

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA

HIDRÁULICA



**“CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA
LOCALIDAD DE JESÚS Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO HIDRÁULICO

PRESENTADO POR:

Bach. JEAN FRANCO CORREA GALLARDO

ASESOR:

Dr. Ing. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ

CAJAMARCA – PERÚ

2022

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios y a mi familia por brindarme ese apoyo incondicional en todo momento.

A la Universidad Nacional de Cajamarca por brindarme la oportunidad de tener una formación profesional.

A mi asesor, Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz, por su asesoría y apoyo en todo momento en el desarrollo de esta investigación.

A los jurados de tesis Dr. Ing. Francisco Huamán Vidaurre, M.Cs. Ing. Marco Silva Silva, Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez; quienes con sus aportes y comentarios ayudaron a mejorar la investigación.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron al desarrollo de esta investigación.

Gracias a todos.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A Dios por bendecirme todos los días de mi vida y permitirme alcanzar uno de mis grandes anhelos.

A mis padres, quienes con su amor, esfuerzo y sacrificio en todo momento de mi vida permitiendo que logre cada objetivo que me he trazado, todo gracias a ustedes.

A mi hermano, por brindarme su cariño y apoyo en todo este proceso.

A mis familiares y amigos quienes me apoyaron en todo momento.

Jean Franco Correa Gallardo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 CONTEXTO	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.5 ALCANCES.....	3
1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS	5
2.2 BASES TEÓRICAS.....	6
2.2.1 Ley de recursos hídricos	6
2.2.2 Planta de tratamiento de aguas residuales	7
2.2.3 Aguas residuales	8
2.2.4 Composición de las aguas residuales.....	8
2.2.5 Caracterización de aguas residuales	10
2.2.6 Muestreo y monitoreo de aguas residuales.....	10
2.2.7 Características de las aguas residuales	15
2.2.8 Calidad de las aguas residuales	22
2.2.9 Caudales.....	26
2.2.10 Tratamiento de aguas residuales.....	30
2.2.11 Clasificación de los métodos de tratamiento de aguas residuales	31
2.2.12 Niveles de tratamiento de aguas residuales	33
2.2.13 Procesos de tratamiento de aguas residuales	39
2.2.14 Criterios de selección de la tecnología para el tratamiento de aguas residuales	57
2.2.15 Matriz de decisión para la selección de tecnología relacionada con el tratamiento de aguas residuales	59
2.2.16 Sistema de control de olores en una planta de tratamiento de agua residual....	66
2.2.17 Bases y criterios de diseño.....	67
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	75
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	77
3.1 ASPECTOS GENERALES	77
3.1.1 Ubicación del área de estudio	77
3.1.2 Ubicación política y geográfica.....	78
3.1.3 Límites distritales	79
3.1.4 Características ambientales del área de estudio.....	79

3.2 EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN	80
3.3 FASE INICIAL DE LA INVESTIGACIÓN	80
3.3.1 Recopilación de la información	80
3.3.2 Identificación de la zona de estudio	81
3.4 FASE DE CAMPO	81
3.4.1 Identificación del punto de monitoreo	81
3.4.2 Medición de caudales	81
3.4.3 Muestreo de aguas residuales	82
3.5 FASE DE LABORATORIO	83
3.6 FASE DE GABINETE.....	85
3.6.1 Estudio Climatológico de la localidad de Jesús.....	85
3.6.2 Disponibilidad de terreno	85
3.6.3 Evaluación de los resultados obtenidos en laboratorio.....	86
3.6.4 Análisis y selección de la alternativa de tratamiento.....	86
3.6.5 Establecer bases y criterios de diseño para la alternativa seleccionada.....	87
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	90
4.1 FASE INICIAL DE LA INVESTIGACIÓN	90
4.1.1 Identificación de la zona de estudio	90
4.2 FASE DE CAMPO	92
4.2.1 Punto de monitoreo.....	92
4.2.2 Aforos	93
4.2.3 Muestreo de las aguas residuales.....	95
4.3 FASE DE LABORATORIO	96
4.3.1 Caracterización de aguas residuales	96
4.4 FASE DE GABINETE.....	96
4.4.1 Estudios climatológicos	96
4.4.2 Disponibilidad de terreno	97
4.4.3 Evaluación de los resultados obtenidos en laboratorio.....	98
4.4.4 Análisis y selección de alternativas de tratamiento de aguas residuales	102
4.4.5 Establecer bases y criterios de diseño para la alternativa seleccionada.....	113
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	122
5.1 CONCLUSIONES	122
5.2 RECOMENDACIONES	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126
ANEXOS	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición típica del agua residual doméstica bruta.	9
Tabla 2.	Requisitos para la toma de muestra de agua y preservación de las muestras para el monitoreo.	14
Tabla 3.	Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias.	15
Tabla 4.	Definiciones para sólidos encontrados en aguas residuales.	17
Tabla 5.	Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR.	23
Tabla 6.	Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	24
Tabla 7.	Dotación de agua según RNE (l/hab/día) en Habilitaciones urbanas.	29
Tabla 8.	Niveles de tratamiento de aguas residuales.	37
Tabla 9.	Clasificación de rejillas según el espaciamiento de las barras	39
Tabla 10.	Descripción de las modificaciones del proceso de lodos activados.	46
Tabla 11.	Ventajas y desventajas de los lechos de secado	55
Tabla 12.	Eficiencia de remoción de contaminantes.	56
Tabla 13.	Evaluación de criterios de operación y de calidad de descarga de diferentes sistemas y tecnologías de plantas de tratamiento de aguas residuales.	59
Tabla 14.	Evaluación de criterios de eficiencia económica de diferentes sistemas y tecnologías de plantas de tratamiento de aguas residuales.	59
Tabla 15.	Parámetros de diseño para rejillas manuales.	68
Tabla 16.	Valores recomendados de los parámetros necesarios para dimensionamiento de desarenadores.	68
Tabla 17.	Criterios hidráulicos para el diseño de reactores RAFA	71
Tabla 18.	Criterios de diseño para reactores RAFA que tratan agua residual doméstica.	71
Tabla 19.	Profundidad del lecho de filtro percolador.	72
Tabla 20.	Criterios de diseño para filtros percoladores.	73
Tabla 21.	Criterios de diseño para desinfección por cloro.	74
Tabla 22.	Ubicación política de la zona de estudio.	78
Tabla 23.	Ubicación geográfica de la zona de estudio.	78
Tabla 24.	Fechas de muestreos.	83
Tabla 25.	Métodos de ensayos acreditados.	84
Tabla 26.	Niveles de calificación.	87
Tabla 27.	Coordenada de puntos representativos.	93
Tabla 28.	Caudal medido en tramo de aforo.	94
Tabla 29.	Parámetros medidos en campo.	95
Tabla 30.	Valor de los parámetros obtenidos de los análisis de laboratorio.	96
Tabla 31.	Información hidrometeorológica de la estación Augusto Weberbauer.	96

Tabla 32.	Parámetros promedio obtenidos en laboratorio vs LMP.....	98
Tabla 33.	Biodegradabilidad de aguas residuales estudiadas.....	101
Tabla 34.	Ponderación de los rubros a evaluar.....	103
Tabla 35.	Calificación para cada rubro de las tecnologías evaluadas.	105
Tabla 36.	Proceso evaluado: Reactor UASB + Filtro Percolador.	107
Tabla 37.	Proceso evaluado: Tanque Imhoff + Filtro Percolador.	109
Tabla 38.	Proceso evaluado: Lodos Activados.	110
Tabla 39.	Resultados de la Matriz de decisión para cada alternativa.....	111
Tabla 40.	Población censada por el INEI en el distrito de Jesús.....	113
Tabla 41.	Usuarios empadronados en el sistema alcantarillado de la localidad de Jesús.	113
Tabla 42.	Población total, cobertura y población servida en el área de estudio.....	114
Tabla 43.	Caudales de agua residual a ser tratado por la PTAR propuesta.....	116
Tabla 44.	Resumen de los parámetros de cargas contaminantes.....	117
Tabla 45.	Reducción de carga contaminante según procesos de tratamiento.	121
Tabla 46.	Comparación de los parámetros del efluente de la PTAR con los LMP.....	121
Tabla 47.	Temperatura mínima mensual (C°) 1978-2020. Est. Augusto Weberbauer.	187
Tabla 48.	Temperatura máxima mensual(C°) 1978-2020. Est. Augusto Weberbauer.	188
Tabla 49.	Precipitación Mensual (mm) 1978-2020. Est. Augusto Weberbauer.....	189
Tabla 50.	Velocidad del viento (Km/h) 2000-2016. Est. Augusto Weberbauer.	190
Tabla 51.	Dirección del viento 2000 - 2016. Est. Augusto Weberbauer.....	190

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Fig. 1.</i>	Composición media de Aguas Residuales.	9
<i>Fig. 2.</i>	Exigencia de LMP de vertimiento del efluente de PTAR (LMP-V), LMP para reúso del efluente (LMP-R), ECA y VMA.	23
<i>Fig. 3.</i>	Esquema conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales.	31
<i>Fig. 4.</i>	Clasificación esquemática de los procesos para el tratamiento de las aguas residuales.	33
<i>Fig. 5.</i>	Esquema de niveles de tratamiento de aguas residuales.	38
<i>Fig. 6.</i>	Esquema de tratamiento de lodos producidos en una planta de tratamiento de agua residual.....	38
<i>Fig. 7.</i>	Rejas de limpieza manual.....	40
<i>Fig. 8.</i>	Equipo de cribado con limpieza mecánica.....	40
<i>Fig. 9.</i>	Desarenador hidráulico.	41
<i>Fig. 10.</i>	Desengrasador estativo y desarenador – desengrasador aireado.....	42
<i>Fig. 11.</i>	Estructura básica del tanque Imhoff.....	44

<i>Fig. 12.</i>	Esquema del proceso de Lodos Activados.	45
<i>Fig. 13.</i>	Esquema de un filtro percolador.	47
<i>Fig. 14.</i>	Esquema de la película biológica de un filtro percolador.	48
<i>Fig. 15.</i>	Esquema de biodisco.	50
<i>Fig. 16.</i>	Esquema de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente.	51
<i>Fig. 17.</i>	Esquema del sistema de recolección de Biogás en un RAFA.	53
<i>Fig. 18.</i>	Sedimentador circular.	53
<i>Fig. 19.</i>	Tipos de humedales; A, con flujo superficial, y B, con flujo subsuperficial.	55
<i>Fig. 20.</i>	Esquema general de un Lecho de secado.	56
<i>Fig. 21.</i>	Diagrama de bloques para la preselección de tecnologías de tratamiento.	58
<i>Fig. 22.</i>	Principales fuentes de olores en una planta de tratamiento.	66
<i>Fig. 23.</i>	Ubicación de la zona de estudio.	77
<i>Fig. 24.</i>	Ubicación regional de Jesús.	78
<i>Fig. 25.</i>	Ubicación provincial de Jesús.	78
<i>Fig. 26.</i>	Ubicación distrital de la zona de estudio.	79
<i>Fig. 27.</i>	Vista panorámica de la localidad de Jesús y ubicación de PTAR actual.	91
<i>Fig. 28.</i>	PTAR actual (fuera de funcionamiento).	91
<i>Fig. 29.</i>	Puntos representativos del monitoreo.	93
<i>Fig. 30.</i>	Terreno destinado para la construcción de la PTAR.	97
<i>Fig. 31.</i>	Flujograma de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales propuesta.	112
<i>Fig. 32.</i>	Delimitación de las áreas de drenaje proyectadas en la localidad de Jesús.	115
<i>Fig. 33.</i>	Vista de la zona de descarga de aguas residuales de la localidad de Jesús.	130
<i>Fig. 34.</i>	Visita a la PTAR actual.	130
<i>Fig. 35.</i>	Identificación último buzón.	130
<i>Fig. 36.</i>	Descarga de último buzón.	131
<i>Fig. 37.</i>	Tramo para aforo y muestreo.	131
<i>Fig. 38.</i>	Identificación de punto de aforo.	131
<i>Fig. 39.</i>	Medición del tramo de aforo.	131
<i>Fig. 40.</i>	Medición de tirantes en sección.	132
<i>Fig. 41.</i>	Esfera de tecnopor (flotador).	132
<i>Fig. 42.</i>	Material para muestreo.	132
<i>Fig. 43.</i>	Material de muestreo.	132
<i>Fig. 44.</i>	Rotulado de frascos muestreadores.	133
<i>Fig. 45.</i>	Rotulado de frascos muestreadores.	133
<i>Fig. 46.</i>	Toma de parámetros in situ.	133
<i>Fig. 47.</i>	Toma de muestras.	133
<i>Fig. 48.</i>	Adición de reactivos de conservación.	134

<i>Fig. 49.</i>	Apuntes con datos de campo.....	134
<i>Fig. 50.</i>	Terreno para la construcción de la PTAR.....	134

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Variación del caudal.....	94
Gráfico 2.	Variación de los Sólidos Suspendidos Totales vs LMP.....	99
Gráfico 3.	Variación de Aceites y Grasas del agua residual vs LMP.....	99
Gráfico 4.	Variación de la DBO ₅ del agua residual vs LMP.....	100
Gráfico 5.	Variación de la DQO del agua residual vs LMP.....	101
Gráfico 6.	Variación de los Coliformes Termotolerantes vs LMP.....	102

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 01:	Panel fotográfico.....	129
Anexo N° 02:	Aforos.....	135
Anexo N° 03:	Registros de cadenas de custodia y parámetros de campo.....	139
Anexo N° 04:	Informes de ensayos del laboratorio.....	155
Anexo N° 05:	Información Meteorológica.....	186
Anexo N° 06:	Crecimiento Poblacional.....	191
Anexo N° 07:	Planos.....	193

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es caracterizar las aguas residuales y los factores inherentes para generar una propuesta para su tratamiento, en la localidad de Jesús, para lo cual se tomó en cuenta: la ubicación de la zona de tratamiento, disponibilidad de áreas, características de la zona, información climatológica de la zona, la caracterización de las aguas residuales mediante análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, impacto ambiental, información económica y procesos constructivos. Para poder finalmente seleccionar la alternativa más adecuada que se adapte a la zona. El área de contribución está conformada por la localidad de Jesús, el sector la Matarilla y el caserío Llimbe. Además, se obtuvieron los valores promedios de los parámetros evaluados, en función a ello, se seleccionaron tres posibles alternativas de tratamiento, y aplicando la matriz de decisión, se determinó que la alternativa más adecuada para el tratamiento de las agua residuales de la zona de estudio, es un Reactor UASB con Filtros percoladores y lecho de secado, proponiendo que sería diseñada para un periodo de 20 años de vida útil, con una población de 7547 habitantes y un caudal de diseño de 21 l/s, permitiendo así que el efluente de agua residual tratada cumpla con los Límites Máximos Permisibles y los Estándares de Calidad Ambiental, para ser vertido en el río Cajamarquino.

Palabras clave: Agua residual, caracterización, Reactor, filtro percolador, Matriz de decisión.

ABSTRACT

The objective of this research is to characterize the wastewater and the inherent factors to generate a proposal for its treatment, in the town of Jesús, for which the following were taken into account: the location of the treatment area, availability of areas, characteristics of the area, climatological information of the area, the characterization of wastewater through physicochemical and bacteriological analysis, environmental impact, economic information and construction processes. To finally be able to select the most suitable alternative that adapts to the area. The contribution area is made up of the town of Jesús, the Matarilla sector and the Llimbe hamlet. In addition, the average values of the parameters evaluated were obtained, based on this, three possible treatment alternatives were selected, and applying the decision matrix, it was determined that the most appropriate alternative for the treatment of wastewater in the area of study, is a UASB Reactor with trickling filters and drying bed, proposing that it would be designed for a period of 20 years of useful life, with a population of 7547 inhabitants and a design flow of 21 l/s, thus allowing the effluent of treated residual water complies with the Maximum Permissible Limits and the Environmental Quality Standards, to be discharged into the Cajamarquino River.

Keywords: Wastewater, characterization, Reactor, trickling filter, Decision matrix.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: “Caracterización de las aguas residuales de la localidad de Jesús y propuesta de tratamiento” se elaboró con la finalidad de elaborar una propuesta de tratamiento para las aguas residuales producidas por la localidad de Jesús, mediante la caracterización de las aguas residuales a través de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, caracterización de la zona de estudio, características de las tecnologías de tratamiento y aplicación de metodología de selección para determinar las tecnología más adecuada, eficiente y viable. Así contribuir en un futuro a la reducción de la contaminación del río Cajamarquino por el vertimiento de aguas residuales sin tratar.

la investigación fue realizada en el distrito de Jesús, el cual se encuentra ubicado a una altitud media de 2564 m.s.n.m; en los 7° 14' 53" latitud sur y 78° 23' 24" latitud oeste, en donde se cuenta con una planta de tratamiento fuera de operación ocasionando que las aguas residuales sin tratar sean vertidas al río Cajamarquino y en época de estiaje dichas aguas son usadas para riego de pastos y cultivos en zonas cercanas al punto de vertimiento, generando problemas de contaminación ambiental y riesgo sanitario para las personas.

La investigación estuvo compuesta por: la recopilación y procesamiento de información referente al tratamiento de aguas residuales en la zona de estudio, análisis de información climatológica, caracterización de las aguas residuales mediante análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, impacto ambiental, información económica y procesos constructivos, para poder definir alternativas de tratamiento que se adecuan a la zona de estudio. Y finalmente aplicando la matriz de decisión se determinó la alternativa más adecuada para el tratamiento de las aguas residuales de la localidad de Jesús.

El distrito de Jesús se caracteriza por su agricultura, ganadería y abundantes lugares para actividades turísticas, las cuales se verán potenciadas con un adecuado tratamiento y disposición de las aguas residuales. Por lo que toma importancia la presente investigación, en donde se determinó la propuesta de tratamiento de las aguas residuales más económica, eficiente y viable que contribuirá a disminuir la contaminación ambiental y sanitaria además de la problemática social generada por la inadecuada disposición de las aguas residuales. Y así contribuir con el desarrollo sostenible del distrito de Jesús.

1.1 CONTEXTO

La situación del tratamiento de las aguas residuales de la localidad de Jesús, presenta diferentes deficiencias como, una planta de tratamiento de aguas residuales fuera de funcionamiento lo que provoca el vertido de aguas residuales sin tratar, tramos del alcantarillado colapsados, la falta de propuestas técnicas viables para el tratamiento de las aguas residuales, generando contaminación y poniendo en riesgo la salud de las personas en las zonas cercanas donde se utiliza el agua para riego y generando una degradación de la calidad de las aguas del río Cajamarquino. Además, la expansión del área urbana ha traído como consecuencia que la ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales actual colinde con viviendas lo cual puede traer problemas sanitarios a las personas que las habitan. Por lo que la planta de tratamiento debe ser construida en una zona más alejada de la población. Y como un primer paso se debe caracterizar dichas aguas para poder formular una propuesta técnica adecuada para el tratamiento óptimo de dichas aguas residuales. Por lo que surge la presente investigación.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la localidad de Jesús las aguas residuales no son tratadas adecuadamente, ya que no se cuenta con la infraestructura necesaria para tal fin, lo que trae como consecuencia que las aguas residuales sin tratar sean descargadas directamente al río Cajamarquino alterando la calidad de sus aguas. El sistema de alcantarillado cuenta con el último buzón ubicado en el terreno del Sr. Jaime Vásquez Ruiz, luego el flujo de agua residual es conducido por un canal de sin revestir hasta el río cajamarquino. Sin embargo, en época de estiaje dicho flujo es desviado para riego de cultivos y pastizales por pobladores de la zona, poniendo en riesgo la salud de las personas que consumen los productos de los cultivos y carne de animales que se alimentan con dichos pastos. Para solucionar los problemas generados por la mala disposición de las aguas residuales producidas por la localidad de Jesús es aplicando un tratamiento adecuado.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El vertimiento de las aguas residuales sin tratar de la localidad de Jesús provoca la contaminación de las aguas del río Cajamarquino. Por tanto, surge una interrogante, caracterizando las aguas residuales de la localidad de Jesús ¿Qué tratamiento se puede proponer para tratar dichas aguas residuales?

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El agua residual doméstica contiene una gran cantidad de materia orgánica, microorganismos patógenos, compuestos volátiles, etc. Y al descargarse en un cuerpo receptor sin ningún tipo de tratamiento generan una degradación en la calidad de los ecosistemas a los cuales involucra, así como problemas sanitarios a los pobladores con enfermedades de origen hídrico.

Para dar solución a los múltiples problemas generados por la mala disposición del agua residual, esta debe ser tratada antes de su disposición final o reúso. Al aplicar un proceso de tratamiento se pueden generar recursos como el agua tratada para reúso en actividades agrícolas, los lodos generados pueden usarse como fertilizantes agrícolas y el gas metano producido por la descomposición de la materia orgánica, el cual puede ser utilizado para la generación energía eléctrica.

Por estas razones surge la presente investigación de tesis, que sirve como apoyo para realizar un análisis en función de la caracterización de las aguas residuales para la selección de la alternativa de tratamiento más adecuada, eficiente y viable para las aguas residuales producidas en la zona. Con lo cual se podrá dar solución al problema de vertido y reúso de aguas residuales sin tratar; y así poder disminuir la contaminación ambiental en la zona.

1.5 ALCANCES

La presente investigación contribuye de alguna manera a disminuir la contaminación de las aguas del río Cajamarquino y de los ecosistemas asociados a este, a través de la elaboración de una propuesta de tratamiento adecuada, eficiente y viable para ser aplicada en la zona de estudio. La cual está en función a las características de las aguas residuales, características de la zona. Además de determinar las bases y criterios de diseño. Y así en un futuro cuando se aplique la propuesta para el tratamiento de las aguas residuales, poder generar un efluente apto para ser vertido al río Cajamarquino o reutilizado en diferentes actividades como la agricultura.

Así también, puede ser viable el aprovechamiento de recursos producidos en la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales, como son: el lodo estabilizado y deshidratado, para la mejora de suelos en las actividades agrícolas y el biogás, producido por la descomposición de la materia orgánica para la generación energía eléctrica, y así de alguna forma contribuir a la sostenibilidad y sustentabilidad de la planta, cambiando el enfoque del tratamiento de aguas residuales a considerar como una fuente de recursos.

1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta de tratamiento para las aguas residuales de la localidad de Jesús.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delimitar la zona de estudio.
- Recopilar información referente a las aguas residuales de la localidad de Jesús.
- Caracterizar la localidad de Jesús.
- Determinar las características fisicoquímicas y bacteriológicas de las aguas residuales generadas por la localidad de Jesús.
- Evaluar los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y biológicos, según la disposición de los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Determinar la alternativa de tratamiento que mejor se adecúe a las condiciones y características de la zona de estudio, a partir de la elaboración de una matriz de decisión.
- Establecer bases y criterios de diseño para la alternativa de tratamiento seleccionada a partir de la matriz de decisión.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

El tratamiento de aguas residuales toma relevancia porque es una necesidad sanitaria y ambiental, para poder aprovechar los recursos hídricos y preservarlos para una posterior reutilización de manera segura, en esta línea se tiene diferentes investigaciones que nos ayudarán a consolidar las bases teóricas, como son las siguientes:

Según el “Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito de Operación de las Entidades Prestadoras de Servicio de Saneamiento” concluye que, respecto al marco normativo, falta autorización para el vertimiento o reúso en más del 90% de casos; falta de lugares autorizados para la disposición final de lodos y residuos sólidos producidos en las PTAR y falta regulación en el manejo de lodos para su uso en actividades agrícolas. En lo que se refiere al diseño y construcción de PTAR hay fallas en construcción y equipamiento insuficiente y en varios lugares la capacidad para cubrir los gastos de operación y mantenimiento con tecnologías avanzadas es insuficiente.

Palmer (2015) presentó un informe de suficiencia titulado “Construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Localidad de Cascas provincia de Gran Chimú – La Libertad”. Para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Nacional de Ingeniería. En donde detalla el diseño de la PTAR conformada por pretratamiento, cámara de rejillas y desarenador, así como el tratamiento primario con tanque Imhoff y un tanque Dortmund, seguido de tratamiento secundario dotado de un filtro percolador y finalmente desinfección con cloro; para luego evacuar las aguas residuales tratadas a un cuerpo receptor el río Cascas. También se cuenta con dos lechos de secado para la deshidratación de lodos. Así como también detalla aspectos de la construcción de cada proceso de tratamiento y algunas modificaciones que se tuvieron que hacer para la construcción de la PTAR.

Bendezu y Martínez (2015) realizaron la investigación para su tesis de grado titulada “Propuesta de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtros Percoladores – Lodos Anaeróbicos Ecológicos para el distrito de Huancayo, Provincia de Huancayo – Junín” en la Universidad Peruana los Andes. En este trabajo realizaron un análisis de comparación y evaluación en la remoción de DBO, DQO, SST y producción de lodos de tres diseños de PTAR. Llegando a la conclusión de que el uso de filtros percoladores y RAFAS en una PTAR tienen mejor remoción de cargas contaminantes.

Gálvez (2018) realizó estudios en su tesis de grado titulada “Caracterización de las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca y propuesta de tratamiento en la zona de Huacariz”. Investigación que realizó con el objetivo de brindar una propuesta de tratamiento para las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca. en donde analizo diferentes factores que influyen en la selección de la mejor alternativa como: identificación de la zona, caracterización de las aguas residuales encontrando valores promedio de los parámetros analizados de Temperatura de 22.7°C, Ph de 7.89, DBO₅ de 409.93mg/l, DQO de 1037.70 mg/l, SST de 408.76 mg/l, Aceites y Grasas de 103.29 mg/l y Coliformes Termotolerantes de 7.04 E+08 NMP/100ml. Finalmente seleccionó la mejor alternativa que es un tratamiento compuesto por lodos activados, la cual estaría diseñada para un periodo de 20 años con un caudal de diseño de 399.72 l/s. dando un efluente de agua que cumpla los estándares necesarios para ser reutilizada para riego.

Alvites (2018) realizó estudios en su tesis de grado titulada “Caracterización de las aguas residuales de la ciudad de Cajamarca y propuesta de tratamiento en la zona del fundo Betania”. Con el objetivo de caracterizar las aguas residuales de la ciudad de Cajamarca en la zona del fundo Betania y proponer un tratamiento adecuado, sostenible y de bajo costo de operación y mantenimiento. Para esto analizó diversos factores como identificación de la zona de estudio, punto de muestreo, realizó ocho monitoreo entre los meses de julio y octubre, además obtuvo valores de promedio de los parámetros evaluados son: Temperatura de 22.63°C, Ph de 8.21, DBO₅ de 430.63mg/l, DQO de 920.11 mg/l, SST de 430.63 mg/l, Aceites y Grasas de 97.86 mg/l y Coliformes Termotolerantes de 1.54 E+10 NMP/100ml. Según los resultados obtenidos determinó un tratamiento compuesto por un sistema de lagunas con filtro de macrofitas es la mejor alternativa para el tratamiento de dichas aguas. Diseñado para un periodo de 20 años con una población de 232451 habitantes y un caudal de diseño de 550 l/s permitiendo tener un efluente que cumpla con los estándares necesarios para ser reutilizada en agricultura u otros usos.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Ley de recursos hídricos

Ley N° 29338, en los capítulos VI y VII tratan sobre la regulación de vertimientos y reúso de las aguas residuales tratadas. Algunos puntos importantes son:

- Define las condiciones y procedimientos para obtener la autorización del vertimiento y reúso de las aguas residuales tratadas.
- Prohíbe el vertimiento y reúso del agua residual sin tratamiento.
- Para la obtención de la autorización de vertimiento del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) a cuerpo natural, se debe cumplir con los Límites Máximos Permisibles (LMP) y asegurar el cumplimiento de los ECAs en el cuerpo receptor.
- Para la obtención de la autorización de reúso de agua residual tratada, se debe cumplir los valores establecidos por el sector de la actividad a la que se destine el reúso.
- Define a la Autoridad Nacional del Agua como ente rector y responsable del control de los vertimientos y reúso de agua residual tratada.
- Establece la obligación de instalar sistemas de medición de caudal del efluente en la PTAR. (SUNASS, 2015)

2.2.2 Planta de tratamiento de aguas residuales

Una Planta de Tratamiento de aguas residuales es una instalación donde las aguas residuales son procesadas y pasan por diferentes etapas para retirar los contaminantes, para que el agua tenga una calidad óptima y sin riesgos para la salud y medio ambiente al ser vertida en un cuerpo receptor o reutilizarla para agricultura o otras actividades, con excepción del consumo humano.

En el reglamento nacional de edificaciones, la norma OS.090 está relacionada con las instalaciones que conforman una Planta de Tratamiento de Agua Residual y los procesos antes de que el agua sea descargada al cuerpo receptor o su reúso. El principal objetivo de esta, es normar el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales en sus diferentes etapas.

En cuanto a la orientación básica para el diseño, el requisito fundamental antes de proceder al diseño, es haber realizado el estudio del cuerpo receptor. El cual deberá tener en cuenta las condiciones más desfavorables. El grado de tratamiento será determinado de acuerdo a las normas de calidad del cuerpo receptor. Para el caso de reutilización del agua residual tratada el grado de tratamiento se determinará de acuerdo a la normatividad y los requisitos de calidad establecidos para cada tipo de reúso. (MVCS, 2006)

2.2.3 Aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas que se han canalizado de la población, que se han utilizado en usos domésticos (inodoros, fregaderos, lavadoras, lavabos, baños). Además, pueden contener residuos provenientes de los arrastres que las aguas pluviales e industriales. (Seoáñez, 2001).

El agua residual está compuesta por las aguas usadas por una población y los sólidos que por uno u otro medio se introducen y son transportados mediante el sistema de alcantarillado. (ROMERO, 2002)

Fuentes de aguas residuales

- **Agua Residual Doméstica**, son las aguas residuales producidas en residenciales y comercios que contienen desechos fisiológicos, entre otros, en su mayoría provenientes de la actividad humana. (OEFA, 2014).
- **Agua Residual Industrial**, se refiere a las aguas residuales que resultan de un proceso productivo y contienen residuos de dicho proceso, las cuales pueden ser de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras. (OEFA, 2014).
- **Aguas Residuales Municipales**, se refiere al producto de la combinación de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales industriales previamente tratadas, vertidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (OEFA, 2014).

2.2.4 Composición de las aguas residuales

La composición de las aguas residuales se refiere a las cantidades de los constituyentes fisicoquímicos y bacteriológicos presentes en las aguas residuales. Las aguas residuales urbanas presentan una gran cantidad de variedad de contaminantes. (Seoáñez, 2001). La composición del agua residual doméstica está en función de la actividad que la produce, las características sociales, culturales y económicas de la población, así como del clima, cultura y uso de suelo entre otros factores que afectan la composición del agua residual. (VON SPERLING Y CHERNICHARO, 2005)

El agua residual doméstica (ARD), tiene una composición de un 99.99% de agua y un 0.1% de sólidos, de los cuales el 70% es orgánico y el 30% restante es inorgánicos como arenas, sales y metales; siendo este 0.1% sometido a tratamiento en la PTAR.



Fig. 1. Composición media de Aguas Residuales.

Fuente: (METCALF y EDDY, 1995)

Tabla 1. Composición típica del agua residual doméstica bruta.

CONTAMINANTES	UNIDADES	CONCENTRACIÓN		
		DÉBIL	MEDIA	FUERTE
Sólidos totales (ST)	mg/l	350	720	1200
Disueltos totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentables	mg/l	5	10	20
Demanda bioquímica de oxígeno, mg/l: 5 días, 20°C (DBO5, 20°C)	mg/l	110	220	400
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/l	80	160	290
Demanda química de oxígeno, (DQO)	mg/l	250	500	1000
Nitrógeno (total de la forma N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoniaco libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforos (total en la forma P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánicos	mg/l	3	5	10

Cloruros	mg/l	30	50	100
Sulfato	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes totales	n°/ 100ml	10 ⁶ - 10 ⁷	10 ⁶ - 10 ⁷	10 ⁷ - 10 ⁹
Compuestos orgánicos volátiles	mg/l	< 100	100 - 400	> 400

Fuente: (METCALF y EDDY, 1995)

2.2.5 Caracterización de aguas residuales

La caracterización del agua residual consiste en determinar las características físicas, químicas y biológicas del agua; las concentraciones de los constituyentes del agua residual y los medios óptimos para disminuir las cargas contaminantes. (METCALF y EDDY, 1995).

La generación de aguas residuales es inevitable, ya que es producto de la actividad humana. Y su tratamiento y disposición adecuada supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas; de su significado y de sus efectos principales sobre el cuerpo receptor. (ROMERO, 2002)

2.2.6 Muestreo y monitoreo de aguas residuales

Pueden tomarse dos tipos de muestras: La muestra simple, permite obtener características del agua residual al momento de ser tomada, generalmente se usa cuando: el caudal y composición es relativamente constante. El volumen mínimo de muestra simple está entre 1 y 2 litros. Las muestras compuestas, son formadas al mezclar varias muestras individuales tomadas en diferentes momentos. La cantidad de cada muestra individual que se añade a la mezcla compuesta debe ser proporcional al caudal en el momento en que la muestra fue tomada. (RAMALHO, 1996).

Las técnicas de muestreo utilizadas para un estudio de agua residual deben asegurar la obtención de muestras representativas, ya que los datos obtenidos de los análisis de dichas muestras serán la base para el diseño de la planta de tratamiento. No existen procedimientos universales de muestreo; los procedimientos de muestreo deben diseñarse específicamente para cada situación. Para el caso de que el efluente de aguas residuales a muestrear presente variaciones considerables en su composición, será necesario emplear procedimientos especiales. Por lo tanto, es indispensable la selección adecuada de los puntos de muestreo, y determinar el tipo y frecuencia de muestra a tomar. (METCALF y EDDY, 1995).

a. Puntos de monitoreo

El punto de monitoreo se ubicará en el ingreso de la PTAR, la red de alcantarillado que descarga en la obra de llegada de la PTAR, o en caso contrario al ingreso de cada módulo de tratamiento. En todos los casos el punto de monitoreo debe ubicarse de tal manera que los sólidos de gran tamaño no interfieran, por lo que preferentemente se debe estar después del proceso de cribado. (MVCS, 2013)

La velocidad de flujo en el punto de toma deberá ser siempre lo suficientemente alto como para asegurar que no se depositen los sólidos. (METCALF y EDDY, 1995).

Características del punto de monitoreo

Los puntos de monitoreo deben cumplir con las siguientes características:

- Permitir tomar una muestra representativa del flujo.
- Estar localizados en una zona donde exista una mejor mezcla y estar preferentemente cerca al punto de aforo.
- Ser de acceso fácil y seguro, para facilitar al personal la extracción de las muestras.
- Debe contar con una placa para la identificación con la denominación del punto y su ubicación.

En el caso que no se tenga un lugar apropiado para la toma de muestras, se instalará una infraestructura para el punto de control que cumpla con todas las características. (MVCS, 2013).

b. Parámetros de calidad

Los parámetros objetos del monitoreo de los efluentes de las PTAR son los indicados en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, en los cuales se fija los Límites Máximos Permisibles para cada parámetro parámetros, los cuales son los siguiente:

- Aceites y Grasas
- Coliformes Termotolerantes
- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Demanda Química de Oxígeno
- pH
- Sólidos Totales Suspendidos
- Temperatura

Estos parámetros serán monitoreados en el agua residual cruda (afluente de la PTAR) y en el agua residual tratada (efluente de la PTAR), tomando en todos casos muestras simples.

El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana y al ambiente. (MVCS, 2013).

c. Frecuencia de Monitoreo

La frecuencia de monitoreo se establece para medir las variaciones que ocurren en determinados periodos de tiempo, con el fin de realizar el seguimiento periódico respecto a las variaciones de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos ligados al agua residual cruda y tratada de la PTAR. (MVCS, 2013)

d. Desarrollo del monitoreo

El trabajo de campo se inicia con la preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección. Asimismo, se debe contar con el medio de transporte para el desarrollo del muestreo.

Preparación de materiales y equipos

Para llevar a cabo un monitoreo de forma efectiva se debe preparar todos los elementos necesarios e indispensables con anticipación como son los materiales de trabajo, solución amortiguadora de pH, formatos (registro de datos de campo, etiquetas y cadena de custodia).

Precaución durante el monitoreo

En general se debe tener conocimiento de lo siguiente:

- El peligro de explosión causado por la mezcla de gases explosivos en el sistema de alcantarillado.
- El riesgo de envenenamiento por la mezcla de gases explosivos en el sistema de alcantarillado.
- El riesgo de sofocación por la falta de oxígeno.
- El riesgo de enfermedades causadas por organismos patógenos presentes en las aguas residuales.
- El riesgo de heridas físicas debida a caídas y deslizamiento.
- El riesgo de ahogamiento.
- El riesgo de impacto causado por objetos que puedan caer.

e. Muestreo

El proceso consiste en tomar una muestra representativa del flujo de aguas residuales al ingreso y/o salida de la PTAR, para ser analizada y determinar los parámetros establecidos. La muestra se debe tomar a un tercio del tirante del flujo. Además, se debe evitar el ingreso de partículas grandes, sedimentos y/o material flotante presentes en el punto de muestreo. (MVCS, 2013)

Medición de parámetros en campo y registro de información

Los parámetros a medir en campo son el pH y temperatura, además del aforo del caudal.

Toma de muestras de agua residual

Se recomienda utilizar frascos de plástico y vidrio (dependiendo del parámetro a analizar) de boca ancha con cierre hermético y limpio. Los frascos a utilizar en el muestreo se preparan de acuerdo a los parámetros a evaluar.

Preservación de muestras

Una vez tomada la muestra, en algunos casos el parámetro requiere que se agregue un reactivo de preservación, el cual se debe agregar in-situ inmediatamente después de la toma de la muestra de agua.

Etiquetado y rotulado de las muestras de agua

Los frascos que contienen a la muestra deben ser etiquetados y rotulados, con letra clara y legible para su fácil identificación. De referencia usar plumón indeleble y cubrir la etiqueta con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información:

- Nombre de PTAR y denominación del punto de monitoreo.
- Número de muestra (referido al orden de toma de muestra).
- Fecha y hora de la toma de muestra.
- Preservación realizada, tipo de reactivo de preservación utilizado.
- Encargado del muestreo.

Llenado del formato de cadena de custodia

Llenar el formato de cadena de custodia indicando los parámetros a evaluar, tipo de frasco, tipo de muestra de agua, volumen de muestras, reactivos de preservación, condiciones de conservación, encargado del muestreo y toda la información relevante. (MVCS, 2013)

Conservación y transporte de las muestras

Las muestras una vez recolectadas y rotuladas, se deben colocar en una caja térmica con refrigerante (ice pack), para cumplir con la temperatura indicada para preservar la muestra. Para el caso de utilizar hielo se debe colocar en bolsas herméticas para evitar fugas en la caja. Así también, para los frascos de vidrio para evitar roturas en el transporte, se utilizan bolsas de poliburbujas, cinta de embalaje o de cualquier otro material.

El transporte de muestras perecibles (coliformes, DBO₅ y otros) al laboratorio para su análisis, debe cumplir con el tiempo establecido en las recomendaciones para la preservación y conservación; y acompañadas de su respectiva cadena de custodia. (MVCS, 2013)

Tabla 2. Requisitos para la toma de muestra de agua y preservación de las muestras para el monitoreo.

Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
<i>Fisicoquímico</i>				
Temperatura	Plástico, vidrio	1000 ml	No es posible	15 min
pH	Plástico, vidrio	50 ml	No es posible	15 min
DBO ₅	Plástico, vidrio	1000 ml	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO	Plástico, vidrio	100 ml	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	Vidrio boca ancha calibrado	1000 ml	Agregar HCl Hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Plástico, vidrio	100 ml	Refrigerar a 4° C	7 días
<i>Microbiológico</i>				
Coliformes Termotolerantes (NMP)	Vidrio esterilizado	250 ml	Refrigerar a 4°C. agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

Fuente: (MVCS, 2013)

Una campaña de muestreo llevada a cabo de manera minuciosa puede carecer de todo valor si no se conservan las condiciones físicas, químicas y biológicas de las muestras durante los periodos de tiempo entre la toma de las muestras y su análisis. La mejor manera de eliminar

los errores debido al deterioro de las muestras es, indudablemente, realizar los análisis con la mayor prontitud posible. (METCALF y EDDY, 1995).

2.2.7 Características de las aguas residuales

Las características de las aguas residuales se dividen en físicas, químicas y microbiológicas. Normalmente las aguas residuales domésticas no son tan complejas como las aguas residuales industriales, donde pueden existir determinados compuestos tóxicos y peligrosos, que en algunos casos necesitan un tratamiento especial implicando costos adicionales. (METCALF y EDDY, 1995).

El agua residual de cada población es única en sus características, ya que estas están en función del tamaño de la población, del sistema de alcantarillado empleado, de la industrialización y del tipo de drenaje pluvial, aunque se pueden establecer rangos de variación, tanto para los caudales como para las características fisicoquímicas y biológicas. El conocimiento de los caudales y características del agua residual generada en las zonas urbanas es básico para el correcto diseño del sistema de alcantarillado, tratamiento y disposición final. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

En general, un programa de muestreo para caracterización y control de calidad de aguas supone un análisis cuidadoso del tipo de muestra, número de ellas y parámetros que se deben analizar. (ROMERO, 2002)

Tabla 3. Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias.

Características	Procedencia
Propiedades físicas:	
Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales.
Constituyentes químicos:	
Orgánicos:	
Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Grasas animales, aceites y grasa	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Pesticidas	Residuos agrícolas.
Fenoles	Vertidos industriales.
Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.

Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Otros	Degradación natural de materia orgánica.
Inorgánicos:	
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
Metales pesados	Vertidos industriales.
Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
pH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Fosforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía.
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Azufre	Agua de suministro; aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Gases:	
Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos.
Metano	Descomposición de residuos domésticos.
Oxígeno	Agua de suministro; infiltración de agua superficial.
Constituyentes biológicos:	
Animales	Cursos de agua y plantas de tratamiento
Plantas	Cursos de agua y plantas de tratamiento
Protistas:	
Eubacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
Arqueobacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
Virus	Aguas residuales domésticas.

Fuente: (METCALF y EDDY, 1995)

f. Características físicas

La característica física más importante del agua residual es el contenido de sólidos totales los que se clasifican en suspendidos, disueltos y sedimentables. También se encuentran otras características como son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad. (METCALF y EDDY, 1995)

- **Sólidos totales**

El contenido de materia sólida del agua residual se presenta tanto en forma disuelta como en suspensión. Y es importante determinar su presencia, ya que determinan el mayor o menor grado de tratamiento que se obtiene en las diferentes etapas. La concentración de sólidos totales

afecta de forma directa a la cantidad de lodos producidos por la planta. Así mismo también afectan la turbiedad debido a los sólidos disueltos. (METCALF y EDDY, 1995)

Tabla 4. definiciones para solidos encontrados en aguas residuales.

PRUEBA	DESCRIPCIÓN
Sólidos totales (ST)	Residuo remanente después que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica (103 a 105)°C
Sólidos volátiles totales (SVT)	Sólidos que pueden ser volatizados e incinerados cuando los ST son calcinados (500 ± 50)°C
Sólidos fijos totales (SFT)	Residuo que permanece después de incinerar los ST (500 ± 50)°C
Sólidos suspendidos totales (SST)	Fracción de ST retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico, medidos después de que este ha sido secado a una temperatura específica
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	Estos sólidos pueden ser volatizados e incinerados cuando los SST son calcinados a (500 ± 50)°C
Sólidos suspendidos fijos (SSF)	Residuo remanente después de calcinar SST (500 ± 50)°C
Sólidos disueltos totales (SDT) (ST – SST)	Sólidos que pasan a través del filtro y luego son evaporados y secados a una temperatura específica. La medida de SDT comprende coloides y sólidos disueltos. Los coloides son del tamaño 0.001 a 1 mm
Sólidos disueltos volátiles (SDV) (SVT – SST)	Sólidos que pueden ser volatizados e incinerados cuando los SDT son calcinados (500 ± 50)°C
Sólidos disueltos fijos (SDF)	Residuo después de calcinar los SDT (500 ± 50)°C
Sólidos sedimentables	Sólidos suspendidos como mililitros por litro, que se sedimentarán por fuera de la suspensión dentro de un período de tiempo específico.

Fuente: CRITES, R. et al. 2000

- **Turbiedad**

Parámetro que constituye una medida óptica del material suspendido presente en el agua residual. Las cuales son por lo general turbias; en los afluentes de las plantas de tratamiento es un factor importante para el control de calidad. Los resultados se expresan en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT). (ROMERO, 2002)

- **Color**

El agua residual generalmente tiene un color grisáceo, sin embargo, con el tiempo de transporte en la red de alcantarillado y desarrollándose condiciones anaerobias el color del agua va cambiando de gris claro a oscuro, hasta finalmente alcanzar un color negro, en este punto se clasifica el agua residual como séptica con fuerte descomposición bacterial. (QUIROZ, 2009)

- **Olor**

Los olores son causados por los gases liberados durante el proceso de descomposición de materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor desagradable, pero que resulta más tolerable que el del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica es por la presencia de sulfuro de hidrógeno (Huevo podrido) que se produce por la reducción de los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios. (METCALF y EDDY, 1995)

La problemática causada por los olores es la principal causa de rechazo a la ubicación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales en algunas zonas con poblaciones cercanas. (QUIROZ, 2009)

- **Temperatura**

La temperatura del agua residual es mayor en comparación al agua potable de suministro, ya que el agua residual recibe la incorporación de agua caliente proveniente de casas y diferentes usos industriales. La temperatura es un parámetro importante por la influencia en el desarrollo de la vida acuática y sobre las reacciones químicas, así como sobre la capacidad del agua para ciertos usos. (QUIROZ, 2009)

g. Características químicas

Las características químicas de las aguas residuales pueden ser agrupadas por su naturaleza en tres grupos: materia orgánica, compuestos inorgánicos y compuestos gaseosos. (METCALF y EDDY, 1995)

- **Materia Orgánica**

Los compuestos orgánicos están formados por cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de sólidos filtrables. Son de origen animal y vegetal, provenientes de las actividades fisiológicas humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. También se pueden presentar otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Las sustancias orgánicas están principalmente conformadas por proteínas (40-60%), carbohidratos (25-50%); y aceites y grasas (10%). (QUIROZ, 2009)

- **Aceites y Grasas**

La definición de grasa abarca a las grasas animales, aceites, ceras y otros presentes en las aguas residuales. Las grasas y aceites de origen animal llegan a las aguas residuales en forma de mantequilla, manteca, margarina y aceites. Las grasas provienen habitualmente de carnes,

semillas, nueces y ciertas frutas. Otro tipo son los aceites minerales como el keroseno, aceites lubricantes y aceites de materiales bituminosos que llegan a la red de alcantarillado a través de tiendas, garajes, talleres y calles. Gran parte de estos compuestos flotan en el agua residual, aunque una fracción de estos se incorpora al fango por los sólidos sedimentables. Estos compuestos interfieren en el desarrollo normal de la actividad biológica y causan problemas en el mantenimiento. (METCALF y EDDY, 1995)

Los aceites y grasas de origen mineral pueden ser no biodegradables y requieren pretratamiento para ser removidos antes del tratamiento biológico. (ROMERO, 2002)

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅**

Parámetro que cuantifica la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. En laboratorio a condiciones normales se cuantifica a 20°C, el ensayo estándar se realiza a cinco días de incubación y se conoce generalmente como DBO, con valores numéricos expresados en mg O₂/L. La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de agua residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica, para diseñar los procesos de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar Límites Máximos Permisibles en fuentes receptoras. (ROMERO, 2002)

- **Demanda Química de Oxígeno DQO**

Parámetro que cuantifica el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. Para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes es necesario la ayuda de un catalizador como el sulfato de plata. (ROMERO, 2002)

• **Compuestos Inorgánicos**

Las concentraciones presentes en el agua residual de los distintos constituyentes inorgánicos pueden afectar en gran manera al uso del agua, como pueden ser los cloruros, pH, nitrógeno, azufre y algunos metales pesados como níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, zinc, hierro y mercurio. (QUIROZ, 2009)

- **pH**

Se refiere a la concentración del ion hidrógeno, el cual es un parámetro de calidad de mucha importancia para aguas naturales y residuales, ya que influye en la adecuada proliferación y

desarrollo de la mayor parte de la vida biológica teniendo un intervalo de concentración bastante estrecho y crítico. El agua residual con pH inadecuados presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar el pH en las aguas naturales del cuerpo receptor si este no se regula antes del vertimiento. (METCALF y EDDY, 1995)

- **Nitrógeno**

En aguas residuales el interés son el nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos. Los cuales son inconvertibles bioquímicamente y componentes del ciclo del nitrógeno. Los datos del nitrógeno sirven para evaluar la tratabilidad por tratamientos biológicos del agua residual; ya que si el contenido es insuficiente puede requerir la adición del nitrógeno para su adecuada biodescomposición. Sin embargo, existen casos, cuando se exige el control de eutrofización de las fuentes receptoras, la remoción de nitrógeno, en el agua residual, puede ser una condición de tratamiento. (ROMERO, 2002)

- **Fósforo**

Similar al nitrógeno, es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Es causante de los crecimientos indeseables de algas en aguas superficiales, existe interés en removerlo de las aguas residuales durante el tratamiento y evitar que lleguen a las aguas superficiales. En aguas domésticas el contenido de fósforo oscila entre 6 y 20 mg/L; las formas usuales son los ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos. (ROMERO, 2002)

- **Metales**

Los metales pesados presentes en agua potable y residuales tienen diferentes efectos, algunos son beneficiosos y esenciales para la salud, mientras que otros pueden ser tóxicos y perjudicar a los consumidores o sistemas de tratamiento. En la mayoría de casos el potencial benéfico o riesgo depende de la concentración en que se presente.

- **Detergentes**

Los detergentes también llamados agentes tensoactivos o agentes superficiales activos, son compuestos constituidos por moléculas orgánicas grandes, polares, solubles en agua y aceite, que tienen la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos. Generalmente se fabrican mediante la mezcla del detergente a agente tensoactivo con sales sódicas como sulfatos, fosfatos, carbonatos, silicatos o boratos. Los detergentes son muy usados por lo que están presentes en las aguas residuales. Reducen la tensión superficial del agua y favorecen la formación de espuma cuando se acumula en la interfaz aire-agua, gracias a la presencia de

proteínas, sólidos y sales minerales disueltas. Además, impiden la actividad biológica y disminuyen la solubilidad del oxígeno. Así, los detergentes son fuente principal de fósforo en las aguas residuales y principales causantes de la eutrofización en cuerpos de agua. Los detergentes son determinados mediante el ensayo conocido como SAAM, sustancias activas al azul de metileno, a través de la cuantificación del cambio de color de una solución estándar de azul de metileno. (ROMERO, 2002)

- **Gases**

Los gases que generalmente se encuentran en las aguas residuales crudas son el nitrógeno (N_2), el oxígeno (O_2), el dióxido de carbono (CO_2), el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el amoníaco (NH_3), y el metano (CH_4). Los tres últimos provienen de la descomposición de la materia orgánica. (METCALF y EDDY, 1995)

- **Metano**

Hidrocarburo combustible, incoloro e inodoro. Se produce en la descomposición anaerobia de la materia orgánica y generalmente constituye el 65% del gas de digestores, el cual tiene un bajo poder calorífico de 22.400 kJ/m^3 . En plantas de tratamiento de aguas residuales grandes se usa el gas de los digestores para generar electricidad y calentar los digestores; en ambientes cerrados como alcantarillas, el metano puede provocar una explosión. (ROMERO, 2002)

- **Oxígeno Disuelto**

Es un gas de baja solubilidad en el agua, requerido para el desarrollo de la vida acuática aerobia. Su baja disponibilidad limita la capacidad autopurificadora de los cuerpos de agua y hace necesario el tratamiento de las aguas residuales para su vertimiento en ríos y embalses. La concentración de saturación de oxígeno disuelto es función de la temperatura, de la presión atmosférica y de la salinidad del agua. (ROMERO, 2002)

h. Características biológicas

Las características biológicas de las aguas residuales toman gran importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano. Los más usados para evaluar las características bacteriológicas de un agua residual son los Coliformes Totales. Los coliformes son organismos que indican contaminación por desechos humanos y animales. Los coliformes fecales se encuentran compuestos de varias cepas de bacterias, como la *Escherichia Coli*. (METCALF y EDDY, 1995)

- **Coliformes totales**

Los microorganismos patógenos presentes en las aguas residuales son pocos y difíciles de aislar e identificar, por esta razón se utiliza solo a los coliformes como un organismo indicador de contaminación o presencia de organismos causantes de algunas enfermedades. (ROMERO, 2002). Los coliformes totales incluyen a los coliformes fecales y coliformes de origen no fecal.

2.2.8 Calidad de las aguas residuales

El reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, artículo 79°. Vertimiento de agua residual: La ANA autoriza el vertimiento de las Agua Residual Tratada a un cuerpo de agua continental o marina, previa Opinión Técnica Favorable de las Autoridades Ambientales y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua y Límites Máximos Permisibles para vertimientos de agua residual tratada. En donde se prohíbe el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. (D.S. N° 001-2010-AG)

Valores de calidad de las aguas residuales en el marco legal peruano

El marco legal peruano define los siguientes parámetros y valores relevantes para la construcción y operación de PTAR:

- Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA y su reglamento aprobado por el Decreto Supremo N° 003-2011-VIVIENDA.
- Límites Máximos Permisibles (LMP) para vertimientos de agua residual tratada a cuerpos de agua establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.
- Límites Máximos Permisibles para el reúso de agua tratada. (SUNASS, 2015)
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

En la figura 2, se puede apreciar que los Valores Máximos Admisibles (VMA) regulan las descargas industriales al alcantarillado, mientras que los Límites Máximos Permisibles (LMP) para vertimientos en un cuerpo receptor, regulan la calidad del efluente de las PTAR y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) regulan la calidad de agua en el cuerpo receptor, aguas abajo, después de la zona de mezcla con el efluente de la PTAR. En el caso de vertimiento a un cuerpo receptor, el cumplimiento de los LMP en el efluente de la PTAR elimina el cumplimiento del ECA y viceversa. En el caso de reúso, se deben aplicar los LMP que corresponden a cada actividad en la que se reutilizará. Actualmente a falta de LMP específicos

para cada actividad, se recomienda utilizar los valores de las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS). (SUNASS, 2015)



Fig. 2. Exigencia de LMP de vertimiento del efluente de PTAR (LMP-V), LMP para reúso del efluente (LMP-R), ECA y VMA.

Fuente: (SUNASS, 2015)

a. Límites Máximos Permisibles (LMP)

En el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, se establece que los LMP son “la medida o grado de la concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un vertimiento que al ser excedidos puede causar daños a la salud pública o al ambiente”. Los LMP definen la calidad del efluente de las PTAR cuando se vierte a un cuerpo receptor. El cumplimiento es obligatorio legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental para todas las PTAR sin distinción. (SUNASS, 2015)

Tabla 5. Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: D.S. N° 003-2010-MINAM.

b. Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecen el nivel de concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos en el agua en su condición de cuerpo receptor, sin representar riesgo significativo para la salud pública ni del medio ambiente. Al momento de verter el efluente de una PTAR al cuerpo receptor, se origina una zona de mezcla, luego de la cual, el cuerpo receptor de agua debe cumplir con los valores establecidos por el ECA, según la categoría de uso del cuerpo receptor. (SUNASS, 2015)

Es obligatorio considerar los ECA para el diseño de las normas legales, las políticas públicas y en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental. Además, para el diseño de una PTAR se parte de la definición del ECA para definir el tipo de uso que posee el cuerpo receptor. (DS 004-2017-MINAM)

- Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 - Aguas Superficiales destinadas a la producción de agua potable.
 - Aguas Superficiales destinadas para recreación.
- Categoría 2: Actividades Marino Costeras
 - Extracción y cultivo de moluscos bivalvos.
 - Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas.
 - Otras actividades.
- Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales.
 - Parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto.
 - Parámetros para bebidas de animales.
- Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático
 - Lagunas y lagos.
 - Ríos (Costa y Sierra, y Selva)
 - Ecosistemas marino costeros (estuarios marinos)

Tabla 6. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de Medida	D1: Riegos de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS-QUÍMICOS				
Aceites y grasas	mg/L		5	10

Bicarbonatos	mg/L	518		*
Cianuro Wad	mg/L	0.1		0.1
Cloruros	mg/L	500		*
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	100		100
Conductividad	µs/cm	2500		5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40		40
Detergentes	mg/L	0.2		0.5
Fenoles	mg/L	0.002		0.01
Fluoruros	mg/L	1		*
Nitratos + Nitritos	mg/L	100		100
Nitritos	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		
Temperatura	°C	Δ 3		
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1000	2000	1000
Escherichia Coli	NMP/100ml	1000	*	*
Huevos de Helminto	Huevo/L	1	1	*

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

a. Límites Máximos Permisibles para el reúso del agua residual tratada

En la actualidad no existen LMP para el agua residual tratada para ningún tipo de reúso. Los ECA de la categoría 3 se definen para un cuerpo natural de agua superficial que puede ser utilizado para riego, lo que no implica que estos valores también puedan ser considerados como LMP para efluentes de PTAR. (SUNASS, 2015)

Según el artículo 150 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos establece que, para evaluar las solicitudes de autorización de reúso de efluentes tratados, se deben tomar en cuenta los valores que establecidos por el sector correspondiente a la actividad destinada el reúso o que en su defecto se utilicen los valores establecidos en las guías de la OMS. También señala que la Autoridad Nacional del Agua es responsable de autorizar el reúso de las aguas residuales tratadas, además su control y vigilancia del reúso de las aguas residuales tratadas. Para el caso de reúso en riego de áreas verdes, es necesaria la opinión técnica favorable de la DIGESA, la cual vigila los aspectos de salubridad en parques y áreas verdes de uso público.

b. Ley General de Residuos Sólidos y su reglamento

Los Residuos Sólidos (RRSS) ingresan a la PTAR en una mezcla con el agua residual cruda. Los RRSS más gruesos son separados en el pretratamiento por medio de cribas y tamices. Otros RRSS constituyen las grasas y las arenas que son separadas en los procesos de desengrase y desarenado. Existen otros RRSS que son generados durante los procesos de tratamiento de las aguas residuales, como los lodos y residuos extraídos en el pretratamiento.

El Reglamento de la Ley de los Residuos Sólidos dispone que todos los lodos provenientes de las PTAR sean considerados como residuos peligrosos y deben ser depositados en rellenos sanitarios. En lo que se refiere a los RRSS separados en el pretratamiento (residuos gruesos, arena y grasa), por contener sustancias infecciosas, deben ser dispuestos también en rellenos sanitarios.

El potencial nutritivo del lodo de sistemas de tratamiento de aguas residuales no se ha considerado. Tampoco se ha demostrado que el lodo de las PTAR no es peligroso si se somete a determinados tratamientos. Tampoco existen criterios reglamentados para el uso de lodos tratados en diferentes actividades. (SUNASS, 2015)

2.2.9 Caudales

La determinación de caudales de agua residual producidos de una determinada población es fundamental a la hora de proyectar las instalaciones para su recolección, tratamiento y vertimiento o reúso. En los casos en que los datos de caudales sean escasos o no existan, es preciso estimarlo a partir de otras fuentes de información que guarden relación con los mismos, como puede ser el caso de los datos de consumo de agua. (METCALF y EDDY, 1995)

- **Composición de los caudales de aguas residuales**

Metcalf y Eddy (1995) determinan que la composición del caudal de agua residual de una población depende del tipo de sistema de recolección que se emplee, y puede incluir los siguientes componentes:

- i. *Agua residual doméstica (o sanitaria)*. Procedente de viviendas o instalaciones comerciales, públicas y similares.
- ii. *Agua residual industrial*. Agua residual proveniente de alguna actividad industrial.
- iii. *Infiltración y aportaciones incontroladas*. Agua que entra tanto de manera directa como indirecta en la red de alcantarillado.

iv. *Aguas pluviales*. Agua resultante de la escorrentía y puede incorporarse a la red alcantarillado.

- **Proporción del agua de abastecimiento que llega a las alcantarillas**

Debido a que las aguas residuales están constituidas principalmente por agua proveniente de las viviendas de actividades domésticas, es preciso hacer una estimación de la proporción del agua que llega a la red de alcantarillado. Una parte importante del agua potable abastecida a la población no llega a la red de alcantarillado, ya sea por su uso en procesos de producción, riego de áreas verdes, o porque corresponda a pérdidas y fugas o usuarios no conectados a la red de alcantarillado. (METCALF y EDDY, 1995)

Entre el 60 - 85% por 100% del consumo por habitante se convierte en agua residual. Sin embargo, una infiltración excesiva, las aguas pluviales y el agua obtenida de fuentes particulares suministrada a determinadas industrias pueden hacer que los caudales de agua residuales superen los caudales de abastecimiento de agua potable. (METCALF y EDDY, 1995)

- **Medición de caudal en canales abiertos**

Para poder determinar el caudal en canales abiertos se requiere conocer la información geométrica de la sección, el tirante del flujo, la velocidad, parámetros que son la base para calcular el volumen de agua que pasa por el cauce en una determinada unidad de tiempo, a este proceso de cuantificación se le conoce como aforo y se puede aplicar en ríos como en canales.

Los métodos de medición más comunes son:

- Método de sección – velocidad.
- Método de sección - pendiente hidráulica.
- Aforador Parshall.
- Método volumétrico.

Para el siguiente trabajo de investigación, se presenta las condiciones favorables en el punto de descarga de aguas residuales para aplicar el método de sección-velocidad, el cual se describe a continuación:

Método de Sección – Velocidad

Considerando lo establecido en el Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las Plantas de Tratamiento de aguas residuales Domésticas o municipales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento:

El método de Sección - Velocidad se usa en canales con bajo caudal. Se deben determinar dos parámetros: la velocidad y el área de la sección transversal del canal.

Medición de la velocidad (método del flotador)

El método del flotador proporciona una medición aproximada de la velocidad del flujo. Los flotadores se utilizan para determinar la velocidad superficial del agua y se utilizan en acequias, canales, ríos y diques. Para lo cual se registra el tiempo que tarda el flotador (objeto pequeño que flota en la superficie del flujo) en recorrer una distancia conocida, marcada previamente sobre un tramo recto y uniforme. (SENAMHI)

Procedimiento, se sigue los siguientes pasos:

- Seleccionar un tramo del canal de sección uniforme.
- Determinar la longitud (L) la cual recorrerá el flotador.
- Contar con un flotador apropiado (esferas de tecnopor u otro material que tenga la propiedad de flotar)
- Luego se lanza el flotador al inicio del tramo y se mide el tiempo que tarda en recorrer la longitud previamente establecida. Realizar varias mediciones para descartar posibles errores y obtener un promedio de las mediciones (T).
- La velocidad se calcula con la siguiente expresión:

$$V = 0.8 \times \frac{L}{T} \dots (1)$$

Medición del área de la sección transversal

Para determinar el área se utiliza la siguiente ecuación:

$$A = b \times h \dots (2)$$

Dónde: b, es el ancho del canal y h, es el tirante del flujo.

Determinación del caudal (Q)

Para la determinación del caudal se multiplica la velocidad (V) y el área de la sección transversal (A), como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Q = V \times A \dots (3)$$

- **Caudal teórico del caudal de aguas residuales**

Para dar inicio el diseño de un proyecto de alcantarillado y tratamiento de agua residual, es necesario conocer los parámetros que influyen al proyecto, entre los cuales están:

- **Población actual:** es la población actual en el ámbito del proyecto, definido por el número de viviendas y la densidad poblacional en (hab. /vivienda) o censos aplicados a la población.
- **Periodo de diseño:** dependerá del tipo de tratamiento elegido normalmente está entre 15 a 30 años.
- **Población Final o de diseño:** para el cálculo de la población de diseño existen varios métodos entre los cuales están:

Método aritmético

$$P_d = P_i \times \left(1 + \frac{r \times T}{100}\right) \dots (4)$$

Método geométrico

$$P_d = P_i \times \left(1 + \frac{r}{100}\right)^T \dots (5)$$

Dónde: Pi, población inicial (hab.); Pd, población de diseño (hab.); r, índice de crecimiento poblacional (%); y T, periodo de diseño (años).

- **Dotación Per cápita:** para el caso que no se cuente con registros de consumo, se deberá usar la siguiente tabla.

Tabla 7. Dotación de agua según RNE (l/hab/día) en Habilitaciones urbanas.

Ítem	Criterio	Clima templado	Clima frío	Clima cálido
1	Sistemas con conexiones	220	180	220
2	Lotes de área menor o igual a 90 m ²	150	120	150
3	Sistemas de abastecimiento por surtidores, camión cisterna o piletas	30 - 50	30 - 50	30 - 50

Fuente: Norma IS.100 RNE

- **Variaciones de consumo:**

Coefficiente de variación diaria, k1 = 1.2 – 1.5

Coefficiente de variación horaria, k2 = 1.8 – 2.5

- ✓ K2 = 2.5 para poblaciones < 10 000 habitantes.
- ✓ K2 = 1.8 para poblaciones ≥ 10 000 habitantes.

- **Caudales de diseño**

Caudal promedio, es el caudal medio diario, necesario para satisfacer las necesidades de la población en un día de consumo promedio.

$$Qp = \frac{Dot \times Pf}{86400} \dots (6)$$

Caudal máximo diario, caudal necesario para satisfacer las necesidades de la población en un día de máximo consumo en un año tipo.

$$Qmd = K_1 \times Qp \dots (7)$$

Caudal máximo horario, caudal necesario para satisfacer las necesidades de la población en una hora de máximo consumo en un año tipo.

$$Qmh = K_2 \times Qp \dots (8)$$

Según la norma OS.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, el caudal de contribución al alcantarillado debe ser calculado con un coeficiente de retorno del 80% del caudal de agua potable requerida. El diseño del sistema de alcantarillado se realizará con el valor del caudal máximo horario.

$$Q_{AR} = 0.80 \times Qmh \dots (9)$$

2.2.10 Tratamiento de aguas residuales

El objetivo principal del tratamiento del agua residual es remover el material contaminante, orgánico e inorgánico, el cual puede presentarse en forma de partículas en suspensión y/o disueltas, para alcanzar una calidad de agua requerida para vertido o reúso según la normativa vigente. Este objetivo se alcanza mediante la integración de operaciones (físicas) y procesos (químicos y biológicos) unitarios, que serán seleccionados en función de las características del agua residual a tratar. Dependiendo del proceso es posible generar emisiones gaseosas a la atmósfera y la producción de material de desecho como residuos sólidos del material retenido en las rejas o tamices, o semisólidos en forma de lodos. La calidad y cantidad de estos residuos dependerán de las características del agua residual cruda y de la configuración del sistema de tratamiento. (NOYOLA et. al, 2013)

El requerimiento de algunos insumos, como energía eléctrica y reactivos químicos, estarán en función de las tecnologías que conformarán el sistema de tratamiento y, por lo tanto, el costo de operación y mantenimiento dependerá de ello también. (NOYOLA et. al, 2013)



Fig. 3. Esquema conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Fuente: (NOYOLA et. al, 2013)

2.2.11 Clasificación de los métodos de tratamiento de aguas residuales

Los contaminantes presentes en el agua residual pueden ser eliminados mediante procesos físicos químicos o biológicos. Por lo general, las plantas de tratamiento están constituidas por la combinación de los procesos anteriores, se presenta una breve descripción de cada uno de ellos:

a. Procesos físicos

Son aquellos métodos de tratamiento en los que predomina la acción de fuerzas físicas tales como la gravedad, las diferencias de peso y concentración y tamaño, se conocen como operaciones físicas unitarias. Se tienen procesos como el cribado, la sedimentación, la flotación y la filtración. (METCALF y EDDY, 1995)

b. Procesos químicos

Son aquellos métodos de tratamiento en los cuales, para llevar a cabo la eliminación o conversión de los contaminantes, se adicionan de productos químicos o gracias al desarrollo de ciertas reacciones químicas, se conocen como procesos químicos unitarios. Dentro de este tipo están la coagulación, la floculación, la precipitación y la adsorción química. (METCALF y EDDY, 1995)

c. Procesos biológicos

Se refiere a aquellos métodos de tratamiento que involucran actividad biológica para la eliminación de los contaminantes, se conocen como procesos biológicos unitarios. Son métodos utilizados para la remoción de sustancias orgánicas biodegradables presentes en forma soluble o coloidal. Básicamente, estas sustancias son transformadas por los microorganismos en gases, que se liberan a la atmósfera, y en tejido celular biológico, eliminable por sedimentación. también se emplean para eliminar el nitrógeno. (METCALF y EDDY, 1995)

Estos procesos se dividen en dos grupos: los aerobios y los anaerobios. La principal diferencia surge en el crecimiento de bacterias en condiciones aerobias, a partir de esto se derivan las diferencias más importantes que influyen directamente en el costo y en las condiciones de tipo técnico. (PALMER, 2015)

- **Procesos anaerobio**

El proceso anaerobio tiene una baja tasa de síntesis bacteriana equivalente a una baja producción de lodos, ya que el 90% se utiliza en la producción de metano y solo el 10% para la síntesis celular. (NOYOLA et. al, 2013). Este proceso es productor de energía por lo que puede ser revalorizado económicamente en algunos casos, sin embargo, es más vulnerable a cambios ambientales y requiere un mayor tiempo de arranque. (Eckenfelder et al., 1988)

- **Proceso aerobio**

El proceso aerobio utiliza el 65% de energía en la síntesis celular, por lo que tiene mayor producción de biomasa o lodo no estabilizado, que requiere un tratamiento y disposición que aumentan los requerimientos técnicos y costo total de la inversión. (NOYOLA et. al, 2013). Además, el proceso aerobio necesita energía para la agitación y oxigenación.

Nota: *como el proceso anaerobio no alcanza el mismo nivel de tratamiento que los procesos aerobios y por ello se ha optado por acoplar los dos procesos, que tiene un incremento en la eficiencia del tratamiento y una disminución en los costos de inversión y operación.* (Eckenfelder et al., 1988)

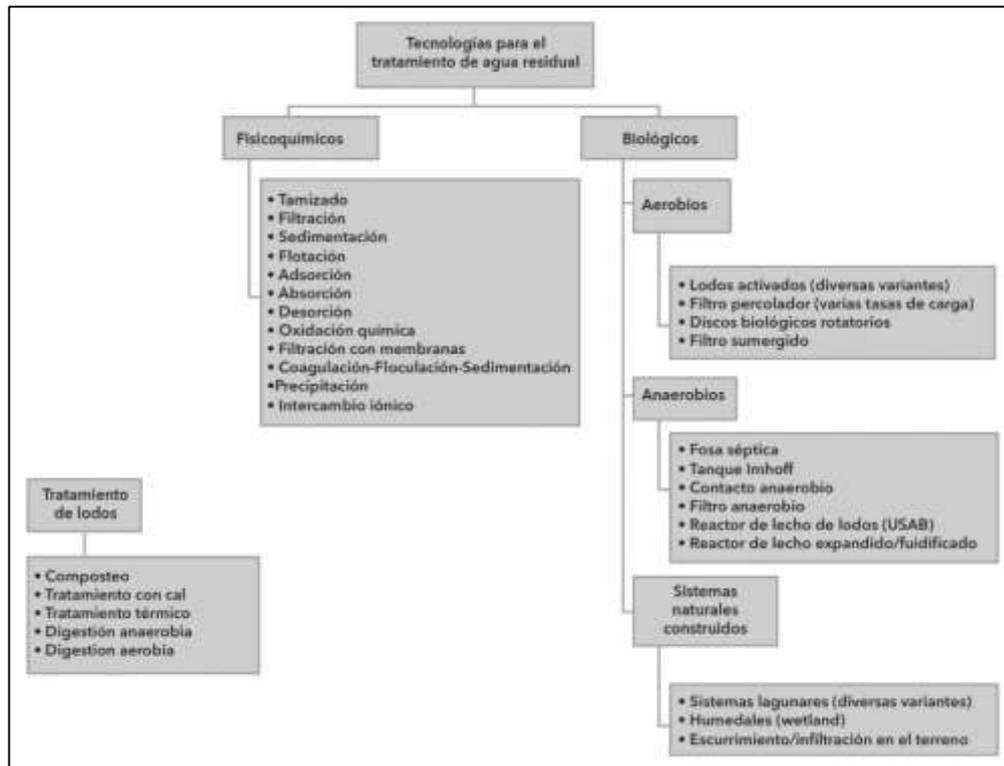


Fig. 4. Clasificación esquemática de los procesos para el tratamiento de las aguas residuales.

Fuente: (NOYOLA et. al, 2013)

En la figura 4, se muestra un esquema con tecnologías para integrar el proceso de tratamiento de aguas residuales, se resalta la división en dos grandes grupos, los tratamientos físico-químicos y los biológicos. Los primeros utilizan los procesos físicos (gravedad, filtración, atracción electrostática, etc.) y de procesos químicos (coagulación, adsorción, oxidación, precipitación, etc.). El segundo tipo involucra la degradación o transformación de la materia orgánica por medio de microorganismos. Dentro de los sistemas biológicos existen los sistemas aerobios (requieran oxígeno) y los anaerobios (funcionan sin oxígeno). Un grupo aparte están los sistemas naturales construidos, los cuales aprovechan las transformaciones que se llevan a cabo en el medio natural como son los humedales artificiales o el tratamiento mediante descargas directas al suelo para su infiltración. (NOYOLA et. al, 2013)

2.2.12 Niveles de tratamiento de aguas residuales

El nivel de tratamiento del agua residual depende de la disposición final o del reúso al cual está destinada, las cuales pueden estar reglamentadas por normatividad, a continuación, se describen los diferentes niveles de tratamiento. Teniendo un gran número de operaciones y

procesos para el tratamiento de aguas residuales, los niveles de tratamiento se dividen en pretratamiento o tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado de aguas residuales. (PALMER, 2015)

a. Tratamiento preliminar

El tratamiento preliminar de aguas residuales es el proceso de remoción de los componentes cuya presencia pueda provocar problemas en la operación y mantenimiento en los diferentes procesos que conforman el sistema de tratamiento o en algunos casos no pueden ser tratados conjuntamente con los demás componentes del agua residual. Las unidades de pretratamiento son cámara de rejas, desengrasado, homogenización y desarenado. En algunos casos se incorpora la trituración para reducir el tamaño de ciertos desechos y poder reincorporarse al tratamiento con el objetivo de retener sólidos gruesos y finos con densidad mayor al agua y arena con la finalidad de facilitar el tratamiento posterior. (PALMER, 2015)

b. Tratamiento Primario

El tratamiento primario de aguas residuales implica la remoción parcial de sólidos en suspensión, materia orgánica u organismos patógenos, mediante procesos como sedimentación u otro medio, el objetivo principal es el acondicionamiento de las aguas residuales para su descarga bien a los receptores o pasar a un tratamiento secundario. Generalmente el tratamiento primario remueve alrededor del 60% a 70% de los sólidos suspendidos y un 35 al 40% de DBO del agua residual cruda. (RAMALHO, 1996)

Este tratamiento es principalmente para reducir sólidos sedimentables. Con el propósito de producir un líquido homogéneo que puede ser tratado biológicamente.

Se considera unidades de tratamiento primario a todo sistema que remueve material en suspensión con excepción de material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua, dentro de los cuales están el tanque séptico, tanque Imhoff, tanques de sedimentación primaria, tanques de flotación, lagunas primarias, según investigaciones también consideran al Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) como unidad de tratamiento primario dando buenos resultados.

c. Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario es empleado básicamente para degradar el contenido biológico del agua residual, el cual es producto de los desechos orgánicos provenientes de las actividades humanas o industriales. Consiste en la oxidación aerobia de la materia orgánica o en su

eliminación anaerobia en digestores cerrados, cada proceso produce lodos en mayor o menor cantidad que deben ser tratados para su destino final. Los procesos biológicos pueden ser lodos activados, filtros percoladores o sistemas de lagunas.

Básicamente, los contaminantes presentes son transformados por los microorganismos en materia celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos. Este material celular forma flóculos, que son separados del flujo de agua tratada, generalmente por sedimentación. De tal forma que, una sustancia orgánica soluble se transforma en flóculos que son fácilmente retirados del agua. (NOYOLA et. al, 2013)

El tratamiento secundario se fundamenta en la inclusión de procesos biológicos en donde predomina reacciones bioquímicas generadas por microorganismos que logran eficientes resultados en remoción de DBO entre 50% y 95%. Los más empleados son los siguientes sistemas biofiltros, filtros percoladores, biodiscos, lodos activados, lagunas de estabilización facultativas y aireadas.

