFUNDIDAD		SÍMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO ESTRATO	OBSERVACIONES
	Mts	MUESTRA			
	0.00				
	0.20	RELLENO		Material de relleno no calificado	
	2.80	M-1		Grava arcillosa de mediana plasticidad, compacta, de color marrón claro con piedras angulares de $\varnothing > 1^\circ$ -Límite líquido: 33.71% Índice de plasticidad: 16.38% % Sales: 0.12% Corte directo: Cimentación contigua= 1.10 kg/cm ² Cimentación aislada= 1.34 kg/cm ²	Profundidad de muestra: 2.80 m Durante el tiempo de excavación se ubicó la existencia de la napa freática


 German Gastelo Chirinos


 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 123351

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : JIMENA PIERINA AGÜERO PEREZ – JHAEL JHAMIR BERRIOS CARRANZA
 Proyecto : DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE UN ALTO NIVEL FREÁTICO PARA
 DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL CENTRO POBLADO ESPINAL DISTRITO CATACHE PROVINCIA
 SANTA CRUZ DEPARTAMENTO CAJAMARCA
 Fecha de emisión : Chiclayo 02 de mayo del 2022

<u>HUMEDAD NATURAL</u>	
CALICATA - MUESTRA	C1-M1
SONDAJE	
PROFUNDIDAD	0.2-2.80
N° RECIPIENTE	20
1. PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	77.26
2. PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	73.57
3. PESO DE AGUA	2.62
4. PESO RECIPIENTE	19.26
5. PESO SUELO SECO	54.31
6. PORCENTAJE DE HUMEDAD	6.79%
<u>DETERMINACIÓN DE LA SAL</u>	
CALICATA - MUESTRA	C1-M1
SONDAJE	
PROFUNDIDAD	0.20-.2.50
N° RECIPIENTE	25
(1) PESO DE TARRO	18.05
(2) PESO DE TARRO + AGUA+ SAL	34.15
(3) PESO TARRO SECO + SAL	18.07
(4) PESO SAL (3-1)	0.02
(5) PESO DE AGUA (2-3)	16.08
(6) PORCENTAJE DE SAL	0.12%



German Gastelo Chirinos



Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

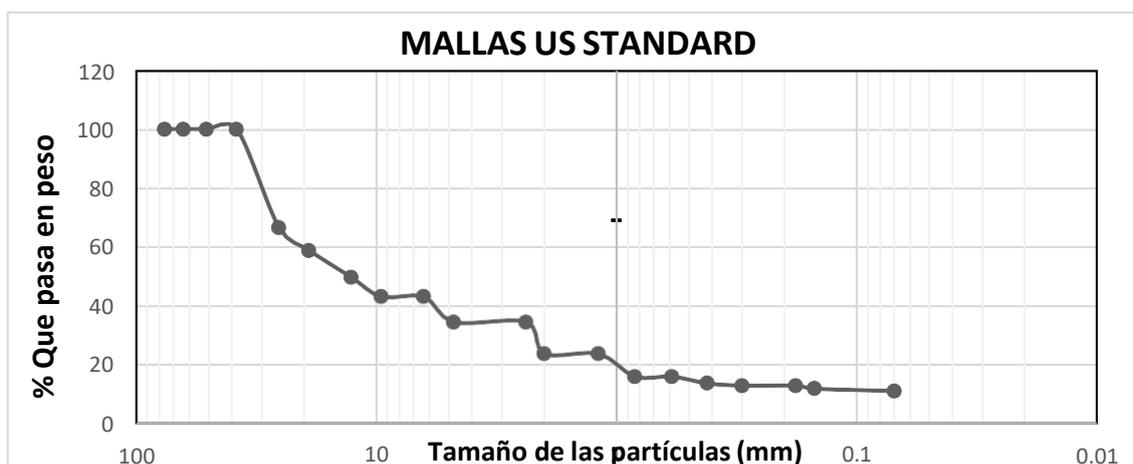
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : JIMENA PIERINA AGÜERO PEREZ – JHAEL JHAMIR BERRIOS CARRANZA

Proyecto : DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE UN ALTO NIVEL FREÁTICO PARA DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL CENTRO POBLADO ESPINAL DISTRITO CATACHE PROVINCIA SANTA CRUZ DEPARTAMENTO CAJAMARCA

Fecha de emisión : Chiclayo 02 de mayo del 2022

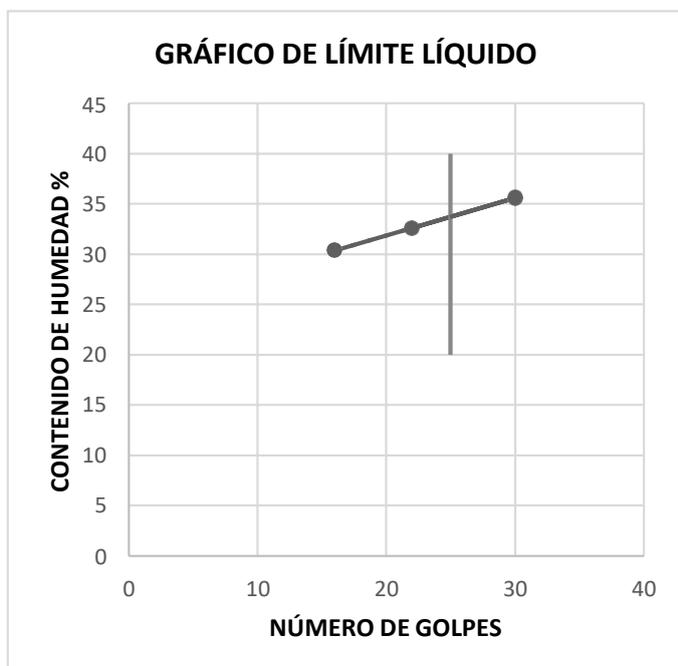
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
Abertura de malla		Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	CLASIFICACIÓN SUCS
pulg.	mm						
3"	76.2						GC; gravas arcillosas, mezcla de grava, arena y arcilla
2 1/2"	63.5						
2"	50.8						
1 1/2"	38.1	----	----	----	100		L.L: 33.71
1"	25.4	167.42	33.48	33.48	66.52		L.P: 16.38
3/4"	19.0						I.P: 17.33
	5	38.36	7.67	41.15	58.85		
1/2"	12.7	45.8	9.16	50.31	49.69		CLASIFICACIÓN AASHTO: A-2-6 (0)
3/8"	9.53	32.63	6.53	56.84	43.16		
1/4"	6.35	----	----	----	43.16		
N° 04	4.76	42.95	8.59	65.43	34.57		OBSERVACIONES: Profundidad: 0.20 - 2.80 m
N° 08	2.38	----	----	----	34.57		
N° 10	2	53.74	10.75	76.18	23.82		
N° 16	1.19	----	----	----	23.82		
N° 20	0.84	38.69	7.74	83.92	16.08		
N° 30	0.59	----	----	----	16.08		
N° 40	0.42	11.36	2.27	86.19	13.81		
N° 50	0.3	3.85	0.77	86.96	13.04		
N° 80	0.18	----	----	----	13.04		
N° 100	0.15	5.31	1.06	88.02	11.98		
N° 200	0.07	3.85	0.77	88.79	11.21		
<N° 200		56.04	11.21	100	0		
Peso inicial		500					



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : JIMENA PIERINA AGÜERO PEREZ – JHAEL JHAMIR BERRIOS CARRANZA
 Proyecto : DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE UN ALTO NIVEL FREÁTICO PARA
 DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL CENTRO POBLADO ESPINAL DISTRITO CATACHE PROVINCIA
 SANTA CRUZ DEPARTAMENTO CAJAMARCA
 Fecha de emisión : Chiclayo 02 de mayo del 2022

LÍMITES DE ATTERBERG			
MUESTRA N°	MUESTRA 1		
PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD 0.20 - 2.50 m		
Número de golpes	22	30	16
1. Recipiente N°	12	14	18
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	34.53	36.52	30.69
3. Peso de suelo seco + Tara (gr)	30.12	31.63	27.62
4. Peso de la Tara (gr)	16.58	17.89	17.5
5. Peso del agua (gr)	4.41	4.89	3.07
6. Peso del suelo seco (gr)	13.54	13.74	10.12
7. Humedad (%)	32.57	35.59	30.34
LÍMITE PLÁSTICO			
MUESTRA N°	MUESTRA 1		
1. Recipiente N°	20		
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	36.95		
3. Peso de suelo seco + Tara (gr)	34.23		
4. Peso de la Tara (gr)	17.62		
5. Peso del agua (gr)	2.72		
6. Peso del suelo seco (gr)	16.61		
7. Humedad (%)	16.38		



	MUESTRA	
L.L.	33.71	
L.P.	16.38	
I.P.	17.33	

	CLASIFICACIÓN	
MUESTRA	SUCS	AASHTO
	GC	A - 2 - 6 (0)


 German Gastelo Chirinos


 Juan Carlos Firme Oyeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

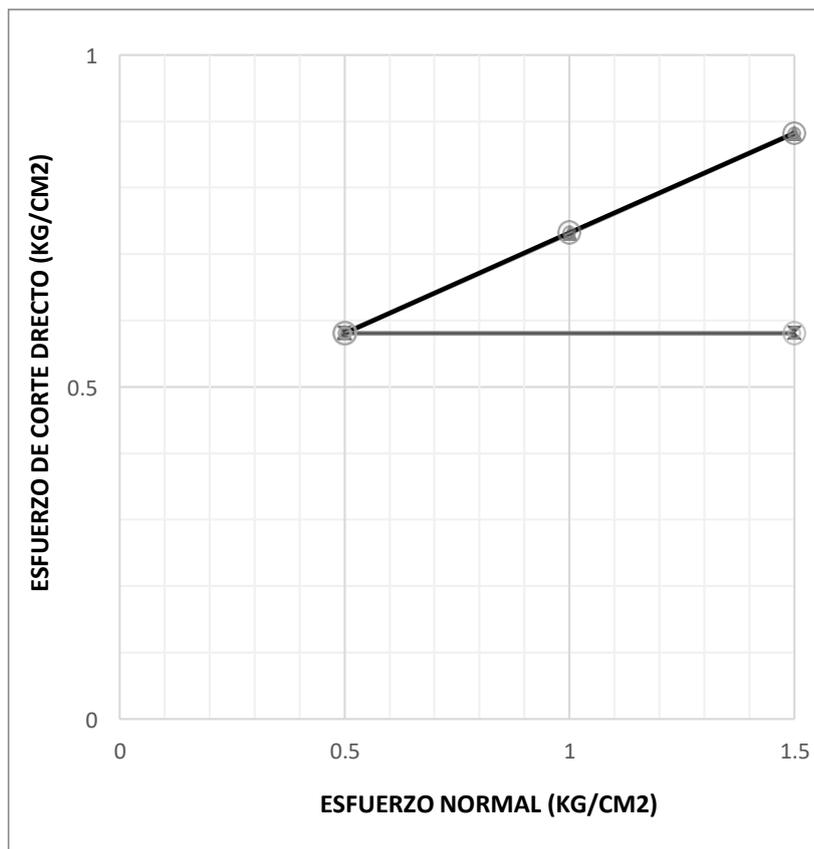
Solicitante : JIMENA PIERINA AGÜERO PEREZ – JHAEL JHAMIR BERRIOS CARRANZA
 Proyecto : DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE UN ALTO NIVEL FREÁTICO PARA
 DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL CENTRO POBLADO ESPINAL DISTRITO CATACHE PROVINCIA
 SANTA CRUZ DEPARTAMENTO CAJAMARCA
 Fecha de emisión : Chiclayo 02 de mayo del 2022

ENSAYO DE CORTE DIRECTO								
N° DE ESPECIMEN	PESO VOLUMÉTRICO SECO (gr/cm ³)	ESFUERZO NORMA (kg/cm ²)	PROPORCIÓN DE ESFUERZOS (t/S)	HUMEDAD NATURAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm ²)	HUMEDAD SATURADA (%)	PESO VOLUMÉTRICO NATURAL (gr/cm ³)	PESO VOLUMÉTRICO SATURADO (gr/cm ³)
1	1.688	0.5	1.16	4.26	0.581	28.76	1.76	2.173
2	1.684	1	0.76	4.29	0.732	28.88	1.756	2.17
3	1.683	1.5	0.59	4.71	0.882	28.5	1.762	1.163