El tratamiento secundario de las aguas residuales tiene el objetivo de la eliminación de los sólidos en suspensión y compuestos orgánicos biodegradables. (METCALF y EDDY, 1995)

d. Tratamiento Terciario y Avanzado

El tratamiento avanzado es para mejorar la calidad del efluente del tratamiento secundario, con la remoción de constituyentes que merecen especial atención, como los nutrientes, los compuestos tóxicos y el remanente de materia orgánica o de sólidos en suspensión. También se emplea el tratamiento avanzado para las posibles actividades de reutilización, como es el caso de recarga de aguas subterráneas o actividades agrícolas. (METCALF y EDDY, 1995)

Dentro de los tipos de tratamiento avanzado se tienen: la desinfección (por cloración, ozonificación, radiación ultravioleta), remoción de sólidos suspendidos y DBO, remoción de nitrógeno, remoción de fósforo, remoción de orgánicos refractarios y remoción de tóxicos específicos. (PALMER, 2015)

e. Remoción de materia orgánica biodegradable

Para la remoción de la materia orgánica biodegradable existen dos tipos de tratamiento:

- **Sistemas aerobios**

Los sistemas de tratamiento aerobios principalmente se identifican cinco procesos: el sistema de lodos activados, las lagunas de estabilización, el filtro percolador, el filtro

sumergido y el disco biológico rotatorio, los demás procesos aerobios que se presentan son variantes, combinaciones o mejoras de los procesos iniciales. (PALMER, 2015)

El área disponible de terreno en un criterio que limita la aplicación de lagunas de estabilización ya que, en comparación con los otros sistemas requiere un área alrededor de 70 veces mayor. En zonas urbanas el alto costo de terrenos es un factor restrictivo en la selección de este sistema. Sin embargo, es un sistema que prácticamente no requiere equipos para su operación, además tiene los requerimientos de personal más bajos, es posible que el efluente sea apto para riego y elimina coliformes. Sin embargo, hay que considerar los altos costos de cuando el sistema requiera retirar los lodos acumulados durante el periodo de operación. (PALMER, 2015)

- **Sistemas anaerobios**

Los sistemas anaerobios se han clasificados en tres generaciones: la primera engloba aquellos que se caracterizan por tener altos tiempos de retención hidráulica y sistemas de distribución de agua residual que no logran la homogeneidad en su distribución. En la segunda generación, los microorganismos son retenidos en el reactor por medio de un soporte (empaquete) para que se adhieran en forma de biopelícula, o por medio de sedimentación. En estos sistemas se ha separado el tiempo de retención hidráulica y se ha mejorado el sistema de distribución de agua logrando así una mejor interacción sustrato - microorganismo, además, el diseño permite la modulación y compactación de cada una de las instalaciones. Por último, en la tercera generación los reactores también poseen los microorganismos en biopelícula, pero el soporte se expande o fluidifica con altas velocidades de flujo. (PALMER, 2015)

Los resultados más relevantes obtenidos durante el desarrollo tecnológico a través de las generaciones de reactores es la reducción del tiempo de retención hidráulica de días a horas, la creación de instalaciones más pequeñas y compactas, así como el incremento de eficacia y eficiencia en el tratamiento del agua residual. Dentro de los procesos de primera generación están las fosas sépticas y los tanques Imhoff han sido utilizados ampliamente debido al bajo costo de inversión, operación y mantenimiento. Sin embargo, este tipo de sistema tiene baja eficiencia en la remoción de contaminantes, solo se limita a la remoción de sólidos suspendidos en un 60% y materia orgánica soluble en 30% de DBO. (METCALF y EDDY, 1995)

f. Tratamiento y disposición del lodo

La generación del lodo es inevitable en cualquier etapa de tratamiento y se convierte en un factor muy importante a considerar para la elección del proceso de tratamiento. Como lo dice la ley de la conservación de la materia que “*la materia no se crea ni se destruye solo se transforma*”, por lo que los contaminantes se transforman una parte en lodo. Entre los procesos para tratar el lodo producido están la digestión aerobia, el composteo mezclado con residuos celulósicos, la estabilización con cal, la incineración y la pasteurización. Como destino final pueden ser desechados en rellenos sanitarios especialmente acondicionados, una opción atractiva para la disposición final es aprovecharlos como fertilizantes agrícolas, siempre que cumplan con la normatividad vigente. (NOYOLA et. al, 2013)

Para el caso de Perú el Decreto Supremo N° 015-2017-VIVIENDA aprueba el reglamento para el reaprovechamiento de los lodos generados en las PTAR.

Tabla 8. Niveles de tratamiento de aguas residuales

NIVEL DE TRATAMIENTO	TIPO DE PROCESO DE TRATAMIENTO	EJEMPLO	OBJETIVOS
Pre tratamiento	Procesos físicos	Cribado y tamizado Dilatación Desarenación Desengrasado Homogenizado	Retención de gruesos flotantes. Reducción del tamaño de sólidos. Separación de arena en suspensión. Separación de grasas y aceites. Homogenizar la concentración y el caudal del agua residual
Tratamiento primario	Procesos físicos y químicos	Sedimentación. Flotación. Floculación. Neutralización.	Reducción de DBO5 en un 20% al menos. Reducción de los sólidos en suspensión entre el 50% y el 85%
Tratamiento secundario	Procesos biológicos	Procesos aerobios. Procesos anaerobios. Procesado de los residuos sólidos.	El afluente del tratamiento secundario debe haber reducido el DBO inicial en un 70 a 90% y los sólidos totales en un 90%.
Tratamiento terciario	Procesos químicos	Eliminación de los contaminantes no biodegradables. Eliminación de nutrientes.	Separación de los contaminantes orgánicos no biodegradables y los nutrientes minerales.
Desinfección	Procesos físicos y químicos	Desinfección química. Desinfección física.	Eliminación de microorganismos patógenos.

Fuente: (León, 2020)

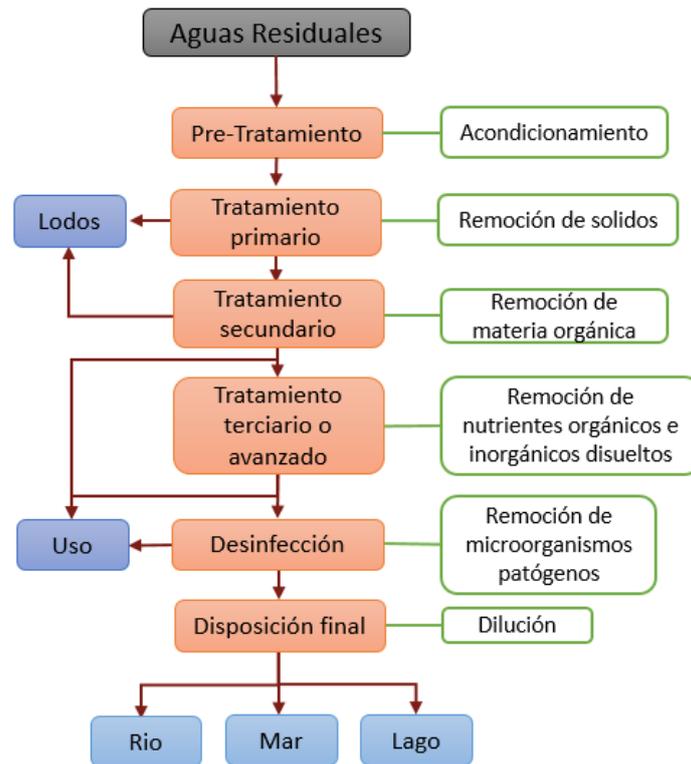


Fig. 5. Esquema de niveles de tratamiento de aguas residuales.

Fuente: (LEÓN, 2020)



Fig. 6. Esquema de tratamiento de lodos producidos en una planta de tratamiento de agua residual.

Fuente: (LEÓN, 2020)

2.2.13 Procesos de tratamiento de aguas residuales

Los contaminantes que se presentan en el agua residual se pueden remover con procesos físicos, químicos y/o biológicos. Se puede considerar que las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en procesos son equivalentes a las que se dan en la naturaleza (ríos, lagos, suelo, etc.), solo que en este caso se realizan de forma controlada en tanques o reactores y a velocidades mayores. (METCALF y EDDY, 1995)

a. Procesos físicos-químicos

- **Cribado (rejas finas y gruesas)**

El cribado se utiliza para la retención de los sólidos en suspensión a la entrada de la planta de tratamiento. La abertura entre los barrotes de la rejilla depende del tipo de sólidos a retener, la limpieza se realiza de forma manual o automática. Los productos retenidos que en su mayoría son residuos sólidos o basura son llevados con las medidas de seguridad correspondientes a rellenos sanitarios o monorellenos.

Las rejillas cumplen con el objetivo de proteger las bombas, tuberías u otro componente del sistema de tratamiento el cual pueda sufrir obstrucciones ocasionado por objetos de gran tamaño. Las rejillas con limpieza manual son usadas mayormente en PTAR de poblaciones pequeñas, en el caso de grandes ciudades estas funciones son automatizadas por mediante equipos electromecánicos. Los barrotes o rejas se deben colocar de manera perpendicular al flujo que circula en el canal y tendrán una inclinación entre 30 a 80° respecto a la horizontal. (BENDEZU & MARTINES, 2015)

Tabla 9. Clasificación de rejas según el espaciamiento de las barras

Tipo	Abertura o espaciamiento (mm)
Rejas gruesas	De 25 hasta 100 o más.
Rejas medias	De 10 hasta 25 (son las más comunes)
Rejas finas	De 3 hasta 10
Rejas muy finas (rotativas)	De 0.25 hasta 2.5 (equipo capaz de sustituir sedimentador)

Fuente: (León, 2020)

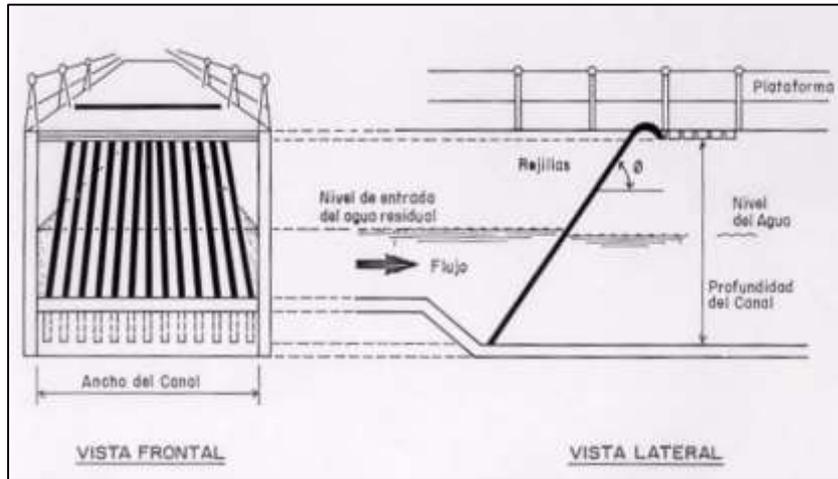


Fig. 7. Rejas de limpieza manual.

Fuente: (METCALF y EDDY, 1995)

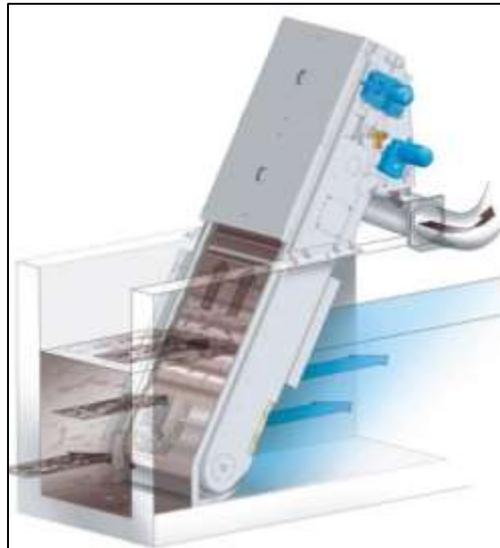


Fig. 8. Equipo de cribado con limpieza mecánica.

Fuente: (LEÓN, 2020)

- **Desarenador**

Generalmente los desarenadores se ubican a continuación de la cámara de rejas o cribado que remueven los sólidos gruesos y antes de los tanques de sedimentación primaria. Su objetivo es remover las arenas y grava del agua residual para la protección del digestor biológico, evitar la sedimentación y formación de depósitos de material, facilitar su mantenimiento y reducir la frecuencia de limpieza. Ya que las arenas pueden dañar a los equipo mecánicos por abrasión.(BENDEZU & MARTINES, 2015)

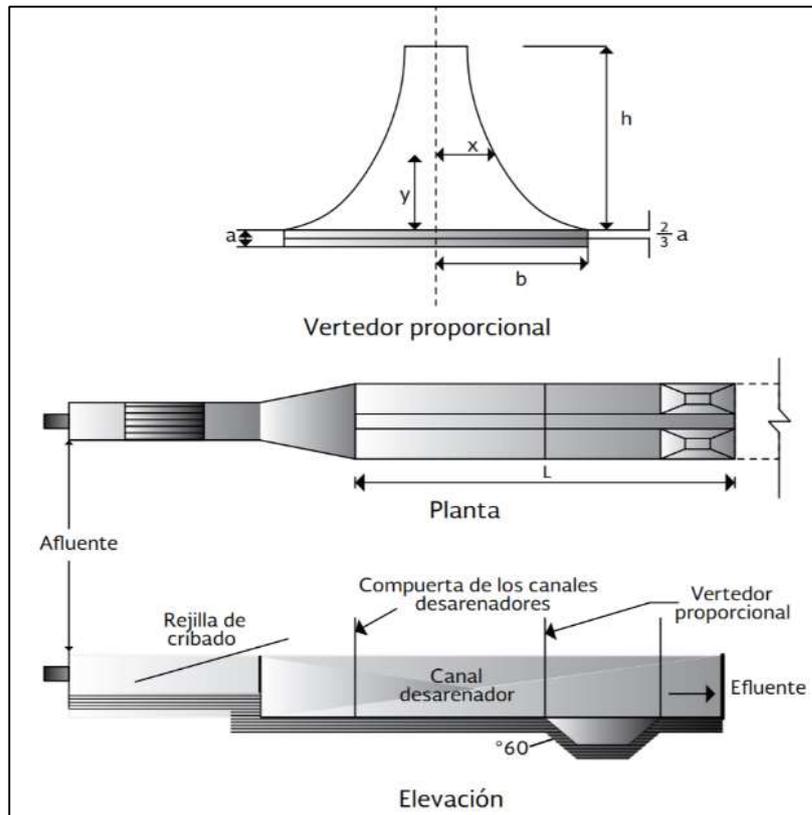


Fig. 9. Desarenador hidráulico.

Fuente: (LEÓN, 2020)

- **Desengrasador**

En esta etapa se remueven los aceites, grasas y materiales de menor densidad (flotantes). Existen dos tipos de desengrasadores, los estáticos y los aireados. Los estáticos hacen pasar agua por un depósito dotado de un tabique o pantalla deflectora, que obliga que las aguas a salir por el inferior lo que permite que los componentes de menor densidad queden retenidos en la parte superior, luego se retira de forma manual las grasas atrapadas. En los desengrasadores aireados se inyecta aire con el objetivo de separar las grasas y una mejor flotación. En las plantas de tamaño medio-grande las operaciones de desarenado y desengrasado se llevan a cabo de manera conjunta, en unidades conocidas como desarenadores – desengrasadores aireados. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

Los aceites y grasas presentes en una PTAR son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que, al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Las cuales entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento.

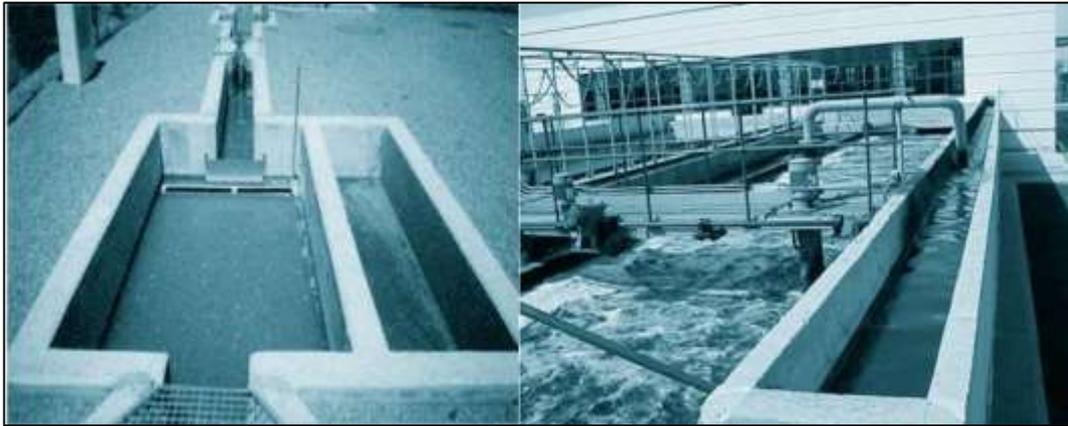


Fig. 10. Desengrasador estativo y desarenador – desengrasador aireado.

Fuente: (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

- **Decantación primaria**

Tiene el objetivo de remover la mayor cantidad posible de sólidos sedimentables, los cuales son retirados, sino generarían fuertes demandas de oxígeno en el resto de etapas de tratamiento. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

- **Desinfección**

Este proceso es empleado para la reducción de bacterias y virus presentes en las aguas residuales que pueden ser causantes de enfermedades, previo a la disposición final. Los principales métodos de desinfección son la cloración, la ozonización y la radiación ultravioleta (UV). (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

Siendo la desinfección por cloro la más usada para el tratamiento de aguas residuales, en donde se puede aplicar cloro gas, hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio o dióxido de cloro.

La aplicación de cloro provoca la destrucción mayoritaria de las bacterias patógenas, no obstante, hay que tener en cuenta que bajo la acción del cloro permanecen inalterados muchos virus y esporas. El cloro tiene un efecto de permanencia en el agua durante varios días lo que ayuda a controlar las bacterias patógenas. En la cámara de cloración se debe fijar el tiempo de contacto. Sin embargo, uno de los principales problemas del cloro gas es su toxicidad y peligrosidad. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

La ozonización y la radiación UV son opciones de desinfección que no generan sustancias químicas residuales en el agua tratada.

b. Procesos biológicos

• Tanque Imhoff

También conocido como tanque decantador – digestor, se puede considerar una modificación más eficiente del tanque séptico, en la que están separadas las zonas de sedimentación y digestión, una encima de la otra. Los sólidos sedimentables pasan a la zona de digestión por una abertura en el fondo del compartimiento de sedimentación, en donde son digeridos a temperatura ambiente. (CRITES & TCHOBANOGLOUS, 2000)

El tanque Imhoff puede tener varias configuraciones como tener varias cámaras de sedimentación sobre una cámara de digestión dependiendo del caudal a tratar y las condiciones del terreno. La remoción de sólidos suspendidos puede ser de 45 - 70% y la reducción de DBO de 25 - 40%. Sin embargo, la remoción es variable dependiendo de las características del residuo, condiciones de diseño y de las condiciones de operación. (ROMERO, 2002)

Para el dimensionamiento del tanque Imhoff se tomarán en cuenta los criterios de diseño establecidos en la norma OS 090 “Planta de tratamiento de aguas residuales”.

El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos

- Cámara de sedimentación
- Cámara de digestión de lodos
- Área de ventilación y cámara de natas

Consideraciones a tener en cuenta:

- Ventajas

- ✓ Contribuye a una mejor digestión de lodo en comparación al tanque séptico y produce un efluente de mejor calidad.
- ✓ El lodo se seca y evacua con mayor facilidad que el procedente de los tanques séptico, ya que contiene de 90 a 95% de humedad.
- ✓ El agua residual que ingresa no necesita tratamiento preliminar, salvo el paso por cribas gruesa y la separación de arenillas.
- ✓ Tiene un tiempo de retención menor que las lagunas.
- ✓ Bajo costo de inversión y operación.
- ✓ Bajo requerimiento de terreno para su construcción.
- ✓ Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades.

- Desventajas

- Son estructuras profundas normalmente mayores a 6 metros y debe evaluarse el terreno donde se piensa construir.
- El efluente es de mala calidad orgánica y microbiológica.
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando el funcionamiento sea correcto.

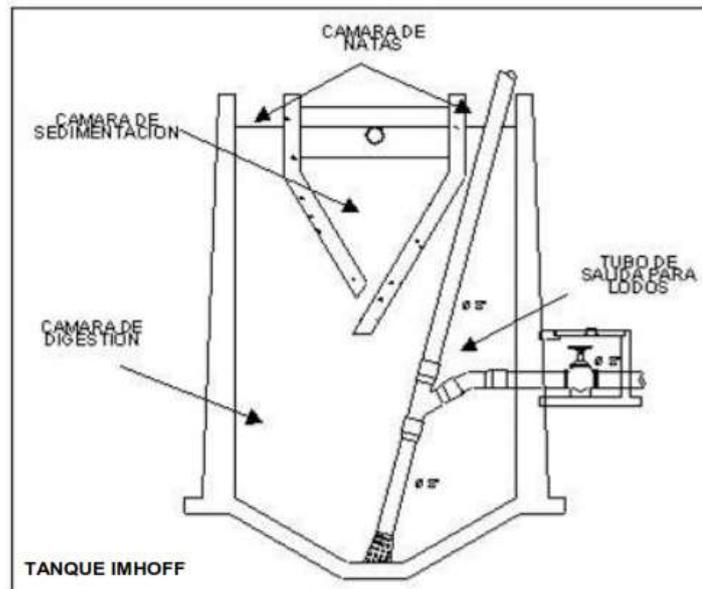


Fig. 11. Estructura básica del tanque Imhoff.

Fuente: CEPIS/OMS, 2005.

• Proceso de Lodos activados

Este proceso ha sido uno de los más utilizados en el mundo para el tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico y municipal. Existen como 13 variantes del sistema lodos activados; los sistemas de flujo pistón, totalmente mezclado de media carga y el de aireación extendida (baja carga) son los más comunes. La gran ventaja de este sistema es que el proceso se lleva a cabo en un solo tanque que cuenta con dispositivos para proveer aireación, mezclado y sedimentación. Este sistema debe contar con dos tanques que funcionen de forma alternada. (NOYOLA et. al, 2013)

En este proceso los microorganismos se mezclan con la materia para digerirla para reproducirse y sobrevivir. Cuando la masa de microorganismos crece y se mezcla con la agitación inducida por medios mecánicos en el tanque esta tiende a agruparse (floculación) para formar una masa activa de microorganismos denominada lodo

activado; que al mezclarse con el agua residual se llama licor mezclado, el cual fluye a través del tanque de aireación a un clarificador secundario en donde el lodo activado sedimenta, una porción del lodo regresa al tanque de aireación para que se mantenga una apropiada relación sustrato – microorganismo y así permitir una adecuada degradación de la materia orgánica. En el tanque de aireación se produce lodo activado y una cierta cantidad debe ser desechada del sistema para mantener constante su concentración, a lo que se le conoce como lodos de purga. Por otro lado, el sistema requiere una adecuada aireación, que se realiza mediante difusores o aireadores mecánicos. (NOYOLA et. al, 2013)

Cabe señalar que en los últimos años se ha desarrollado una tecnología que permite incorporar las ventajas de la biomasa fija a los sistemas de lodos activados. Esta consiste en colocar dentro del tanque de aireación material de empaque de talla pequeña (piezas de 1 a 2 cm de lado o diámetro) y de densidad semejante a la del agua, en un 30 a 40% del volumen de dicho tanque. Este empaque, que sirve de soporte para la adhesión de microorganismos, se mantiene en suspensión en el licor mezclado por lo cual se mueve en conjunto con e en todo el volumen de aireación. El empaque permite concentrar el microorganismo en el licor mezclado, lo cual hace que el sistema absorba picos orgánicos con mayor facilidad y permita un diseño de tanques de menor volumen. A este sistema se le ha llamado reactor biológico de cama móvil o MBBR por sus siglas en inglés (Moving Bed Bio-Reactor). (NOYOLA et. al, 2013)

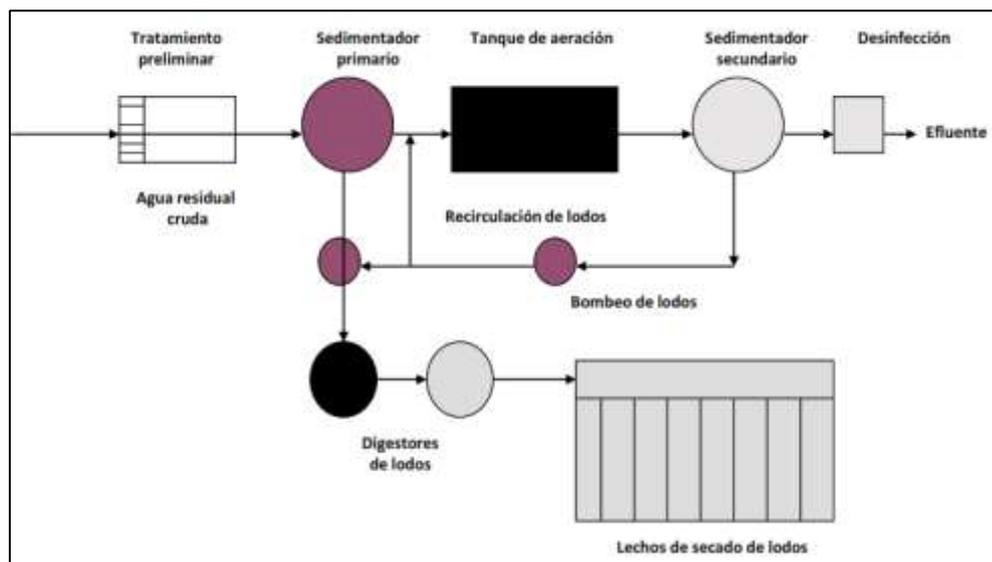


Fig. 12. Esquema del proceso de Lodos Activados.

Fuente: (León, 2020).

Variantes del proceso básico de lodos activados

Algunos procesos de lodos activados operan de manera diferente diseñados para aumentar la eficiencia, aceptar choques de carga y manejar desechos anormales específicos. (SRINIVIAS, 2006)

Tabla 10. Descripción de las modificaciones del proceso de lodos activados.

Proceso	Descripción
Procesos de lodos activados para poblaciones grandes	
Flujo de pistón (convencional)	El agua residual y el lodo activado reciclado entran al inicio del tanque de aireación y se mezclan mediante difusores o aireación mecánica. La aplicación del aire es uniforme a lo largo del tanque.
Flujo de pistón con aireación escalonada	El agua residual se introduce en determinados puntos del tanque de aireación para homogenizar la relación F/M, disminuyendo así la demanda de oxígeno. La flexibilidad de la operación es una característica importante del proceso.
Aireación decreciente	Es una modificación del flujo de pistón. Se aplican tasas variables de aire a lo largo del tanque, dependiendo de la DO. Se suministran mayores cantidades de aire al inicio del tanque de aireación y de las cantidades a medida que el licor mezclado se acerca al final del tanque.
Aireación modificada	Es similar al proceso de flujo pistón, excepto porque se utilizan tiempos más cortos de aireación y relaciones más altas de F/M. la eficiencia de remoción de DBO es menor que la de otros procesos de lodos activados.
Oxígeno de alta pureza	Se utiliza oxígeno de alta pureza en lugar de aire. El oxígeno se difunde hacia tanques de aireación cubiertos en donde se recircula.
Procesos de lodos activados para poblaciones pequeñas	
Estabilización por contacto	Este proceso utiliza dos tanques separados. El lodo activado estabilizado se mezcla con el agua residual afluyente en un tanque de contacto. El licor mezclado sedimentado en un tanque de decantación secundario y el lodo de retorno se airean por separado en un tanque de redirección para estabilizar la materia orgánica. Las necesidades del volumen de aireación son en general 50% menos que con el flujo de pistón convencional.
Zanjón de oxidación	Es en un canal de forma redonda u oval con equipos mecánicos de aireación. Al zanjón entra el agua residual filtrada, se airea y circula. Este tipo de proceso opera en general a modo de aireación extendida con tiempos largos de retención para los sólidos. Para la mayoría de las aplicaciones se usan tanques de sedimentación secundarios.
Aireación extendida y sedimentación intermitente	Es un reactor sencillo en el cual ocurren todos los pasos del proceso de lodos activados. El flujo hacia el reactor es continuo comparado con el reactor de flujo intermitente en secuencia. Dado que el licor mezclado permanece en el reactor durante todos los pasos del tratamiento, no se necesitan instalaciones secundarias de sedimentación separadas.

Fuente: (CRITES & TCHOBANOGLIOUS, 2000)

- **Filtros percoladores**

El filtro percolador está formado por un lecho permeable al que se adhieren los microorganismos, a partir del cual al pasar el agua residual y la materia orgánica es degradada, se utilizan estratos filtrantes de goteo, en las que el licor de las aguas residuales en rociado en la parte superior del profundo estrato compuesto de carbón, piedra caliza, o fabricada principalmente de plástico. (ROMERO, 2002)

El filtro percolador es un proceso que no realiza tamizado o filtración al agua residual, sino para poner en contacto el agua residual con la biomasa adherida a un medio de soporte fijo, constituyendo un lecho de oxidación biológica. (BENDEZU & MARTINES, 2015)

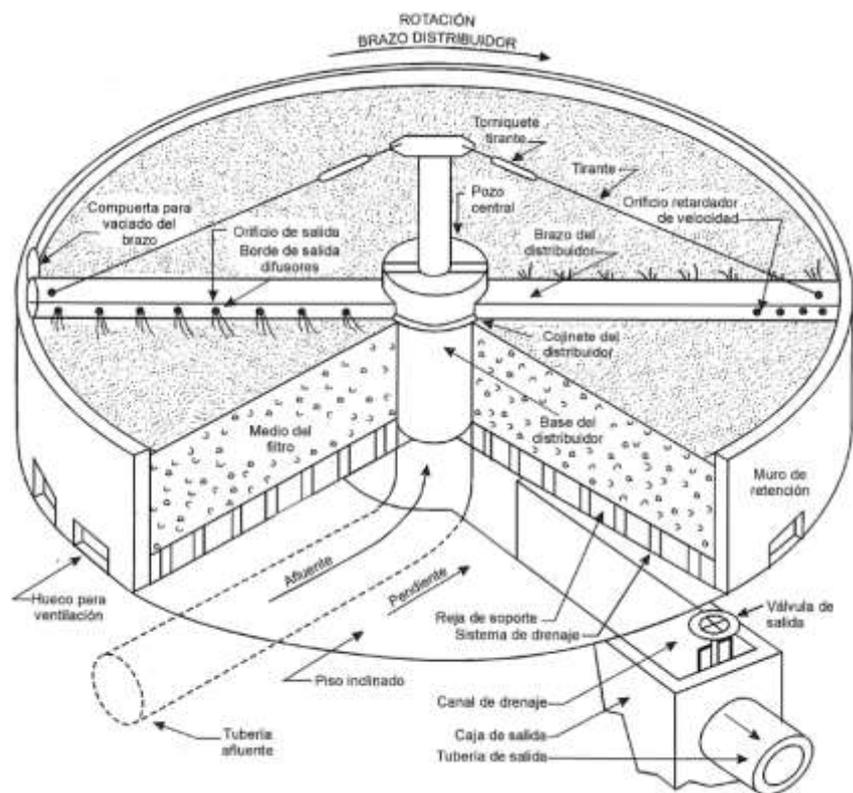


Fig. 13. Esquema de un filtro percolador.

Fuente: (ROMERO, 2002)

El objetivo principal del filtro percolador es reducir la carga orgánica existente en las aguas residuales domésticas o industriales. Está conformado por un lecho de piedras u otro material natural o sintético, sobre el cual se aplican aguas residuales. En el filtro percolador se riegan las aguas residuales con ayuda de un distribuidor rotatorio sobre el lecho filtrante y se deja percolar, el lecho filtrante es un medio altamente permeable, en

el cual se adhieran microorganismos y a través del cual el residuo se infiltra. Por lo general en medio es piedra de tamaño entre 2.5 y 10 cm con profundidades variables según el diseño entre 1 a 2.5 m, o tipo son los filtros percoladores con medios filtrantes de plástico o biorreactores que pueden llegar a tener profundidades de hasta 12 m. (BENDEZU & MARTINES, 2015)

El sistema de drenaje es de gran importancia como unidad de recolección y como estructura porosa, a través de la cual circula el aire. El material orgánico contenido en el agua residual es absorbido y descompuesto por la biomasa adherida en el medio filtrante; en la porción interior, cerca de la superficie del medio, predominan condiciones anaerobias; en la parte externa, condiciones anaerobias. (ROMERO, 2002)

- **Fundamentos del filtro percolador**

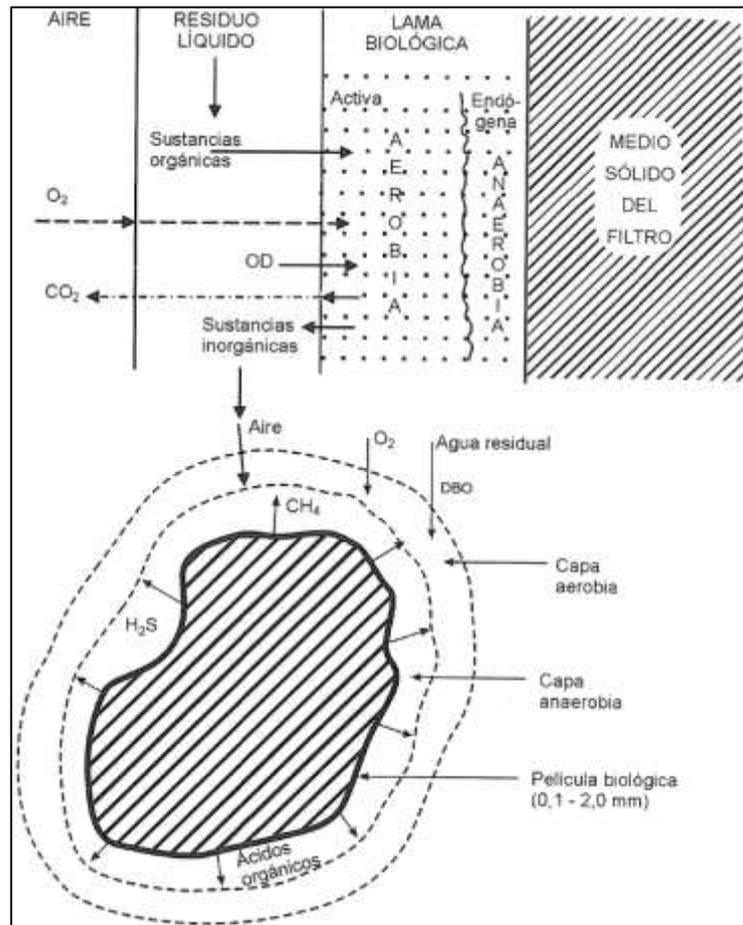


Fig. 14. Esquema de la película biológica de un filtro percolador.

Fuente: (ROMERO, 2002)

El filtro percolador actúa porque el medio de filtración debe tener mayor superficie para soportar las biopelículas que se forman. El licor es distribuido mediante brazos perforados giratorios que irradian de un pivote central. El licor es rociado en la superficie del estrato y es acumulado mediante drenes en la base. Estos drenes también proporcionan aire que se infiltra hacia arriba por el estrato, manteniendo un medio aerobio. La biopelícula está formada por bacterias, protozoarios y hongos en la superficie del medio filtrante reduciendo el contenido orgánico, la cual es alimentada a menudo por insectos y gusanos. Este fenómeno se aprecia mejor en la siguiente figura anterior. (ROMERO, 2002)

La película biológica al aumentar de espesor, la materia orgánica es utilizada por los microorganismos aerobios de la parte externa. Los microorganismos de la capa interna no disponen de suficiente sustrato por lo que entran en crecimiento endógeno. En dicha fase pierden su capacidad de adherencia y son arrastrados por el flujo de agua residual, desprendiéndose para empezar un crecimiento de una nueva película biológica. Este fenómeno desprendimiento de la biopelícula es la función principal de la carga orgánica y de la carga hidráulica sobre el filtro. La carga hidráulica afecta la velocidad de arrastre del flujo y la carga orgánica incide directamente sobre la tasa de metabolismo de la película biológica. (ROMERO, 2002)

- **Biodiscos o Contactores Biológicos Rotatorios (CBR)**

Los discos biológicos están formados por discos de plástico u otro material, sujetos por un eje horizontal rotatorio, normalmente usan discos de plástico de alta densidad de 1 a 1.5mm de espesor. El sistema tiene aplicación en el tratamiento secundario y nitrificación. Los discos se posicionan dentro de los tanques de tal forma que el 40% está sumergido. Los discos rotan lentamente (de 1 a 2 RPM, pero generalmente de 1.4 a 1.6 RPM) mientras están en contacto con el agua residual y la atmósfera al mismo tiempo. Los microorganismos que presentan el agua residual se adhieren al medio formando una capa delgada en todo el disco. Los microorganismos se acumulan en el medio y se alimentan de la materia orgánica que habitan en el agua residual. La turbulencia causada por la rotación mantiene la biomasa en suspensión. Los sólidos en suspensión son transportados con el agua residual a un sedimentador secundario. Los discos biológicos se clasifican de la siguiente manera:

- De baja densidad, usado en el primer paso de remoción de DBO.

- De densidad media, se usa en donde se disminuye la remoción de DBO y comienza la nitrificación.
- De densidad alta, usado para la nitrificación. (CONAGUA, 2015)

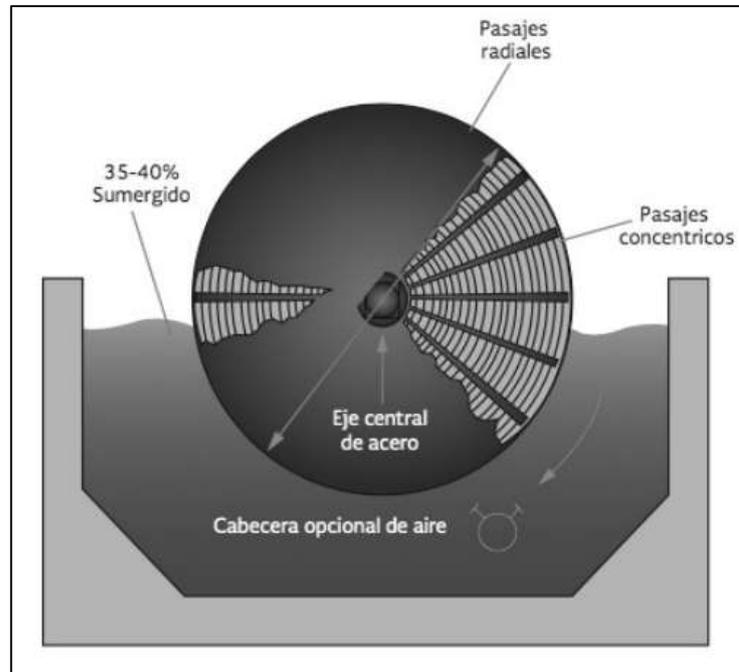


Fig. 15. Esquema de biodisco.

Fuente: (CARDIEL & BAUTISTA, 2018)

Este proceso tiende a ser vulnerable con los cambios climáticos y con temperaturas bajas cuando el sistema no está cubierto. La eficiencia se reduce significativamente a temperaturas bajo los 13°C, así también puede requerir aireación si se desarrolla en condiciones sépticas en el primer paso. El uso de medios densos en los primeros pasos puede llegar a provocar taponamientos. El fenómeno de la nitrificación puede llegar a causar un déficit de alcalinidad, por lo que se tiene que cubrir dicho déficit. (CONAGUA, 2015)

- **Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA) o reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)**

Es un tratamiento biológico anaerobio usado para tratar aguas residuales, así como también lodos y residuos agrícolas, los compuestos orgánicos presentes son degradados y convertidos a metano, dióxido de carbono y masa microbiana principalmente. El proceso está compuesto por un complicado sistema de reacciones bioquímicas. Es una

solución viable para el tratamiento debido a su bajo consumo de energía y su capacidad de tratar desechos con alta carga orgánica. (CONAGUA, 2015)

En el RAFA, el agua residual cruda es conducida desde la parte superior del reactor hacia el fondo del mismo por medio de tuberías. Generando así un flujo ascendente a través de un manto de lodos (microorganismos anaerobios) llevándose a cabo la depuración del agua residual. El biogás producido en condiciones anaeróbicas (metano y dióxido de carbono) genera una recirculación interior (mezclado). El flujo tratado asciende a la parte superior, en donde tienen contacto con los deflectores que los separa del biogás y la sedimentación del lodo. El biogás es capturado por la campana de recolección. la parte líquida tratada sale por la parte superior. Puede tener una geometría circular o rectangular que pueden estar completamente tapados. (CONAGUA, 2015)

La puesta en marcha del reactor es un factor importante para el buen funcionamiento. empezando con la inoculación del reactor y finalizando cuando el reactor tiene la suficiente actividad, alta velocidad de sedimentación y sedimento biológico. La inoculación del reactor toma importancia en el arranque, ya que cuando no se dispone de lodo granular, se puede tomar el lodo activo de un digester municipal en funcionamiento. El arranque es también posible con estiércol de vaca o lodos biológicamente de aguas superficiales contaminadas. (CONAGUA, 2015)

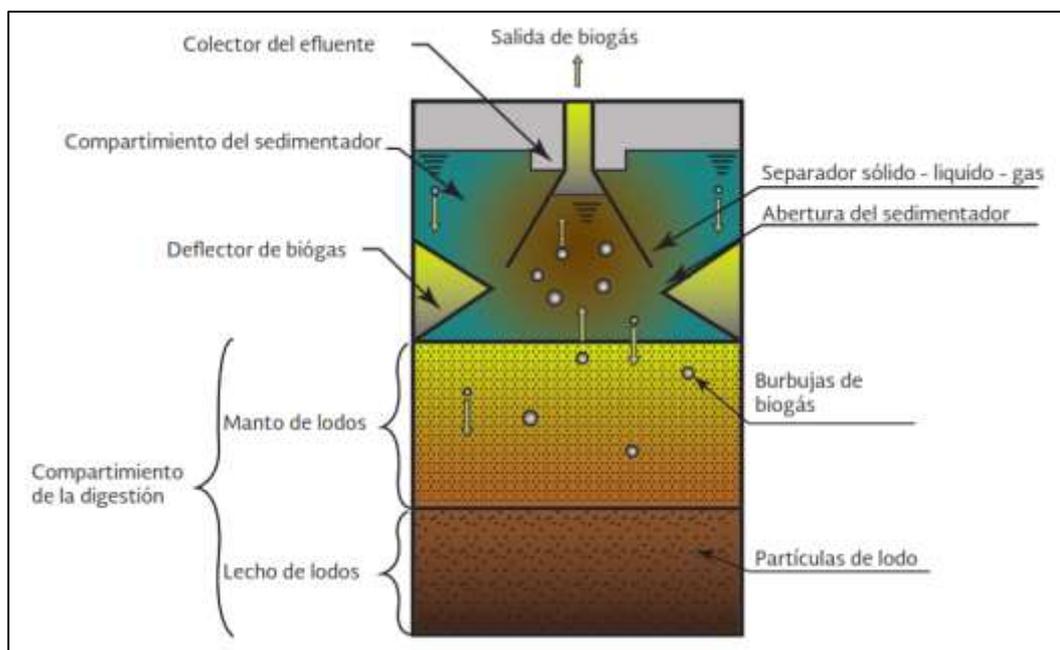


Fig. 16. Esquema de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente.

Fuente: (CONAGUA, 2015)

Producción teórica de biogás

Según la UNESCO, para lograr una óptima gestión de los recursos hídricos se debe invertir en técnicas de tratamiento que permitan la extracción de metano, un gas de efecto invernadero que se encuentra en las aguas residuales no tratadas, de materia orgánica y posteriormente utilizar este biogás en la generación de energía que puede servir para la operación del sistema de tratamiento.

Para hacer la estimación de la producción de biogás, primero se debe saber la producción de metano, la cual se puede hallar con la carga orgánica removida en la planta de tratamiento de agua residual. Para esto se encontraron dos relaciones entre la DBO removida y el volumen de metano producido. La producción de biogás en un reactor anaerobio es pequeña porque la concentración de materia orgánica biodegradable es baja y una considerable parte de la producción de biogás se disuelve en la fase líquida, que es una particularidad del dióxido de carbono; el biogás de reactores siempre tiene un alto contenido de metano. La solubilidad del metano a 1 atm es cerca de 20 mg/l, y en digestor de agua residual (CH_4 presión parcial de 0.8 Atm), la concentración de metano disuelto está en el rango de $0.8 \times 20 = 16$ mg/l o 1 mol/l CH_4 aproximadamente. (LETTINGA, 1980)

La producción teórica de metano por unidad de volumen de agua residual o precipita puede ser fácilmente calculada. La digestión de 1 Kg DBO resulta en masa de $\frac{1}{4}$ Kg = 250 Kg CH_4 . conociendo esto 1 mol CH_4 (16 g) tiene un volumen de $22.4T/273$ en 1 atmósfera. (LETTINGA, 1980)

Sistema de recolección de Biogás

Está comprendido por campanas de recolección, tuberías de recolección, compartimento con sello hidráulico, purga de biogás, medidor de biogás y depósito de biogás. Cuando el biogás no es utilizado, el depósito es reemplazado por una válvula de seguridad y un quemador de biogás, instalado a una distancia segura del reactor. (CONAGUA, 2015)

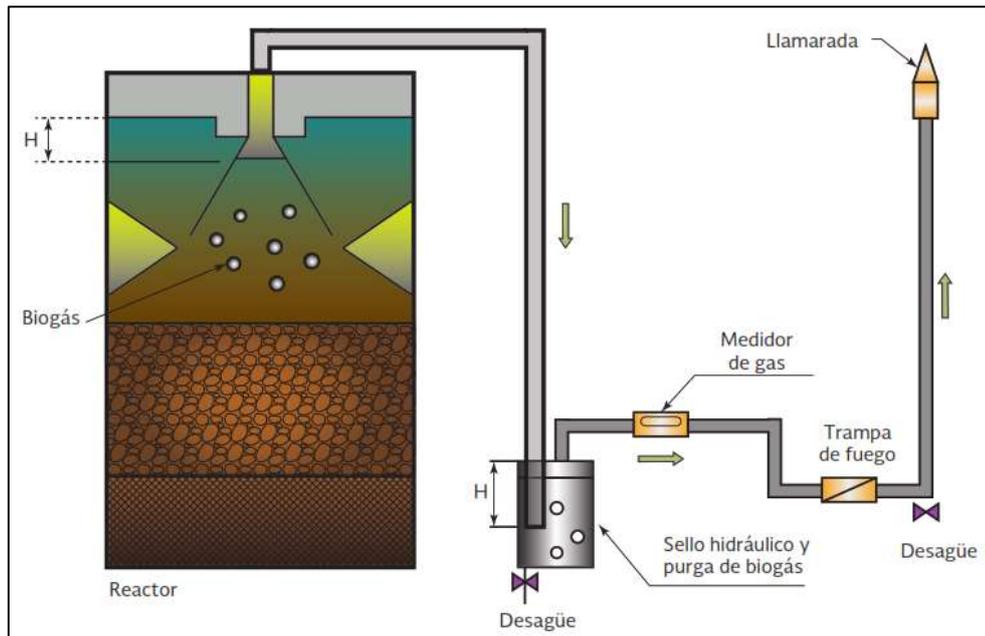


Fig. 17. Esquema del sistema de recolección de Biogás en un RAFA.

Fuente: (CHERNICHARO, 2007)

- **Tanque de sedimentación circular**

Un diseño que con el tiempo se ha hecho normal en las plantas de tratamiento de aguas residuales. En la base de depósito tiene una pendiente hacia el centro hasta de 30° con el objetivo de facilitar que fluya el lodo a una tolva colectora central, desde donde se puede extraer con bombas o por diferencias de presión hidrostática.



Fig. 18. Sedimentador circular.

Fuente: (BENDEZU & MARTINES, 2015)

El afluente ingresa a través de una tubería central a una cámara de calma, de donde fluye hacia abajo y afuera, hasta llegar a descargar al canal que está alrededor del tanque. (ARUNDEL, 2002)

- **Humedales artificiales**

Los humedales artificiales son sistemas de depuración conformados por lagunas o canales poco profundos (menor a 1 metro) con sembrío de flora de zonas húmedas y mediante interacciones entre el agua, el sustrato, los microorganismos, la vegetación y la fauna se realice la depuración del agua residual. Según el tipo de circulación del agua los humedales se clasifican en flujo superficial o en flujo subsuperficial. (GARCIA & CORZO, 2008)

Los humedales se consideran ecosistemas de gran productividad biológica por el crecimiento bacteriano y de flora acuática, que proporcionan un tratamiento en al agua, principalmente se vegetación que se alimenta de nitrógeno y fósforo. (ROMERO, 2002)

En los sistemas de flujo superficial el agua está expuesta directamente a la atmósfera y circula a través de los tallos y hojas de las plantas, se puede entender que son una modificación del lagunaje natural con una profundidad entre 0.3 y 0.4 m, y con plantas. Se por lo general se utilizan para mejorar los efluentes previamente tratados. (GARCIA & CORZO, 2008)

Para el caso de los humedales de flujo subsuperficial el agua circula de manera subterránea a través de un medio granular, generando contacto con las raíces y rizomas de las plantas sembradas en dicho medio. La profundidad esta entre 0.3 y 0.9 m. La biopelícula generada en el medio granular y las plantas, raíces y rizomas, son muy importantes en los procesos de depuración del agua. (GARCIA & CORZO, 2008)

Tres funciones básicas de los humedales que potencian su uso para el tratamiento de las aguas residuales: fijan los contaminantes al suelo y la materia orgánica, utilizan y transforman los elementos por medio de los microorganismos y logran niveles de tratamiento consistentes con bajo consumo de energía y poco mantenimiento. (CONAGUA, 2015)

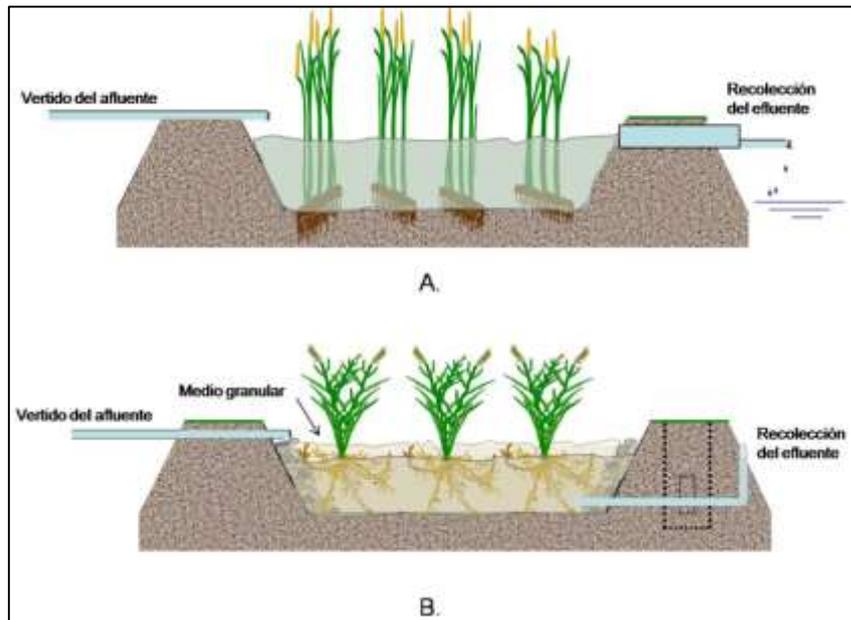


Fig. 19. Tipos de humedales; A, con flujo superficial, y B, con flujo subsuperficial.

Fuente: (GARCIA & CORZO, 2008)

- **Lechos de secado**

El lecho de secado es un método simple, económico y eficiente para la deshidratación de los lodos estabilizados (lodos digeridos). En localidades que cuentan con sistema de alcantarillado la contribución per cápita se determina en base de la caracterización de las aguas residuales.

Un lecho típico para el secado de lodos es de forma rectangular poco profundo, con fondo poroso, colocados sobre un sistema de drenaje. El lodo aplicado sobre el lecho tiene una profundidad entre 20 a 30 cm, luego se deja secar. El proceso de deshidratación se da por acción del drenaje hacia las capas inferiores y evaporación por acción del sol y viento. (ROMERO, 2002)

Tabla 11. Ventajas y desventajas de los lechos de secado

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Alternativa de bajo costo, si hay terreno disponible. • Operación fácil y sencilla. • Bajo consumo de energía. • Poco sensible a variaciones en las propiedades del lodo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño empírico. • Requiere de área relativamente grande. • Requiere lodo estabilizado. • Sensible a cambios del clima. • Visible al público.

<ul style="list-style-type: none"> • Bajo requerimiento de insumos químicos. • Contenido alto de sólidos en el lodo deshidratado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requerimiento alto de mano de obra para el retiro del lodo deshidratado.
---	--

Fuente: (ROMERO, 2002)

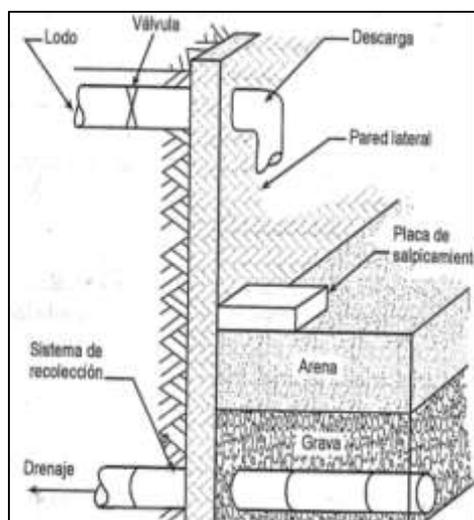


Fig. 20. Esquema general de un Lecho de secado.

Fuente: (ROMERO, 2002) y (OPS, 2005)

Tabla 12. Eficiencia de remoción de contaminantes.

Unidades de tratamiento	Eficiencia en la remoción de constituyentes, porcentajes							
	DBO	DQO	SST	P	N Org	NH ₃ -N	AyG	Patógenos
Cribado o desbaste	0-15	0-10	10-50	Desp.	Desp.	Desp.	0-40	Desp.
Desarenado	0-5	0-5	0-10	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.
Trampa de grasa	0-5	0-3	10-15	Desp.	Desp.	Desp.	85-95	Desp.
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0	60-70	Desp.
Tanque Imhoff	25-40	15-30	50-70	10-20	10-20	0	60-70	Desp.
Lodos Activados (Convencional)	80-95	80-95	80-90	10-25	15-20	8-15	80-90	Desp.
Sedimentación secundaria	40-50	30-40	40-50	Desp.	Desp.	Desp.	50-60	Desp.
Filtros percoladores								
• Alta tasa, roca	65-80	60-80	60-80	8-12	15-50	8-15	Desp.	80-90
• Supertasa, plástico	65-85	65-85	65-85	8-12	15-50	8-15		
Reactor UASB	65-80	60-80	60-70	30-40	...	...	Desp.	20-40
Reactor RAP	65-80	60-80	60-70	30-40	...	...	Desp.	Desp.
Filtros anaerobios	65-80	60-80	60-70	30-40	...	...	Desp.	Desp.
Lagunas de oxidación								
• Lagunas anaerobias	50-70	30-50	50-60	...	...	...	80-90	80-90
• Lagunas aireadas	80-95	60-70	Desp.	...	...	...	Desp.	80-90
• Lagunas facultativas	80-90	40-50	63-75	30	...	...	70-90	80-90
• Lagunas de maduración	60-80	...	85-95	...	...	...	Desp.	99.99
Cloración	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	100
Ultravioleta	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	100

Fuente: (ROMERO, 2002)

2.2.14 Criterios de selección de la tecnología para el tratamiento de aguas residuales

La selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales o de la combinación de ellos, depende de varios factores como pueden ser:

- Analizar e identificar las características de la calidad del agua a tratar para su disposición en un cuerpo receptor o algún tipo de reúso, de manera coherente con la realidad local (actual y proyectada).
- Identificar las posibilidades de reúso de las aguas tratadas, para obtener un beneficio social (salud pública), ambiental (gestión ambiental de los recursos hídricos) y económico.
- Incorporar a los costos del proyecto en construcción, operación y mantenimiento de la PTAR, un presupuesto para los análisis de agua para la evaluación y monitoreo. Además, también considerar la intervención social.
- Contar con la información básica para elaborar el estudio definitivo y el expediente técnico, cuyo contenido y especificaciones se encuentran regulados en sus aspectos técnicos y de parámetros de calidad del agua.
- Considerar la disponibilidad del área, conseguir la aceptación de la población (la cual debe ser capacitada y sensibilizada), y, por último, lograr el compromiso y organización de la población y sus autoridades.
- Se debe tener en cuenta la normativa legal y técnica para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Se deberá considerar también la calidad del efluente, para vertimiento a un cuerpo receptor o reaprovechamiento.
- Debe ser eficiente en la remoción de patógenos y ajustarse a los parámetros convencionales de los procesos más empleados.
- Disponibilidad de personal responsable del mantenimiento y operación de la planta, debidamente capacitado y sensibilizado. Esto dependerá de las tecnologías que conformen el proceso de tratamiento.
- La facilidad de optimización del proceso para satisfacer los requerimientos futuros más exigentes.

La alternativa de tratamiento seleccionada está en función del estudio individual para cada caso, del cual depende el requerimiento de eficiencias de remoción y con los costos de cada una de las posibles soluciones técnicas. (PALMER, 2015)

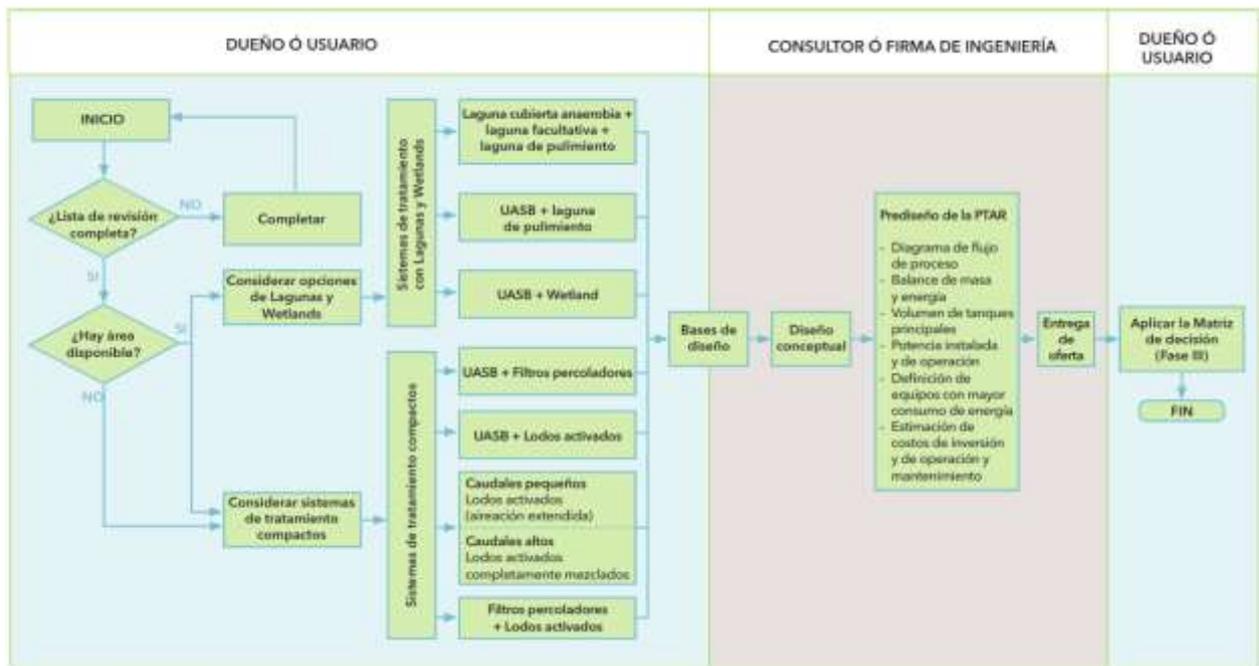


Fig. 21. Diagrama de bloques para la preselección de tecnologías de tratamiento.

Fuente: (NOYOLA et. al, 2013)

En la figura 21. Se presenta un algoritmo en forma de diagrama de bloques que sirve para la elección preliminar de las tecnologías de tratamiento, basado en experiencia de investigadores, siendo poco exhaustivo ya que solo identifica los procesos más adecuados y aplicables a las características de la zona en donde se pretende aplicar. El algoritmo empieza con la pregunta sobre haber realizado una revisión completa, en donde se refieren a tener definidas las características de la zona de estudio e ir filtrando tecnologías que no son recomendables en el ámbito municipal o deben ser sujetas a un análisis más profundo. Luego se continúa con la verificación de disponibilidad de área, para definir el uso de tecnologías con lagunas o caso contrario el uso de tecnologías compactas. Después se definen las alternativas tecnológicas propuestas y sujetas a evaluación en la matriz. Así lograr tener una decisión con sustento. (NOYOLA et. al, 2013)

Moeller (2016), desarrolla la “Guía para el desarrollo y diseño de proyectos de tratamiento de aguas residuales para reusó agrícola”. En donde hace una evaluación de las diferentes tecnologías de tratamiento en diferentes criterios, tal como se muestra en las tablas 19 y 20.

Tabla 13. Evaluación de criterios de operación y de calidad de descarga de diferentes sistemas y tecnologías de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Tratamiento secundario	Operación de la planta de tratamiento								
	Operación			Calidad de descarga / efluente					
	Grado de mecanización	Estabilidad del proceso	Complejidad de operación	Eliminación DQO/DBO5	Reducción de patógenos			Color / olor	Turbidez
				Virus	Bacteria	Helminetos			
Lodos activados	alto	alto	alta	alto	baja	baja	baja	baja	media
Lodos activados (SBR)	alto	alto	alta	alto	baja	media	baja	baja	med -baj
Filtro percolador	medio	alto	media	alto	baja	baja	baja	baja	media
RAFA o Reactor UASB	bajo	bajo	alta	medio	baja	baja	baja	alto	media
Tanques Imhoff	bajo	medio	baja	medio	baja	alta	baja	baja	baja
Laguna aerobia	bajo	alto	baja	med - alto	baja	alta	media	media	media
Laguna anaerobia	bajo	alto	baja	med - alto	baja	alta	media	media	media
laguna maduración	bajo	alto	baja	bajo	media	media	media	media	media
Biodiscos	alto	alto	media	alto	baja	baja	baja	baja	baja
Humedales artificiales	bajo	alto	baja	alto	media	media	alta	baja	baja

Característica positiva
 Característica negativa
 Característica Intermedia

Fuente: Elaboración propia – adaptado Dra. Gabriela Moeller, 2016

Tabla 14. Evaluación de criterios de eficiencia económica de diferentes sistemas y tecnologías de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Tratamiento secundario	Eficiencia económica							
	Costos de inversión			Costos de operación				
	Requerimiento de superficie	Estructura	Mecánico	Calificación de personal	Energía	Diseño de residuos	Recursos operativos	Mantenimiento preventivo
Lodos activados	medio	medio	medio	med - alt	alto	alto	medio	medio
Lodos activados (SBR)	bajo	medio	medio	med - alt	med - alt	medio	medio	med - alt
Filtro percolador	bajo	medio	bajo	medio	medio	medio	bajo	bajo
RAFA o Reactor UASB	bajo	medio	medio	medio	bajo	bajo	bajo	baj - med
Tanques Imhoff	medio	medio	bajo	medio	bajo	medio	baj - med	medio
Laguna aerobia	alto	alto	bajo	bajo	medio	medio	baj - med	bajo
Laguna anaerobia	alto	alto	bajo	bajo	bajo	medio	baj - med	bajo
laguna maduración	alto	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	baj - med	bajo
Biodiscos	medio	alto	alto	med - alt	alto	medio	medio	alto
Humedales artificiales	alto	alto	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo

Característica positiva
 Característica negativa
 Característica Intermedia

Fuente: Elaboración propia – adaptado Dra. Gabriela Moeller, 2016

2.2.15 Matriz de decisión para la selección de tecnología relacionada con el tratamiento de aguas residuales

La matriz de decisión es una técnica propuesta que correlaciona los aspectos a ser evaluados en un proceso de tratamiento de agua residual bajo una circunstancia de aplicación, mediante la asignación de puntaje en diferentes rubros según el criterio del evaluador. Cada rubro recibe una ponderación según la importancia, en función de cada contexto de evaluación. Es una

técnica permite que una evaluación cualitativa tenga mayor objetividad para todos los aspectos involucrados, además que se asegura que mientras más capacitados y expertos sean los participantes en fijar valores de ponderación y de calificaciones de los procesos, más confiable será la decisión tomada. (NOYOLA et. al, 2013)

La matriz de decisión propuesta considera y pondera en la toma de la decisión los siguientes rubros: aplicabilidad del proceso, la generación de residuos, la aceptación por parte de la comunidad, la generación de subproductos con valor económico o de uso, la vida útil, el requerimiento de área, costo de inversión inicial, costo de operación y mantenimiento, el requerimiento de reactivos, aspectos de diseño, construcción y operación, así como la influencia sobre el entorno e impacto ambiental. (NOYOLA et. al, 2013)

a. Definición de los rubros considerados en la matriz de decisión.

1) *Aplicabilidad del proceso*

Se considera el grado de adecuación del proceso de acuerdo a las características del agua residual a tratar que son distintas para cada caso, así como de la calidad requerida en el agua tratada. Involucra entonces los siguientes factores:

- **Intervalo de flujo en el cual el sistema es aplicable.**

Los procesos pueden diseñarse y aplicarse de manera óptima para ciertos intervalos de caudal, ya que algunos procesos se adaptan mejor a caudales pequeños y otros a caudales grandes.

- **Tolerancia a variaciones de flujo.**

La mayor parte de los procesos trabajan de una manera eficiente en flujos constantes, y se debe tener en cuenta las variaciones que pueden ser toleradas, en el caso de que las variaciones sean grandes, se deberá considerar un tanque regulador; por otro lado, algunos procesos funcionan mejor con periodos sin alimentación de agua residual.

- **Características del agua residual.**

Son una consideración básica para la selección del proceso y requerimiento en su operación. Por lo que se debe conocer qué componentes presentes en el afluente pueden ser inhibidores y bajo qué consideraciones afectan el proceso.

- **Eficacia de remoción.**

La integración de un proceso de tratamiento se define en función de la calidad deseada del efluente, la cual se establece en los requerimientos de descarga fijados en la legislación vigente para vertimiento o reúso. Con la información obtenida en

la caracterización del agua residual a tratar, se llega a la eficacia a cumplir. Este criterio toma en cuenta el grado de eficacia que el proceso debe cumplir con lo establecido en las condiciones de descarga.

2) *Generación de residuos*

Los tipos y cantidades de residuos sólidos, líquidos y gaseosos generados por un proceso de tratamiento deben ser conocidos o estimados. Algunos aspectos que se deben considerar en el procesamiento de los residuos son el sitio de disposición final, el costo de tratamiento y disposición. La selección del tratamiento y disposición de los residuos se debe hacer a la par con el tratamiento del agua residual, ya que forma parte de un mismo sistema.

3) *Aceptación por parte de la comunidad*

En algunos casos, se convierte en un factor decisivo para la realización o no de la construcción de la planta de tratamiento. Una obra como ésta deberá ser aceptada por la organización a la que dará servicio (población, industria, etc.) La estrategia de comunicación del proyecto desde etapas tempranas es fundamental para tener éxito en este aspecto.

4) *Generación de subproductos con valor económico o de uso*

En algunas plantas de tratamiento de agua residual dependiendo de la tecnología utilizada es posible generar subproductos con valor económico (cierto tipo de lodo para inóculo de otras PTAR, lodo como mejorador de suelos o fertilizante, biogás con valor energético), los cuales pueden representar ventajas adicionales, ya que significa entradas de dinero y un aprovechamiento de recursos que contribuye a la sustentabilidad del proyecto.

5) *Vida útil*

Se refiere al tiempo que durará operando la planta de tratamiento de aguas residuales. En una PTAR se divide en dos partes la vida útil: la primera es de la infraestructura y la segunda abarca los equipos electromecánicos rotatorios y dispositivos electrónicos diversos, teniendo un mayor desgaste poseen una vida útil menor.

6) *Requerimientos de área*

El área de terreno necesaria para la construcción de la PTAR puede ser factor fundamental al momento de elegir la tecnología de tratamiento. La situación que se presenta en la mayoría de lugares es la poca disponibilidad de terreno o el alto costo del mismo pueden influir de manera decisiva en la factibilidad de ciertos procesos, como

los sistemas con lagunas o sistemas naturales contruidos. Sin embargo, cuando se cuenta con un terreno barato, disponible y de buena calidad para realizar movimiento de tierra, favorecerá este tipo de procesos.

7) *Costo*

Para determinar el costo total por metro cúbico de agua residual tratada, se debe considerar los montos de inversión requeridos y los costos de operación y mantenimiento al final de la vida útil.

- **Inversión.**

En el costo total de inversión se considera al capital fijo y al capital de trabajo. El capital fijo es el costo requerido para la construcción de la planta de tratamiento, igual a la suma de los costos directos y los indirectos. El costo directo es la suma de los costos de materiales, equipos y mano de obra para construir la planta de tratamiento lo cual llega a representar entre un 70 a 85% del capital fijo. Los costos indirectos involucran aspectos como la ingeniería y supervisión, gastos de alquiler o adquisición de equipos temporales, apertura de accesos temporales y construcciones provisionales, etc.

El capital de trabajo es el costo necesario para poner en funcionamiento por primera vez a la planta de tratamiento y llega a representar alrededor del 10% del costo total.

- **Costos de operación y mantenimiento.**

Este rubro es de gran importancia, si se toma en cuenta la escasez de recursos económicos en los operadores del sistema, ya que si la inversión inicial a corto plazo sobrepasa la capacidad de pago del usuario el sistema será abandonado. Se debe hacer análisis en los siguientes conceptos como son: costo de insumos, costo de energía, gastos administrativos y de personal y costo de refacciones y material de mantenimiento.

8) *Diseño y construcción*

- **Criterios de diseño.**

Se refiere al dominio que se tiene sobre los modelos teóricos o empíricos para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

- **Experiencia del contratista.**

Se considera la capacidad del contratista para ejecutar el proyecto de implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales, que incluye desde la elaboración del expediente técnico, ejecución, arranque y correcta operación.

- **Tecnología ampliamente probada.**

Esto se refiere a la existencia plantas de tratamiento en el país, región o en el ámbito mundial similares que manejen la tecnología que se está proponiendo. Lo que dará mayor confianza, aceptación y aplicabilidad del sistema de tratamiento propuesto. Además, se podrá obtener información para el funcionamiento del sistema propuesto.

- **Complejidad de la construcción y equipamiento.**

Para los procesos de tratamiento complejos, con muchos equipos e instrumentos puede tomar mayor tiempo para su construcción, instalación y puesta en marcha. Los materiales e insumos necesarios pueden no encontrarse en el país por lo que serían importados. Todos estos factores influyen negativamente directamente en el presupuesto inicial e indirectamente en los costos de operación y mantenimiento.

9) *Operación*

En este rubro se agrupan conceptos que están relacionados con el funcionamiento de la planta de tratamiento para garantizar la producción de agua tratada deseada. Entre los cuales están los siguientes:

- **Flexibilidad de la operación.**

Se debe conocer la complejidad de la operación y bajo qué condiciones opera. Un sistema versátil acepta variaciones hidráulicas y podría considerarse la posibilidad de retirar temporalmente de operación algún equipo, sin afectar significativamente el funcionamiento del sistema o la calidad y cantidad del agua tratada. Un proceso flexible permite ser instalado en planta ya operando o permite la expansión futura de la planta. También se debe considerar si el proceso es capaz de soportar variaciones en el caudal, en la carga y en el tipo de contaminantes.

- **Confiabilidad del proceso.**

Este criterio toma en cuenta la seguridad de una operación continua durante la cual el proceso puede proporcionar de manera constante un efluente con la calidad requerida.

- **Complejidad de operación del proceso.**

Es un aspecto muy importante, ya que es frecuente que por este motivo una planta se abandone o se deje de operar. Es necesario establecer la complejidad de los procesos en su operación para poder definir el perfil y número de personal necesario para operar la planta.

- **Requerimiento de personal.**

Es un aspecto ligado directamente con el tamaño de la planta y la complejidad de los procesos. Los procesos sencillos en las operaciones son frecuentemente mejores y fáciles de operar, ya que no es necesario contar con personal calificado.

- **Disponibilidad de repuestos y centros de servicio.**

Esto se refiere al mantenimiento preventivo y correctivo del equipo utilizado en la planta de tratamiento de agua residuales, la disponibilidad de repuestos y centros de servicio es deseable para agilizar el mantenimiento y bajar costos.

10) Entorno e impacto ambiental

Este criterio engloba los efectos relacionados a la operación de la planta sobre el medio ambiente y viceversa. Incluye los siguientes conceptos:

- **Influencia de la temperatura.**

La variación de temperatura afecta el tiempo de degradación de algunos procesos biológicos, por lo que la temperatura media del lugar del proyecto debe ser conocida y evaluar su efecto sobre la tecnología en estudio. Debe considerarse en particular la temperatura del agua entrante, la cual normalmente es afectada en forma estacional en función de la temperatura del ambiente.

- **Producción de ruido.**

La consideración de equipo ruidoso en planta de tratamiento puede ser una limitante fuerte para su aceptación, sobre todo en zonas donde existan viviendas cercanas.

- **Contaminación visual.**

Se evalúa el diseño arquitectónico de la planta y su integración con la arquitectura y del paisaje del lugar.

- **Producción de malos olores.**

La dirección del viento puede restringir el uso de algunos procesos, especialmente los que generan olores y aerosoles. Esto tiene mayor consideración cuando hay poblaciones cercanas. En estos casos se deberá considerar la incorporación de un

equipo de control de olores y aerosoles. Las barreras vegetales son frecuentemente una medida viable además que mejora la imagen de la planta.

- **Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono).**

Se refiere a la liberación de gases que contribuyen al calentamiento global y al fenómeno del cambio climático, algo que en los últimos años ha tomado gran importancia, las plantas de tratamiento tendrán diferente impacto ambiental, dependiendo del proceso biológico involucrado (fuente directa) y del nivel de consumo de energía eléctrica proveniente de combustibles fósiles (fuente indirecta).

- **Condiciones para la reproducción de vectores.**

Se deben considerar las condiciones que presenta la tecnología para la reproducción de animales dañinos o molestos como las ratas e insectos como cucarachas, mosquitos, moscas etc.

b. Operación de la matriz de decisión

La matriz consta de 5 columnas (**A, B, C, D, E**) y 28 renglones útiles.

En la columna **A** se presentan los valores de ponderación para los rubros a evaluar en el proyecto, identificados en la columna **B**. Dichos rubros se evalúan para cada propuesta técnica con una calificación que se coloca en la columna **C**.

La suma de los valores establecidos en la columna **A** debe ser 100. Los valores de la columna **A** deben ser fijados mediante acuerdo entre los participantes en el llenado, considerando el nivel de importancia que tiene cada rubro dentro de las condiciones específicas del proyecto. Para los rubros que no impliquen diferencias entre las tecnologías evaluadas o bien sea un asunto plenamente controlado, se puede asignar un valor cero. Cada valor de ponderación permanecerá constante para cada sistema de tratamiento de aguas a ser evaluado. (NOYOLA et. al, 2013)

En la columna **C** se evalúa cada rubro y subrubro de la columna **B** al otorgar un valor de cero cuando el aspecto evaluado no aplique, 1 cuando el proceso cumpla con el aspecto en forma deficiente, 3 cuando cumpla con el aspecto en forma adecuada y 5 cuando el proceso cumpla con el aspecto evaluado en forma muy buena o excelente.

Para la columna **D**, se divide la calificación a cada rubro establecida en la columna **C** entre la calificación máxima (5) con excepción para las casillas 7.3 D, 8.5 D, 9.6 D y 10.7 D, pues esto

ya se realizó a partir de la calificación de los subrubros, de acuerdo con las instrucciones en la misma matriz. (NOYOLA et. al, 2013)

En la columna **E** se multiplica el valor de cada renglón de la columna **D** por el valor ponderado de la columna **A**, para luego sumar todos los renglones de la columna **E** para obtener la calificación global (casilla **11 E**) del proceso evaluado bajo las condiciones ponderadas en la columna A. El proceso seleccionado será el que obtenga mayor calificación.

2.2.16 Sistema de control de olores en una planta de tratamiento de agua residual.

El impacto negativo de los malos olores provenientes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales siempre ha estado presente. En este sentido, los malos olores son la principal preocupación de la población cuando hay la posibilidad de construcción de una planta de tratamiento cercano a sus domicilios. En los últimos años, la preocupación por los derechos de la población a un ambiente saludable y mejora en la legislación ambiental, lo que conduce a la importancia de reducir las emisiones de olores en el tratamiento de aguas residuales, especialmente las domésticas o municipales. Convirtiéndose en un reto significativo en el manejo de las aguas residuales. (NOYOLA et. al, 2013)

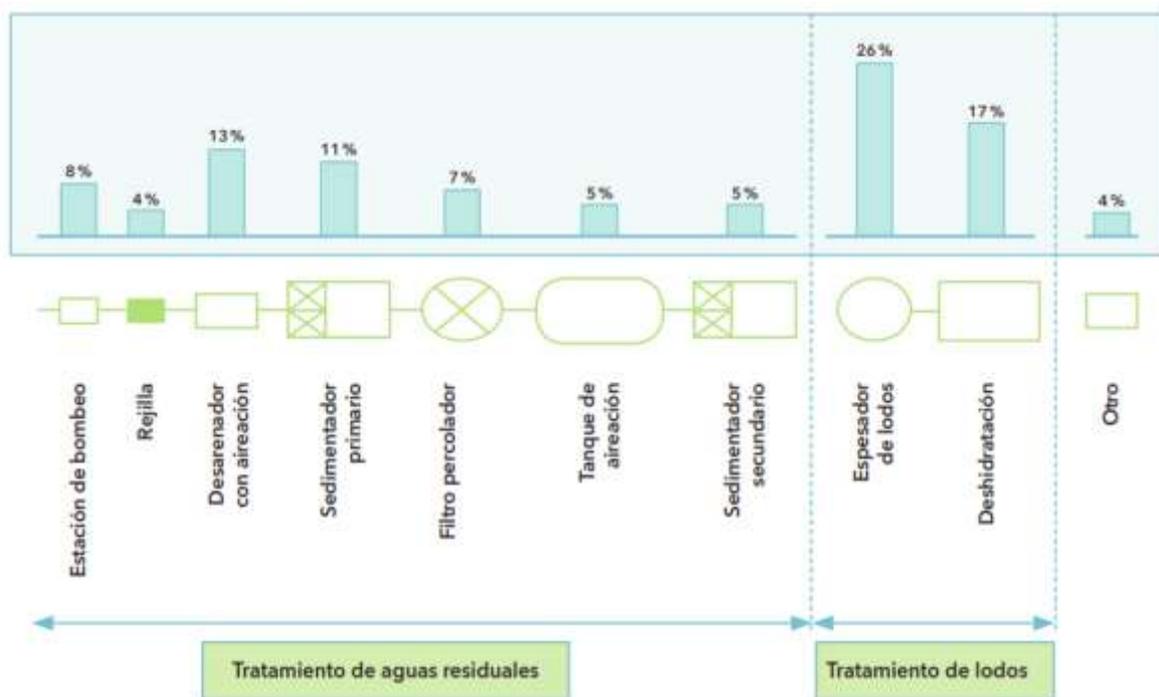


Fig. 22. Principales fuentes de olores en una planta de tratamiento.

Fuente: Frechen F. B. (1988). *Odour emissions and odour control at wastewater treatment plants in West Germany. Water Sci. Technol.* 20, 4/5, 261-266.

En un tren de tratamiento completo, las unidades identificadas que producen mayor cantidad de olor son el pretratamiento y el tratamiento de lodos. En un número considerable de veces el problema de olores va desde la red de alcantarillado, cárcamos de bombeo, y por ende en la entrada de la planta lo que implica que no necesariamente la producción de olores se debe a la planta de tratamiento.