RESULTADO:

COHESIÓN (kg/cm²) 0.43
 ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA 16.8 °

PROFUNDIDAD EN METROS	CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO (kg/cm ²)
1.20m	1.10





German Gastelo Chirinos



Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : JIMENA PIERINA AGÜERO PEREZ – JHAEL JHAMIR BERRIOS CARRANZA
 Proyecto : DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE UN ALTO NIVEL FREÁTICO PARA
 DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL CENTRO POBLADO ESPINAL DISTRITO CATACHE PROVINCIA
 SANTA CRUZ DEPARTAMENTO CAJAMARCA
 Fecha de emisión : Chiclayo 02 de mayo del 2022

CIMENTACIÓN CONTINUA

DATOS

∅ (°) =	16.8	Coef. Factor de carga	Falla general	Falla local
C (Kg/cm ²) =	0.43			
γ (Kg/cm ³) =	1.685	Nc	12.19	8.89
Df (m)=	1.20	Nq	4.68	2.76
B (m)=	1.50	Ny	3.43	1.49

FALLA GENERAL

$$q_d = C \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_y$$

$$q_d = 66.23 \quad \text{tm/m}^2$$

$$q_d = 6.62 \quad \text{kg/cm}^2$$

Factor de seguridad (FS = 3)

$$q_{adm} = 2.21 \text{ Kg/cm}^2$$

FALLA LOCAL

$$q_d = (2/3)C \cdot N'_c + \gamma \cdot D_f \cdot N'_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N'_y$$

$$q_d = 32.96 \quad \text{tm/m}^2$$

$$q_d = 3.3 \quad \text{kg/cm}^2$$

Factor de seguridad (FS = 3)

$$q_{adm} = 1.10 \text{ Kg/cm}^2$$

Donde:

Qd = Capacidad de carga limite en Tm/m

C = Cohesión del suelo en Tm/m²

γ = Peso Volumétrico del suelo en Tm/m³

Df = Profundidad de desplante de la cimentación en metros

B = Ancho de Zapata en metros

Nc, Nq y Ny = Factores de carga



German Gastelo Chirinos



Juan Carlos Firme Oyedo Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : JIMENA PIERINA AGÜERO PEREZ – JHAEL JHAMIR BERRIOS CARRANZA
 Proyecto : DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE UN ALTO NIVEL FREÁTICO PARA
 DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES EN EL CENTRO POBLADO ESPINAL DISTRITO CATACHE PROVINCIA
 SANTA CRUZ DEPARTAMENTO CAJAMARCA
 Fecha de emisión : Chiclayo 02 de mayo del 2022

CIMENTACIÓN AISLADA

DATOS

ϕ (°) =	16.80	Coef. Factor de carga	Falla general	Falla local
C (Kg/cm ²) =	0.43			
γ (Kg/cm ³) =	1.685	Nc	12.19	8.89
Df (m)=	1.20	Nq	4.68	2.76
B (m)=	1.50	Ny	3.43	1.49

FALLA GENERAL

$$q_d = 1.3 C \cdot N_c + Y \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \gamma \cdot B \cdot N_y$$

$q_d = 81.09 \quad \text{tm/m}^2$
 $q_d = 8.11 \quad \text{kg/cm}^2$
 Factor de seguridad (FS = 3)
 $q_{adm} = 2.70 \text{ Kg/cm}^2$

FALLA LOCAL

$$q_d = 1.3 (2/3) C \cdot N'_c + Y \cdot D_f \cdot N'_q + 0.5 \gamma \cdot B \cdot N'_y$$

$q_d = 40.32 \quad \text{tm/m}^2$
 $q_d = 4.02 \quad \text{kg/cm}^2$
 Factor de seguridad (FS = 3)
 $q_{adm} = 1.34 \text{ kg/cm}^2$

Donde:

Q_d = Capacidad de carga limite en Tm/m
 C = Cohesión del suelo en Tm/m²
 γ = Peso Volumétrico del suelo en Tm/m³
 D_f = Profundidad de desplante de la cimentación en metros
 B = Ancho de Zapata en metros
 N_c, N_q y N_y = Factores de carga



German Gastelo Chirinos



Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

N° 002 309 - 1 de 2

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

N°: 002 309

 Razón Social: ANÍBAL HUAMÁN REYES
 Instrumento: ESTACION TOTAL
 Fecha de emisión: 30/01/2022
 Próxima calibración: 30/07/2022

 DNI: 47920932
 Marca: LEICA
 Modelo: TS06PLUS 2" R500
 Serie: 1890898

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SEGÚN FABRICANTE			
Precisión del EDM		Compensador centralizado de cuádruple eje:	
0m - 500m :	2mm + 2ppm	doble eje:	índice vertical
>500m :	2mm + 2ppm	doble eje:	índice horizontal
Abertura libre del objetivo:	40mm	Resolución nivel electrónico:	1"
Telescopio imagen directa:	30x	Plomada Laser	
Lectura mínima	1"/5"	Precisión	1,5mm a 1.5m de altura
Precisión angular	2"	Diámetro	2,5mm a 1.5m de altura

AJUSTE DEL EQUIPO

<u>ESTADO VISIBLE DEL EQUIPO</u>		<u>PANEL DE CONTROL</u>		<u>MECÁNICA DEL EQUIPO</u>		<u>BASE NIVELANTE</u>	
Color	OK	Leyenda de teclado	OK	Rotación horizontal	OK	Nivel esférico	OK
Limpieza	OK	Condición física	OK	Rotación EDM	OK	Tornillos nivelantes	OK
Estado físico/mecánico	OK	Funciones de teclado	OK			Condición física/mecánica	OK

<u>REVISIÓN</u>			
Puntero laser	OK	Doble centro	OK
Plomada laser	OK	Error vertical	OK
Perpendicularidad	OK	Error horizontal	OK

PATRÓN DE MEDIDAS ANGULARES			
Ángulo Hz	00° 00' 00"	Rot-Der	180° 00' 00"
Ángulo V	90° 00' 00"	Rot-Der	270° 00' 00"
Ángulo de elevación	60° 00' 00"	Depresión	120° 00' 00"

VALORES ANGULARES INICIALES LEÍDOS EN EL INSTRUMENTO			
Ángulo Hz	00° 00' 00"	Rot-Der	180° 00' 05"
Ángulo V	90° 00' 00"	Rot	270° 00' 09"
Muñones V	60° 00' 00"	Rot	300° 00' 08"
Muñones Hz	00° 00' 00"	Rot	180° 00' 10"

EL INSTRUMENTO SE ENCUENTRA REVISADO, CALIBRADO, AJUSTADO Y VERIFICADO. SE TOMÓ COMO REFERENCIA EL ESTÁNDAR DE LA NORMA ISO 17123 "OPTICS AND OPTICAL INSTRUMENT", POR LA CUAL SE GARANTIZA SU CORRECTO Y NORMAL FUNCIONAMIENTO.

VALORES ANGULARES A CORREGIR	
Angulo Hz	00° 00' 05"
Vertical V	00° 00' 09"
Muñones V	00° 00' 08"
Muñones Hz	00° 00' 10"

<u>PRECISIÓN ANGULAR</u>			
	Grados °	Minutos '	Segundos "
+	00°	00'	02"
-	00°	00'	02"

VALORES ANGULARES FINALES LEÍDOS EN EL INSTRUMENTO			
Angulo Hz	00° 00' 00"	Rot-Der	180° 00' 00"
Angulo V	90° 00' 00"	Rot	270° 00' 01"
Muñones V	60° 00' 00"	Rot	300° 00' 01"
Muñones Hz	00° 00' 00"	Rot	180° 00' 01"

<u>DESVIACIÓN ANGULAR FINAL</u>	
Δ	+ 00"
Δ	+ 01"
Δ	+ 01"
Δ	+ 01"

REVISIÓN DE DISTANCIÓMETRO

Distancia inicial (m)	Distancia patrón (m)	Error a Corregir (mm)	Distancia Final (m)	Desviación Final
60,010	60,010	+0	60,010	0 mm
120,012	120,012	+0	120,012	0 mm
200,936	200,937	+1	200,936	-1 mm

CONDICIONES AMBIENTALES DE LABORATORIO

Temperatura:	26°C con variación +/- 1°C
Presión atmosférica:	751 mmHg con variación de +/- 0.5 mmHg
Humedad relativa:	68%

OBSERVACIONES: Por medio de la presente certificamos que el producto descrito ha sido verificado y cumple con las especificaciones establecidas por el fabricante detallado en el manual de usuario. Los resultados del presente documento, son validos únicamente para el equipo calibrado y se refieren al momento y condiciones ambientales en que fueron ejecutadas las mediciones.

TRAZABILIDAD DE LA VERIFICACIÓN

Equipo utilizado como patrón:

Set de Colimadores. Marca Sanzhun W550-4; Serie N° BM2903
 Teodolito Mecánico WILD-T1A, Serie N°95453.
 Nivel Automático Topcon AT-B2, Serie N°90837.
 Micrómetro de placas paralelas Sokkia OM5, con Serie N° 7001660.
 Medidor electrónico de distancia South PD-56N, Serie N° 004893.



Colimador SANZHUN W550-4; con Telescopios de 32x cuyo retículo está enfocado al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de 1", consta de 04 tubos cada uno con doble retículo en plataforma fija, con distancia de enfoque infinito, distancia focal de 550mm, apertura efectiva de 55mm y 3° de campo de visión, es revisado periódicamente con un Teodolito WILD-T1A precisión 1", con método de lectura directa-inversa y refrendado con un Nivel Automático Topcon Modelo AT-B2 de 32x con Micrómetro de Placas Paralelas de Precisión 0.5mm nivelación doble de 1km.

NOTA:

- 1.- ANTES DE SALIR DE OFICINA ESTE EQUIPO HA SIDO REVISADO, SE ENCUENTRA EN PERFECTO ESTADO Y FUNCIONAMIENTO.
- 2.- EL CLIENTE ES RESPONSABLE DEL TRANSPORTE DEL INSTRUMENTO Y USO DEL CERTIFICADO.
- 3.- TOPLAB S.A.C. NO SE RESPONSABILIZA DE LOS PERJUICIOS QUE PUEDA OCASIONAR EL USO INADECUADO DEL INSTRUMENTO VERIFICADO.
- 4.- TOPLAB S.A.C. NO SE RESPONSABILIZA POR POSIBLES DAÑOS CAUSADOS POR MALA MANIPULACION Y/O TRANSPORTE INAPROPIADO DEL INSTRUMENTO. EL CLIENTE ES RESPONSABLE DEL CUIDADO Y USO ADECUADO DEL EQUIPO.

TOPOGRAPHY LABORATORY PERU S.A.C.