2.2.17 Bases y criterios de diseño

Según lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones norma OS 090 (2009), las bases de diseño son el conjunto de datos que sirven para el dimensionamiento de los procesos de tratamiento. Por lo general son: población final, caudales, concentraciones y aporte per cápita de contaminantes en las aguas residuales en los cuales los que determinan las bases de diseño son: DBO, Sólidos en Suspensión, Coliformes termotolerantes y nutrientes.

En cambio, los criterios de diseño se refieren a las referencias que rigen el diseño de los procesos de tratamiento de aguas residuales y la mayoría se encuentran en libros y guías que especifican objetivos, resultados o límites que se deben cumplir en el diseño de procesos, estructuras o componente del sistema de tratamiento de aguas residuales.

c. Bases de diseño

Para establecer las bases de diseño se deben identificar de manera precisa los datos de diseño técnico, lo que contempla la caracterización del agua residual bruta y tratada, además de las condiciones ambientales predominantes en la zona de proyecto que influyen en el diseño de la planta de tratamiento. (NOYOLA et. al, 2013)

d. Criterios de diseño

• Pretratamiento

Cribado

Según la norma OS 090, Las rejas se diseñan con el caudal máximo horario, para una velocidad en un rango de 0.60 a 0.75 m/s, en la que se debe lograr una sección de flujo con una velocidad adecuada, ya que velocidades muy bajas ocasionan un aumento indeseable de material retenido y velocidades muy altas provocan el arrastre del material que debe ser retenido. Las velocidades se deben comprobar para el caudal mínimo, medio y máximo. En la siguiente tabla se muestran los valores de los parámetros de diseño recomendados para el diseño de rejillas o cribado para el pretratamiento.

Tabla 15. Parámetros de diseño para rejillas manuales

Parámetro	Valor recomendado
Forma de barra	Rectangular (no debe utilizar barras de refuerzo)
Ancho de barra	5 - 15 mm
Espesor de la barra	25 – 40 mm
Espaciamiento entre barras	25 – 50 mm 50 mm recomendado para que las heces humanas pasen entre las barras.
Inclinación con la vertical	45° – 60°
Plataforma de drenaje	Suficiente para el almacenamiento temporal del material retenido en condiciones sanitarias.
Canaleta de desvío (By-pass)	Suficiente para desviar el caudal máximo durante una emergencia.
Material de barras y plataforma de drenaje	Acero inoxidable o galvanizado; aluminio.
Velocidad de aproximación	0.45 m/s
Tiempo de retención en canal de aproximación.	≥ 3 s
Largo de canal de aproximación.	≥ 1.35 m
Velocidad a través de las barras	≤ 0.6 m/s para caudal promedio. ≤ 0.9 m/s para caudal máximo.
Pérdida de carga máxima	0.15 m
Cantidades de material retenido	0.008 – 0.038 m ³ /1000m ³
Disposiciones final de residuos	Solución técnica utilizando métodos sanitarios.

Fuente: (REYNOLDS Y RICHARDS, 1996)

Desarenador

Según la norma OS 090, se deben dimensionar por lo menos dos desarenadores en paralelo. Cada uno diseñado para el caudal máximo horario. De tal manera que uno se mantiene en operación y el otro en “stand by” de modo que la unidad en operación entra en limpieza o reparación y se pone en operación la otra unidad.

Tabla 16. Valores recomendados de los parámetros necesarios para dimensionamiento de desarenadores.

Parámetro	Valor	
	Intervalo	Valor típico
Flujo horizontal (canales de desbaste)		
Carga hidráulica	<70 m ³ /m ² . hora (a Qmaxh)	
Velocidad horizontal	0.2 – 0.4 m/s	0.3 m/s
Tiempo de retención	45 – 90 s	60 s

Longitud	20 – 25 veces la altura de la lámina de agua.	
Relación Largo - Ancho	1.5 – 3.0	2.0

Fuente: (GARCIA & CORZO, 2008)

Según el CEPIS (2005) la comprobación del caudal máximo horario, se da por la siguiente ecuación:

$$Q_{mh} = 2.74\sqrt{ab}(H - a/3) \dots (10)$$

Dónde: a: altura mínima (m), b: ancho de la base (m), H: tirante de agua (m).

Aforador

La norma OS 090, establece que después de las estructuras de pretratamiento, se debe incorporar de manera obligatoria un medidor de caudal de régimen crítico, pudiendo ser del tipo Parshall.

• **Tratamiento primario - Reactor UASB**

CONAGUA (2015) en su Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en el tomo 34, establece criterios de diseño para los Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA) o reactores UASB. En donde afirma que los criterios de diseño de los RAFA han sido principalmente la carga orgánica y el tiempo de retención hidráulica. Y detalla las siguientes ecuaciones para el diseño para este proceso de tratamiento:

- **Tiempo de residencia hidráulica**, es el tiempo que permanece el agua residual en el reactor y está definido por la siguiente ecuación:

$$TRH = \frac{V}{Q} \dots (11)$$

Dónde: TRH: tiempo de residencia hidráulica (días), V: volumen del reactor (m³), Q: caudal en el afluente (m³/d).

- **Carga orgánica volumétrica**, se expresa por la siguiente ecuación:

$$COV = \frac{Q * S_o}{V} \dots (12)$$

Dónde: COV: tasa de carga orgánica volumétrica (kg DQO/m³d), S_o: concentración de sustrato en el afluente (kg DQO/m³)

- **Velocidad ascensional y altura del reactor**, están definidos por las siguientes ecuaciones.

$$v = \frac{Q}{A} \dots (13)$$

$$v = \frac{Q * H}{V} = \frac{H}{TRH} \dots (14)$$

Dónde: v: velocidad de flujo ascendente (m/h), Q: caudal (m³/h), A: área de la superficie (m²) y H: altura del reactor (m).

Nota: para aguas residuales domésticas con concentraciones < 1000 mg DQO/L y COV entre 2.5 y 3.5 kg DQO/m³d, la velocidad ascensional promedio recomendada está entre 0.5 a 0.7 m/h, para flujo promedio (CHERNICHARO, 2007)

- **Distribución del afluente**, el afluente se distribuye en el fondo del reactor para tener un mayor tiempo de contacto con el lecho de lodos, mediante tuberías y donde cada uno cubre un área entre 1 a 2 m² del fondo del tanque. Para evitar obstrucciones los diámetros están entre 75 a 100 mm y la salida con diámetros de 40 a 50 mm, para permitir una velocidad más alta y favorezca a un mejor mezclado (CHERNICHARO, 2007). El número de tubos de distribución está determinado por la siguiente ecuación.

$$N_d = \frac{A}{A_d} \dots (15)$$

Dónde: Nd: número de tubos, A: área de la sección transversal del reactor (m²), Ad: área de influencia de cada distribuidor (m²).

- **Producción de biogás y metano**, es posible el cálculo del biogás producido a partir de la carga de DQO del afluente al reactor, y puede ser determinado por la siguiente ecuación:

$$DQO_{CH_4} = Q(S_o - S) - Y_{abs}QS_o \dots (16)$$

Dónde: DQO_{CH₄}: carga de DQO convertida a metano, Q: caudal promedio (m³/h), So: concentración de DQO en el afluente (kg DQO/m³), S: concentración de DQO en el efluente (kg DQO/m³), Y_{abs}: coeficiente de producción de sólidos en el sistema, en términos de DQO (0.11 a 0.23 kg DQO_{lodo}/kg DQO_{aplicado}).

- **Producción de lodo y tratamiento**, para este caso la producción de lodos en un sistema anaerobios es pequeña comparada a un sistema aerobio. Se puede estimar la producción de lodos con la siguiente ecuación:

$$P_l = Y * DQO_{aplicado} \dots (17)$$

Dónde: P_l: producción de sólidos en el sistema (kg SST/d), Y: rendimiento o coeficiente de producción de sólidos (kg SST/kg DQO_{aplicada}), DQO_{aplicada}: carga de DQO aplicada (kg DQO/d)

Nota: los valores de Y reportados varía entre 0.1 a 0.2 kg SST/kg DQO_{aplicada}. (CHERNICHARO, 2007)

La producción volumétrica se estima con la siguiente ecuación:

$$V_l = \frac{P_s}{\gamma \left(\frac{C_s}{100} \right)} \dots (18)$$

Dónde: V_l : volumen de lodos (m^3/d), γ : densidad del lodo (kg/m^3), C_s : concentración de sólidos en el lodo (%).

Nota: la densidad del lodo varía de 1.020 a 1.040 kg/m^3 . (CHERNICHARO, 2007)

A continuación, se muestra una tabla con el resumen de los principales criterios de diseño de los reactores RAFA que tratan agua residual doméstica.

Tabla 17. Criterios hidráulicos para el diseño de reactores RAFA

Criterio / Parámetro	Rango de valores		
	Q_{prom}	Q_{max}	Q_{pico}
Carga hidráulica volumétrica (m^3/m^2d)	< 4	< 6	< 7
TRH (horas)	6 - 9	4 - 6	> 3.5 - 4
Velocidad ascensional (m/h)	0.5 - 0.7	<0.9-1.1	<1.5
Velocidad en la abertura para sedimentación (m/h)	< 2 - 2.3	<4 - 4.2	<5 - 5.6
Tasa de carga de superficie en el sedimentador (m/h)	0.6 - 0.8	<1.2	<1.6
Tiempo de residencia hidráulica en el sedimentador (m/h)	1.5 - 2	>1	>0.6

Fuente: (CHERNICHARO, 2007)

Tabla 18. Criterios de diseño para reactores RAFA que tratan agua residual doméstica.

Criterio	Parámetro	Intervalo
Altura	Reactor	3 – 6 m
	Sedimentador	1.5 – 2 m
	Digestor	2.5 – 3.5 m
Remoción de DQO esperada	Remoción esperada en agua residual diluida	60 – 70 %
	Remoción esperada en agua residual concentrada	80 – 90%
Distribución del afluente	Diámetro de tubo de distribución	75 – 100 mm
	Diámetro de la desembocadura del tubo de distribución	40 – 50 mm
	Distancia entre la parte superior del tubo de distribución y el nivel de agua en el sedimentador	0.2 - 0.3 m
	Distancia entre la desembocadura y la parte inferior del reactor	0.1 – 0.15 m
	Área de influencia de cada tubo de distribución	2 - 3 m^2
Colector de biogás	Tasa de liberación mínima de biogás	1 m^3/m^2h
	Tasa de liberación máxima de biogás	3 - 5 m^3/m^2h
	Concentración de metano en el biogás	70 - 80 %
Compartimento de sedimentación	Superposición de los deflectores de gas en relación con la abertura para el compartimento de la sedimentación	0.1 - 0.15 m
	Pendiente mínima en la paredes del sedimentador	45°
	Pendiente óptima de las paredes del sedimentador	50 - 60°
	Profundidad del compartimento de sedimentación	1.5 - 2 m

Colector del efluente	Inmersión del deflector de nata en el perforado de tubos de recolección	0.2 - 0.3 m
	Número de vertederos triangulares	1 - 2 und./m ²
Producción y muestreo de lodo	Rendimiento de la producción de sólidos (kgSST/kg DQO)	0.1 - 0.2
	Rendimiento de la producción de sólidos, en términos de DQO. (kgDQO _{lodo} /kgDQO _{apli})	0.11 - 0.23
	Concentración de sólidos esperado en el exceso de lodo	2 - 5
	Densidad del lodo	1.02 - 1.04 kg/m ³
	Diámetro de las tuberías de descarga de lodos	100 - 150 mm
	Diámetros de las tuberías de muestreo de lodo	25 - 50 mm

Fuente: (CONAGUA, 2015) adaptado de Chernicharo,2007; Van Lier, 2010 y Metcalf y Eddy,2003.

- **Tratamiento secundario - Filtros percoladores**

Los criterios de diseño para filtros percoladores están establecidos en la norma OS 090, en donde refiere que estos sistemas deben diseñarse de modo que se reduzca la utilización de equipo mecánico. Dando preferencia las opciones de medio filtrante con lecho de piedra, la distribución del efluente primario por medio de boquillas o mecanismos de brazo giratorio autopropulsados, sedimentadores secundarios sin mecanismo de barrido (con tolvas de lodo) y retorno de lodo secundario al tratamiento primario.

Material filtrante, normalmente tienen dimensiones entre 3 a 9 centímetros, los cuales pueden ser naturales (piedra o grava) o artificiales (plástico). Cuando se utilicen piedras pequeñas tendrán un tamaño mínimo de 25 mm y máximo de 75 mm y para piedras grandes su tamaño oscilará entre 10 y 12 cm. (OSO 090, 2006)

Las propiedades más relevantes de los medios filtrantes son:

- ✓ Área superficial, cuanto mayor es dicha área mayor es la cantidad de biomasa que puede fijarse.
- ✓ Porcentaje de vacíos, cuanto mayor sea dicho porcentaje, mayor es la carga hidráulica de que se puede disponer sin perjudicar la transferencia de oxígeno.

Tabla 19. Profundidad del lecho de filtro percolador.

Tipo de filtro	Profundidad (m)
Baja tasa	1.8 – 3.0
Biofiltro	0.90 – 1.40
aerofiltros	1.50 – 2.50
Filtro Accelo	1.80 – 3.0

Fuente: (BENDEZU & MARTINES, 2015)

Sistema de ventilación, se diseñará un sistema de ventilación que promueva la circulación natural de aire a través del sistema de drenaje y medio filtrante. (OS 090, 2006)

Drenaje, el fondo del filtro debe contar con las condiciones para un buen drenaje con una pendiente cercana al 2%, que garantice una velocidad de 0.6 m/s o más. El área de los orificios debe ser mayor al 15% del área total del filtro. (BENDEZU & MARTINES, 2015)

Sedimentación, se deben diseñar unidades de sedimentación secundaria con el objetivo de separar la biomasa en exceso producida en los filtros percoladores. generalmente se emplean en tasas de 30 - 40 m³/m²/día. El volumen de lodos producidos está en el rango de 0.3 - 1.0 kg/kg DBO removido. (DURAN & CASTILLO, 2008)

Tabla 20. Criterios de diseño para filtros percoladores.

Parámetro	Baja tasa de filtración	Alta tasa de filtración
Carga hidráulica (m ³ /m ² .día)	1 - 4	10 - 40
Carga orgánica (kg DBO/m ³ .día)	0.08 - 0.32	0.32 - 1.0
Profundidad (m)	1.8 - 3.0	0.9 - 2.5
Tasa de recirculación	0	0.5 - 3.0 ARD Hasta 8.0 ARI

Fuente: (OS 090, 2006)

Para el caso del sistema de filtro percolador con medio filtrante de piedras se aplicará el método de la National Research Council (NRC) de los EE.UU. los filtros no contarán con caudal de recirculación, el factor de recirculación se calcula con la siguiente ecuación:

$$F = \frac{(1 + R)}{(1 + R/10)^2} \dots (19)$$

Dónde: F: factor de recirculación, R: razón de recirculación (para el caso R=0), entonces F = 1.

El volumen del filtro percolador, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$V = \left(\frac{W}{F}\right) \left(\frac{0.4425E}{1 - E}\right)^2 \dots (20)$$

Dónde: W: carga orgánica del afluente al filtro percolador ((kg DBO/m³d), E: eficiencia del filtro percolador, F: factor de recirculación.

Dado que la fórmula anterior calcula el volumen del filtro percolador para una temperatura de 20°C. Este valor se debe de corregir para la temperatura del proyecto con la siguiente fórmula:

$$V_d = \frac{V}{(1.035)^{(20-T_p)} \dots (21)$$

Dónde: V_d: volumen del filtro percolador para la temperatura del proyecto, T_p: temperatura del proyecto (°C).

- **Desinfección**

La norma OS 090, establece que para el diseño de instalaciones de cloración el proyectista deberá de sustentar los diferentes aspectos:

- La dosis de cloro.
- Tiempo de contacto.
- Los detalles de las instalaciones de dosificación.

Normalmente el sistema de desinfección por cloro se diseña para un tiempo de contacto de 20 a 30 minutos. El difusor de cloro se ubica al inicio de la cámara de contacto seguido por un resalto hidráulico para para promover la mezcla.

Tabla 21. Criterios de diseño para desinfección por cloro.

Parámetro	Criterio
Dosificación (mg/l)	2 - 8
Tiempo de contacto (min)	15 - 45
Cloro residual (mg/l)	0.5 - 1.0
Relación largo ancho de la cámara de contacto de cloro.	3.5 - 4

Fuente: (CEPIS,2005)

- **Lechos de secado**

Según la norma OS 090, los lechos de secado es uno de los métodos más simples y económicos para la deshidratación de lodos estabilizados, previo al dimensionamiento se deberá calcular la masa y volumen de los lodos estabilizados.

- El área del lecho de secado se determina adoptando una profundidad de aplicación entre 20 y 40 cm.
- Periodo de aplicación de 4 a 6 horas.

- Periodo de secado de 3 a 4 semanas para climas cálidos y entre 4 y 8 semanas para climas fríos.
- Periodo de remoción de entre 1 y 2 semanas para limpieza manual.

Para el diseño de lechos de secados se deben de tener en cuenta las recomendaciones establecidas en la norma OS 090, son las siguientes:

- Pueden ser construidos de mampostería, con profundidad útil de 50 a 60 cm, con un ancho entre 3 a 6 m.
- El medio de drenaje es generalmente de 30 cm de espesor y está compuesto por un medio de soporte de 15 cm formado de ladrillos con una separación de 2 a 3 cm llena de arena. Debajo de la arena debe colocarse un estrato de grava graduada entre 1.6 y 51 mm, de 20 cm de espesor.
- Los drenes deben estar constituidos por tuberías de 100 mm de diámetro por debajo de la grava, con una pendiente de 1.5%.
- Para cada lecho se debe proveer una tubería de descarga con su respectiva válvula de compuerta y losa de fondo (salpicadero) para evitar la destrucción del lecho.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Afluente, flujo de agua a la planta de tratamiento o proceso de tratamiento.

Anaerobio, condición en la cual no hay presencia de aire u oxígeno libre en el proceso.

Biopelícula, película biológica que se encuentra adherida y que lleva a cabo la degradación de la materia orgánica.

By-pass, estructuras o elementos para desviar el flujo de agua de un proceso o planta de tratamiento por mantenimiento o en caso de emergencia, para que la planta siga en funcionamiento.

Carga de diseño, se refiere a la relación del caudal entre la concentración de un parámetro que se usa para dimensionar un proceso de tratamiento.

Carga superficial, caudal o masa de un parámetro por unidad de área, se usa para dimensionar un proceso de tratamiento.

Digestión, descomposición biológica de la materia orgánica del lodo en ausencia de oxígeno.

Depuración de aguas residuales, purificación o remoción de sustancias contaminantes del agua residual.

Efluente, flujo de agua u otro líquido que sale de un proceso de tratamiento.

Emisor, conformado por una tubería o canal, el cual recibe las aguas residuales del sistema de alcantarillado y la conduce hasta una planta de tratamiento o también, de una planta de tratamiento hasta un punto de disposición final.

Grado de tratamiento, eficiencia de remoción de una planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los requisitos de calidad del cuerpo receptor o las normas de reúso.

Lecho bacteriano de contacto, sinónimos de filtro percolador o filtro biológico.

Muestra puntual, muestra tomada al azar a una hora determinada, su uso es parara evaluar un parámetro que normalmente no se puede preservar.

Reuso de aguas residuales, utilización de aguas residuales tratadas para un propósito determinado.

Tiempo de Retención Celular (TRC), tiempo de permanencia de los microorganismos en un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Tiempo de Retención Hidráulica (TRH), tiempo que tarda una partícula de agua en salir del proceso de tratamiento con un volumen determinado.

Tratamiento biológico, proceso de tratamiento que intensifica la acción de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente.

Virus, forma de vida más pequeña conocida, viven dentro de células animales, plantas y bacterias y normalmente causan enfermedades.

Vulnerabilidad, capacidad de resistencia cuando un fenómeno amenazante, o incapacidad de reponerse después de que ha ocurrido un desastre.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ASPECTOS GENERALES

3.1.1 Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en la localidad de Jesús capital distrital, provincia y departamento de Cajamarca, dicha localidad está ubicada a 20 km de la ciudad de Cajamarca a una altura promedio de 2650 m.s.n.m.

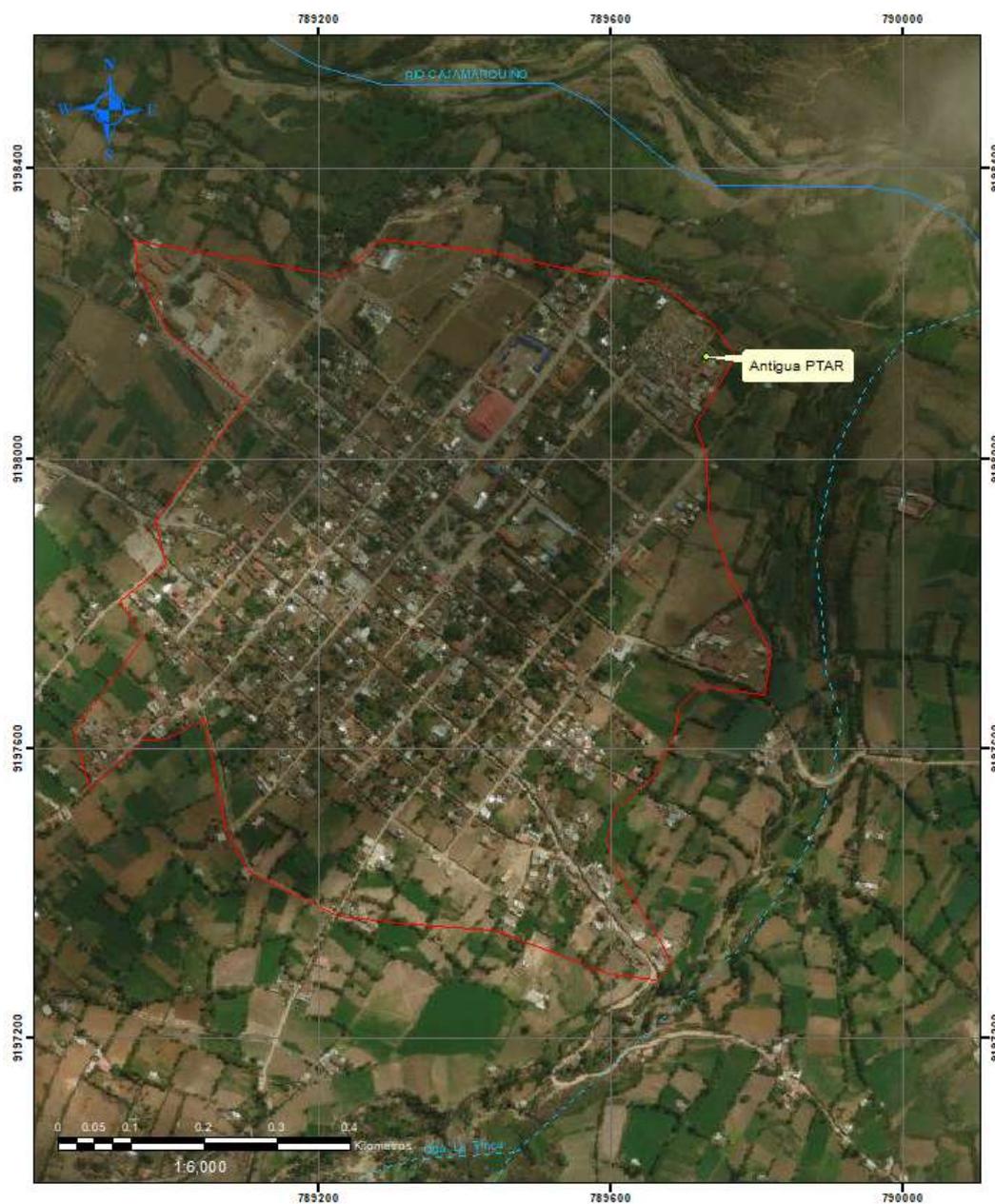


Fig. 23. Ubicación de la zona de estudio.

3.1.2 Ubicación política y geográfica

Tabla 22. Ubicación política de la zona de estudio.

Ubicación política	
Región:	Cajamarca
Provincia:	Cajamarca
Distrito:	Jesús

Tabla 23. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

Ubicación geográfica	
Latitud:	7° 14' 53" S
Longitud:	78° 23' 04" O
Altitud:	2564 m.s.n.m.
Este:	789377.0 m
Norte:	9197880.0 m

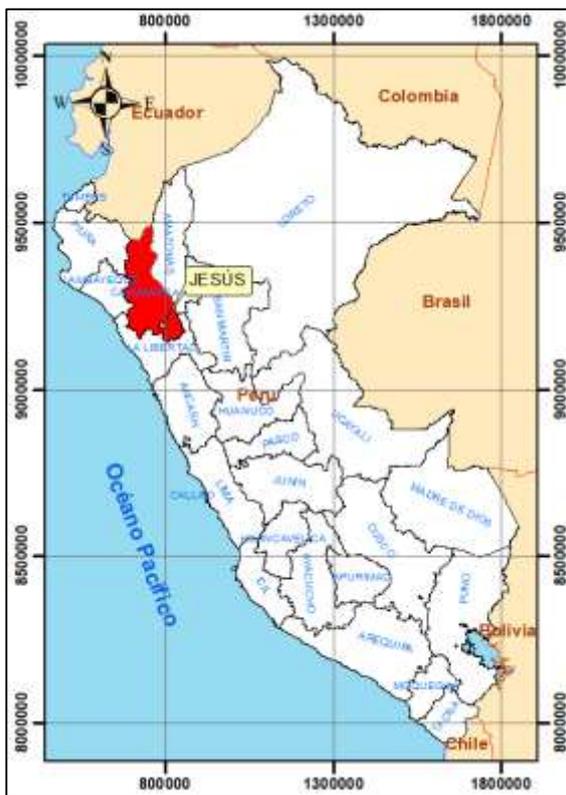


Fig. 24. Ubicación regional de Jesús.

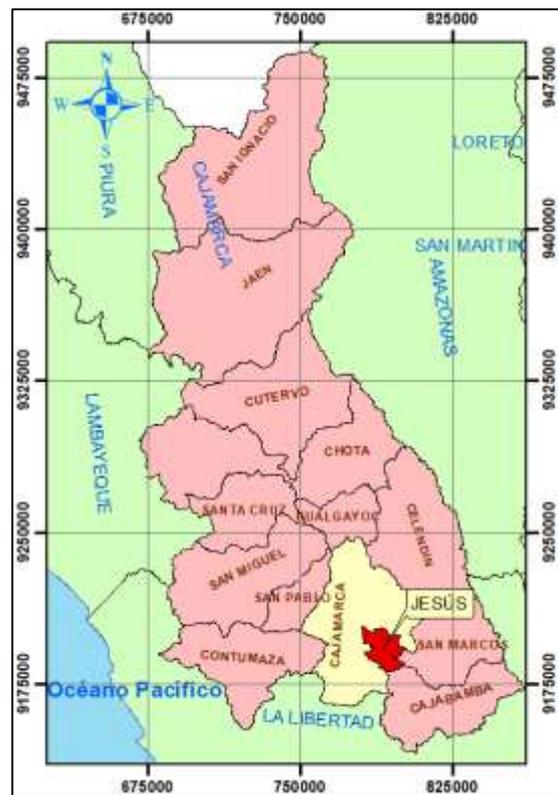


Fig. 25. Ubicación provincial de Jesús.



Fig. 26. Ubicación distrital de la zona de estudio.

3.1.3 Límites distritales

- Por el norte : Con los distritos de Llacanora y Namora.
- Por el sur : Con los distritos de Asunción y Cospán y la Provincia de Cajabamba.
- Por el este : Con el distrito de Matara y la provincia de San Marcos.
- Por el oeste : Con los distritos de Cajamarca y San Juan.

3.1.4 Características ambientales del área de estudio.

La localidad de Jesús presenta un clima templado con invierno seco, propio de la región de la sierra, correspondiente a los valles situados arriba de los 2564 m.s.n.m. En efecto este clima se distribuye sobre las partes más elevadas de las vertientes orientales y occidentales.

Según datos del SENAMHI, la localidad de Jesús se presenta una temperatura promedio de 15°C. temperatura media anual máxima de 21.8°C y media mínima de 7.8°C. Presenta un régimen pluviométrico variable durante todo el año, las precipitaciones mínimas se presentan entre los meses de mayo a setiembre y las máximas precipitaciones entre los meses de noviembre a marzo. Con una precipitación pluvial promedio anual que varía entre los 355 mm y 910 mm. Además, la humedad relativa promedio anual en la ciudad de Cajamarca varía entre 58% y 78% aproximadamente, con un promedio anual de 68.5%. Los meses de menor humedad son Julio, agosto y setiembre, incrementándose en el resto del año.

3.2 EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Los materiales, equipos y software utilizados en la investigación se detallan a continuación:

Para la fase de campo:

- GPS
- Cámara fotográfica
- Equipo Protección Personal para la toma de muestras: mascarilla, guantes, chaleco.
- Instrumentos para la toma de muestra: fichas de registro, Cadena de custodia, papel secante, cinta adhesiva, plumón indeleble, frascos plástico y vidrio, Cooler, hielo o refrigerante y reactivos químicos de conservación.
- Equipo multiparámetro para tomar parámetros in situ.
- Instrumentos para aforo de caudal: regla graduada, cronómetro, esferas de tecnoport, wincha, estacas, y cordel.

Para la fase de gabinete:

- Laptop
- Impresora
- Planos de los servicios existentes (agua y alcantarillado).
- útiles de escritorio
- Softwares:
 - Microsoft Word, para la redacción, presentación de tesis.
 - Microsoft Excel, para el análisis de datos y elaboración de tablas.
 - AutoCAD, para la elaboración de planos.
 - ArcGis, para el manejo de la información geográfica y elaboración de planos.

3.3 FASE INICIAL DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 Recopilación de la información

Estuvo referido a la recopilación de información para conformar el fundamento teórico de la investigación, además de permitir elaborar el plan y cronograma de trabajo. Para la conformación del marco teórico se hizo necesaria la revisión de bibliografía de autores nacionales e internacionales, investigaciones realizadas anteriormente, normas técnicas peruanas y límites máximos permisibles de los parámetros que se deben incluir para los análisis

en laboratorio, protocolos para toma de muestras, la toma de decisión para la elección de la alternativa de tratamiento.

3.3.2 Identificación de la zona de estudio

Se utilizó información proporcionada por la Municipalidad Distrital de Jesús y por el comité directivo de la JASS Huanganegra - Jesús que administra el sistema de agua potable y alcantarillado de la localidad de Jesús, tales como planos de las redes colectoras del sistema de alcantarillado, redes de agua potable, datos del padrón de asociados, que fueron indispensables para la delimitación exacta de la zona de estudio, y del área de contribución de aguas residuales a la zona del punto efluente. En esta fase se identificó también el terreno para la construcción de la futura PTAR, ya que el terreno de la actual PTAR es muy reducido y cercano a la población.

3.4 FASE DE CAMPO

3.4.1 Identificación del punto de monitoreo

Se realizó el reconocimiento de la zona y la identificación del último buzón de la red de alcantarillado. Para la selección del punto de monitoreo, se tuvo en consideración lo mencionado en las bases teóricas estudiadas (*Ítem 2.2.6 MUESTREO Y MONITOREO DE AGUAS RESIDUALES* apartado *a. Punto de Monitoreo*). el punto de monitoreo, fue identificado y reconocido claramente, de manera se determinó la ubicación para los muestreos. Dicho punto se ubicó a unos 10 metros aguas abajo de la descarga del último buzón, en donde el agua es conducida por un canal no revestido cruzando un terreno con pastos hacia el río Cajamarquino. Para realizar los aforos se tomó un tramo de canal con sección regular y con las condiciones necesarias para la aplicación del método seleccionado.

Se determinó la ubicación de dichos puntos con ayuda de un GPS registrándose en coordenadas UTM.

3.4.2 Medición de caudales

El procedimiento a realizar es para la medición de caudales es el explicado en el ítem. 2.2.9 *CAUDALES*. Debido a las condiciones presentadas en el lugar el método elegido es el método de Sección – Velocidad.

Para la determinación de la velocidad del agua se utilizó flotadores (esferas de tecnoport), para esto se fijó un tramo de 10 metros con estacas y se midió el tiempo que el flotador tarda en

recorrer dicha distancia, esto se repitió varias veces para tener un tiempo promedio; determinar el área de la sección se utilizó una regla graduada de 0.30 m, con la cual se midió en ancho del canal y tirante del flujo. Para luego poder calcular el caudal del efluente de aguas residuales.

3.4.3 Muestreo de aguas residuales

Los muestreos se realizaron siguiendo el protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales establecido por la Oficina de Medio Ambiente del MVCS. Además, se siguieron todas las recomendaciones e indicaciones brindadas por el personal del laboratorio regional del agua.

Al llegar al punto de muestreo seleccionado previamente para la realización de la toma de muestra de agua residual con los implementos y materiales indispensables. Se realizó las acciones que se describen a continuación:

Llenado de recipientes.

- Se enjuagaron los frascos muestreadores 3 veces con el agua residual, instrumentos proporcionados por el laboratorio Regional del Agua.
- La muestra para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, se tomó por debajo de la superficie como lo establece la norma, introduciendo el recipiente y tapándolo una vez lleno, con la finalidad de tener una buena muestra homogénea del agua residual.
- En el restante del volumen de agua residual procedemos a remover en círculo y destapando en una forma rápida para llenarlo con una cantidad adecuada, hasta las $\frac{3}{4}$ partes del recipiente lo que permite la agitación de la muestra. Muestra que se envía para el análisis microbiológico.
- Se midieron los parámetros de campo como: pH, Temperatura, conductividad, STD y salinidad con ayuda del equipo multiparámetro, previamente calibrado en el laboratorio.
- Se identificaron las características generales del flujo de agua residual al momento del muestreo.

Identificación y registro de las muestras.

- Se rotularán cada una de las muestras puntuales para su identificación y registro utilizando una etiqueta que contenía la siguiente información: Denominación del punto de monitoreo, número de la muestra, fecha y hora, tipo de ensayo a realizar y nombre de la persona encargada del muestreo.

Conservación de muestras.

- Una vez rotulada las muestras se procede a guardarlas en un cooler o caja de tecnoport con Ice pack, para brindarle la temperatura adecuada para evitar la alteración en los resultados
- Inmediatamente después, se procede a trasladar las muestras hacia el laboratorio regional del agua, para su respectivo análisis, con las respectivas medidas y precauciones de conservación establecidas en la R.M. N° 273-2013-VIVIENDA. El traslado de las muestras se realizó en una caja de tecnoport con Ice pack para conservar la temperatura adecuada. El viaje duró aproximadamente 40 minutos, desde la localidad de Jesús hasta la ciudad de Cajamarca en donde se encuentra ubicado el laboratorio.

Los muestreos se realizaron en un periodo entre los meses de junio a setiembre del 2021 para identificar el comportamiento de los parámetros analizados en época de estiaje, y en los meses de abril y mayo del 2022 para identificar el comportamiento de los parámetros analizados en época lluviosa. Las fechas de muestreos se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 24. Fechas de muestreos.

N° Muestreo	Fecha
1	Lunes, 21 de junio de 2021
2	Lunes, 05 de julio de 2021
3	Martes, 20 de Julio de 2021
4	Lunes, 02 de Agosto de 2021
5	Lunes, 16 de Agosto de 2021
6	Miércoles, 01 de setiembre de 2021
7	Martes, 14 de setiembre de 2021
8	Martes, 28 de setiembre de 2021
9	Lunes, 25 de abril de 2022
10	Viernes, 06 de mayo de 2022

Fuente: Elaboración propia.

3.5 FASE DE LABORATORIO

La etapa de laboratorio consistió en efectuar los ensayos correspondientes a cada uno de los parámetros fisicoquímicos y biológicos representativos que nos permitieron caracterizar las aguas residuales, realizados en el laboratorio Regional del Agua, dichos análisis fueron realizados por el personal de dicha institución.

Las características químicas y biológicas del agua residual fueron determinadas en un laboratorio acreditado por INACAL-DA, que es la Dirección de Acreditación que evalúa el cumplimiento de normas internacionales a estas entidades.

Los métodos de ensayo para cada parámetro son los siguientes:

Tabla 25. Métodos de ensayos acreditados.

ENSAYO	MÉTODO	EXPRESIÓN DE RESULTADOS
Sólidos Totales Suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Solids. Total Suspended Solids Dried	mg/L
Aceites y Grasas	EPA Method, n.hexane Extractable Material	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorometric Method	mg O ₂ /L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test	mg O ₂ /L
Coliformes Termotolerantes (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Biochemical Fecal Coliform Procedure	NMP/100 ml

Fuente: Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

a. Caracterización de agua residual

Este proceso consistió en conocer la composición fisicoquímica y biológica del agua residual a través de los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio y parámetros medidos in situ.

Según lo especificado en el ítem 2.2.6 *MUESTREO Y MONITOREO DE AGUAS RESIDUALES*, apartado *b. Parámetros de calidad*; los parámetros seleccionados para la caracterización de las aguas son los siguientes:

- Aceites y grasas
- Sólidos en suspensión
- Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO₅):
- Demanda Química de Oxígeno (DQO):
- La relación DQO/DBO₅ indica la biodegradabilidad de las aguas residuales urbanas
 - ≥ 0.4 , Aguas muy biodegradables.
 - $0.2 - 0.4$, Aguas biodegradables.
 - ≤ 0.2 , Aguas poco biodegradables.

- Organismos patógenos: Coliformes termotolerantes.

3.6 FASE DE GABINETE

En esta fase de la investigación se procesaron todos los datos obtenidos en las fases anteriores.

3.6.1 Estudio Climatológico de la localidad de Jesús

El estudio climatológico consiste en determinar factores como la precipitación mensual, temperatura media, velocidad y dirección del viento son factores que toman importancia, porque afectan directamente los procesos de tratamiento.

Precipitación, el método utilizado para el cálculo de la precipitación media mensual, se procedió a determinar la media aritmética de los datos mensuales de todos los años disponibles del periodo 1978 – 2020 de la estación meteorológica “Augusto Weberbauer”. Ver Anexo N° 05.

Temperatura, para calcular la temperatura máxima y mínima. Se procedió a determinar la media aritmética de los valores de temperatura mensual máximo y mínimo de todos los años disponibles del periodo 1978 – 2020 de la estación meteorológica “Augusto Weberbauer”. Este factor es importante para la toma de decisión del tipo de tecnología a implantar para el tratamiento del agua residual. Ver en anexo N° 05.

Viento, el viento es un factor que toma relevancia ya que junto a la temperatura influyen en una posible generación de malos olores que afectan a las viviendas cercanas. Se utilizaron registros de velocidad y dirección del viento del periodo 2000 – 2016 de la estación meteorológica “Augusto Weberbauer”. Ver en anexo N° 05.

3.6.2 Disponibilidad de terreno

El terreno destinado para la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Jesús, está ubicado en la parte baja de la ciudad cerca al río Cajamarquino. La alternativa seleccionada debe ser la que menos terreno requiera para su construcción, ya que el área con que se cuenta es limitada para la PTAR. Los propietarios de los terrenos aledaños se rehúsan a vender sus propiedades y en otros casos los precios son excesivos, haciendo inviable una alternativa de tratamiento extensiva.