BRAYAN CACERES CALDERON
 GERENTE

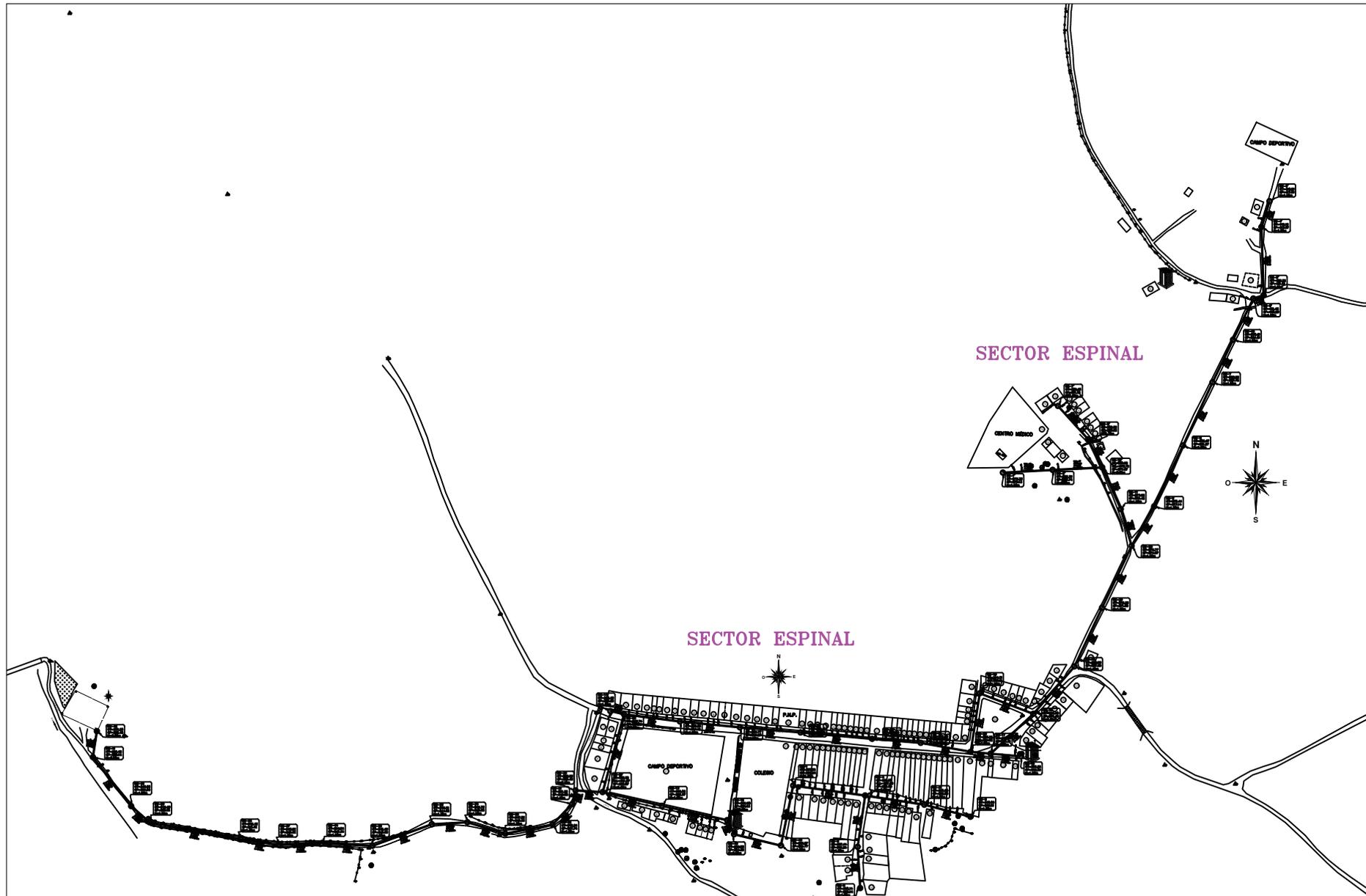


INACAL
 Instituto Nacional
 de Calidad
 Metrología

Expediente Nro. 1041017
 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Anexo 5.

Red de Alcantarillado.



UNIVERSIDAD SAN MARTÍN DE PORRES				
"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE ALTO NIVEL FREÁTICO PARA DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO ESPINAL, DISTRITO CATACHE PROVINCIA SANTA CRUZ DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"				
Plano: RED DE ALCANTARILLADO				
Región:	Provincia:	Distrito:	Lugar:	Lamina N°:
Cajamarca	Santa Cruz	Catache	Espinal	
Formulador:			Fecha:	
AGÜERO PEREZ JIMENA PIERINA - BERRIOS CARRANZA JHAEL JHAMIR			JUN - 2022	RA-01

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diametro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Critica		Tensión Tractiva	Velocidad Critica	Tensión Tractiva	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa
3-4	418.21	415.12	417.01	413.87	21.78	0	21.78	4.5	4.5	0.00375	1.5	0.00563	0.0113	0.00454569	0.144168962	0.144	0.1536	61.56459442	3.322451959	1.337088288	0.010461627	0	-0.6941366	1.337088288	1.3371E+00	0.010461627	0	-1.099063962	1.337088288	1.396274215	1.396274215	1.922141574	1.922141574	15.06474304
4-5	415.12	402.22	413.87	401.12	54.73	21.78	76.51	9	13.5	0.01125	1.5	0.01688	0.0338	0.00454569	0.232961813	0.233	0.1536	78.31189572	4.226252342	1.259989231	0.009383766	0	-0.700919897	1.259989231	1.2600E+00	0.009383766	0	-0.700919897	1.259989231	1.651908726	1.651908726	1.820431465	1.820431465	21.86417424
5-6	402.22	401.43	401.12	400.23	8.71	76.51	85.22	0	13.5	0.01125	1.5	0.01688	0.0338	0.00454569	0.102181401	0.102	0.1536	51.81432711	2.796259997	1.395670708	0.011307177	0	-0.825768164	1.395670708	1.3957E+00	0.011307177	0	-0.83373782	1.395670708	1.23763582	1.23763582	1.998309976	1.998309976	11.53320292
6-45	401.43	395.41	400.23	394.21	36.91	85.22	122.13	4.5	18	0.015	1.5	0.0225	0.045	0.00454569	0.163099431	0.163	0.1536	65.5003437	3.534852252	1.316729234	0.010173019	0	-0.748657441	1.316729234	1.3167E+00	0.010173019	0	-0.758332143	1.316729234	1.458087861	1.458087861	1.895442819	1.895442819	16.58202139
45-7	395.41	388.92	394.21	387.72	38.07	122.13	160.2	0	18	0.015	1.5	0.0225	0.045	0.00454569	0.17047544	0.17	0.1536	66.89200867	3.609956134	1.309902807	0.010076876	0	-0.742056062	1.309902807	1.3099E+00	0.010076876	0	-0.75164881	1.309902807	1.479670623	1.479670623	1.886464824	1.886464824	17.13068621
7-8	388.92	382.47	387.72	381.27	56.03	160.2	216.23	0	18	0.015	1.5	0.0225	0.045	0.00454569	0.115116902	0.115	0.1536	55.01722697	2.969110659	1.374961185	0.01100577	0	-0.805414219	1.374961185	1.3750E+00	0.01100577	0	-0.815790331	1.374961185	1.290681785	1.290681785	1.971496289	1.971496289	12.65663513
8-9	382.47	378.44	381.27	377.14	54.1	216.2	270.33	0	18	0.015	1.5	0.0225	0.045	0.00454569	0.076340111	0.076	0.1536	44.72564093	2.413705389	1.448026756	0.012080753	0	-0.877538601	1.448026756	1.4480E+00	0.012080753	0	-0.888797315	1.448026756	1.116501851	1.116501851	2.065535943	2.065535943	9.181372284
9-28	378.44	375.77	377.14	374.57	36.6	270.33	306.93	0	18	0.015	1.5	0.0225	0.045	0.00454569	0.070218579	0.07	0.1536	42.92386267	2.316468954	1.463069848	0.012305962	0	-0.892481761	1.463069848	1.4631E+00	0.012305962	0	-0.903922041	1.463069848	1.08479929	1.08479929	2.084699909	2.084699909	8.614173737

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diametro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Critica		Tensión Tractiva	Velocidad Critica	Tensión Tractiva	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa
1-2	379.33	380.39	378.13	377.74	40.31	0	40.31	4.5	4.5	0.00375	1.5	0.00563	0.0113	0.00454569	0.009675019	0.01	0.1536	16.22369513	0.875542967	1.881655575	0.018970551	0	-1.305876814	1.881655575	1.8817E+00	0.018970551	0	-1.847111505	1.881655575	0.54715447	0.54715447	2.588366272	2.588366272	1.897055147
2-10	380.39	380.92	377.74	377.27	40.17	40.31	80.48	9	13.5	0.01125	1.5	0.01688	0.0338	0.00454569	0.011700274	0.012	0.1536	17.77216758	0.959109266	1.836502911	0.018224461	0	-1.262591122	1.836502911	1.8365E+00	0.018224461	0	-1.274411059	1.836502911	0.5835576	0.5835576	2.536956953	2.536956953	2.186935298

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diametro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Critica		Tensión Tractiva	Velocidad Critica	Tensión Tractiva	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa
7-8	382.43	382.52	381.18	380.82	36.1	0	36.1	36	36	0.03	1.5	0.045	0.09	0.00454569	0.009972299	0.01	0.1536	16.22369513	0.875542967	1.881655575	0.018970551	0	-1.305876814	1.881655575	1.8817E+00	0.018970551	0	-1.847111505	1.881655575	0.54715447	0.54715447	2.588366272	2.588366272	1.897055147
8-10	382.52	380.92	380.82	379.72	25.43	36.1	61.53	9	45	0.0375	1.5	0.05625	0.1125	0.00454569	0.043255997	0.043	0.1536	33.64217027	1.815564359	1.556115284	0.013725824	0	-0.985319485	1.556115284	1.5561E+00	0.013725824	0	-1.403903579	1.556115284	0.914428669	0.914428669	2.20168393	2.20168393	5.902104473

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diametro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Critica		Tensión Tractiva	Velocidad Critica	Tensión Tractiva	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa
10-11	380.92	377.22	377.27	376.42	36.56	0	36.56	59	58.5	0.04875	1.5	0.07313	0.1463	0.00454569	0.023249453	0.023	0.1536	3	1.327826653	1.686330647	0.015780474	0	-1.115277463	1.686330647	1.6863E+00	0.015780474	0	-1.584829209	1.686330647	0.73395133	0.73395133	2.360727049	2.360727049	3.629509022
11-28	377.22	375.77	376.42	374.57	30.82	36.56	67.38	0	58.5	0.04875	1.5	0.07313	0.1463	0.00454569	0.060025957	0.06	0.1536	39.73977482	2.144633518	1.491768072	0.012739074	0	-0.921053981	1.491768072	1.4918E+00	0.012739074	0	-1.313925482	1.491768072	1.027757977	1.027757977	2.121068487	2.121068487	7.643444657

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diametro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Critica		Tensión Tractiva	Velocidad Critica	Tensión Tractiva	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa
28-29	375.77	372.2	374.57	371	55.22	0	55.22	77	76.5	0.06375	1.5	0.09563	0.1913	0.00454569	0.064650489	0.065	0.1536	41.36246903	2.232205338	1.476784088	0.012512377	0	-0.908126185	1.476784088	1.4767E+00	0.012512377	0	-1.292981539	1.476784088	1.056995673	1.056995673	2.102111106	2.102111106	8.133045123
29-15	372.2	368.6	371	367.2	52.07	55.22	107.29	4.5	81	0.0675	1.5	0.10125	0.2025	0.00454569	0.072978683	0.073	0.1536	43.83401044	2.365586832	1.455370803	0.012190541	0	-0.884830609	1.455370803	1.4553E+00	0.012190541	0	-1.263076343	1.455370803	1.100863314	1.100863314	2.074900355	2.074900355	8.89904981
15-18	368.6	365.68	367.2	364.48	50.58	107.3	157.87	36	117	0.0975	1.5	0.14625	0.2925	0.00454569	0.053776196	0.054	0.1536	37.70046094	2.034577999	1.511768175	0.013043519	0	-0.941006121	1.511768175	1.5118E+00	0.013043519	0	-1.341893545	1.511768175	0.990489903	0.990489903	2.146264034	2.146264034	7.043500465

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diametro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Critica		Tensión Tractiva	Velocidad Critica	Tensión Tractiva	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa
18-19	365.68	364.51	364.48	363.31	46.44	0	46.44	144	144	0.12	1.5	0.18	0.36	0.00454569	0.025193798	0.025	0.1536	25.65191434	1.384354983	1.668222713	0.015490649	0	-1.097272332	1.668222713	1.6682E+00	0.015490649	0	-1.559852341	1.668222713	0.755799143	0.755799143	2.338947971	2.338947971	3.872662258
19-20	364.51	363.12	363.31	361.32	47.52	46.44	93.96	27	171	0.1425	1.5	0.21375	0.4275	0.00454569	0.041877104	0.042	0.1536	33.24868105	1.794329136	1.560785092	0.01379823	0	-0.989988932	1.560785092	1.5608E+00	0.01379823	0	-1.410428948	1.560785092	0.906908658	0			