3.6.3 Evaluación de los resultados obtenidos en laboratorio

Los resultados obtenidos de los análisis realizados en el laboratorio, se compararon con los valores de los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Así se determinó los parámetros que cumplen y los que están fuera de los límites establecidos en la norma vigente.

3.6.4 Análisis y selección de la alternativa de tratamiento

El objetivo de la investigación es seleccionar la tecnología o procesos para la planta de tratamiento de agua residual, a partir de la evaluación de diferentes opciones de tecnologías y procesos, escogiendo las que más se adecuen a las necesidades y características que se presenta en la localidad de Jesús. Esto se determinará a partir de la elaboración de la matriz de decisión.

a. Comparación de alternativas

Las tecnologías comparadas son: Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA), Tanque Imhoff, Filtro Percolador, Lodos Activados, todos son procesos biológicos para la remoción de materia contaminante del agua residual a tratar, como se describen a continuación:

- **Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)**, es un proceso de tratamiento biológico anaerobio, con cortos periodos de retención, permite tratar aguas con altas cargas contaminantes, producción de biogás con la posibilidad de aprovechamiento y una baja producción de lodos.
- **Tanque Imhoff**, tratamiento biológico anaerobio compuesto por una zona de sedimentación y otra de digestión, alternativa muy usada por ser de fácil operación y mantenimiento.
- **Filtro Percolador**, es un tratamiento el cual es de fácil operación, aunque merece especial atención en el diseño de las estructuras por la cual está conformado el sistema, además el equipamiento que requiere.
- **Lodos Activados**, un tratamiento biológico aerobio de gran eficiencia, pero con algunos puntos en contra se necesita personal técnico especializado para su operación, consumo de energía. Pero es una tecnología aplicada a nivel mundial para las grandes ciudades.

b. Evaluación de alternativas

Preselección de alternativas, En primera instancia para la preselección de las alternativas de tratamiento se escogió las alternativas que mejor se adecuan a las características del agua residual y de la zona de estudio. Según los criterios de selección de la tecnología de

tratamiento estudiados en el Ítem 2.2.14 *Criterios de selección de la tecnología para el tratamiento de aguas residuales*. Siguiendo lo recomendado por el algoritmo de la figura 21.

Se evaluaron las tecnologías propuestas en función al requerimiento de área, tamaño de población, temperatura del lugar y la altitud media. Así poder determinar las alternativas que mejor se adecue a la localidad de Jesús. Así determinaron tres alternativas que cumplan con las condiciones y poder pasar a la siguiente etapa.

- **Segunda etapa de evaluación:** elaboración de la matriz de decisión con las tecnologías que cumplan la primera etapa. Mediante la matriz explicada en el ítem 2.2.15 *Matriz de decisión para la selección de tecnología relacionada con el tratamiento de aguas residuales* de decisión en la que se evalúa una serie de parámetros, donde se determina la mejor opción a emplear en el tratamiento de aguas residuales de la localidad de Jesús.

c. Selección de alternativa

La selección la alternativa se realizó siguiendo la metodología de la matriz de decisión con una ponderación de los valores para los parámetros de evaluación escogidos, según la importancia de los mismos, la cual se determinó por el asesor del proyecto. La ponderación de factores a evaluar fue teniendo en cuenta todos los datos recopilados, análisis realizados durante la investigación.

La matriz relaciona los distintos aspectos que pueden ser evaluados a un proceso de tratamiento bajo una circunstancia de aplicación con calificaciones que se le asigna a cada rubro según los criterios del evaluador y en función de la importancia de cada uno de ellos y cómo son resueltos por los procesos de tratamiento. Los valores de calificación están como se indica a continuación:

Tabla 26. Niveles de calificación.

NIVEL	CALIFICACIÓN
No aplica	0
Suficiente	1
Adecuado	3
Muy bueno	5

Fuente: (NOYOLA et. al, 2013)

3.6.5 Establecer bases y criterios de diseño para la alternativa seleccionada

Con los resultados de laboratorio se obtienen el nivel de contaminación de las aguas residuales y su variación respecto a los LMP, el proceso de tratamiento propuesto se determinó mediante

la comparación de diferentes alternativas, se eligió la que más se adecua mediante la matriz de decisión, para alternativa que obtuvo mayor calificación, se estableció las bases y criterios de diseño que ayudarán a definir un diseño final en un futuro proyecto de inversión.

a. Bases de diseño, se consideran los siguientes parámetros:

- **Periodo de diseño**, se determinará según lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones y del criterio del ingeniero proyectista.
- **Área de influencia**, está determinada para toda la localidad de Jesús y las zonas de expansión alrededor de la ciudad, para poder determinar el área se utilizaron los planos de alcantarillado disponibles en la Municipalidad Distrital de Jesús.
- **Cálculo de la población de diseño**, el análisis de la proyección poblacional se basa en la información de los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y en la información del área de influencia del presente estudio, se procedió de la siguiente manera:
 - Primero se determinó la tasa de crecimiento para el distrito de Jesús a partir de los datos de los censos 1981, 1993, 2007 y 2017 del distrito de Jesús. Se consideró que el tamaño de la población es proporcional al tamaño de esta con el objetivo de calcular la población futura, se ha recurrido al método geométrico según la ecuación (5).
 - Luego, en una segunda instancia se realizó la proyección de la población del ámbito de estudio en el periodo de diseño según datos de empadronados de la JASS Huanganegra Jesús, JASS Llimbe, JASS La Matarilla, para obtener la población final de diseño.
- **Determinación de los caudales de diseño**, se realizó la proyección del caudal de aguas residuales en el periodo de diseño. Este es un parámetro clave para la implementación de la tecnología de tratamiento, ya que se maneja de acuerdo a los niveles de caudal que se alcancen en el tiempo estipulado.
- **Dotación de agua para el proyecto**, como el sistema de agua potable con el que cuentan en el ámbito de estudio no cuenta con medidores que ayuden a determinar la dotación diaria anual por habitante. Por lo la dotación se determinará según los valores establecidos en el Reglamento nacional de Edificaciones siendo **120 lt/hab/d.** tal como se considera en la tabla 13.

- **Coefficiente de variación**, se determinó según los valores establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones los coeficientes de variación el $K_1 = 1.3$ y para población menor a 10 000 habitantes, el $K_2 = 2.5$.
- **Caudal de contribución alcantarillado**, según lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma OS.100, el factor de contribución es del 80% del total de agua potable consumida ingresa al sistema de alcantarillado.
- **Caudales de diseño**, los caudales de diseño están en función a la población de diseño, demanda de aguas potable, la contribución al alcantarillado y caudales de infiltración. Con lo que se procederá a calcular los caudales de diseño.
- **Calidad del agua residual cruda**, se determinó a partir de los resultados de los análisis realizados en laboratorio, con lo que se determinó la carga contaminante en las aguas residuales a tratar.
- **Calidad del agua residual tratada**, los parámetros del efluente de la futura PTAR deberá cumplir con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Y cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental en el cuerpo receptor, establecidos en el en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

b. Criterios de diseño del proceso seleccionado

Estos criterios serán fijados según la alternativa de tratamiento seleccionada y los fundamentos teóricos revisados en el Ítem, 2.2.17 *Bases y criterios de diseño*, para cada proceso que conforman la propuesta de planta de tratamiento para las aguas residuales de la localidad de Jesús.

- Pretratamiento (cámara de rejillas, sedimentador, aforador Parshall)
- Tratamiento primario (Reactor UASB)
- Tratamiento secundario (Filtro percolador)
- Desinfección (cámara de contacto de cloro)
- Tratamiento de lodos (lecho de secado)

Criterios de diseño que servirán como base para un futuro diseño definitivo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Jesús.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FASE INICIAL DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1 Identificación de la zona de estudio

a. Sistema de agua potable

La localidad de Jesús, cuenta con servicio de agua potable con una cobertura del 90% aproximadamente, en buen estado con disponibilidad hídrica suficiente para todo en pueblo de Jesús. En donde la zona de estudio está conformada por tres sistemas de agua potable administrado por sus respectivas JASS, las cuales son JASS Huanganegra – Jesús, JASS La Matarilla y JASS Llimbe. Cabe mencionar que todos los sistemas de agua potable son abastecidos por manantiales, los cuales son conducidos por gravedad hacia sus respectivas estructuras de almacenamiento y distribución.

b. Sistema de alcantarillado

En la localidad de Jesús cuenta con un sistema de alcantarillado el cual es limitado, como en el caso de los barrios la Matarilla, La Hermita, Cruz Blanca, Huatum, La Playa, Llimbe y otras zonas en donde no se cubre adecuadamente la demanda de desagüe y la población se ve en necesidad de usar pozos ciegos, letrinas que en muchos casos se encuentran en mal estado, en algunos casos las personas realizan sus necesidades fisiológicas al aire libre lo cual genera malos olores y focos de contaminación que ponen en riesgo la salud pública.

Al problema de baja cobertura del servicio de alcantarillado, se suma el colapso de algunos tramos del sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento esta fuera de operación y sin el mantenimiento adecuado, debido a que ha superado su capacidad de diseño y años de vida útil, ya que el sistema de alcantarillado data del año 1971 y recién en el año 1982 se construyó una planta de tratamiento de aguas residuales, con una capacidad para servir a la población de aquel entonces. Estructuras que ya cumplieron con su vida útil.

Haciendo referencia a la planta de tratamiento de aguas residuales existente se puede observar que debido aumento demográfico que afecta a Cajamarca y sus distritos, trajo como consecuencia la construcción de viviendas alrededor de la planta de tratamiento de aguas residuales, la cual tiene que reubicarse por motivos técnicos, sociales y sanitarios.

También es necesario acotar que la planta de tratamiento de aguas residuales esta fuera de funcionamiento y no da ningún tipo de tratamiento a las aguas residuales. Las cuales siguen su

curso hasta el río Cajamarquino, aunque en el camino una parte son utilizadas para actividades agrícolas, generando contaminación en los productos que ahí se producen, que luego son consumidas por la población de Jesús o de Cajamarca.



Fig. 27. Vista panorámica de la localidad de Jesús y ubicación de PTAR actual.



Fig. 28. PTAR actual (fuera de funcionamiento).

c. Actividades Económicas

Las principales actividades económicas del distrito de Jesús son la agricultura y la ganadería.

- **Actividad agrícola**, en las actividades agrícolas se cultivan una diversidad de cultivos. Entre los principales productos permanentes y transitorios tenemos: alfalfa, maíz, repollo, olluco, papa, haba, lenteja, trigo, cebada. Además, se ha identificado que el choclo se encuentra posicionado en el mercado como un producto bandera y tiene una alta aceptación en la población.
- **Actividad ganadera**, es una actividad que se desarrolla en el distrito de Jesús, se caracteriza por la crianza y venta de ovinos, vacunos, porcinos y caprinos. Además, está la ganadería de animales menores en la cual Jesús se caracteriza por la producción de cuyes, que es por lo que es conocido el distrito de Jesús.

d. Población beneficiada

La localidad de Jesús se conforma de 1727 familias, con una densidad poblacional distrital según el INEI de 3.6 hab./vivn., teniendo una población total de 6217 habitantes al presente año. Información corroborada por el padrón de beneficiarios de la JASS.

e. Viviendas

Las viviendas de la localidad de Jesús, según lo que se puede apreciar la mayoría son de tapial con cobertura de teja andina o calamina, en los últimos años las viviendas de material noble con muros de ladrillo, columnas y vigas de concreto armado y techo aligerado están en aumento. Los ingresos a las viviendas muchas son de altura mediana, cuenta con sistemas de iluminación pública, la mayoría de calles pavimentadas; también se observa un desorden en las zonas de expansión de la localidad de Jesús, propio de la falta de un plan de desarrollo territorial.

4.2 FASE DE CAMPO

4.2.1 Punto de monitoreo

Se realizó la visita de campo a la zona de vertimiento en donde se identificaron el ultimo buzón de la red de alcantarillado, que descarga a un canal sin revestir que conduce el agua residual al hacia el rio Cajamarquino, en dicho canal se determinaron la ubicación del punto de muestreo y del tramo de aforo, previa limpieza de un tramo del canal para facilitar las actividades de toma de muestra y aforo, como se muestra en la siguiente imagen.



Fig. 29. Puntos representativos del monitoreo.

Tabla 27. Coordenada de puntos representativos.

PUNTO	NOMBRE	COORDENADAS UTM WGS-84 17S		
		ESTE	NORTE	ALTITUD
Bz	Último Buzón	789871.00	9198282.00	2503.0
PM	Toma de muestra	789892.00	9198287.00	2501.0
PA	Aforo	789890.00	9198288.00	2501.0

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Aforos

Según las condiciones de terreno encontradas, el método de aforo aplicado fue el de Sección – Velocidad (Flotador). Obteniendo un caudal promedio de 19.81 Lt/seg.

Analizando el comportamiento del flujo en todo el tiempo de estudio, se nota una variación de 13.39 Lt/seg. Los datos obtenidos pueden tener variaciones con respecto al caudal teórico ya que aguas arriba del último buzón existen personas que desvían parte del agua para riego de cultivos agrícolas. Además, según lo manifestado por la JASS, en la mayoría de domicilios los

aparatos sanitarios están malogrados y como no se cuenta con micromedición para un control en el consumo, los usuarios no se preocupan en dar solución a dicho problema, ya que la tarifa de agua es mínima (S/ 1.00 / mes). por lo que el caudal de agua residual producido puede estar alterado.

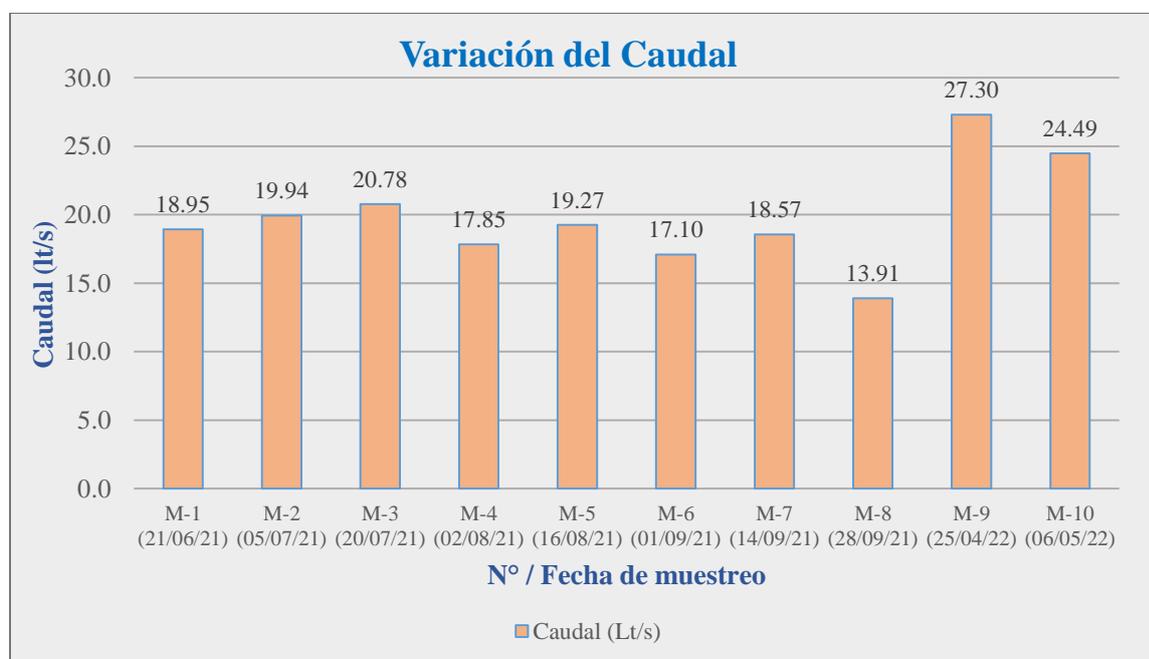
Los datos y cálculos de los aforos realizados en campo se muestran en el Anexo N° 02 “Aforos”, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 28. Caudal medido en tramo de aforo.

Muestreo N°	Fecha	Velocidad V (m/s)	Área A (m2)	Caudal (m3/s)	Caudal (lt/s)
1	21/06/2021	0.4461	0.0425	0.0189	18.95
2	05/07/2021	0.4266	0.0467	0.0199	19.94
3	20/07/2021	0.4312	0.0482	0.0208	20.78
4	02/08/2021	0.4626	0.0386	0.0179	17.85
5	16/08/2021	0.4451	0.0433	0.0193	19.27
6	01/09/2021	0.4657	0.0367	0.0171	17.10
7	14/09/2021	0.5121	0.0363	0.0186	18.57
8	28/09/2021	0.4429	0.0314	0.0139	13.91
9	25/04/2022	0.7170	0.0467	0.0273	27.30
10	06/05/2022	0.6722	0.0364	0.0245	24.49
Promedio =				0.0198	19.81

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1. Variación del caudal.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Muestreo de las aguas residuales

a. Características generales

Apariencia y color, en la mayoría de casos se presenta un color verdoso en el efluente, lo que indica que el flujo contiene materiales coloidales o en suspensión.

Lodos, se aprecia la presencia de lodos a lo largo del canal en pequeñas cantidades, con el tiempo hacen que se colmate canal siendo necesario una limpieza y mantenimiento periódico de dicho canal.

Vegetación, se pudo apreciar la presencia de abundante vegetación, lo que indica un alto contenido orgánico del afluente. Aclarando que los terrenos aledaños al canal son pastos que se riegan con dichas aguas.

Olor, se percibió un olor desagradable proveniente de la descomposición de la materia orgánica y del estancamiento de las aguas residuales.

b. Parámetros operacionales

Durante los muestreos se midieron parámetros in situ, los cuales son los siguientes: (ver Anexo N° 03: “Registro de cadena de custodia y parámetros de campo”).

Tabla 29. Parámetros medidos en campo.

Muestreo N°	fecha	pH	T (C°)	K (µS/cm)	STD (ppm)	Salinidad (%)
1	21/06/2021	8.04	18.9	645	335	0.02
2	05/07/2021	7.44	17.5	588	294	0.02
3	20/07/2021	7.69	17.1	625	325	0.03
4	02/08/2021	7.54	17.5	617	339	0.03
5	16/08/2021	7.45	19.1	674	340	0.03
6	01/09/2021	7.60	20.2	677	338	0.03
7	14/09/2021	7.56	21.8	686	343	0.03
8	28/09/2021	7.19	19.0	750	375	0.03
9	25/04/2022	7.80	18.8	672	336	0.03
10	06/05/2022	7.62	18.3	580	291	0.02
Promedio		7.59	18.8	651.4	331.6	0.027

Fuente: Elaboración propia.

- Los valores de pH medidos están dentro del intervalo (6.5 – 8.5) para la existencia de la mayor parte de actividad biológica.
- La conductividad eléctrica tiene relación directa con la salinidad del agua, indicando la elevada cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruros, nitratos, sulfatos, fosfatos, sodio, magnesio y calcio).

4.3 FASE DE LABORATORIO

4.3.1 Caracterización de aguas residuales

Según los informes de ensayos de análisis de agua residual emitidos por el Laboratorio Regional del Agua, los cuales se muestran en el Anexo N° 04: “*Informes de Ensayos del Laboratorio*”, se obtiene los siguientes valores promedios para cada parámetro:

Tabla 30. Valor de los parámetros obtenidos de los análisis de laboratorio.

Parámetro	MUESTREO										Promedio
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	
ENSAYOS FISICOQUÍMICOS											
SST (mg/L)	130	149	158	370	144	230	170	143.5	121	173.5	178.9
DBO ₅ (mg/L)	157.2	186	262	194.3	213.4	186.7	200.3	204.7	139.1	86.1	182.98
DQO (mg/L)	279.9	313.6	355.3	414.5	393.9	348	432.3	390.7	269.5	215	341.27
A y G (mg/L)	7.5	19.6	8.6	8.7	8.7	6.6	32.8	9.1	27.6	14.8	14.4
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS											
Coli. Term. (NMP/100ml)	1.6E+08	3.1E+06	1.6E+07	1.6E+07	3.5E+07	5.4E+07	1.6E+07	9.4E+06	3.5E+07	9.2E+06	3.5E+07

Fuente: Elaboración Propia con los datos obtenidos en laboratorio.

4.4 FASE DE GABINETE

4.4.1 Estudios climatológicos

La localidad de Jesús presenta un clima templado con invierno seco, propio de la región de la sierra, correspondiente a los valles situados arriba de los 2564 m.s.n.m. En efecto este clima se distribuye sobre las partes más elevadas de las vertientes orientales y occidentales. La región presenta dos estaciones características una lluviosa de octubre a marzo y la otra seca de abril a setiembre, con etapas de transición. Según la información registrada por la estación meteorológica Augusto Weberbauer, ubicado a 7°10'03" S, 78°29'35" O, se obtuvieron los siguientes valores promedio mensuales.

Tabla 31. Información hidrometeorológica de la estación Augusto Weberbauer.

MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
PERIODO 1978 - 2020												
TEMPERATURA (°C)												
MAX.	21.60	21.40	21.27	21.51	21.89	21.85	21.74	22.15	22.27	22.02	22.18	21.81
MIN.	9.33	9.76	9.77	9.00	7.21	5.66	5.08	5.67	7.13	8.30	8.19	8.96

PRECIPITACIÓN (mm)												
TOTAL	77.84	98.44	121.55	70.50	31.68	8.65	5.98	7.82	27.87	63.28	64.13	82.71
PERIODO 2000 - 2016												
VELOCIDAD DEL VIENTO (Km/h)												
MEDIA	2.53	2.48	2.24	2.25	2.28	2.73	2.98	3.09	2.93	2.70	2.63	2.45
DIRECCIÓN DEL VIENTO (Km/h)												
MEDIA	S	S	S - SE	SE	SE	SE - E	SE	SE	SE	S	S - SE	S

Fuente: Elaboración propia con base en información proporcionada por SENAMHI.

El promedio anual de la temperatura máxima es 21.81°C, la temperatura mínima es 7.84°C y temperatura promedio mínima de 13.41°C.

La precipitación anual presenta variaciones desde 5.98 mm en el mes de Julio hasta 121.55 mm en el mes de marzo, con un promedio mensual multianual de 55.04 mm.

El viento es un factor que según los datos procesados se obtiene, la velocidad máxima del viento se presenta en noviembre con 3.09 km/s como promedio mensual máximo y un promedio mensual de 2.61 Km/h, en cuanto a la dirección del viento este se presenta en direcciones que varían, pero predomina la dirección sur-este entre los meses de marzo a setiembre según los datos registrados en la estación Augusto Weberbauer.

4.4.2 Disponibilidad de terreno

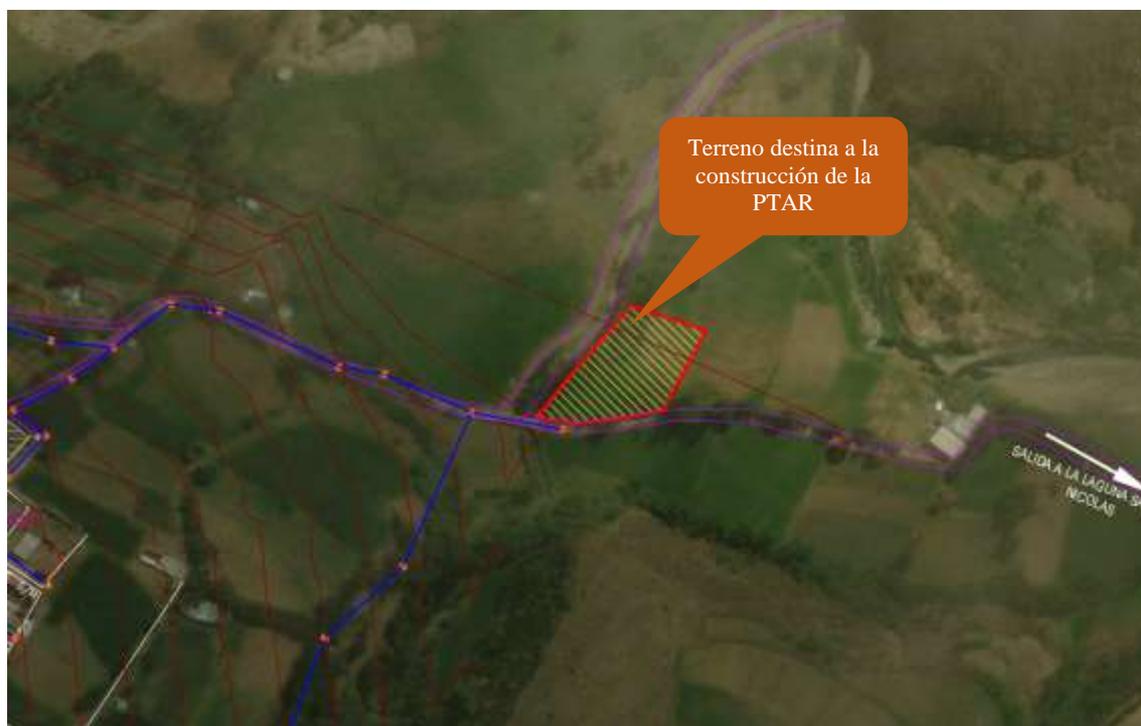


Fig. 30. Terreno destinado para la construcción de la PTAR.

El terreno destinado para la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Jesús, está ubicado en la parte baja de la ciudad cerca al río Cajamarquino, perteneciente a la Familia Vásquez Ruiz. Se cuenta con un área aproximada de 2500 m², en los cuales se debe construir la futura PTAR, con la tentativa de la propuesta planteada en esta investigación, como se cuenta con un área reducida, la alternativa seleccionada debe estar compuesta con procesos de tratamiento compactos. En la figura 31, se muestra la ubicación del terreno destinado a la PTAR.

4.4.3 Evaluación de los resultados obtenidos en laboratorio

Con los datos promedio tomados en campo de temperatura y pH de la tabla 29 y los resultados promedio obtenidos en laboratorio de la tabla 30, se compararon con los valores para cada parámetro de los Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Tal como se muestra en la tabla 32 y los gráficos para cada parámetro estudiado que se muestran a continuación:

Tabla 32. Parámetros promedio obtenidos en laboratorio vs LMP.

Parámetro	Unidad	Promedio	LMP	Condición
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	178.9	150	No cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mgO2/L	182.98	< 100	No cumple
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO2/L	341.27	< 200	No cumple
Aceites y Grasas	mg/L	14.4	20	Cumple
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	3.54E+07	10000	No cumple
DQO/DBO5	adim.	0.53	-	Muy biodegradable
pH (*)	unidad	7.56	6.5 - 8.5	Cumple
Temperatura (*)	°C	18.8	<35	Cumple

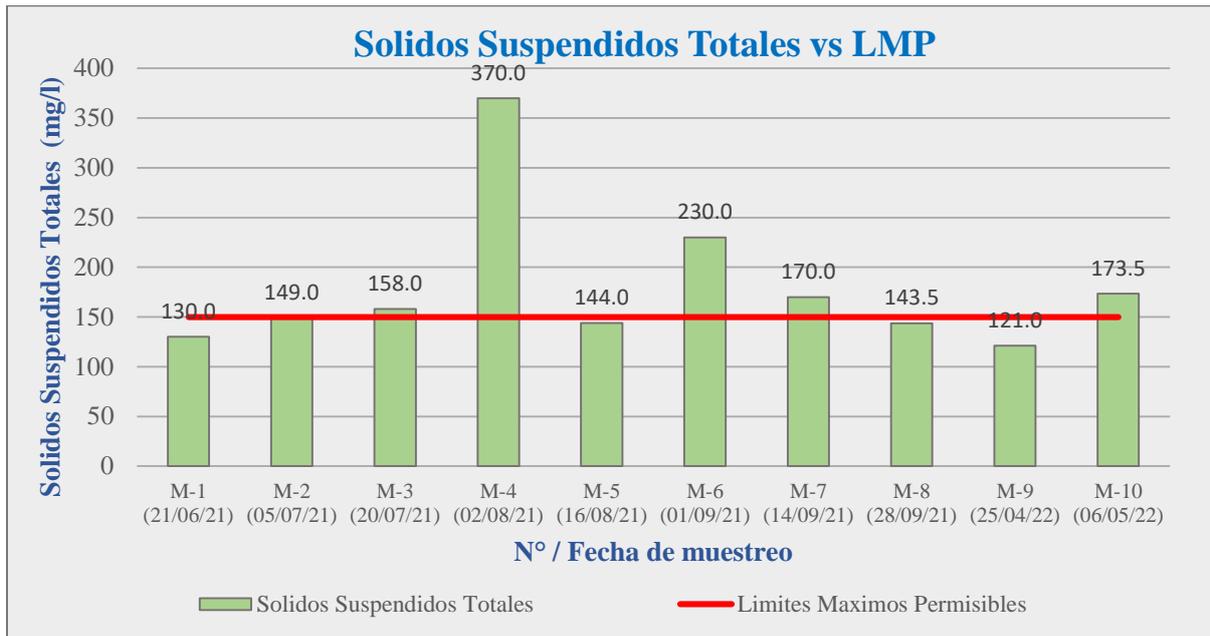
(*) Parámetros tomados en campo.

Fuente: Elaboración Propia con los datos obtenidos en laboratorio.

a. Sólidos Suspendidos Totales

La concentración de sólidos en suspensión obtenidos del laboratorio durante el monitoreo. Los valores están entre 121 – 370 mg/l, con valor promedio de 178.9 mg/l. dando turbidez al agua, provocando que los microorganismos no puedan sobrevivir. El valor promedio se encuentra sobre los 150 mg/l, valor del Límite Máximo Permisible. En el gráfico 02, se puede apreciar la variación de los Sólidos Suspendidos Totales en comparación con el Límite Máximo Permisible. Por lo tanto, el parámetro *no cumple* con la normativa ambiental vigente.

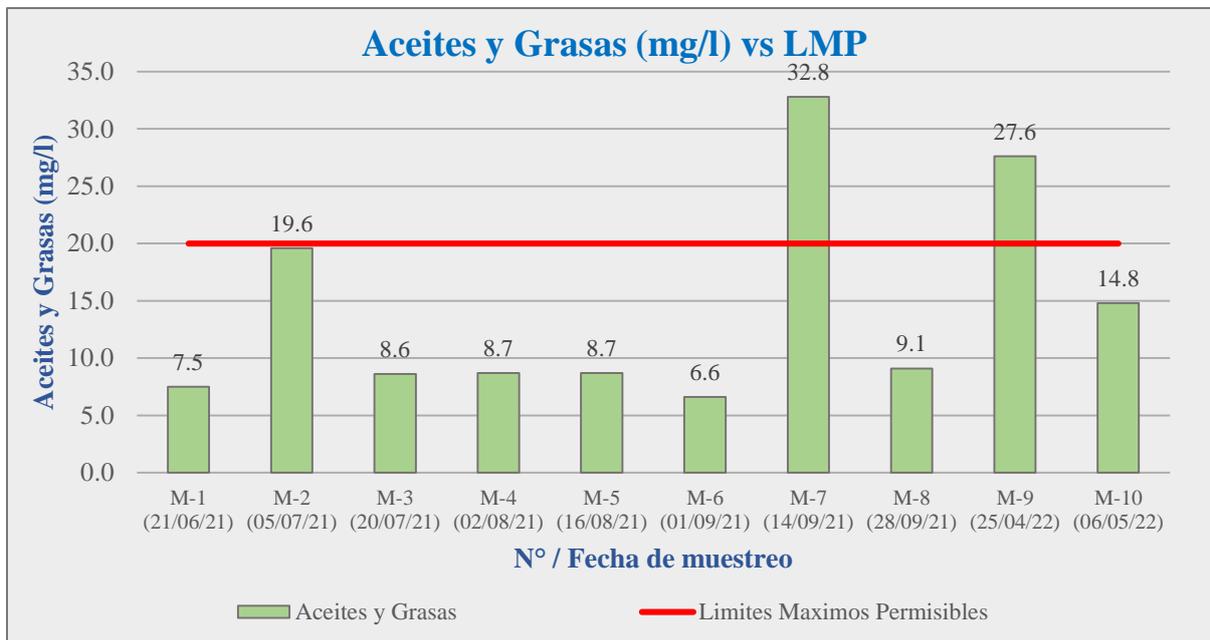
Gráfico 2. Variación de los Sólidos Suspendidos Totales vs LMP.



Fuente: Elaboración propia, según datos obtenidos de Laboratorio.

b. Aceites y Grasas

Gráfico 3. Variación de Aceites y Grasas del agua residual vs LMP.



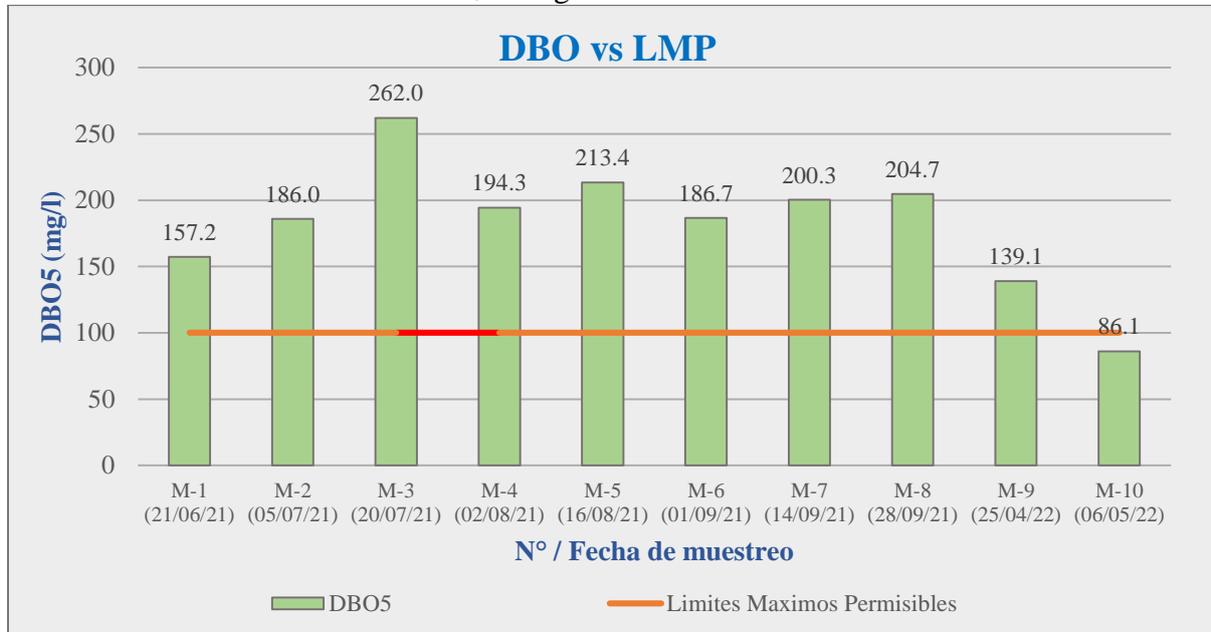
Fuente: Elaboración propia, según datos obtenidos de Laboratorio.

Según los resultados de los análisis realizados en el monitoreo de las aguas residuales, se obtiene valores que oscilan entre 6.60 mg/l y 32.80 mg/l, y un valor promedio de 14.40 mg/l, en el Gráfico 03, se aprecia la variación del valor de aceites y grasas durante el monitoreo,

además se puede ver que el muestreo N° 7 y 9, el valor obtenido sobrepasa el LMP, mientras que en los demás los valores están por debajo del LMP. Tomando el valor promedio, este parámetro *cumple* con la normativa ambiental vigente.

c. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

Gráfico 4. Variación de la DBO₅ del agua residual vs LMP.



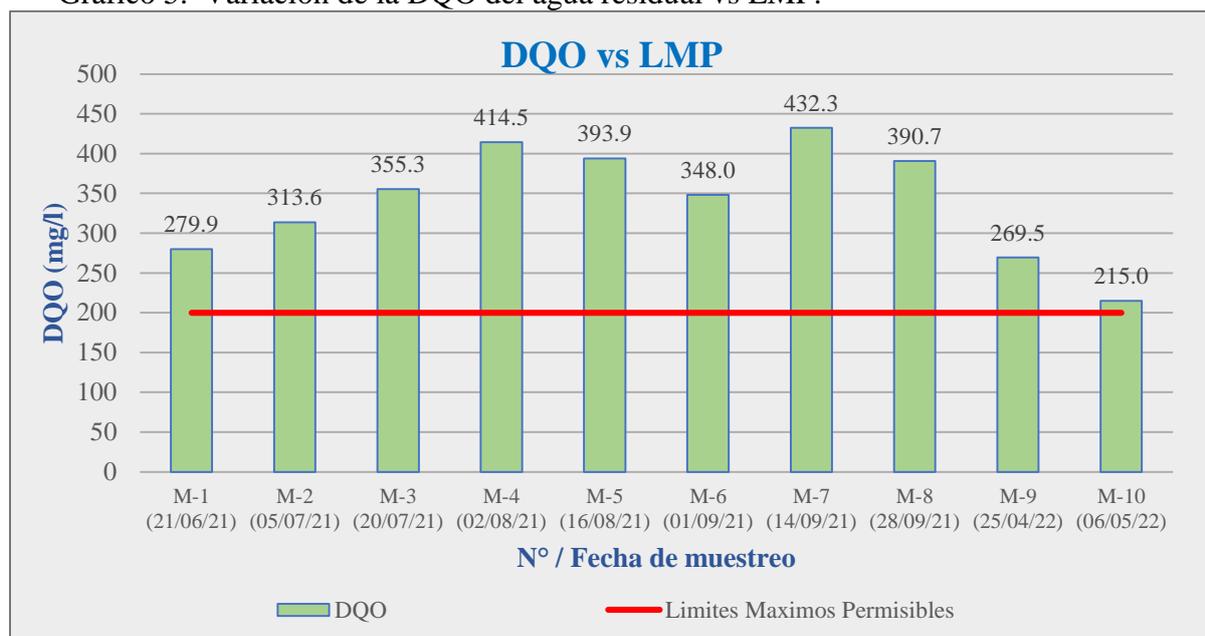
Fuente: Elaboración propia, según datos obtenidos de Laboratorio.

Según los resultados de los análisis realizados en el monitoreo de las aguas residuales, se obtiene valores que oscilan entre 86.10 mgO₂/l y 262.00 mg O₂/l, y un valor promedio de 182.98 mg O₂/l, como se aprecia en el gráfico 04, el valor del DBO₅ sobrepasa el valor del Límite Máximo Permissible para la descarga a cuerpo de agua que es de 100 mg O₂/l. Esto demuestra un alto contenido de materia orgánica. Por tal motivo, *no cumple* con la normativa ambiental vigente.

d. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Según los resultados de los análisis realizados en el monitoreo de las aguas residuales, se obtiene valores que oscilan entre 215.0 mgO₂/l y 432.30 mgO₂/l, y un valor promedio de 341.27 mgO₂/l, en el Gráfico 05, se puede apreciar que los valores sobrepasan el Límite Máximo Permissible de 200 mgO₂/l. Por lo tanto, *no cumple* con la normativa ambiental vigente.

Gráfico 5. Variación de la DQO del agua residual vs LMP.



Fuente: Elaboración propia, según datos obtenidos de Laboratorio.

e. Biodegradabilidad

Tabla 33. Biodegradabilidad de aguas residuales estudiadas.