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diámetro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Crítica		Tensión Tractiva	Velocidad Crítica	Tensión Tractiva	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa
18-17	365.68	363.41	364.48	361.61	47.14	0	47.14	9	9	0.0075	1.5	0.01125	0.0225	0.00454569	0.060882478	0.061	0.1536	40.06957114	2.162431811	1.488659054	0.012691938	0	-0.917955053	1.488659054	1.4887E+00	0.012691938	0	-1.309578944	1.488659054	1.033729375	1.033729375	2.117140711	2.117140711	7.742082118

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diámetro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Crítica		Tensión Tractiva	Velocidad Crítica	Tensión Tractiva	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa
16-17	363.26	363.41	362.06	361.61	24.68	0	24.68	18	18	0.015	1.5	0.0225	0.045	0.00454569	0.018233387	0.018	0.1536	21.7663711	1.174664155	1.741008747	0.016662559	0	-1.169391704	1.741008747	1.7410E+00	0.016662559	0	-1.659705627	1.741008747	0.673267072	0.673267072	2.425809038	2.425809038	2.999260697

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diámetro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Crítica		Tensión Tractiva	Velocidad Crítica	Tensión Tractiva	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa
17-20	363.41	363.12	361.61	361.32	16.12	0	16.12	32	31.5	0.02625	1.5	0.03938	0.0788	0.00454569	0.017990074	0.018	0.1536	21.7663711	1.174664155	1.741008747	0.016662559	0	-1.169391704	1.741008747	1.7410E+00	0.016662559	0	-1.659705627	1.741008747	0.673267072	0.673267072	2.425809038	2.425809038	2.999260697

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diámetro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Crítica		Tensión Tractiva	Velocidad Crítica	Tensión Tractiva	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa
20-21	363.12	361.76	361.32	359.92	41.07	0	41.07	230	229.5	0.19125	1.5	0.28688	0.5738	0.00454569	0.034088142	0.034	0.1536	29.91501571	1.614421462	1.603491832	0.014465062	0	-1.03268968	1.603491832	1.603491832	0.014465062	0	-1.470019913	1.603491832	0.842059885	0.842059885	2.260194992	2.260194992	4.918121182
21-22	361.76	360.81	359.92	359.26	39.45	41.07	80.52	36	265.5	0.22125	1.5	0.33188	0.6638	0.00454569	0.016730038	0.017	0.1536	21.15311047	1.141568364	1.754079249	0.016874847	0	-1.182258485	1.754079249	1.7541E+00	0.016874847	0	-1.677464723	1.754079249	0.659843581	0.659843581	2.441212977	2.441212977	2.868723911
22-23	360.81	359.31	359.26	357.81	58.17	80.52	138.69	50	315	0.2625	1.5	0.39375	0.7875	0.00454569	0.024926938	0.025	0.1536	25.65191434	1.384354983	1.668222713	0.015490649	0	-1.097272332	1.668222713	1.6682E+00	0.015490649	0	-1.559852341	1.668222713	0.755799143	0.755799143	2.338947971	2.338947971	3.872662258
23-24	359.31	357.77	357.81	356.27	49.26	138.7	187.95	23	337.5	0.28125	1.5	0.42188	0.8438	0.00454569	0.031262688	0.031	0.1536	28.5647629	1.541552468	1.622608017	0.014766153	0	-1.051788513	1.622608017	1.6226E+00	0.014766153	0	-1.496624036	1.622608017	0.815171646	0.815171646	2.283596834	2.283596834	4.577507346
24-25	357.77	355.66	356.27	354.16	48.74	188	236.69	27	384.5	0.30375	1.5	0.45563	0.9113	0.00454569	0.043290931	0.043	0.1536	33.84217027	1.815564539	1.556115284	0.013725824	0	-0.985319485	1.556115284	1.5561E+00	0.013725824	0	-1.403903579	1.556115284	0.914428669	0.914428669	2.20168393	2.20168393	5.902104473
25-26	355.66	353.74	354.16	351.89	45.68	236.7	282.37	32	396	0.33	1.5	0.495	0.99	0.00454569	0.04969352	0.05	0.1536	36.27728516	1.957773592	1.526579898	0.013270317	0	-0.955797978	1.526579898	1.5266E+00	0.013270317	0	-1.362609176	1.526579898	0.964115777	0.964115777	2.164843017	2.164843017	6.635158691

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diámetro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Crítica		Tensión Tractiva	Velocidad Crítica	Tensión Tractiva	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa
14-26	353.4	353.74	352.2	351.89	11.38	0	11.38	4.5	4.5	0.00375	1.5	0.00563	0.0113	0.00454569	0.027240773	0.027	0.1536	26.65825137	1.4386639	1.651723111	0.015227638	0	-1.08083848	1.651723111	1.651723111	0.015227638	0	-1.537028743	1.651723111	0.77653357	0.77653357	2.319006859	2.319006859	4.111462395

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diámetro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Crítica		Tensión Tractiva	Velocidad Crítica	Tensión Tractiva	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa
26-27	353.74	353.32	351.89	350.87	64.81	0	64.81	423	423	0.3525	1.5	0.52875	1.0575	0.00454569	0.015738312	0.016	0.1536	20.52153147	1.107483986	1.768079089	0.017102793	0	-1.196005526	1.768079089	1.768079089	0.017102793	0	-1.696419062	1.768079089	0.64589411	0.64589411	2.457645664	2.457645664	2.736446805

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diámetro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Crítica		Tensión Tractiva	Velocidad Crítica	Tensión Tractiva
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)
2-3	360.86	360.58	359.61	359.03	38.61	0	38.61	36	36	0.03	1.5	0.045	0.09	0.00454569	0.015022015	0.015	0.1536	19.86988741	1.072316759	1.783139951	0.017348639	0	-1.210751462	1.783139951	1.783139951	0.017348639	0	-1.716727462	1.783139951	0.63136312	2.475246491	2.475246491	2.602259783
3-4	360.58	363.12	359.03	357.9	48.44	38.61	87.05	72	108	0.09	1.5	0.135	0.27	0.00454569	0.023327828	0.023	0.1536	24.60445189	1.327826653	1.686330647	0.015780474	0	-1.115277463	1.686330647	1.686330647	0.015780474	0	-1.584829209	1.686330647	0.73395133	2.360727049	2.360727049	3.629509022

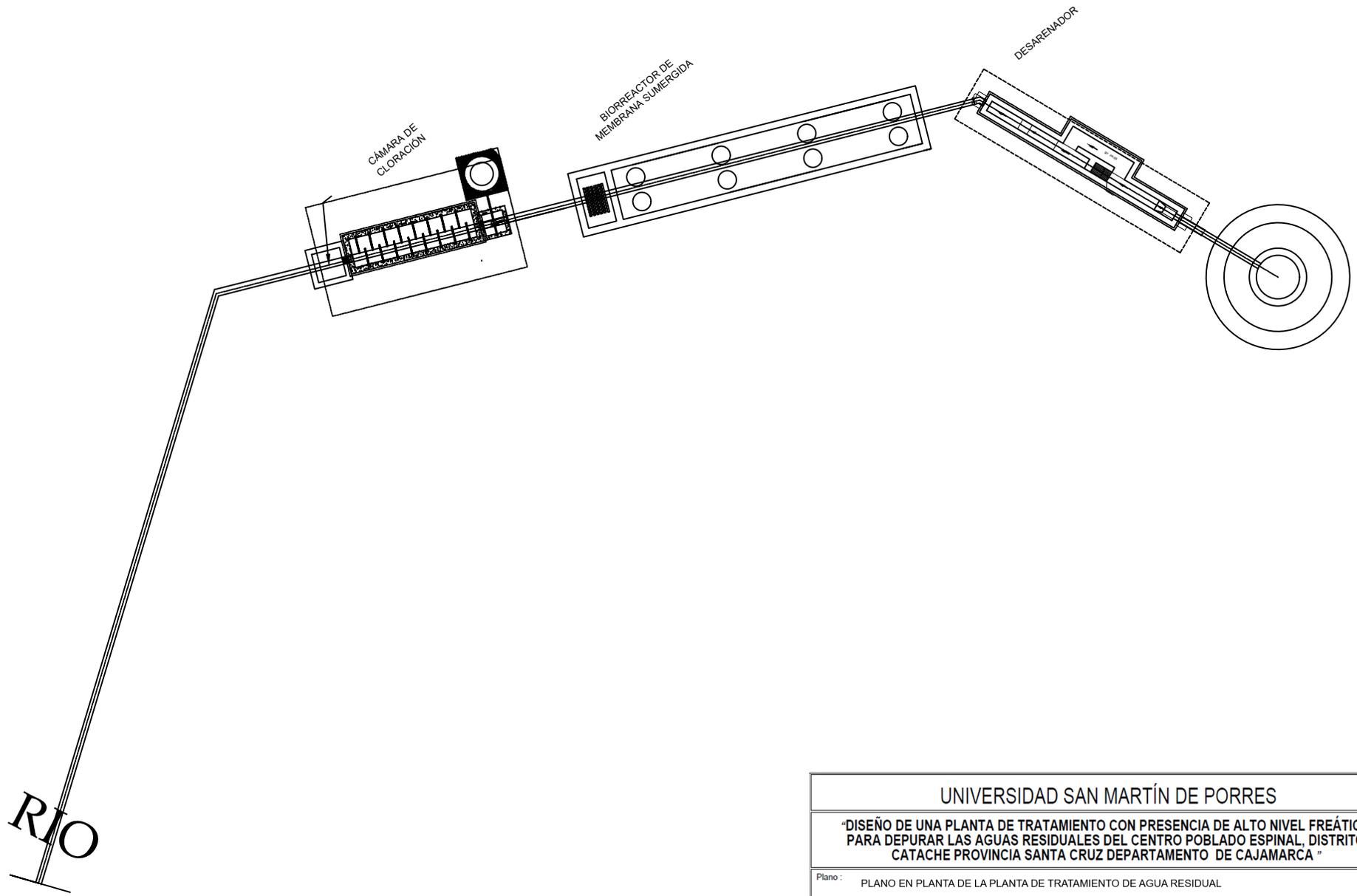
TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diámetro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Crítica		Tensión Tractiva	Velocidad Crítica	Tensión Tractiva
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)
6-5	358.14	357.44	356.64	356.24	33.19	0	33.19	25	24.5	0.02042	1.5	0.03063	0.0613	0.00454569	0.012051823	0.012	0.1536	17.7216758	0.959109266	1.836502911	0.018224461	0	-1.262591122	1.836502911	1.836502911	0.018224461	0	-1.787921647	1.836502911	0.5835576	2.536956953	2.536956953	2.186935298
5-4	357.44	359.3	356.24	355.8	41.62	33.19	74.81	14	38	0.03167	1.5	0.0475	0.095	0.00454569	0.01057184	0.011	0.1536	17.01555501	0.918277211	1.857872356	0.018577048	0	-1.283149129	1.857872356	1.857872356	0.018577048	0	-1.816063686	1.857872356	0.56589709	2.561380547	2.561380547	2.043475291