Par.	Und.	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	Prom.
DBO ₅	mgO ₂ /L	157.2	186	262	194.3	213.4	186.7	200.3	204.7	139.1	86.1	200.58
DQO	mgO ₂ /L	279.9	313.6	355.3	414.5	393.9	348	432.3	390.7	269.5	215	366.03
DBO ₅ / DQO	-	0.56	0.59	0.74	0.47	0.54	0.54	0.46	0.52	0.52	0.40	0.53

Fuente: elaboración propia según datos obtenidos de laboratorio.

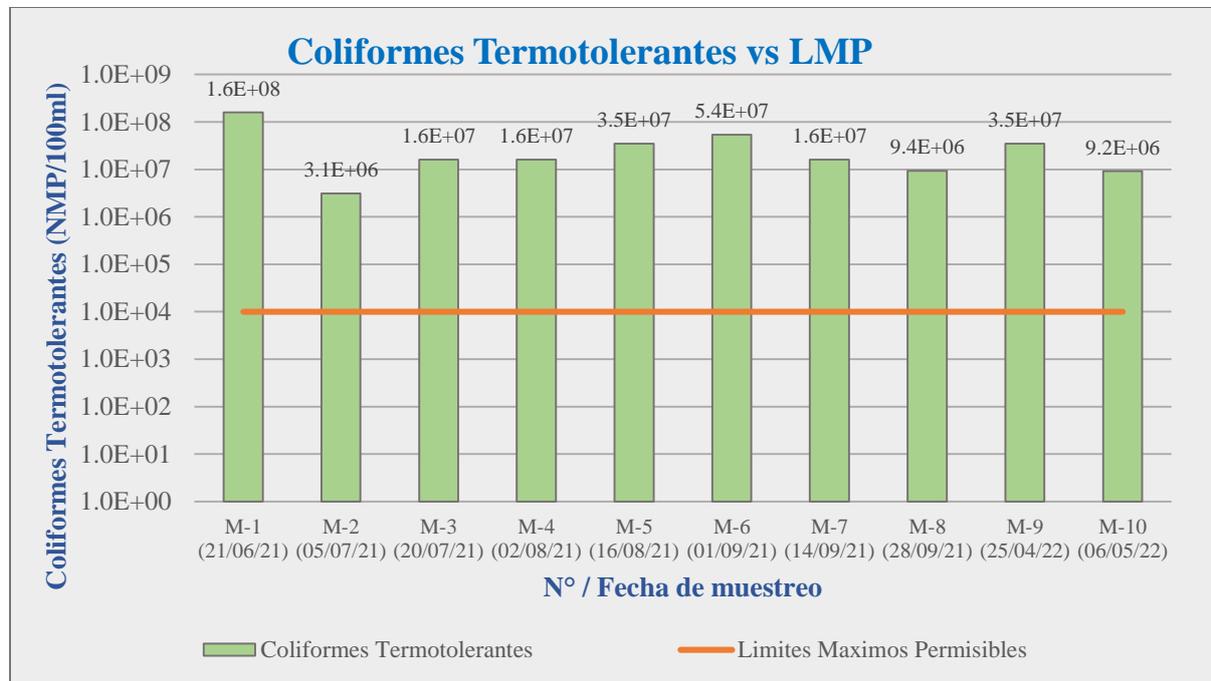
Según los resultados de los análisis realizados, se obtiene la relación DBO₅/DQO promedio de 0.53, por lo que se deduce que al ser mayor de 0.4, el tipo de agua residual descargada al río Cajamarquino son aguas muy biodegradables. Los residuos presentes se pueden tratar mediante cualquier proceso biológico.

f. Coliformes Termotolerantes

La concentración de coliformes termotolerantes obtenida mediante análisis de laboratorio, están entre 3.1×10^6 NMP/100ml y 1.6×10^8 NMP/100ml, con un promedio de 3.54×10^7 NMP/100ml. En el gráfico 06, se observa que en todos los muestreos las concentraciones de Coliformes Termotolerantes sobrepasa el valor de 10000 NMP/100ml del Límite Máximo

Permisible. Puede ser causa de enfermedades gastrointestinales al darse contacto con la población. Por lo tanto, este parámetro *no cumple* con la normativa ambiental vigente.

Gráfico 6. Variación de los Coliformes Termotolerantes vs LMP.



Fuente: Elaboración propia, según datos obtenidos de Laboratorio.

4.4.4 Análisis y selección de alternativas de tratamiento de aguas residuales

a. Preselección de alternativas de tratamiento

Se descartó las alternativas de Lagunas aerobias, lagunas anaerobias, lagunas de maduración y humedales artificiales por el alto requerimiento de área superficial, este rubro es determinante para este caso ya que el área con que se cuenta es limitada y pensar en implementar un tratamiento con sistemas extensivos es inviable, esto siguiendo lo recomendado por el algoritmo de la figura 21. Por lo tanto, se consideró tecnologías con procesos compactos.

Las tecnologías anaerobias como el reactor UASB y el tanque Imhoff, tiene una baja tasa de síntesis bacteriana lo que equivale a una baja producción de lodos, ya que el 90% de energía se utiliza para la producción de metano y solo el 10 % para síntesis celular, para el caso del reactor UASB es un productor de energía que puede ser revalorizado económicamente en algunos casos, sin embargo, es más vulnerable a cambios ambientales y requiere un mayor tiempo de arranque.

Las tecnologías aerobias como los lodos activados, filtro percolador o los biodiscos. Utilizan el 65% de la energía en síntesis celular porque se tiene una mayor producción de biomasa o

lodo no estabilizado, requiriendo un tratamiento y disposición que aumentan los requerimientos técnicos y costo total de la inversión, además se necesita energía para la agitación y oxigenación.

Como los procesos anaerobios no alcanzan el mismo nivel de tratamiento que los procesos aerobios, por ello se ha optado por acoplar los dos procesos, logrando un incremento en la eficiencia de tratamiento y una disminución en los costos de inversión, operación y mantenimiento. El sistema anaerobio removerá cerca del 65% de la materia orgánica sin requerimiento de energía para aireación, el resto de materia orgánica será removido por el sistema aerobio, produciendo un efluente de excelente calidad.

Las alternativas seleccionadas para ser evaluadas, considerando los criterios anteriores son las siguientes:

- **Reactor UASB + Filtro percolador**
- **Tanque Imhoff + Filtro percolador**
- **Lodos Activados versión tradicional**

b. Evaluación de alternativas

Tabla 34. Ponderación de los rubros a evaluar.

Ítem	Factor Evaluado	Consideraciones de evaluación	Ponderación
1	Aplicabilidad del proceso	Por las características del proyecto se desea que el proceso seleccionado pueda operar en el intervalo de flujo dado, que sea tolerante a variaciones de flujo y que pueda tratar con eficacia el agua residual influente. Dentro de los procesos contemplados hay diferencias en este rubro por lo que se asigna una ponderación de 5 puesto que las diferencias no son cruciales para el proyecto.	5 Puntos
2	Generación de residuos	Uno de los aspectos más importantes a considerar en la selección de un sistema de tratamiento es la generación de residuos. En la jurisdicción del municipio se cuenta con un relleno sanitario que está relativamente lejos de la PTAR lo que implicaría un costo adicional para el traslado. Por lo tanto, se ha decidido favorecer aquel proceso que genere la menor cantidad de residuos y el que genere una mejor calidad de lodo para su disposición como mejorador de suelos.	10 Puntos
3	Aceptación por parte de la comunidad	Se considera que la población aceptará cualquier proceso seleccionado. Por ello este rubro posee una ponderación de cero en la selección de la tecnología de la planta de tratamiento. (este rubro no aplica en este caso).	0 Puntos
4	Generación de subproductos con valor económico o de reúso	La planta de tratamiento, además de generar agua apta para riego, podría generar lodos con características fertilizantes lo cual podría ser un aspecto importante en el ahorro de recursos para la compra de fertilizantes químicos. puesto que así se manejó la información, el cumplir con ello es de suma importancia, por lo cual se le asignó una ponderación alta. Siendo un aspecto de gran importancia, ya que se busca que la planta de tratamiento genere recursos.	10 Puntos

5	Vida útil	Se desea que la planta de tratamiento posea una vida útil lo más larga posible pues será difícil contar con recursos para renovar la planta de tratamiento en mediano plazo.	5 Puntos
6	Requerimiento de área	este rubro fue limitado por la disponibilidad de un terreno seguro, porque únicamente podrán considerarse plantas de tratamiento compactas y no sistemas extensivos como las lagunas de estabilización, a pesar de ser una buena alternativa de tratamiento de aguas residuales municipales. Con esta restricción, este rubro carece ya de importancia, pues no hace diferencia.	0 Puntos
7	Costo	Inversión inicial. Aunque se cuenta con dinero para construir la planta de tratamiento que sea necesaria para resolver la problemática de la población, es importante considerar aquella tecnología que sea eficaz y eficiente en el tratamiento del agua, es decir que haga lo que tenga que hacer al menor costo posible para obtener un ahorro de recursos que podrían ser destinados a otras acciones. Debido a que hay disponibilidad de dinero, este rubro no es limitante para el proyecto por lo que se le asigna una ponderación baja. Operación y mantenimiento. Este es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta para seleccionar adecuadamente una tecnología. En los países en vías de desarrollo, el costo de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento ha sido un factor limitante para su funcionamiento. Gastos administrativos y de personal. Se favorece al sistema que tenga menores requerimientos de personal especializado, dado el contexto y disponibilidad de profesionales.	20 Puntos
8	Insumos	Requerimiento de reactivos. Esto representa una erogación fuerte al considerar que algunos reactivos son importados, generalmente son caros y que hay que trasladarlos a la planta de tratamiento recorriendo una distancia importante. Por tal motivo, se ha considerado dar una relativa importancia a este rubro y se favorecerán aquellos procesos cuyo requerimiento de reactivos sea el mínimo. Requerimiento energético. Este rubro es uno de los factores más importantes, ya que tiene una incidencia directa en el costo de operación de la planta, la opción con menor requerimiento energético será más viable y será menor la posibilidad de abandono al no poder cubrir los gastos de energía eléctrica para la operación.	15 Puntos
9	Diseño y construcción	Se desea que los criterios de diseños sean adecuados a las necesidades y realidad de la localidad, además que la tecnología se haya probado en otros lugares y que la construcción y equipamiento no sean complejos.	10 Puntos
10	Operación y Mantenimiento	Se desea que la operación sea simple, flexible y confiable, además de que una persona con poca capacitación pueda hacer la función de operador. Se deben encontrar centros de repuestos y servicios cerca de la población por cualquier descompostura del equipo que pudiera ocurrir. Debido a que todos estos factores condicionan la buena operación de la planta se ponderó este rubro con el más alto valor pues es a fin de cuentas el objeto de todo el proyecto, es decir, que la planta opere.	20 Puntos
11	Entorno e Impacto Ambiental	La población es consciente de la necesidad de una planta de tratamiento, sin embargo, también solicitaron al proyectista que se cuiden aspectos como la generación de ruido, malos olores y animales dañinos. para que la planta de tratamiento sea agradable a la vista y se integre al entorno del lugar donde se ubicará.	5 Puntos
TOTAL			100 Puntos

Fuente: Elaboración propia, adaptado de la Guía de selección de alternativas (NOYOLA et. al, 2013)

Tabla 35. Calificación para cada rubro de las tecnologías evaluadas.

Factor Evaluado	Comentarios de Evaluación	Calificación	Calificación	Calificación
		Reactor UASB + Filtro Percolador	Tanque Imhoff + Filtro Percolador	Lodos Activados
Aplicabilidad del proceso	Estos procesos de tratamiento han sido aplicados en el ámbito mundial. En el caso del Reactor UASB, lo ha sido principalmente en el tercer mundo, Latinoamérica y el sudeste asiático. En términos generales, el reactor UASB es más sensible a variaciones en el caudal. Todos los procesos cumplen con las condiciones de descarga. Sin embargo, con el proceso de lodos activados correctamente operado se obtiene una mayor calidad, por lo cual la calificación del UASB + FP y Imhoff + FP es menor.	3	3	5
Generación de residuos	La generación de residuos para la planta de lodos activados es casi el doble a la generada por las otras alternativas. El reactor UASB reduce en gran parte la producción de lodos.	5	4	3
Aceptación por parte de la comunidad	Los tres procesos de tratamiento son bien aceptados por parte de la comunidad, ya que los dos procesos manejan los olores de buena cuenta que es un factor importante para la aceptación, además tiene que ser un sistema que no afecte de gran manera la tarifa en los usuarios.	3	3	3
Generación de subproductos con valor económico o de reúso	Los lodos de los procesos de tratamiento podrían ser utilizados como mejoradores de suelos siempre y cuando cumplan con la normatividad vigente a este respecto. Los lodos se encuentran parcialmente digeridos y hay que estabilizarlos antes de su disposición. Se considera que el lodo anaerobio posee mejor calidad en cuanto a la concentración de nutrientes (N y P), mientras que el lodo aerobio será producido en mayor cantidad. El reactor UASB da la posibilidad de aprovechamiento del metano que produce.	5	5	3
Vida útil	Los sistemas mecanizados tienen una vida útil menor debido básicamente al equipamiento del sistema que están compuestos.	3	3	1
Requerimiento de área	El sistema de lodos activados requiere 2.4 veces más área que el reactor UASB y FP. El cual es similar en área al Tanque Imhoff y FP.	5	5	3
Costo de inversión	Conforme a las propuestas, la diferencia de costo de inversión entre el reactor UASB + FP y el lodo activado es de 15 %. Sin embargo, en el proyecto se cuenta con el apoyo para sufragar esta diferencia si así fuera requerido.	4	4	3
Costo de operación y mantenimiento	De las propuestas se puede identificar que el costo de operación y mantenimiento del sistema de lodos activados es aproximadamente 2 veces mayor al costo de las otras alternativas.	5	5	3
Requerimiento de reactivos	Para el caso de lodos activados el requerimiento de reactivos en los cuales estos polímeros, coagulantes, floculantes para el tratamiento de lodos, antiespumantes y desinfectantes (cloro o dióxido de	5	5	1

	cloro). Por lo que se da mayor puntaje al reactor UASB +FP y Imhoff + FP que solo necesitan insumos para la desinfección.			
Requerimiento energético.	El sistema de lodos activados requiere mayor cantidad de energía eléctrica, en comparación con las otras alternativas.	4	4	3
Criterios de Diseño	En la literatura existente hay similar cantidad de artículos, libros y folletos que describen el funcionamiento y criterios de diseño para el sistema de lodos activados y Tanque Imhoff y en una menor medida del reactor UASB y FP. Los criterios de diseño son confiables pero por la disponibilidad de información se asignará una mayor puntuación a los lodos activados.	3	4	5
Experiencia del contratista	Para este caso el rubro no aplica, ya que se desconoce quién será el contratista que desarrolle el proyecto, ya que en la presente investigación se plantea la alternativa de tratamiento más eficiente y que mejor se adapte a las condiciones demográficas y climáticas de la zona de estudio.	0	0	0
Tecnología ampliamente probada	La tecnología de lodos activados ha sido utilizada ampliamente en el mundo, mucho más que las otras alternativas. Aunque el tanque Imhoff, es uno de los primeros tecnologías de tratamiento.	3	4	5
Complejidad de construcción y equipamiento	La construcción y el equipamiento del sistema de lodos activados son más complejos que los del reactor UASB + FP y Imhoff + FP debido sobre todo al equipo electromecánico involucrado.	5	5	1
Flexibilidad de la operación.	Aunque el sistema UASB es sensible a variaciones bruscas de caudal durante una operación normal de la planta de tratamiento, ofrece ventajas sobre el sistema de lodos activados en cuanto a soportar altas cargas orgánicas. Además, puede permanecer sin alimentación de agua residual por días sin que se afecte sensiblemente su capacidad de tratamiento. Adicionalmente el filtro percolador le aporta la capacidad de soportar caudales variables durante el día, algo similar ocurre con el Imhoff + FP. Por su parte, el sistema de lodos activados requiere una alimentación continua y en cierto grado constante de oxígeno. Por estas razones, el sistema del reactor UASB + FP y Tanque Imhoff + FP se consideran como sistemas más flexibles en operación que el sistema de lodos activados.	5	5	3
Confiabilidad del proceso	Se considera que el sistema aerobio proporciona una mejor calidad de agua además en forma constante. La calidad del agua tratada en el sistema UASB + FP y Imhoff + FP podría presentar un espectro de variación más amplio que el sistema aerobio bien operado.	3	1	5
Complejidad de operación del proceso.	El sistema de lodos activados es más complejo de operar que las otras alternativas, las cuales tienen menos equipamiento haciendo que su operación sea más sencilla.	3	3	1
requerimiento de personal	Se considera que para operar el sistema UASB + FP y Imhoff + FP se requiere de un operador por día y un vigilante, mientras que para operar el sistema de	5	5	3

	lodos activados se necesita un operador por turno de 12 horas con una mayor capacitación y un vigilante.			
disponibilidad de repuestos y centros de servicios	La ubicación de la localidad y de la futura PTAR, relativamente alejados de la ciudad dificulta la disponibilidad de repuestos para los equipos rotatorios. Además, los centros de servicio se encuentran con mayor movimiento industrial lo cual es ajeno a la población del proyecto. El sistema de lodos activados posee mayor equipamiento que las otras alternativas, por lo que la atención en cuanto a este aspecto es más difícil para el sistema de lodos activados.	3	3	1
influencia de la temperatura	No hay mayor problema con este rubro pues las variaciones de temperatura en la localidad permanecen en un intervalo adecuado para el funcionamiento de procesos biológicos. Sin embargo se debe considerar que el Reactor UASB es sensible a los cambios bruscos de temperatura.	3	3	5
Producción de ruido	Por los equipos mecánicos utilizados en el sistema de lodos activados hay mayor producción de ruido que en los sistemas de UASB + FP y Imhoff + FP.	5	5	3
Contaminación visual	Ambos sistemas pueden contar con un diseño arquitectónico agradable e integrado al entorno.	5	5	5
Producción de malos olores.	La oxidación aerobia de la materia orgánica favorece la no-proliferación de malos olores, por el contrario los procesos anaerobios tienden a formar H ₂ S, principal compuesto responsable de malos olores.	3	1	5
Huella de carbono	De acuerdo a investigaciones determinaron que el sistema UASB + FP presenta menor impacto en generación de gases de efecto invernadero que el sistema de lodos activados.	5	1	3
Animales dañinos	Los procesos evaluados no favorecen la incubación de animales o insectos dañinos.	3	3	3

Fuente: Elaboración propia, adaptado de la Guía de selección de alternativas (NOYOLA et. al, 2013)

Tabla 36. Proceso evaluado: Reactor UASB + Filtro Percolador.

	A	B	C	D	E
#	%	PROCESO EVALUADO: UASB + FILTRO PERCOLADOR RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0= no aplica 1= suficiente 3= adecuado 5= muy bueno	C/5 (excepto en renglones 7.3,8.3, 9.5, 10.6 y 11.6)	D x A
1	5	APLICABILIDAD DEL PROCESO	3	0.6	3
2	10	GENERACIÓN DE RESIDUOS	5	1	10
3	0	ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD	3	0.6	0
4	10	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSÓ	5	1	10
5	5	VIDA ÚTIL	3	0.6	3
6	0	REQUERIMIENTO DE ÁREA	5	1	0

7	20	COSTO			
7.1	↑	Inversión	4		
7.2		Operación y mantenimiento	5		
7.3		Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 7.3D		0.9	18
8	15	INSUMOS			
8.1	↑	Requerimiento de reactivos	5		
8.2		Requerimientos energéticos	4		
8.3		Sumar las casillas 8.1 y 8.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 8.3D		0.9	13.5
9	10	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
9.1	↑	Criterios de diseño	3		
9.2		Experiencia del contratista	0		
9.3		Tecnología ampliamente probada	3		
9.4		Complejidad en la construcción y equipamiento	5		
9.5		Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C y 9.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotarlo en la casilla 9.5D		0.55	5.5
10	20	OPERACIÓN			
10.1	↑	Flexibilidad de operación	5		
10.2		Confiabilidad del proceso	3		
10.3		Complejidad de operación del proceso	3		
10.4		Requerimiento de personal	5		
10.5		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio	3		
10.6		Sumar las casillas 10.1C, 10.2C, 10.3C, 10.4C y 10.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotarlo en la casilla 10.6D		0.76	15.2
11	5	ENTORNO			
11.1	↑	Influencia de la temperatura	3		
11.2		Producción de ruido	5		
11.3		Contaminación visual	5		
11.4		Producción de malos olores	3		
11.5		Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)	5		
11.6		Condiciones para la reproducción de animales dañinos	3		
11.7		Sumar las casillas 11.1C, 11.2C, 11.3C, 11.4C, 11.5C y 11.6C y dividir el total entre 30. El resultado anotarlo en la casilla 11.7D		0.80	4.0
12	100	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 12E	→		82.2

Fuente: Elaboración propia, adaptado de la Guía de selección de alternativas (NOYOLA et. al, 2013)

Tabla 37. Proceso evaluado: Tanque Imhoff + Filtro Percolador.

	A	B	C	D	E
#	%	PROCESO EVALUADO: TANQUE IMHOFF + FILTRO PERCOLADOR RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0= no aplica 1= suficiente 3= adecuado 5= muy bueno	C/5 (excepto en renglones 7.3, 8.3, 9.5, 10.6 y 11.6)	D x A
1	5	APLICABILIDAD DEL PROCESO	3	0.6	3
2	10	GENERACIÓN DE RESIDUOS	4	0.8	8
3	0	ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD	3	0.6	0
4	10	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REÚSO	5	1	10
5	5	VIDA ÚTIL	3	0.6	3
6	0	REQUERIMIENTO DE ÁREA	5	1	0
7	20	COSTO			
7.1	↑	Inversión	4		
7.2		Operación y mantenimiento	5		
7.3		Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 7.3D		0.9	18
8	15	INSUMOS			
8.1	↑	Requerimiento de reactivos	5		
8.2		Requerimientos energéticos	4		
8.3		Sumar las casillas 8.1 y 8.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 8.3D		0.9	13.5
9	10	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
9.1	↑	Criterios de diseño	4		
9.2		Experiencia del contratista	0		
9.3		Tecnología ampliamente probada	4		
9.4		Complejidad en la construcción y equipamiento	5		
9.5		Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C y 9.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotarlo en la casilla 9.5D		0.65	6.5
10	20	OPERACIÓN			
10.1	↑	Flexibilidad de operación	5		
10.2		Confiabilidad del proceso	1		
10.3		Complejidad de operación del proceso	3		
10.4		Requerimiento de personal	5		
10.5		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio	5		
10.6		Sumar las casillas 11.1C, 11.2C, 11.3C, 11.4C y 11.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotarlo en la casilla 11.6D		0.76	15.2
11	15	ENTORNO			
11.1	↑	Influencia de la temperatura	3		
11.2		Producción de ruido	5		
11.3		Contaminación visual	5		

11.4		Producción de malos olores	1		
11.5		Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)	3		
11.6		Condiciones para la reproducción de animales dañinos	3		
11.7		Sumar las casillas 11.1C, 11.2C, 11.3C, 11.4C, 11.5C y 11.6C y dividir el total entre 30. El resultado anotarlo en la casilla 11.7D		0.67	3.3
12	100	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 12E			78.9

Fuente: Elaboración propia, adaptado de la Guía de selección de alternativas (NOYOLA et al, 2013)

Tabla 38. Proceso evaluado: Lodos Activados.

	A	B	C	D	E
#	%	PROCESO EVALUADO: LODOS ACTIVADOS RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0= no aplica 1= suficiente 3= adecuado 5= muy bueno	C/5 (excepto en renglones 7.3,8.3, 9.5, 10.6 y 11.6)	D x A
1	5	APLICABILIDAD DEL PROCESO	5	1	5
2	10	GENERACIÓN DE RESIDUOS	3	0.6	6
3	0	ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD	3	0.8	0
4	10	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE reúso	3	0.6	6
5	5	VIDA ÚTIL	1	0.2	1
6	0	REQUERIMIENTO DE ÁREA	3	0.6	0
7	20	COSTO			
7.1		Inversión	3		
7.2		Operación y mantenimiento	3		
7.3		Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 7.3D		0.6	12
8	15	INSUMOS			
8.1		Requerimiento de reactivos	1		
8.2		Requerimientos energéticos	3		
8.3		Sumar las casillas 8.1 y 8.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 8.3D		0.4	6
9	10	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
9.1		Criterios de diseño	5		
9.2		Experiencia del contratista	0		
9.3		Tecnología ampliamente probada	5		
9.4		Complejidad en la construcción y equipamiento	1		
9.5		Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C y 9.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotarlo en la casilla 9.5D		0.55	5.5
10	20	OPERACIÓN			

10.1		Flexibilidad de operación	3		
10.2		Confiabilidad del proceso	5		
10.3		Complejidad de operación del proceso	1		
10.4		Requerimiento de personal	3		
10.5		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio	1		
10.6		Sumar las casillas 11.1C, 11.2C, 11.3C, 11.4C y 11.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotarlo en la casilla 11.6D		0.52	10.4
11	5	ENTORNO			
11.1		Influencia de la temperatura	5		
11.2		Producción de ruido	3		
11.3		Contaminación visual	5		
11.4		Producción de malos olores	5		
		Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)	3		
11.5		Condiciones para la reproducción de animales dañinos	3		
11.6		Sumar las casillas 11.1C, 11.2C, 11.3C, 11.4C, 11.5C y 11.6C y dividir el total entre 30. El resultado anotarlo en la casilla 11.7D		0.80	4.0
12	100	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 12E			55.9

Fuente: Elaboración propia, adaptado de la Guía de selección de alternativas (NOYOLA et. al, 2013)

Tabla 39. Resultados de la Matriz de decisión para cada alternativa.

Orden de mérito	Alternativa evaluada	Calificación
1	Reactor UASB + Filtro Percolador	82.2
2	Tanque Imhoff + Filtro Percolador	78.9
3	Lodos Activados	55.9

Fuente. Elaboración propia.

- Las alternativas que logran tener una mayor calificación son los sistemas conformados por el Reactor UASB más Filtro Percolador y el Tanque Imhoff más Filtro Percolador, como se muestra en la tabla anterior.
- La alternativa en primer orden de elegibilidad es el Reactor UASB más Filtro Percolador con una puntuación de 85.8 puntos en la matriz de decisión. Como segunda opción está el tanque Imhoff más Filtro Percolador, alternativas que combinan los procesos anaerobios y aerobios tendrá una mejor eficiencia en el tratamiento del agua residual.

- Como la localidad de Jesús presenta una población mediana entre los 5000 a 10000 habitantes la mejor alternativa y solución para el tratamiento de las aguas residuales es el sistema conformado por Reactor UASB con Filtro Percolador.

c. Definición de la propuesta de tratamiento

Con la alternativa de tratamiento ya definida, se procedió a definir todas las etapas de tratamiento de las aguas residuales producidas en la localidad de Jesús, de la siguiente manera:

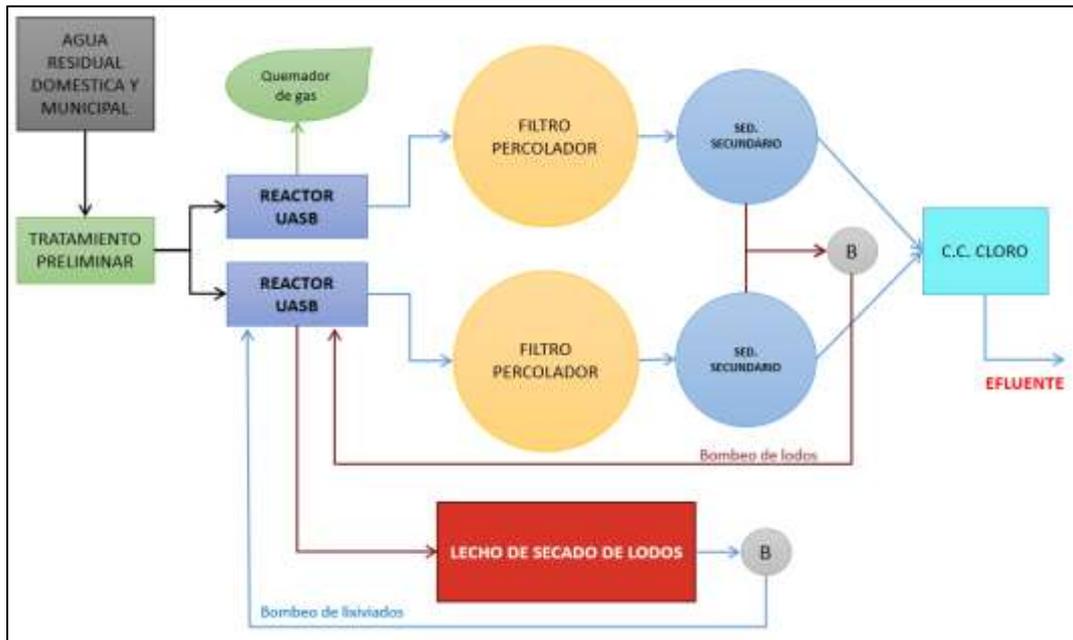


Fig. 31. Flujograma de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales propuesta.

Línea de agua, el proceso se conforma de:

- Pretratamiento con Cribas o cámara de rejillas y desarenador.
- Reactor UASB o RAFA.
- Filtro Percolador.
- Sedimentador secundario.
- Desinfección en cámara de contacto con Cloro.
- Emisor para vertido en el río Cajamarquino.

Línea de lodos, el proceso se conforma de:

- Extracción de lodos del reactor UASB.
- Deshidratación del lodo en lechos de secado.
- Almacenamiento de lodos deshidratados.
- Reúso como fertilizante del lodo deshidratado.

Línea de gases, conformado por:

- Campana de recolección.
- Sello hidráulico y purga de biogás.
- Antorcha o cámara de almacenamiento.

4.4.5 Establecer bases y criterios de diseño para la alternativa seleccionada

a. Periodo de diseño

Según lo establecido en la norma OS – 090, para este tipo de proyectos es usual considerar un periodo de diseño para las estructuras entre 20 – 30 años, dependiendo de manera directa de la vida útil de las estructuras, incremento o decrecimiento poblacional. Para el caso de la localidad de Jesús se ha considerado un **periodo de diseño de 20 años**.

b. Cálculo de la tasa de crecimiento poblacional

Para la elección del modelo de crecimiento poblacional se utilizó los datos poblacionales de los censos del año 1981, 1993, 2007 y 2017.

Tabla 40. Población censada por el INEI en el distrito de Jesús.

Censo	Población
1981	10615
1993	14061
2007	14240
2017	15020

Fuente: INEI.

Se determina la tasa de crecimiento distrital, con base en los datos de la tabla 40 y la fórmula (5), obteniéndose una tasa de crecimiento de **0.97%** para el distrito de Jesús.

c. Proyección de la población en el ámbito de estudio

Para la proyección de la población se consideró como población inicial la población usuaria del sistema de alcantarillado actual.

Tabla 41. Usuarios empadronados en el sistema alcantarillado de la localidad de Jesús.

JASS	Conexiones		Habitantes
	Agua	Desagüe	
Huanga Negra Jesús	1350	800	4860
Matarilla	97	71	349
Llimbe	280	120	1008
Total	1727	991	6217

Fuente: Elaboración propia, según Libros padrón de las respectivas JASS.

Para determinar la población de final de diseño se determinó por medio del método geométrico, con una tasa de crecimiento de **0.97%** anual, cuyo cálculo se detalla en el Anexo N° 06, para un periodo de 20 años, tomando como base **el año 2022 con una población de 6217 habitantes y obteniéndose una población futura de 7547 habitantes en el año 2042**, según la proyección realizada.

Tabla 42. Población total, cobertura y población servida en el área de estudio.

AÑO		Población de estudio (hab)	Cobertura	Población servida (hab)
0	2022	6217	57.4%	3567
1	2023	6278	100.0%	6278
2	2024	6339	100.0%	6339
3	2025	6401	100.0%	6401
4	2026	6463	100.0%	6463
5	2027	6526	100.0%	6526
6	2028	6590	100.0%	6590
7	2029	6654	100.0%	6654
8	2030	6719	100.0%	6719
9	2031	6784	100.0%	6784
10	2032	6850	100.0%	6850
11	2033	6917	100.0%	6917
12	2034	6984	100.0%	6984
13	2035	7052	100.0%	7052
14	2036	7121	100.0%	7121
15	2037	7190	100.0%	7190
16	2038	7260	100.0%	7260
17	2039	7331	100.0%	7331
18	2040	7402	100.0%	7402
19	2041	7474	100.0%	7474
20	2042	7547	100.0%	7547

Fuente: Elaboración propia.

d. Delimitación de área de drenaje

El área de influencia del proyecto comprende todos los usuarios de la JASS Huanga Negra Jesús y en una posible expansión del área de influencia se ampliará hacia sectores de la Matarilla y Llimbe, usuarios que tienen conexiones al alcantarillado de la localidad de Jesús y sus conexiones de agua potable pertenecen a sus respectivas JASS. Para la proyección en el tiempo del proyecto de alcantarillado y planta de tratamiento en la localidad de Jesús, también

se considera un aumento de usuarios en los sectores de Matarilla y Llimbe y en zonas de expansión urbana de la localidad. En la imagen se puede apreciar el área de influencia del proyecto y los sectores a los cuales abarca.

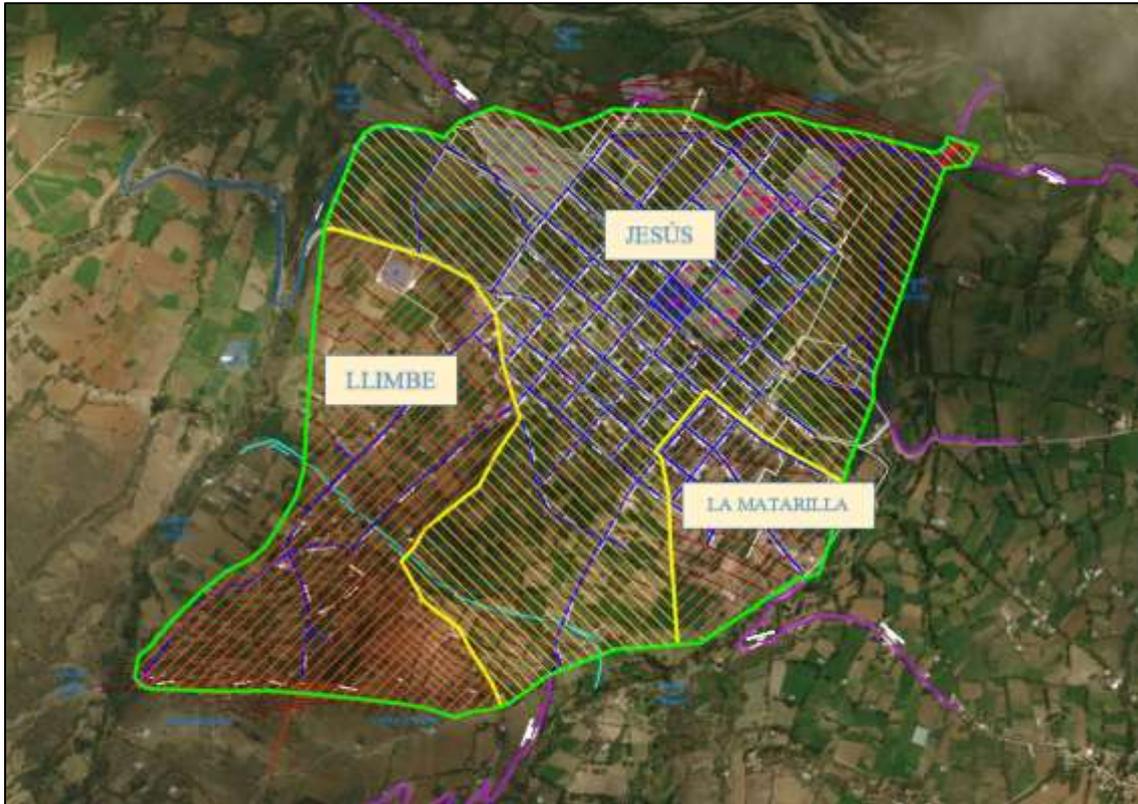


Fig. 32. Delimitación de las áreas de drenaje proyectadas en la localidad de Jesús.

e. Dotación

La dotación de agua potable está en función del tipo de sistema y al clima de cada localidad de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, como se puede observar en la tabla 12, la dotación para la localidad de Jesús es de **120 lt/hab/día**.

f. Coeficiente de variación de consumo

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones el valor de los coeficientes es de **K1 = 1.3** y **K2 = 2.5**.

g. Cálculo teórico del caudal de aguas residuales

La cantidad de aguas residuales producida por una población depende del grado de cobertura del sistema de alcantarillado, la cantidad de agua potable consumida y el porcentaje de aporte de la misma, con base en la tabla 12, parámetros establecidos en la norma OS 070 y las fórmulas (6)(8)(9). Se obtienen los caudales para los diferentes periodos del proyecto se presenta en la tabla 33.

Tabla 43. Caudales de agua residual a ser tratado por la PTAR propuesta.

AÑO	Población de estudio (hab)	Cobertura	Caudal medio		Caudal max. hor.		Caudal de diseño		
			lps	m3/d	lps	m3/d	lps	m3/d	
0	2022	6217	57.4%	8.63	746.04	21.59	1865.10	17.27	1492.08
1	2023	6278	100.0%	8.72	753.36	21.80	1883.40	17.44	1506.72
2	2024	6339	100.0%	8.80	760.68	22.01	1901.70	17.61	1521.36
3	2025	6401	100.0%	8.89	768.12	22.23	1920.30	17.78	1536.24
4	2026	6463	100.0%	8.98	775.56	22.44	1938.90	17.95	1551.12
5	2027	6526	100.0%	9.06	783.12	22.66	1957.80	18.13	1566.24
6	2028	6590	100.0%	9.15	790.80	22.88	1977.00	18.31	1581.60
7	2029	6654	100.0%	9.24	798.48	23.10	1996.20	18.48	1596.96
8	2030	6719	100.0%	9.33	806.28	23.33	2015.70	18.66	1612.56
9	2031	6784	100.0%	9.42	814.08	23.56	2035.20	18.84	1628.16
10	2032	6850	100.0%	9.51	822.00	23.78	2055.00	19.03	1644.00
11	2033	6917	100.0%	9.61	830.04	24.02	2075.10	19.21	1660.08
12	2034	6984	100.0%	9.70	838.08	24.25	2095.20	19.40	1676.16
13	2035	7052	100.0%	9.79	846.24	24.49	2115.60	19.59	1692.48
14	2036	7121	100.0%	9.89	854.52	24.73	2136.30	19.78	1709.04
15	2037	7190	100.0%	9.99	862.80	24.97	2157.00	19.97	1725.60
16	2038	7260	100.0%	10.08	871.20	25.21	2178.00	20.17	1742.40
17	2039	7331	100.0%	10.18	879.72	25.45	2199.30	20.36	1759.44
18	2040	7402	100.0%	10.28	888.24	25.70	2220.60	20.56	1776.48
19	2041	7474	100.0%	10.38	896.88	25.95	2242.20	20.76	1793.76
20	2042	7547	100.0%	10.48	905.64	26.20	2264.10	20.96	1811.28

Fuente: Elaboración propia.