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diámetro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Crítica		Tensión Tractiva	Velocidad Crítica	Tensión Tractiva
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)
4-1	359.3	357.59	355.8	355.24	58.82	0	58.82	223	222.5	0.18542	1.5	0.27813	0.5563	0.00454569	0.009520571	0.01	0.1536	16.22369513	0.875542967	1.881655575	0.018970551	0	-1.305878814	1.881655575	1.881655575	0.018970551	0	-1.847111505	1.881655575	0.54715447	2.588366272	2.588366272	1.897055147
1-43	357.59	356.27	355.24	354.77	49.15	58.82	107.97	0	222.5	0.18542	1.5	0.27813	0.5563	0.00454569	0.009562564	0.01	0.1536	16.22369513	0.875542967	1.881655575	0.018970551	0	-1.305878814	1.881655575	1.881655575	0.018970551	0	-1.847111505	1.881655575	0.54715447	2.588366272	2.588366272	1.897055147
43-46	356.27	356.88	354.77	354.29	38.92	108	146.89	4.5	227	0.18917	1.5	0.28375	0.5675	0.00454569	0.012332991	0.012	0.1536	17.7216758	0.959109266	1.836502911	0.018224461	0	-1.262591122	1.836502911	1.836502911	0.018224461	0	-1.787921647	1.836502911	0.5835576	2.536956953	2.536956953	2.186935298
46-12	356.88	356.98	354.29	354.13	12.66	146.89	159.55	0	227	0.18917	1.5	0.28375	0.5675	0.00454569	0.012638231	0.013	0.1536	18.49785849	0.998272575	1.817126807	0.017905642	0	-1.243846858	1.817126807	1.817126807	0.017905642	0	-1.762216263	1.817126807	0.60028144	2.514668248	2.514668248	2.327334111
12-13	356.98	355.02	354.13	353.37	53.94	159.6	213.49	27	254	0.21167	1.5	0.3175	0.635	0.00454569	0.014089729	0.014	0.1536	19.19613496	1.03595641	1.799422749	0.017615124	0	-1.226639903	1.799422749	1.799422749	0.017615124	0	-1.738581716	1.799422749	0.616185015	2.494184661	2.494184661	2.466117334
13-27	355.02	353.32	353.37	351.87	49.31	213.5	262.8	14	267.5	0.22292	1.5	0.33438	0.6688	0.00454569	0.030419793	0.03	0.1536	28.10026426	1.516484904	1.629460861	0.014874463	0	-1.05863089	1.629460861	1.629460861	0.014874463	0	-1.506147611	1.629460861	0.805832553	2.291956672	2.291956672	4.462338928

TRAMO	COTA TAPA DE BUZON		COTA FONDO DE BUZON		Longitud (m)			Población		Gasto				Pendiente		Diámetro (m)	Theta min (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	theta min (rad)	theta max (rad)	Rh (m)	f theta (rad)	f' theta (rad)	Theta max (rad)	Velocidades Reales		Velocidad Crítica		Tensión Tractiva	Velocidad Crítica	Tensión Tractiva	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Propia	Tributaria	Acumulada	Servida	Acumulada	Qmed	Qmin	Q max inst	Q max extr	Pend	Pend corregido												Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Pa
27-30	353.32	352.5	350.87	350.4	21.95	0	21.95	691	691	0.57583	1.5	0.86375	1.7275	0.004253792	0.021412201	0.021	0.1536	23.51036784	1.2687823	1.706367821	0.01610255	0	-1.135156584	1.706367821	1.706367821	0.017142515	0	-1.699709847	1.706367821	0.741109961	2.38469632	2.38469632	3.599928109	
30-31	352.5	351.25	350.4	349.85	11.25	21.95	33.2	0	691	0.57583	1.5	0.86375	1.7275	0.004253792	0.048888889	0.049	0.1536	35.91268008	1.938096976	1.530496824	0.013330479	0	-0.959711405	1.530496824	1.5865E+00	0.014199413	0	-1.446390273	1.586541694	0.957308368	2.169744067	2.169744067	6.957712433	
31-32	351.25	349.24	349.24	347.74	22.81	33.2	56.01	0	691	0.57583	1.5	0.86375	1.7275	0.004253792	0.065760631	0.066	0.1536	41.67942745	2.249310609	1.473946328	0.012469581	0	-0.903301338	1.473946328	1.5275E+00	0.013284454	0	-1.363906091	1.52750723	1.062665343	1.108476764	2.098513079	2.166003918	8.76780542
32-33	349.24	347.86	347.74	346.56	38.96	56.01	94.97	0	691	0.57583	1.5	0.86375	1.7275	0.004253792	0.030287474	0.03	0.1536	28.10026426	1.516484904	1.629460861	0.014874463	0	-1.05863089	1.629460861	1.6900E+00	0.015839197	0	-1.589867585	1.689990554	0.805832553	0.840309723	2.291956672	2.365115418	4.751759209
33-34	347.86	346.75	346.56	345.5	32.1	94.97	127.07	0	691	0.57583	1.5	0.86375	1.7275	0.004253792	0.031464174	0.031	0.1536	28.5647629	1.541552468	1.622608017	0.014766153	0	-1.051788513	1.622608017	1.6829E+00	0.01572421	0	-1.579994722	1.682821173	0.81571646	0.850060907	2.283596834	2.35651477	4.874504976
34-35	346.75	346.12	345.5	344.82	28.82	127.1	155.89	0	691	0.57583	1.5	0.86375	1.7275	0.004253792	0.025329632	0.025	0.1536	25.65191434	1.384354983	1.668222713	0.015490649	0	-1.097272332	1.668222713	1.7306E+00	0.016493242	0	-1.645467957	1.730560494	0.755799143	0.788068578	2.338047971	2.4134526	4.123310576
35-36	346.12	345.49	344.82	343.99	51.04	155.9	206.93	0	691	0.57583	1.5	0.86375	1.7275	0.004253792	0.016281755	0.016	0.1536	20.52153147	1.107483986	1.768079089	0.017102793	0	-1.196005526	1.768079089	1.8352E+00	0.018203341	0	-1.786226364	1.83522097	0.64589411	0.673313578	2.457845664	2.53548651	2.912534531
36-44	345.49	344.54	343.99	343.34	41.23	206.9	248.16	0	691	0.57583	1.5	0.86375	1.7275	0.004253792	0.01576522	0.016	0.1536	20.52153147	1.107483986	1.768079089	0.017102793	0	-1.196005526	1.768079089	1.8352E+00	0.018203341	0	-1.786226364	1.83522097	0.64589411	0.673313578	2.457845664	2.53548651	2.912534531
44-37	344.54	343.62	343.34	342.32	34.6	248.2	282.76	0	691	0.57583	1.5	0.86375	1.7275	0.004253792	0.029479769	0.029	0.1536	27.62795727	1.490995947	1.636583519	0.014987242	0	-1.065739749	1.636583519	1.6974E+00	0.015958922	0	-1.600116343	1.697443194	0.796287933	0.830343944	2.300629158	2.374037289	4.828087508
37-38	343.62	342.42	342.32	341.12	31.53	282.8	314.29	0	691	0.57583	1.5	0.86375	1.7275	0.004253792	0.038058991	0.038	0.1536	31.62580399	1.706747448	1.58083794	0.014111031	0	-1.010041445	1.58083794	1.6391E+00	0.015027793	0	-1.519587163	1.639141326	0.875600787	0.913156557	2.232307543	2.303739406	5.710561206
38-39	342.42	340.43	341.12	339.18	74.73	314.3	389.02	0	691	0.57583	1.5	0.86375	1.7275	0.004253792	0.025960123	0.026	0.1536	26.15992236	1.411770614	1.659788816	0.015356079	0	-1.08887507	1.659788816	1.7217E+00	0.016350423	0	-1.633408237	1.721730598	0.766266568	0.799029196	2.328766361	2.402989514	4.251109953
39-40	340.43	340.03	339.18	339.03	19.84	389	408.86	0	691	0.57583	1.5	0.86375	1.7275	0.004253792	0.007560484	0.008	0.1536																	

Anexo 6.

Plano en planta de la PTAR.



RÍO

CÁMARA DE CLORACIÓN

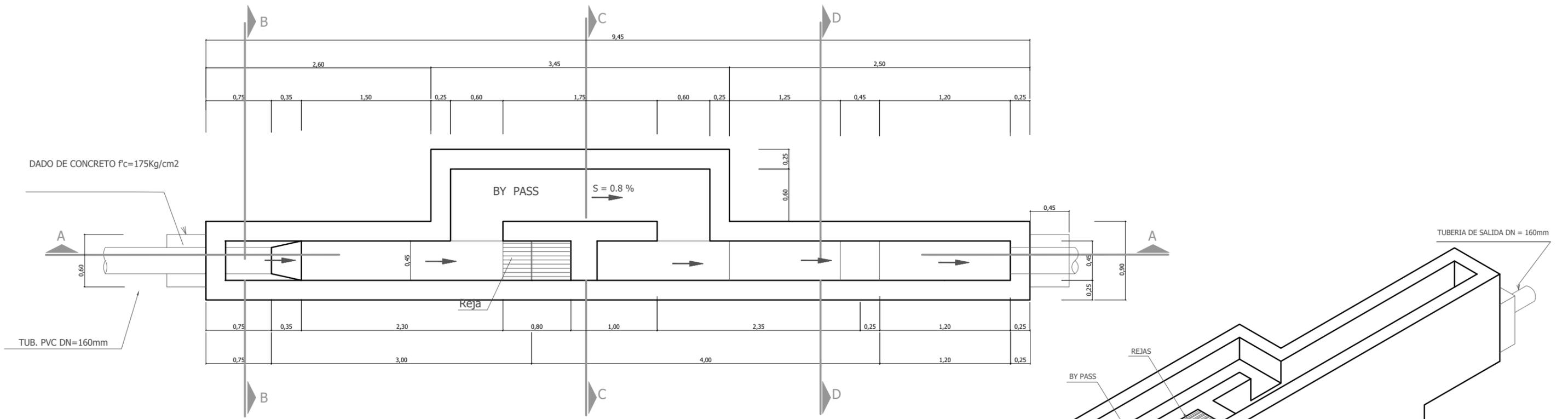
BIOPREACTOR DE MEMBRANA SUMERGIDA

DESARENADOR

UNIVERSIDAD SAN MARTÍN DE PORRES				
“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE ALTO NIVEL FREÁTICO PARA DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO ESPINAL, DISTRITO CATACHE PROVINCIA SANTA CRUZ DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA ”				
Plano : PLANO EN PLANTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL				
Región : Cajamarca	Provincia : Santa Cruz	Distrito : Catache	Lugar : Espinal	Lamina N° :
Formulador: AGÜERO PEREZ JIMENA PIERINA - BERRIOS CARRANZA JHAEL JHAMIR			Fecha : JUN - 2022	PP-01

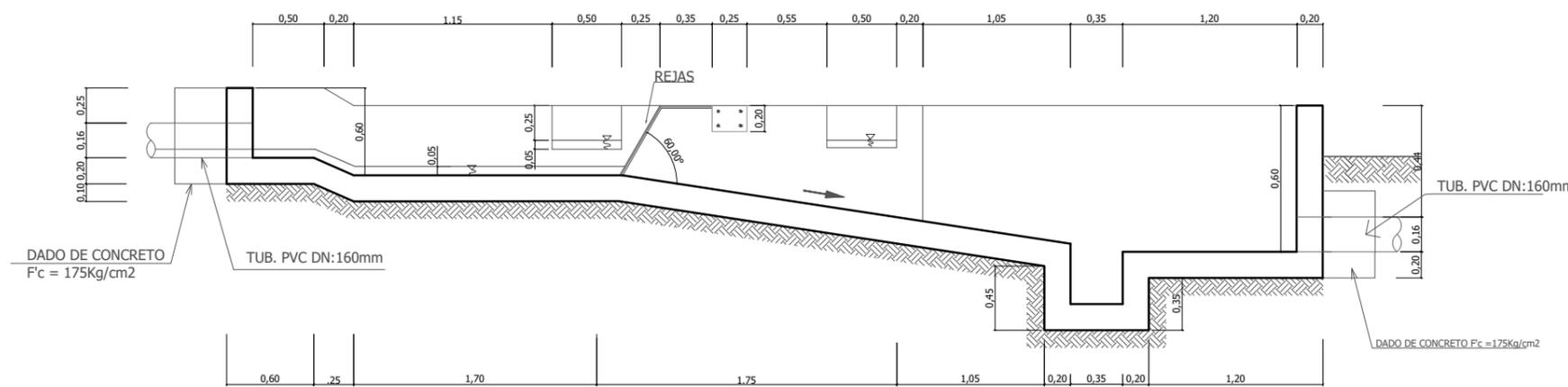
Anexo 7.

Planos arquitectónicos de las estructuras de la PTAR.



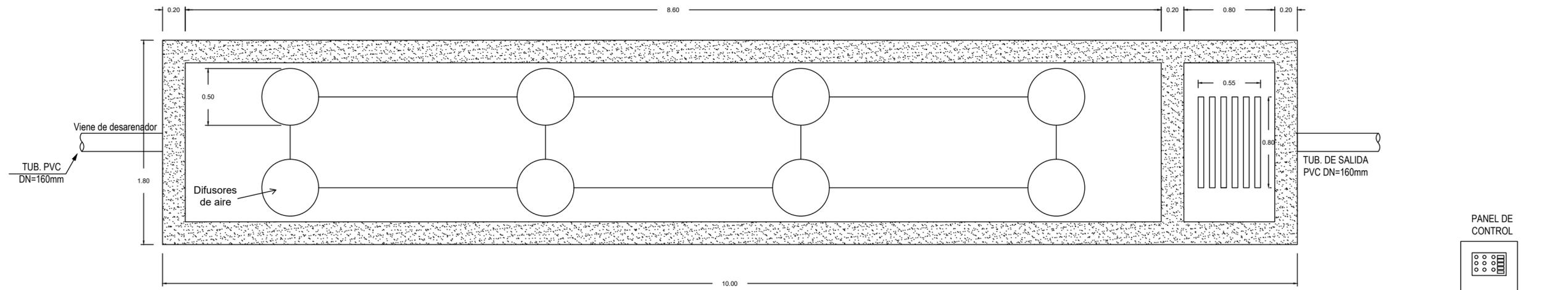
PLANTA DE CAMARA DE REJAS
ESC. 1/25

ISOMETRIA

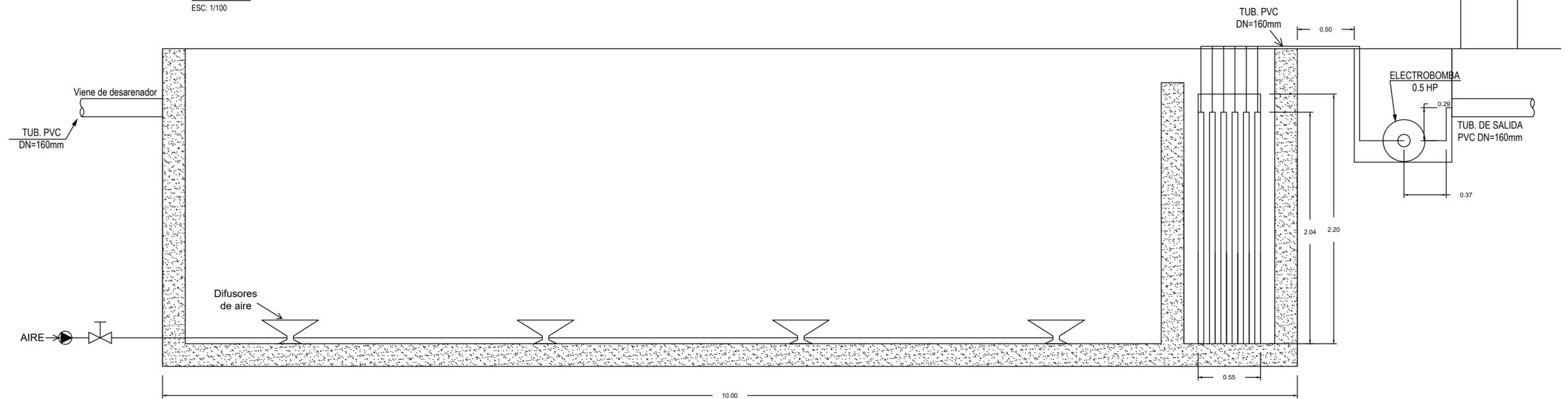


CORTE A - A

UNIVERSIDAD SAN MARTÍN DE PORRES				
“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE ALTO NIVEL FREÁTICO PARA DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO ESPINAL, DISTRITO CATACHE PROVINCIA SANTA CRUZ DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA ”				
Plano : CANAL DE ENTRADA - CÁMARA DE REJAS - DESARENADOR				
Región : Cajamarca	Provincia : Santa Cruz	Distrito : Catache	Lugar : Espinal	Lamina Nº : A-01
Formulador: AGÜERO PEREZ JIMENA PIERINA - BERRIOS CARRANZA JHAEL JHAMIR			Fecha : JUN - 2022	



PLANTA
ESC: 1/100

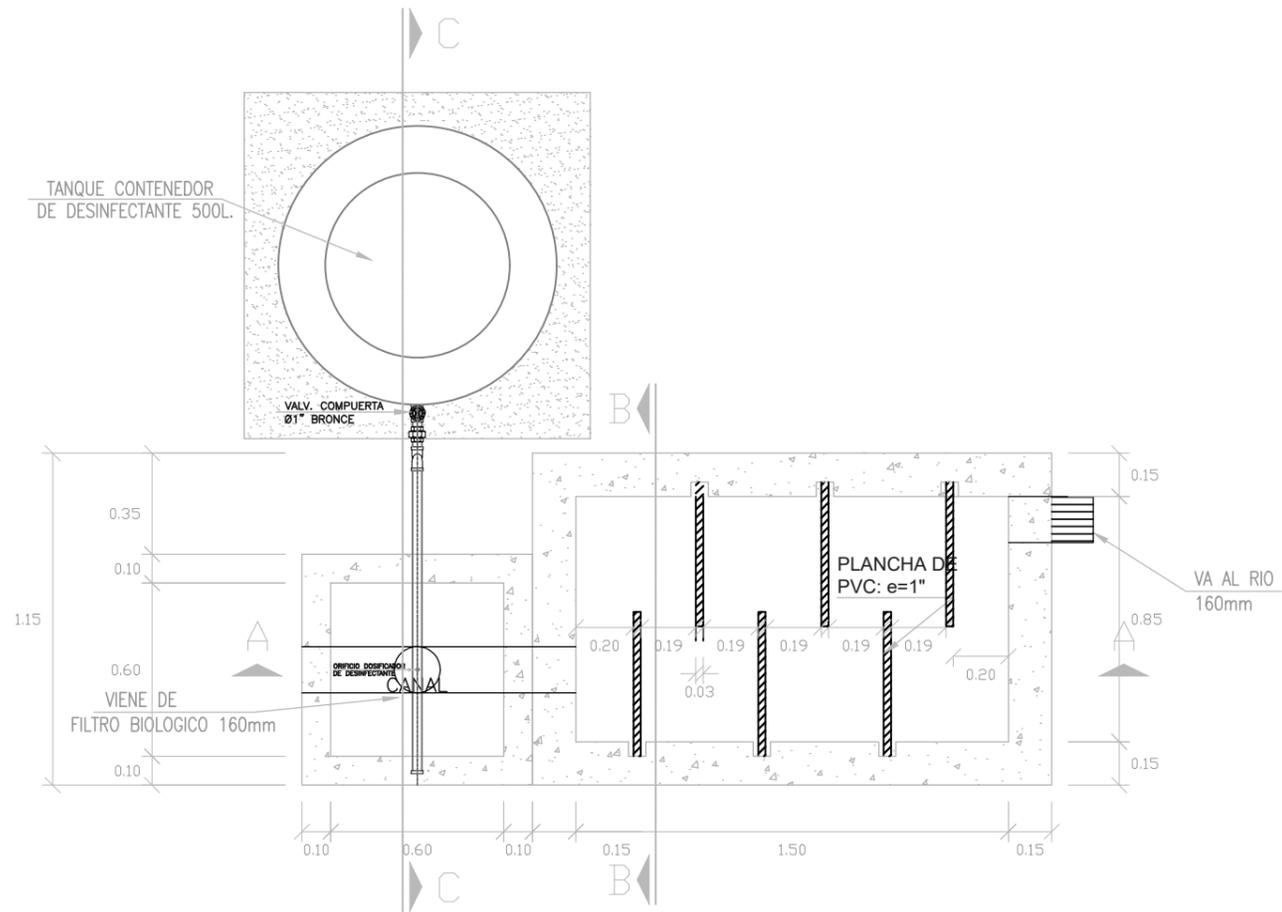


ELEVACIÓN
ESC: 1/100

UNIVERSIDAD SAN MARTÍN DE PORRES

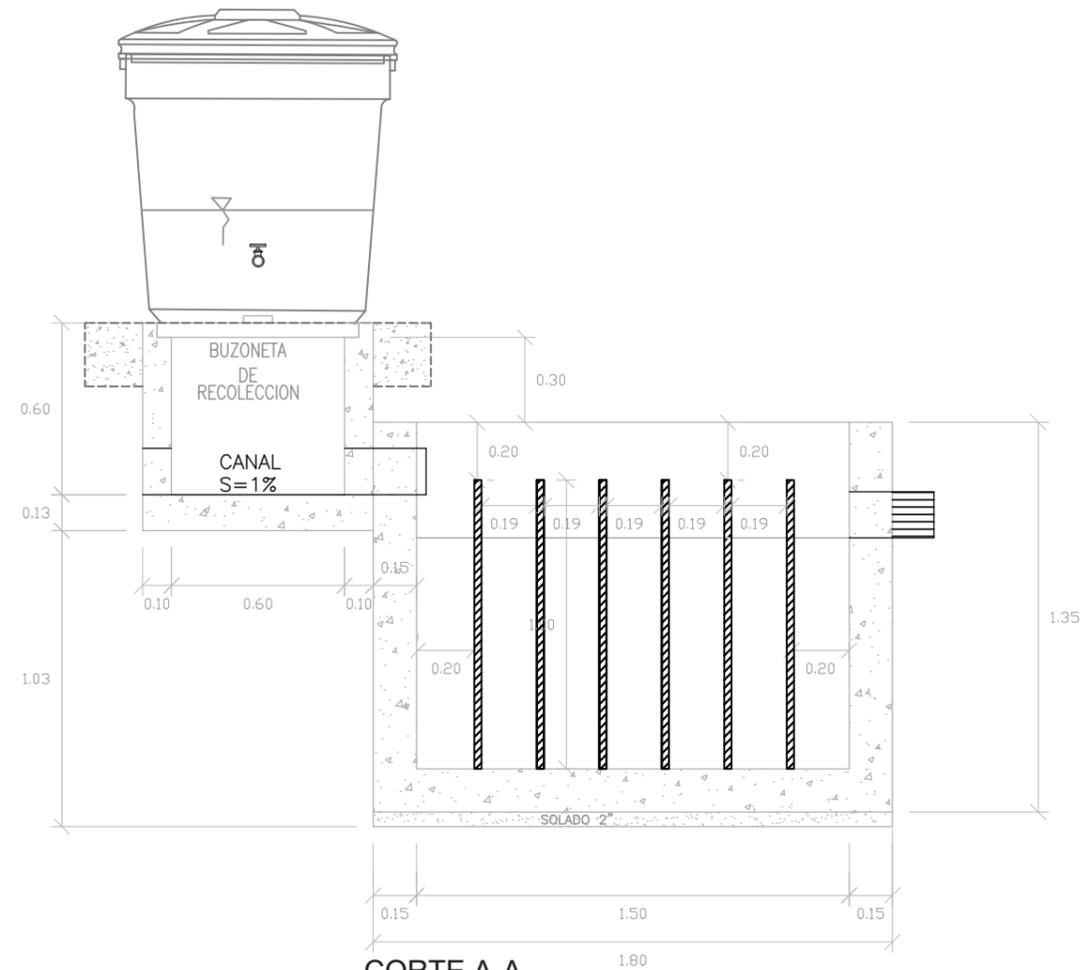
"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE ALTO NIVEL FREÁTICO PARA DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO ESPINAL, DISTRITO CATACHE PROVINCIA SANTA CRUZ DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

Plano : BIORREACTOR CON MEMBRANA SUMERGIDA				
Región : Cajamarca	Provincia : Santa Cruz	Distrito : Catache	Lugar : Espinal	Lámina N° : B-01
Formulador : AGÜERO PEREZ JIMENA PIERINA - BERRIOS CARRANZA JHAEL JHAMIR			Fecha : ABRIL - 2023	



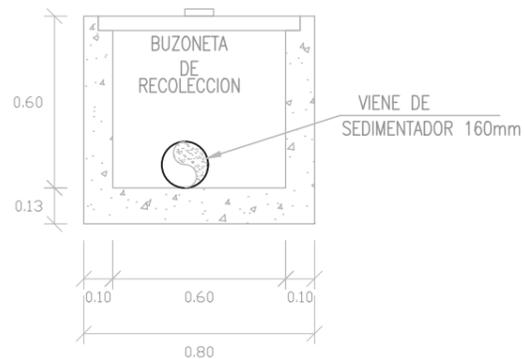
PLANTA
CAMARA DE CONTACTO Y CLORACION

ESC: 1/20



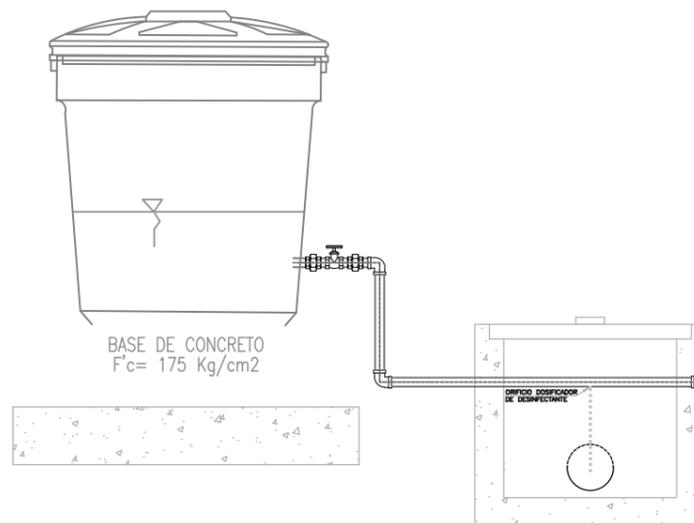
CORTE A-A
CAMARA DE CONTACTO Y CLORACION

ESC: 1/20



CORTE B-B
CAMARA DE CONTACTO Y CLORACION

ESC: 1/20



CORTE C-C
CAMARA DE CONTACTO Y CLORACION

ESC: 1/20

UNIVERSIDAD SAN MARTÍN DE PORRES

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE ALTO NIVEL FREÁTICO PARA DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO ESPINAL, DISTRITO CATACHE PROVINCIA SANTA CRUZ DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA ”

Plano : CÁMARA DE CLORACIÓN

Región : Cajamarca	Provincia : Santa Cruz	Distrito : Catache	Lugar : Espinal	Lamina N° :
------------------------------	----------------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------

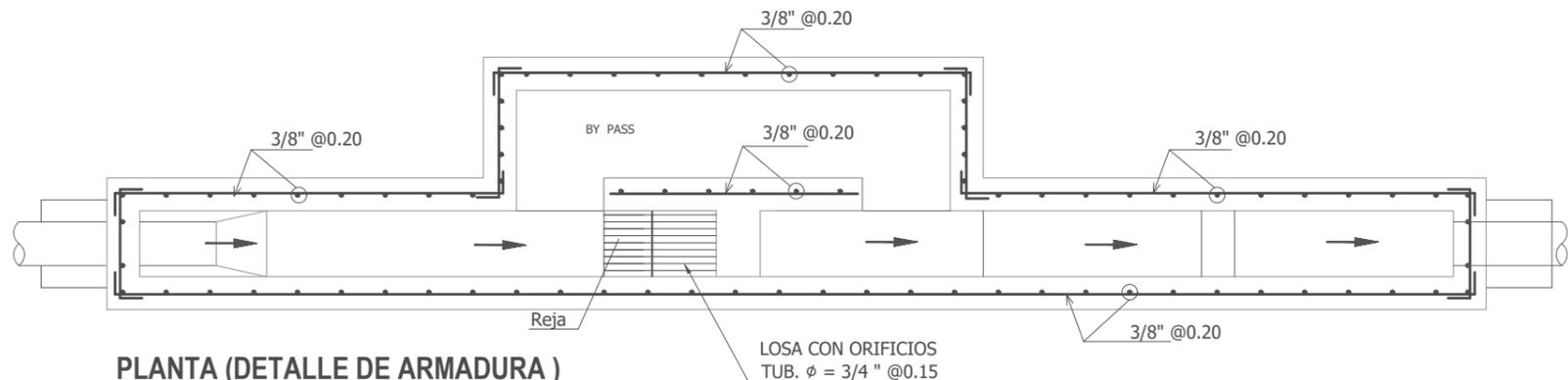
Formulador:
AGÜERO PEREZ JIMENA PIERINA - BERRIOS CARRANZA JHAEL JHAMIR

Fecha :
JUN - 2022

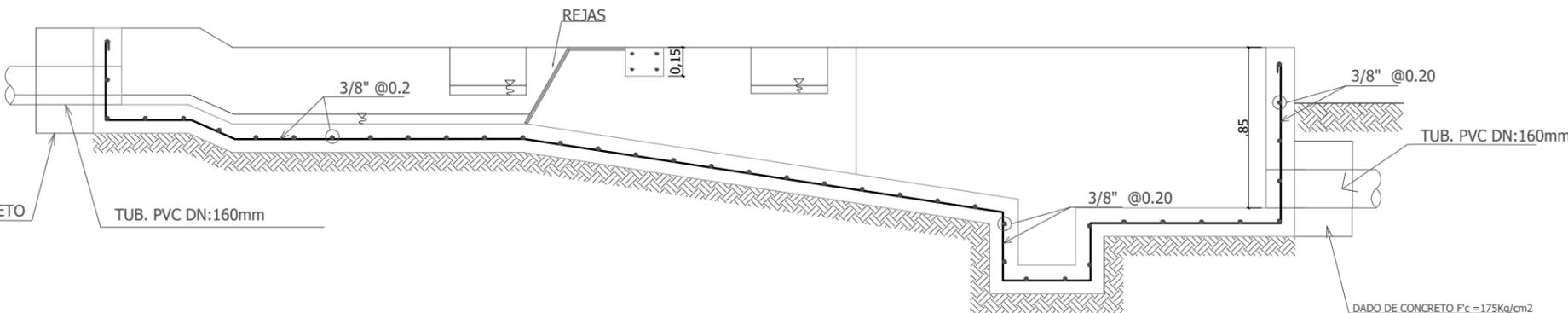
A - 05

Anexo 8.

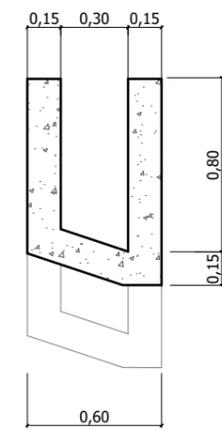
Planos estructurales de las estructuras de la PTAR.



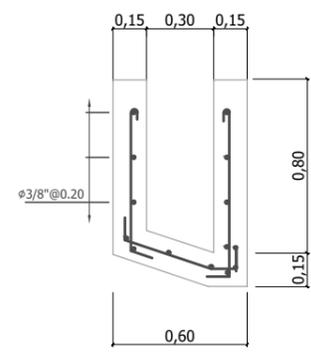
PLANTA (DETALLE DE ARMADURA)
ESC. 1/25



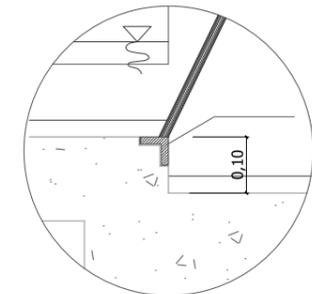
CORTE A - A (DETALLE DE ARMADURA)
ESC. 1/25



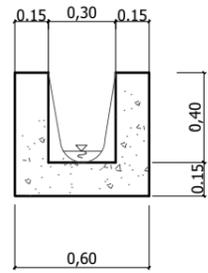
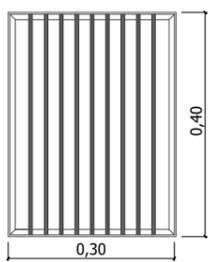
CORTE D - D
ESC. 1/25



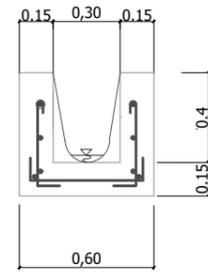
CORTE D - D (DETALLE DE ARMADURA)
ESC. 1/25



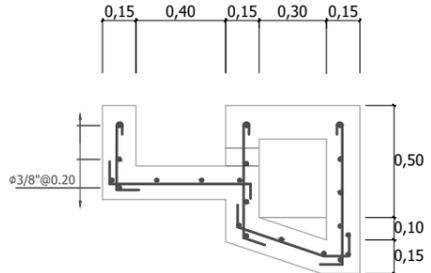
DETALLE DE REJAS
ESC. 1/10



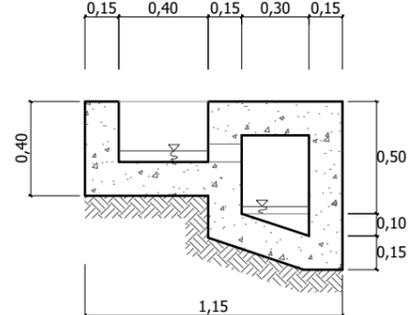
CORTE B - B
ESC. 1/25



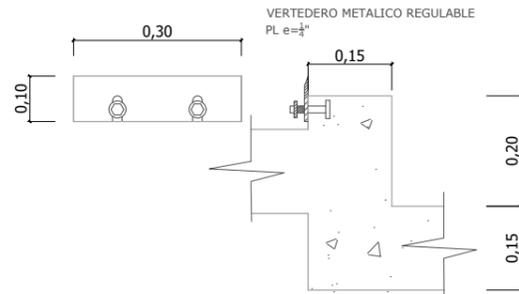
CORTE B - B (DETALLE DE ARMADURA)
ESC. 1/25



CORTE C - C (DETALLE DE ARMADURA)
ESC. 1/25

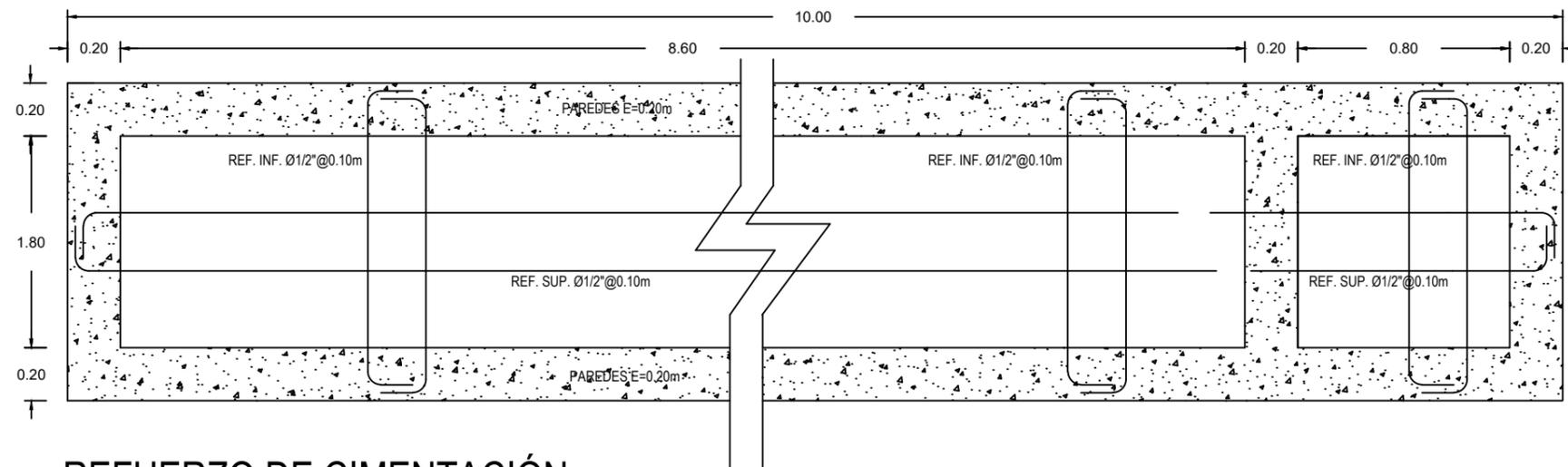


CORTE C - C
ESC. 1/25

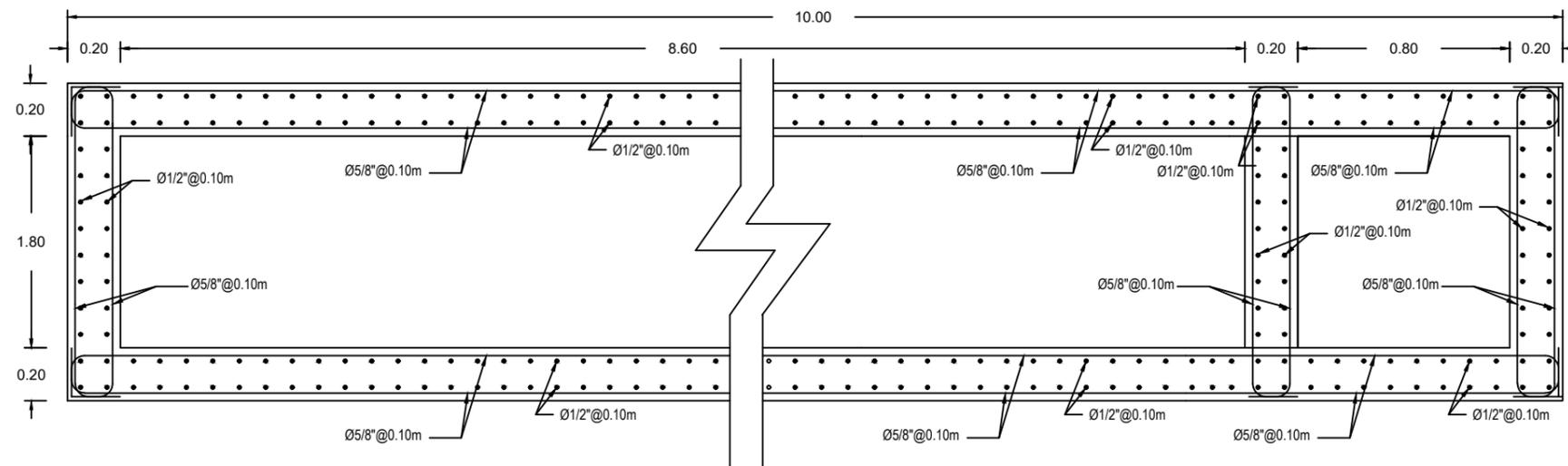


DETALLE DE VERTEDERO METALICO
ESC. 1/10

UNIVERSIDAD SAN MARTÍN DE PORRES				
“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE ALTO NIVEL FREÁTICO PARA DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO ESPINAL, DISTRITO CATACHE PROVINCIA SANTA CRUZ DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA ”				
Plano : CANAL DE ENTRADA - CÁMARA DE REJAS - DESARENADOR				
Región : Cajamarca	Provincia : Santa Cruz	Distrito : Catache	Lugar : Espinal	Lamina Nº : E - 01
Formulador: AGÜERO PEREZ JIMENA PIERINA - BERRIOS CARRANZA JHAEL JHAMIR			Fecha : JUN - 2022	

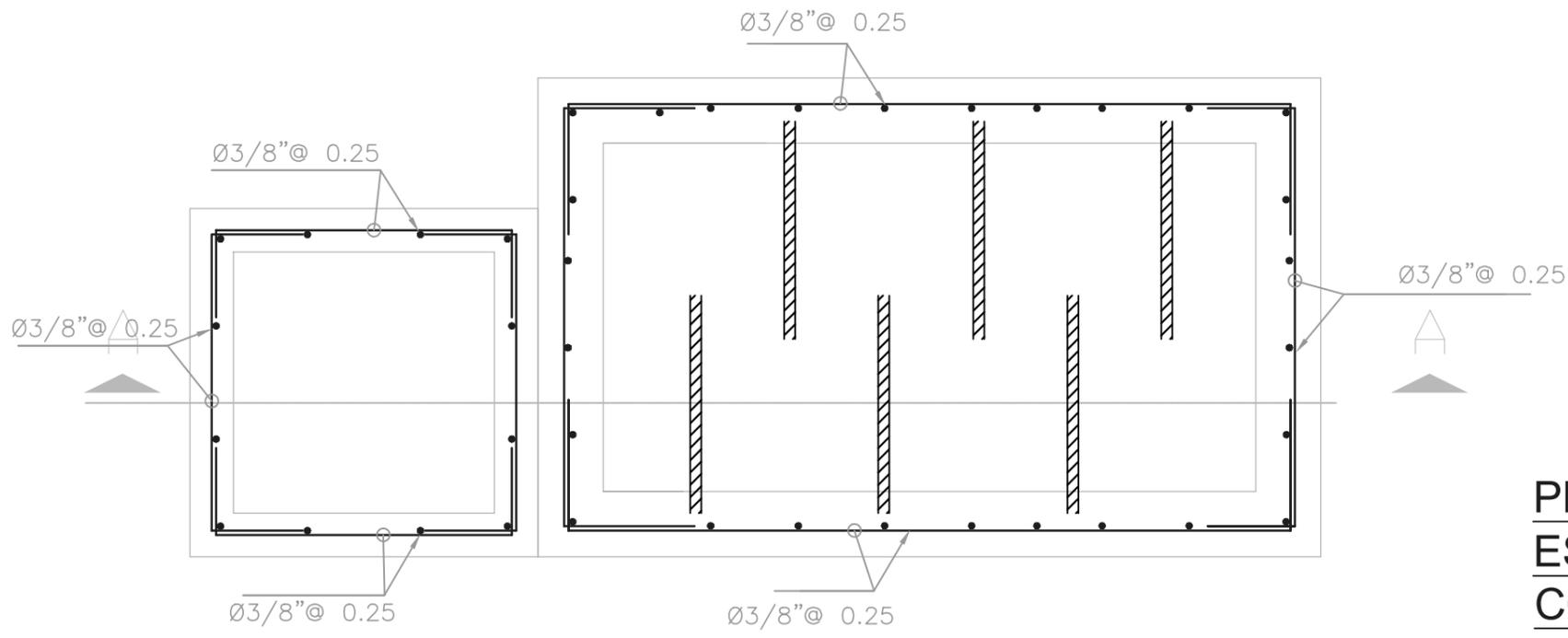


REFUERZO DE CIMENTACIÓN
ESC: 1/100



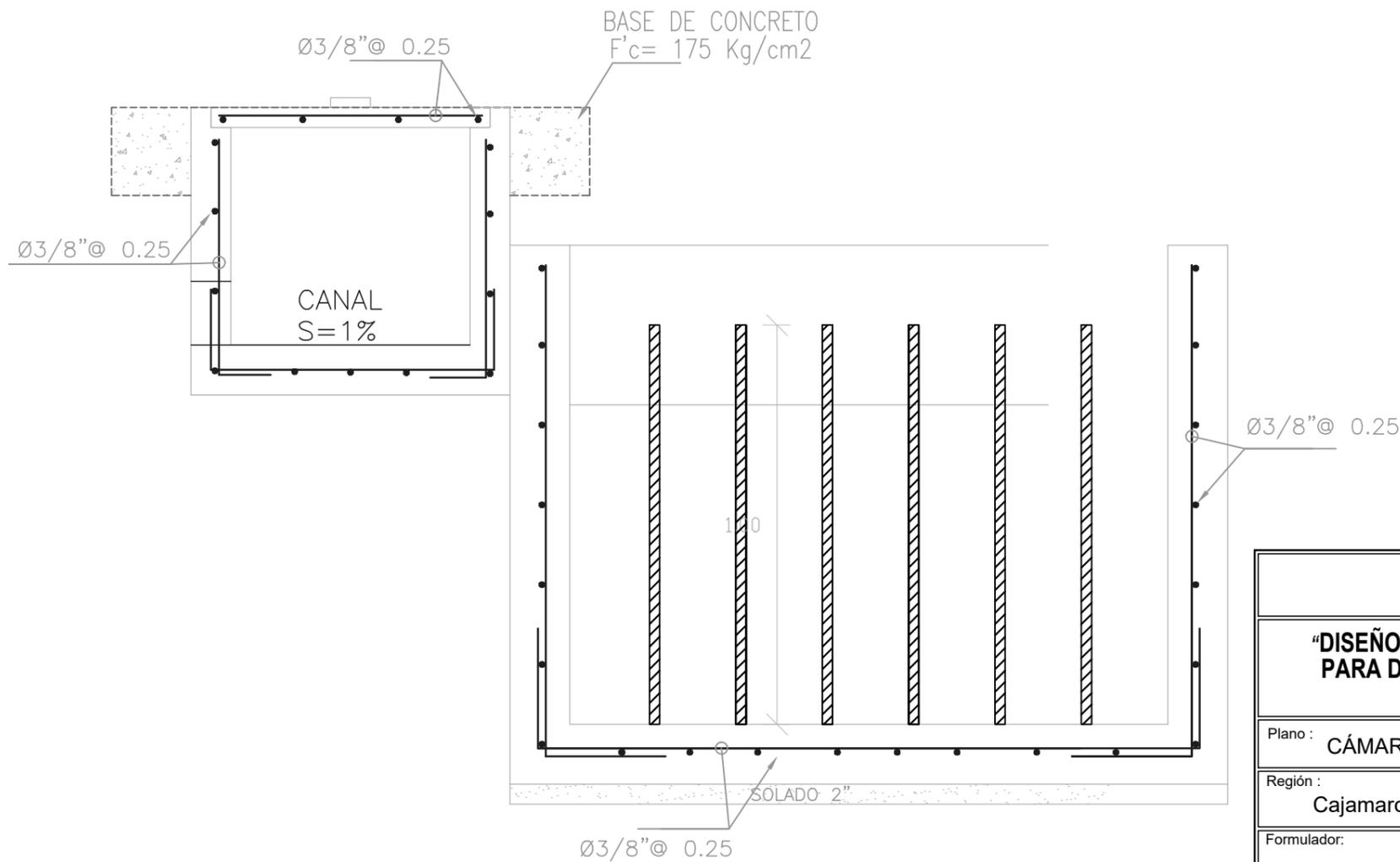
REFUERZO DE PAREDES
ESC: 1/100

UNIVERSIDAD SAN MARTÍN DE PORRES				
"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE ALTO NIVEL FREÁTICO PARA DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO ESPINAL, DISTRITO CATACHE PROVINCIA SANTA CRUZ DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"				
Plano : BIORREACTOR CON MEMBRANA SUMERGIDA				
Región : Cajamarca	Provincia : Santa Cruz	Distrito : Catache	Lugar : Espinal	Lámina N° :
Formulador : AGÜERO PEREZ JIMENA PIERINA - BERRIOS CARRANZA JHAEL JHAMIR			Fecha : ABRIL - 2023	BE-01



PLANTA
ESTRUCTURAS CAMARA DE
CONTACTO Y CLORACION

ESC: 1/20



CORTE A-A
ESTRUCTURAS CAMARA DE
CONTACTO Y CLORACION

ESC: 1/20

UNIVERSIDAD SAN MARTÍN DE PORRES

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON PRESENCIA DE ALTO NIVEL FREÁTICO PARA DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO ESPINAL, DISTRITO CATACHE PROVINCIA SANTA CRUZ DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA ”

Plano : CÁMARA DE CLORACIÓN

Región : Cajamarca	Provincia : Santa Cruz	Distrito : Catache	Lugar : Espinal	Lamina N° :
------------------------------	----------------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------

Formulador:
 AGÜERO PEREZ JIMENA PIERINA - BERRIOS CARRANZA JHAEL JHAMIR

Fecha :
 JUN - 2022

E - 05