En lo referente al caudal de diseño, se calcula en función de la población proyectada para el área de estudio y la demanda neta de agua, teniendo como resultado un caudal de 20.96 lt/s para el año 2042, donde el sistema de alcantarillado proyectado recolectar el agua residual y lo derivará mediante un colector principal hacia la PTAR, la cual se ubicará en la parte baja de la localidad de Jesús cerca al río Cajamarquino.

h. Calidad de las aguas residuales crudas

En los periodos de los meses de junio a setiembre del 2021 y abril a mayo del 2022, como parte de la presente investigación se realizó la caracterización de las aguas residuales crudas generadas por la población de la localidad de Jesús, cuyos informes con los resultados obtenidos en laboratorio y en campo se presentan en el anexo N°3.

Así, para el horizonte del proyecto (2042), la planta de tratamiento propuesta deberá estar en capacidad de tratar aguas residuales provenientes de 7547 personas con un caudal de 1811.28 m³/d, de esta manera, las características del agua residual cruda entre los años 1 al 20 del proyecto podrían tener valores indicados en la tabla 34.

Tabla 44. Resumen de los parámetros de cargas contaminantes.

AÑO	Población de estudio (hab)	Caudal medio		Caudal de diseño		DBO5	DQO	SST	A y G	
		lps	m3/d	lps	m3/d	(Kg/dia)	(Kg/dia)	(Kg/dia)	(Kg/dia)	
0	2022	6217	8.63	746.04	17.27	1492.08	136.51	254.60	133.47	10.74
1	2023	6278	8.72	753.36	17.44	1506.72	137.85	257.10	134.78	10.85
2	2024	6339	8.80	760.68	17.61	1521.36	139.19	259.60	136.09	10.95
3	2025	6401	8.89	768.12	17.78	1536.24	140.55	262.14	137.42	11.06
4	2026	6463	8.98	775.56	17.95	1551.12	141.91	264.68	138.75	11.17
5	2027	6526	9.06	783.12	18.13	1566.24	143.30	267.26	140.10	11.28
6	2028	6590	9.15	790.80	18.31	1581.60	144.70	269.88	141.47	11.39
7	2029	6654	9.24	798.48	18.48	1596.96	146.11	272.50	142.85	11.50
8	2030	6719	9.33	806.28	18.66	1612.56	147.53	275.16	144.24	11.61
9	2031	6784	9.42	814.08	18.84	1628.16	148.96	277.82	145.64	11.72
10	2032	6850	9.51	822.00	19.03	1644.00	150.41	280.52	147.06	11.84
11	2033	6917	9.61	830.04	19.21	1660.08	151.88	283.27	148.49	11.95
12	2034	6984	9.70	838.08	19.40	1676.16	153.35	286.01	149.93	12.07
13	2035	7052	9.79	846.24	19.59	1692.48	154.84	288.80	151.39	12.19
14	2036	7121	9.89	854.52	19.78	1709.04	156.36	291.62	152.87	12.31
15	2037	7190	9.99	862.80	19.97	1725.60	157.88	294.45	154.35	12.42
16	2038	7260	10.08	871.20	20.17	1742.40	159.41	297.31	155.86	12.55
17	2039	7331	10.18	879.72	20.36	1759.44	160.97	300.22	157.38	12.67
18	2040	7402	10.28	888.24	20.56	1776.48	162.53	303.13	158.91	12.79
19	2041	7474	10.38	896.88	20.76	1793.76	164.11	306.08	160.45	12.92
20	2042	7547	10.48	905.64	20.96	1811.28	165.71	309.07	162.02	13.04

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 34, se muestra la carga orgánica total del agua residual cruda producida en el área del proyecto para diferentes años teniendo como referencia el estudio de caracterización de agua residual realizado.

i. Descripción del proceso de tratamiento de las aguas residuales.

- Pretratamiento

Para el pretratamiento de aguas residuales se utiliza las cribas o cámara de rejas y los desarenadores.

Cribas

Está formado por una cámara de rejillas y un canal By pass, ambos regulados por compuertas manuales y equipados con sistema de limpieza manual con depósitos para almacenar los residuos sólidos retenidos en la rejilla, previo a dicha estructura se ubicará un aliviadero de demasías. Los residuos sólidos removidos por el sistema de rejillas serán dispuestos en un monorelleno o relleno sanitario de la localidad.

Desarenador

Según la norma OS.090, los desarenadores son de manera obligatoria para las plantas que contengan sedimentadores y digestores, como es este caso. Se utilizaron las consideraciones establecidas en dicha norma para el diseño y dimensionamiento del desarenador.

Aforador Parshall

La norma OS 090, recomienda que después de las cribas y desarenador debe ir de manera obligatoria un medidor de caudal de régimen crítico, pudiendo ser del tipo Parshall.

- Reactor UASB o RAFA (Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente)

El reactor UASB es una unidad de tratamiento biológico anaerobio, el cual según su diseño permite mantener el agua residual en suspensión, haciendo ingresar el afluente por la parte inferior a través de un sistema de distribución. El agua residual asciende atravesando el manto de lodos conformado por microorganismos de tipo anaerobio. En la parte superior se ubica una campana que facilita la separación de la fase líquida y gaseosa, haciendo que el efluente salga hacia un postratamiento. Los parámetros para el cálculo de las dimensiones se muestran a continuación:

- Filtro Percolador

Los filtros percoladores son unidades de tratamiento secundario del tipo biológico con medio adherido o asistido. Es decir, el agua residual pasa a través de un medio filtrante donde un grupo de bacterias y otros microorganismos, se desarrollan progresivamente en el medio filtrante formando una película biológica que permite la degradación biológica de la materia orgánica. El medio filtrante puede ser roca volcánica, piedra chancada o material plástico con configuraciones especiales, buscando maximizar la superficie de contacto sobre la cual se desarrolla la masa biológica útil para el

tratamiento. El agua ingresa tras haber recibido un tratamiento previo en los reactores UASB.

Los filtros percoladores diseñados son de alta tasa y su funcionamiento será de la siguiente manera:

- El agua residual tratada por el reactor UASB ingresa por la parte superior del filtro percolador.
- mediante un brazo rotatorio a manera de ducha sobre la superficie del filtro, de una manera constante y con un giro moderado de tal forma que el agua bañe toda la superficie disponible.
- El brazo está a 30 cm de la superficie del medio filtrante, al caer permite la oxigenación de las partículas de agua, permitiendo una aireación artificial que ayuda al proceso de tratamiento biológico.
- El lecho filtrante es rico en bacterias que degradan la materia orgánica presente en el agua.
- El agua se recolecta en el fondo, hacia un canal de drenaje, para luego pasar al sedimentador secundario.

- **Sedimentador Secundario**

El efluente de los filtros percoladores contiene materia orgánica formada en dicho filtro es conducido hacia los sedimentadores secundarios, cuya función es separar los sólidos del efluente de agua residual tratada, para luego conducirla hacia la cámara de contacto para la desinfección. Los lodos separados serán bombeados hacia los reactores UASB mediante un sistema de bombeo para su digestión.

- **Lechos de secado**

Son estructuras acondicionadas para deshidratar los lodos provenientes de los reactores UASB. Dando como producto lodo deshidratado, facilitando así su disposición final en un nomorelleno, relleno sanitario o su aprovechamiento como fertilizante en actividades agrícolas. Como en Jesús se presentan lluvias los lechos de secado tendrá un techo de calamina para evitar que la lluvia entre al área de secado.

- **Cámara de Contacto**

La cámara de contacto tiene como función asegurar la calidad del efluente de la PTAR. El mecanismo de cloración permite la desinfección para obtener concentraciones de

microorganismos patógenos por debajo de los Límites Máximos Permisibles para vertimiento o reúso en riego de cultivos agrícolas. El sistema estará conformado por un dosificador de cloro gas y una cámara de contacto donde se debe garantizar un tiempo de retención de 20 minutos, para la eliminación de organismos patógenos y lograr una desinfección adecuada.

- **Tratamiento de olores**

En función de la ubicación de la PTAR y de las viviendas; y según el análisis a los registros de dirección del viento la dirección predominante es en *Sur-este*, pero también se presentan vientos en dirección *Este* los cuales afectarían, ya que, de generarse malos olores durante la operación de la PTAR, estos vientos arrastrarán los malos olores hacia la población, pudiendo causar malestar a los habitantes. Para evitar esta problemática se tendrían que establecer medidas en la operación y mantenimiento de la PTAR, como: que todos los residuos sólidos retenidos en las estructuras de pretratamiento y material flotante (natas, espuma y otros) de los demás procesos, deberán ser depositados en depósitos (contenedores) y definir el ciclo de recolección y disposición final en un mono relleno o relleno sanitario con las medidas necesarias para evitar malos olores, dicho ciclo estará en función de la capacidad, número de contenedores, tasa de descomposición de la materia orgánica y nivel de producción de olores.

Además, también se pueden implementar medidas como la barrera de árboles, ya que con la producción de oxígeno y por su misma estructura ayudarían a reducir la velocidad del viento, así evitar la propagación de los malos olores hacia las viviendas.

La distribución de las diferentes estructuras que conforman la PTAR se puede observar en el Anexo 08: “Planos”, *Distribución de estructuras de la PTAR*.

Reducción de cargas contaminantes presentes en el agua residual por cada proceso de tratamiento y determinación de la calidad del efluente de agua tratada como se observa en la tabla 45, la cual se dispondrá para vertido al río Cajamarquino, para reúso en actividades agrícolas u otra actividad deben cumplir con los parámetros establecidos para cada actividad por la normativa vigente.

Tabla 45. Reducción de carga contaminante según procesos de tratamiento.

parámetros	Agua Residual cruda	Pre tratamiento	→	UASB	→	Filtro Percolador	→	sed. Secundaria	→	Cloración	Efluente →
DBO	182.98	5%	173.83	40%	104.30	65%	36.50	40%	21.90	0%	21.90
DQO	341.27	5%	324.21	65%	113.47	60%	45.39	30%	31.77	0%	31.77
SST	178.90	10%	161.01	65%	56.35	60%	22.54	40%	13.52	0%	13.52
A y G	14.4	70%	4.32	0%	4.32	0%	4.32	50%	2.16	0%	2.16
Col. Term.	3.5E+07	5%	3.4E+07	40%	2.0E+07	80%	4.0E+06	10%	3.6E+06	99.9%	3.6E+03

Fuente: Elaboración Propia.

Además, se realizó la comparación del Efluente de la PTAR con los Límites Máximos Permisibles. Como se puede observar en la tabla 46, cumple con todos los Límites establecidos.

Tabla 46. Comparación de los parámetros del efluente de la PTAR con los LMP.

Parámetros	Unidad	Efluente PTAR	LMP (DS N° 03-2010- MINAM)	Condición
DBO	mg/L	21.90	100	Cumple
DQO	mg/L	31.77	200	Cumple
SST	mg/L	13.52	150	Cumple
AyG	mg/L	2.16	20	Cumple
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	3.6 E+03	1.0E+04	Cumple
pH	unidad	7.59	6.5 - 8.5	Cumple
Temperatura	°C	18.8	< 35	Cumple

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones de la investigación, que están en función a los objetivos planteados y resultados obtenidos:

- La propuesta de tratamiento para el agua residual de la localidad de Jesús es un sistema de Reactor UASB con filtros percoladores, conformado por un pretratamiento con una cámara de rejillas, desarenador y aforador Parshall, luego están los reactores UASB, los filtros percoladores, sedimentadores secundarios y la desinfección mediante una cámara de contacto de cloro. Además, lechos de secado para la deshidratación de los lodos producidos por el reactor UASB, los lodos extraídos del sedimentador secundario serán bombeados hacia el reactor UASB para ser digeridos. Los gases producidos por el reactor UASB serán conducidos y quemados en una antorcha, los cuales también pueden ser utilizados para generación de energía. Reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero en la PTAR.
- La zona de estudio abarca la localidad de Jesús y los caseríos de Llimbe y la Matarilla, estos sectores tienen su sistema de agua potable independiente y son abastecidos por manantiales los cuales son conducidos por gravedad hacia sus sistemas de distribución, pero comparten el sistema de alcantarillado, el cual cuenta con una PTAR fuera de funcionamiento y ubicada aledaña a viviendas, generando la descarga de aguas residuales sin tratamiento al río Cajamarquino causando una contaminación ambiental. Además, dichas aguas son utilizadas para riego de cultivos agrícolas, los cuales se convierten en peligro para la salud de las personas que los consumen de manera directa o indirecta.
- El tratamiento actual de las aguas residuales de la localidad de Jesús, presenta un sistema de alcantarillado y planta de tratamiento colapsados, debido a que ya superaron su capacidad de diseño y vida útil, ya que el sistema de alcantarillado data del 1971 y la PTAR fue construida en 1982. Debido al crecimiento demográfico su ubicación no es la más propicia, ya que actualmente tiene viviendas a su alrededor.
- La localidad de Jesús se caracteriza por tener un clima templado propio de la sierra, con una temperatura variadas con un promedio mensual máximo de 21.8°C y mínimo de

7.8°C, la precipitación se presenta con un promedio mensual de 55.04 mm y un promedio anual de 657.94 mm con dos estaciones marcadas una lluviosa entre los meses de octubre a abril y otra de estiaje entre los meses de mayo a setiembre; los vientos presentan una velocidad promedio de 2.61 Km/h y una dirección predominante Sur-este (SE), que es un factor importante para la ubicación definitiva de la PTAR; el área destinada para la construcción de la PTAR es de 2500 m² a una altitud promedio de 2504 m.s.n.m. la cual permitirá derivar las aguas residuales por gravedad para atender con el tratamiento de aguas residuales del 100% de la localidad de Jesús.

- La caracterización física, química y bacteriológica que se realizó a las aguas residuales de la localidad de Jesús en los periodos de junio a setiembre y abril a mayo, permitieron determinar los siguientes valores promedio de los parámetros evaluados: Temperatura (18.8°C), pH (7.59), DBO₅ (182.98 mg/l), DQO (341.27 mg/l), SST (178.9 mg/l), Aceites y grasas (14.4 mg/l) y Coliformes termotolerantes (3.54E+07 NMP/100ml). Obteniendo la relación DBO₅/DQO de 0.53, lo que implica que el agua residual es muy biodegradable y se puede tratar mediante procesos biológicos.
- En la comparación que se realizó de los valores de los parámetros obtenidos de laboratorio del análisis fisicoquímico y bacteriológico con los valores de los Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTARs, establecidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM. Dando como resultado que los parámetros de DBO₅, DQO, SST, Coliformes Termotolerantes están fuera del rango de los Límites máximos Permisibles. Mientras la Temperatura, pH y Aceites y grasas están dentro del rango de los Límites máximos Permisibles, Tal como se muestra en la tabla 32. Lo que fundamenta que la calidad de las aguas del río Cajamarquino vienen siendo afectadas por la descarga de las aguas residuales sin tratar de la localidad de Jesús.
- La selección de la alternativa para el tratamiento de las aguas residuales de la localidad de Jesús, se dio mediante la evaluación a través matriz de decisión, eligiendo en función de características, condiciones y parámetros ambientales de la zona de estudio, además de las características del agua residual producida. Obteniendo los siguientes resultados: en primer lugar, la alternativa de Reactor UASB + Filtro Percolador obteniendo una puntuación de 82.2 puntos. Seguidos por la alternativa de Tanque Inhoff + Filtro Percolador con una puntuación de 78.9 puntos y en tercer lugar la alternativa de Lodos

Activados con una puntuación de 55.9 puntos. Considerando que la alternativa de Reactor UASB + Filtro Percolador obtuvo el mayor puntaje, para ser seleccionada como alternativa más adecuada, eficiente y viable para el tratamiento de las aguas residuales de la localidad de Jesús.

- Con la información que se recopiló en campo y en laboratorio se determinaron las bases y criterios de diseño para la PTAR de la localidad de Jesús. Se determinó los siguientes parámetros:
 - ✓ Tasa de crecimiento poblacional: 0.97%.
 - ✓ Periodo de diseño para PTAR: 20 años.
 - ✓ La población de diseño del área en estudio al año 2042 será de 7547 habitantes.
 - ✓ Caudal medio de contribución sanitaria al año 2042: $Q_{med} = 10.5$ lt/s.
 - ✓ Caudal de diseño al año 2042: $Q_{diseño} = 21$ lt/s.
 - ✓ Dotación per cápita de agua potable: 120 lpd.
 - ✓ La concentración de DQO al año 2022 es de 341.27 mg/l.
 - ✓ La concentración de DBO al año 2022 es de 182.98 mg/l.
 - ✓ La relación de biodegradabilidad, $DBO/DQO = 0.53$.
 - ✓ Masa de descarga de contaminantes, tales como DBO_5 , DQO y Sólidos Suspendidos Totales (Kg/día): $DBO_{2022} = 136.51$, $DBO_{2032} = 150.41$, $DBO_{2042} = 165.71$, $DQO_{2022} = 254.60$, $DQO_{2032} = 280.52$, $DQO_{2042} = 309.07$, $SST_{2022} = 133.47$, $SST_{2032} = 147.06$, $SST_{2042} = 162.02$.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, en futuras investigaciones relacionadas con el tema de tratamiento de aguas residuales, se determine los impactos ambientales producidos por el vertimiento de agua residual sin tratar y los impactos positivos producidos con la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales para poder compararlos y poder cuantificar los beneficios al medio ambiente y a la población.
- Se recomienda realizar la identificación de las fuentes contaminantes de los ríos y cuerpos de agua dentro de la cuenca del río Cajamarquino, para poder planificar y tomar acciones en disminuir la contaminación de dicho río. Ya que es de vital importancia para el desarrollo de diferentes actividades económicas que benefician a la población cajamarquina.

- Se recomienda realizar un estudio para determinar la tarifa por el servicio de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales junto a la implementación de la micromedición, ya que de esto depende la sostenibilidad de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.
- Se recomienda elaborar planes de concientización sobre el manejo de residuos sólidos y uso de los sistemas de saneamiento, así poder evitar que estos residuos sean introducidos a la red de alcantarillado y provoquen problemas de obstrucciones tanto en la red como en la PTAR.
- Se recomienda investigar sobre las posibles actividades en donde se pueda reaprovechar de los residuos producidos en una PTAR, el efluente de agua, los lodos deshidratados y el biogás producido en los digestores. Que podrían tener un valor económico que ayuda a la sostenibilidad de la planta.
- Se recomienda realizar un estudio de modelamiento hidráulico del río Cajamarquino en el tramo Succha – Chuquita, para determinar zonas inundables, para poder determinar la ubicación definitiva de PTAR, ya que en la ubicación de terreno destinado para la construcción de la PTAR podría tener riesgo de inundación por el río Cajamarquino.
- Las entidades estatales y privadas deben invertir para impulsar temas de investigación que permitan dar soluciones óptimas y viables al tratamiento de las aguas residuales, para poder disminuir la contaminación de los cuerpos de agua como ríos, quebradas, lagos o lagunas.
- Para futuros proyectos de alcantarillado para agua residuales y sistema de drenaje de agua pluviales deben ser formulados del tipo separativo, ya que el sistema de drenaje pluvial puede causar el colapso del sistema de alcantarillado, así también podría afectar los procesos que se dan en la planta de tratamiento de aguas residuales, así como también a las estructuras y equipos que conforman dicha planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALA CAJAMARCA. (2020). Evaluación de resultados del décimo monitoreo participativo de la calidad del agua superficial de la Cuenca Crisnejas – Sub cuenca Cajamarquino. 2020.
- ALIANZA POR EL AGUA. (2014). Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas. s.l.: Ideasmares, 2014.
- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation). (1992). Métodos Normalizados para el análisis de agua potable y residual. Madrid: Díaz de Santos, 1992.
- BENDEZU, R., y MARTINES, A. (2015). Propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales utilizando filtros percoladores - lodos anaeróbicos ecológicos para el distrito de Huancayo, provincia de Huancayo - Junín. Huancayo.
- CARDIEL, J., & BAUTISTA, F. (2018). Diseño de Biodiscos para el Tratamiento de Aguas Negras en José Sixto Veruzco, Michoacán, México. México.
- CAMARGO, J. (2010). Parámetros Físico Químicos para la Caracterización de los residuos Líquidos. 2010.
- CHERNICHARO, C. (2007). Biological Wastewater Treatment Series. Brasil: LONDON-NEW YORK.
- CONAGUA. (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente. México.
- CONAGUA. (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Introducción al Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. México.
- CRITES, R., y TCHOBANOGLIOUS, G. (2000). Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. McGraw-Hill. 1043pp.
- CONIL, P., JIMÉNEZ, M. y DEL VALLE, V. (1996). Tratamiento y Aprovechamiento de agua residual doméstica con reactores UASB y filtros percoladores en el altiplano de Guatemala, Bucaramanga Colombia: s.n., 1996.
- CORTEZ, V. L. (2018). Caracterización de las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca y propuesta de tratamiento en la zona de Huacariz. Cajamarca - Perú.
- GARCÍA, J., y CORZO, A. (2008). Depuración con humedales construidos, Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial. Catalunya - España.

- METCALF y EDDY. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización. Madrid: Mc. Graw Hill.
- MORGAN, J.M., LÓPEZ, J. y NOYOLA, A. (2013). Matriz de Decisión para la Selección de Tecnología Relacionada con el Tratamiento. México D.F.: s.n., 2013.
- MVCS. (2013). Protocolo de Monitoreo de la Calidad en los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Lima.
- NOYOLA, A., MORGAN-SAGASTUME, J. M., y GUERECA, L. P. (2013). Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales "Guía de Apoyo para Ciudades Pequeñas y Medianas". México: s.n., 2013.
- OEFA. (2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Lima – Perú.
- OPS, (2005). Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización. CEPIS/OMS. Lima - Perú: s.n., 2005.
- PALMER BERNAL, W. M. (2015). Construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales para la localidad de Cascas, provincia de Gran Chimú - La Libertad. Lima, Perú.
- QUIROZ, P. (2009). Planta de tratamiento de aguas residuales para regadío en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú: s.n., 2009.
- RAMALHO, R. (1996). Tratamiento de Aguas Residuales. Barcelona – España: Editorial Reverte, S.A., 1996.
- REGAL, M. (2008). *Abastecimiento de agua y alcantarillado*. Tercera edición. Editorial Ciencias. Lima – Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). (2006). Norma de Saneamiento OS.090 "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales". Lima – Perú.
- REYNOLDS, T. D. y RICHARDS, P. A., (1996). Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Second Edition, PWS Publishing Company, Boston, 1996.
- ROMERO, J. (2002). Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002.
- SEOÁNEZ, M. (2001). Tratado de Gestión de Medio Ambiente Urbano (Primera ed.). Mundiprensa.
- SUNASS. (2015). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicio de saneamiento (Primera edición ed.). Lima, Perú: s.n., 2015.

ANEXOS

Anexo N° 01: Panel fotográfico.



Fig. 33. Vista de la zona de descarga de aguas residuales de la localidad de Jesús.



Fig. 34. Visita a la PTAR actual.



Fig. 35. Identificación último buzón.



Fig. 36. Descarga de último buzón.



Fig. 37. Tramo para aforo y muestreo.



Fig. 38. Identificación de punto de aforo.



Fig. 39. Medición del tramo de aforo.



Fig. 40. Medición de tirantes en sección.



Fig. 41. Esfera de tecnopor (flotador).



Fig. 42. Material para muestreo.



Fig. 43. Material de muestreo.



Fig. 44. Rotulado de frascos muestreadores.



Fig. 45. Rotulado de frascos muestreadores.



Fig. 46. Toma de parámetros in situ.



Fig. 47. Toma de muestras.



Fig. 48. Adición de reactivos de conservación.



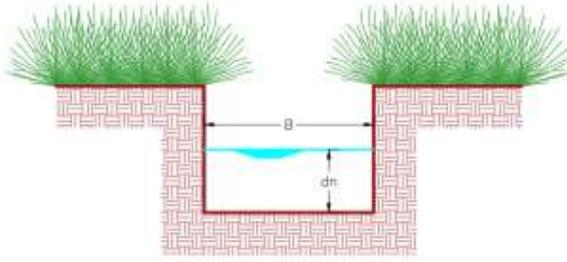
Fig. 49. Apuntes con datos de campo.



Fig. 50. Terreno para la construcción de la PTAR.

Anexo N° 02: Aforos

MEDICIONES DE CAUDAL



Formulas

$$d_{prom} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} \quad A_{prom} = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$t_{prom} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n} \quad V = 0.8 * \frac{D}{t_{prom}}$$

$$A = d_{prom} * b$$

$$Q = V * A$$

Donde:

b: tirante, t: tiempo, D: recorrido, B: ancho del canal, V: velocidad, A: área, Q: caudal.

PRIMER AFORO

Fecha: 21/06/2021

Hora: 11:30 a.m

b1 = 0.70 m b2 = 0.75 m D = 10.00 m

Seccion 1		Seccion 2		Flotador	
Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (seg)
0+0	0.06	0+0	0.05	1	17.62
0+10	0.065	0+10	0.062	2	19.62
0+20	0.048	0+20	0.065	3	16.51
0+30	0.062	0+30	0.058	4	17.13
0+40	0.055	0+40	0.061	5	17.33
0+50	0.051	0+50	0.065	6	19.06
0+60	0.058	0+60	0.055	7	17.58
0+70	0.065	0+70	0.062	8	17.95
d prom	0.058	0+75	0.054	9	18.02
		d prom	0.059	10	18.5
A1 =	0.041 m2	A2 =	0.044 m2	t prom	17.93

Calculando el caudal:

$$A_{prom} = 0.0425 \text{ m}^2$$

$$V = 0.4461 \text{ m/s}$$

$$Q = 0.0189 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 18.95 \text{ lt/s}$$

TERCER AFORO

Fecha: 20/07/2021

Hora: 10:30 a.m

b1 = 0.70 m b2 = 0.75 m D = 10.00 m

Seccion 1		Seccion 2		Flotador	
Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (seg)
0+0	0.06	0+0	0.055	1	18.22
0+10	0.07	0+10	0.068	2	18.35
0+20	0.071	0+20	0.076	3	17.65
0+30	0.076	0+30	0.074	4	19.2
0+40	0.063	0+40	0.061	5	18.31
0+50	0.078	0+50	0.077	6	17.58
0+60	0.073	0+60	0.07	7	19.36
0+70	0.059	0+70	0.058	8	18.95
d prom	0.069	0+75	0.04	9	19.56
		d prom	0.064	10	18.35
A1 =	0.048 m2	A2 =	0.048 m2	t prom	18.55

Calculando el caudal:

$$A_{prom} = 0.0482 \text{ m}^2$$

$$V = 0.4312 \text{ m/s}$$

$$Q = 0.0208 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 20.78 \text{ lt/s}$$

SEGUNDO AFORO

Fecha: 05/07/2021

Hora: 10:45 a.m

b1 = 0.70 m b2 = 0.75 m D = 10.00 m

Seccion 1		Seccion 2		Flotador	
Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (seg)
0+0	0.04	0+0	0.035	1	18.59
0+10	0.076	0+10	0.073	2	19.22
0+20	0.077	0+20	0.074	3	17.78
0+30	0.081	0+30	0.079	4	19.57
0+40	0.08	0+40	0.075	5	18.53
0+50	0.069	0+50	0.066	6	19.25
0+60	0.08	0+60	0.075	7	19.20
0+70	0.035	0+70	0.05	8	18.61
d prom	0.067	0+75	0.03	9	18.95
		d prom	0.062	10	17.83
A1 =	0.047 m2	A2 =	0.046 m2	t prom	18.75

Calculando el caudal:

$$A_{prom} = 0.0467 \text{ m}^2$$

$$V = 0.4266 \text{ m/s}$$

$$Q = 0.0199 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 19.94 \text{ lt/s}$$

CUARTO AFORO

Fecha: 02/08/2021

Hora: 10:40 a.m

b1 = 0.70 m b2 = 0.75 m D = 10.00 m

Seccion 1		Seccion 2		Flotador	
Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (seg)
0+0	0.02	0+0	0.03	1	17.83
0+10	0.04	0+10	0.055	2	17.73
0+20	0.054	0+20	0.064	3	17.54
0+30	0.065	0+30	0.072	4	17.1
0+40	0.072	0+40	0.079	5	16.85
0+50	0.063	0+50	0.081	6	16.57
0+60	0.061	0+60	0.065	7	17.38
0+70	0.03	0+70	0.035	8	16.41
d prom	0.051	0+75	0.02	9	18.12
		d prom	0.056	10	17.42
A1 =	0.035 m2	A2 =	0.042 m2	t prom	17.30

Calculando el caudal:

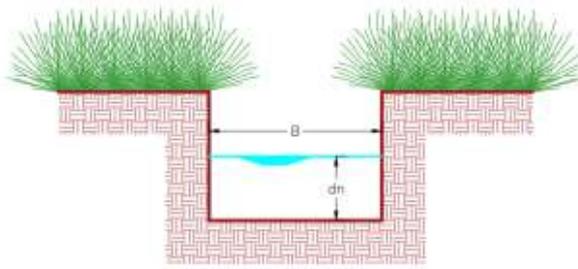
$$A_{prom} = 0.0386 \text{ m}^2$$

$$V = 0.4626 \text{ m/s}$$

$$Q = 0.0179 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 17.85 \text{ lt/s}$$

MEDICIONES DE CAUDAL



Formulas

$$d_{prom} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} \quad A_{prom} = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$t_{prom} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n} \quad V = 0.8 * \frac{D}{t_{prom}}$$

$$A = d_{prom} * b$$

$$Q = V * A$$

Donde:

b: tirante, t: tiempo, D: recorrido, B: ancho del canal, V: velocidad, A: área, Q: caudal.

QUINTO AFORO

Fecha: 16/08/2021

Hora: 11:40 a.m

b1 = 0.70 m b2 = 0.75 m D = 10.00 m

Seccion 1		Seccion 2		Flotador	
Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (seg)
0+0	0.03	0+0	0.04	1	18.56
0+10	0.045	0+10	0.05	2	17.69
0+20	0.058	0+20	0.065	3	18.32
0+30	0.06	0+30	0.068	4	17.43
0+40	0.068	0+40	0.071	5	17.25
0+50	0.07	0+50	0.075	6	18.15
0+60	0.08	0+60	0.079	7	17.98
0+70	0.064	0+70	0.062	8	18.36
d prom	0.059	0+75	0.03	9	17.58
		d prom	0.060	10	18.4
A1 =	0.042 m ²	A2 =	0.045 m ²	t prom	17.97

Calculando el caudal:

$$\begin{aligned} A_{prom} &= 0.0433 \text{ m}^2 \\ V &= 0.4451 \text{ m/s} \\ Q &= 0.0193 \text{ m}^3/\text{s} \\ \mathbf{Q} &= \mathbf{19.27 \text{ lt/s}} \end{aligned}$$

SETIMO AFORO

Fecha: 14/09/2021

Hora: 11:10 a.m

b1 = 0.70 m b2 = 0.75 m D = 10.00 m

Seccion 1		Seccion 2		Flotador	
Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (seg)
0+0	0.042	0+0	0.053	1	16.95
0+10	0.057	0+10	0.061	2	14.69
0+20	0.053	0+20	0.059	3	15.23
0+30	0.048	0+30	0.051	4	15.47
0+40	0.054	0+40	0.056	5	16.42
0+50	0.047	0+50	0.06	6	15.1
0+60	0.035	0+60	0.054	7	15.59
0+70	0.045	0+70	0.041	8	16.15
d prom	0.048	0+75	0.035	9	14.8
		d prom	0.052	10	15.81
A1 =	0.033 m ²	A2 =	0.039 m ²	t prom	15.62

Calculando el caudal:

$$\begin{aligned} A_{prom} &= 0.0363 \text{ m}^2 \\ V &= 0.5121 \text{ m/s} \\ Q &= 0.0186 \text{ m}^3/\text{s} \\ \mathbf{Q} &= \mathbf{18.57 \text{ lt/s}} \end{aligned}$$

SEXTO AFORO

Fecha: 01/09/2021

Hora: 10:43 a.m

b1 = 0.70 m b2 = 0.75 m D = 10.00 m

Seccion 1		Seccion 2		Flotador	
Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (seg)
0+0	0.038	0+0	0.042	1	17.58
0+10	0.051	0+10	0.06	2	16.4
0+20	0.065	0+20	0.068	3	16.75
0+30	0.063	0+30	0.072	4	17.35
0+40	0.048	0+40	0.051	5	16.98
0+50	0.035	0+50	0.048	6	17.82
0+60	0.045	0+60	0.053	7	17.51
0+70	0.042	0+70	0.046	8	16.83
d prom	0.048	0+75	0.035	9	16.95
		d prom	0.053	10	17.62
A1 =	0.034 m ²	A2 =	0.040 m ²	t prom	17.18

Calculando el caudal:

$$\begin{aligned} A_{prom} &= 0.0367 \text{ m}^2 \\ V &= 0.4657 \text{ m/s} \\ Q &= 0.0171 \text{ m}^3/\text{s} \\ \mathbf{Q} &= \mathbf{17.10 \text{ lt/s}} \end{aligned}$$

OCTAVO AFORO

Fecha: 28/09/2021

Hora: 11:05 a.m

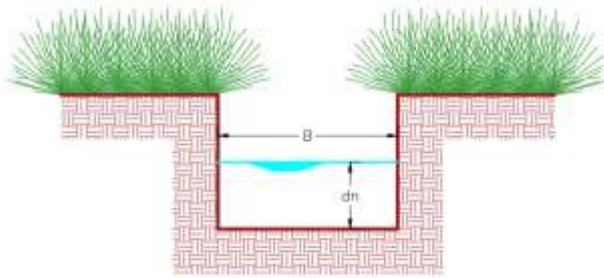
b1 = 0.70 m b2 = 0.75 m D = 10.00 m

Seccion 1		Seccion 2		Flotador	
Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (seg)
0+0	0.04	0+0	0.041	1	18.11
0+10	0.038	0+10	0.048	2	17.85
0+20	0.041	0+20	0.045	3	17.8
0+30	0.055	0+30	0.051	4	17.81
0+40	0.052	0+40	0.055	5	18.9
0+50	0.046	0+50	0.053	6	19
0+60	0.038	0+60	0.048	7	17.2
0+70	0.02	0+70	0.035	8	18.45
d prom	0.041	0+75	0.031	9	17.86
		d prom	0.045	10	17.64
A1 =	0.029 m ²	A2 =	0.034 m ²	t prom	18.06

Calculando el caudal:

$$\begin{aligned} A_{prom} &= 0.0314 \text{ m}^2 \\ V &= 0.4429 \text{ m/s} \\ Q &= 0.0139 \text{ m}^3/\text{s} \\ \mathbf{Q} &= \mathbf{13.91 \text{ lt/s}} \end{aligned}$$

MEDICIONES DE CAUDAL



Formulas

$$d_{prom} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} \quad A_{prom} = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$t_{prom} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n} \quad V = 0.8 * \frac{D}{t_{prom}}$$

$$A = d_{prom} * b$$

$$Q = V * A$$

Donde:

b: tirante, *t*: tiempo, *D*: recorrido, *B*: ancho del canal, *V*: velocidad, *A*: área, *Q*: caudal.

NOVENO AFORO

Fecha: 25/04/2022

Hora: 10:10 a.m

b1 = 0.80 m b2 = 0.75 m D = 10.00 m

Seccion 1		Seccion 2		Flotador	
Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	Nº Flotador	Tiempo "t" (seg)
0+0	0.069	0+0	0.03	1	11.14
0+10	0.06	0+10	0.051	2	11.3
0+20	0.055	0+20	0.045	3	10.54
0+30	0.052	0+30	0.066	4	10.91
0+40	0.048	0+40	0.061	5	11.72
0+50	0.044	0+50	0.055	6	11.79
0+60	0.038	0+60	0.059	7	10.68
0+70	0.056	0+70	0.035	8	11.2
0+80	0.025	0+75	0.035	9	10.76
d prom	0.050	d prom	0.049	10	11.53
A1 =	0.040 m2	A2 =	0.036 m2		

Calculando el caudal:

A prom = 0.0381 m2
 V = 0.7170 m/s
 Q = 0.0273 m3/s

Q = 27.30 lt/s

t prom = 11.16

DECIMO AFORO

Fecha: 06/05/2022

Hora: 10:30 a.m

b1 = 0.80 m b2 = 0.75 m D = 10.00 m

Seccion 1		Seccion 2		Flotador	
Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	Prog. (cm)	Tirante "d" (m)	Nº Flotador	Tiempo "t" (seg)
0+0	0.055	0+0	0.025	1	12.25
0+10	0.065	0+10	0.042	2	11.98
0+20	0.052	0+20	0.053	3	11.72
0+30	0.055	0+30	0.065	4	12.03
0+40	0.045	0+40	0.055	5	11.82
0+50	0.05	0+50	0.05	6	11.51
0+60	0.042	0+60	0.061	7	11.80
0+70	0.041	0+70	0.04	8	12.55
0+80	0.02	0+75	0.03	9	11.25
d prom	0.047	d prom	0.047	10	12.1
A1 =	0.038 m2	A2 =	0.035 m2		

Calculando el caudal:

A prom = 0.0364 m2
 V = 0.6722 m/s
 Q = 0.0245 m3/s

Q = 24.49 lt/s

t prom = 11.90

Anexo N° 03: Registros de cadenas de custodia y parámetros de campo.

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Denominación del punto de monitoreo:	PM - Salida de agua residual de la localidad de Jesús.		
Ubicación del punto de monitoreo:	Tercero de la fin. Valques Ruiz	Coordenadas:	E = 78492.00 N = 919287.00
Detalles del punto:	Agua abajo del último basén de la red de alcantarillado.		
Precedencia de las aguas:	Agua residual municipal de la localidad de Jesús.		

Fecha:	Hora:	pH:	Temperatura:
Juín. 24 de junio del 2021	11:20 am	7.04	18°C
TDS:	Conductividad:	Salinidad:	Caudal efluente:
335 (ppm)	645 (µS/cm)	0.02 %	18.45 l/seg
Eventuales observaciones a punto de monitoreo:	Ubicado a 20 metros aguas abajo del último basén de la red de alcantarillado, donde se descarga agua residual sin tratamiento y sus conductos en una zanja en revesamiento hacia el río.		
Características del agua residual:	Presenta un color verde oscuro, olor desagradable, con presencia de bombas sólidas y espuma que se puede ver a simple vista.		

(*) Caudal del efluente aferido en el momento del monitoreo.


 Jean Tránsito Correa Gallardo
 Responsable de monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Denominación del punto de monitoreo:	PM - Salida de agua residual de la localidad de Jesús.		
Ubicación del punto de monitoreo:	Tercero de la fin. Valques Ruiz	Coordenadas:	E = 78492.00 N = 919287.00
Detalles del punto:	Agua abajo del último basén de la red de alcantarillado de la localidad de Jesús.		
Precedencia de las aguas:	Agua residual municipal de la localidad de Jesús.		

Fecha:	Hora:	pH:	Temperatura:
Juín. 08 de junio del 2021	10:45 am	7.44	17.5°C
TDS:	Conductividad:	Salinidad:	Caudal efluente:
244 (ppm)	568 (µS/cm)	0.02 %	19.94 l/seg
Eventuales observaciones a punto de monitoreo:	Se ubica 20 metros aguas abajo del último basén, donde se descarga el agua residual sin tratamiento y sus conductos por una zanja de tierra hacia el río Cajamarquino.		
Características del agua residual:	El agua presenta un color verde claro, con olor desagradable, con presencia de residuos sólidos en el último basén de descarga.		

(*) Caudal del efluente aferido en el momento del monitoreo.


 Jean Tránsito Correa Gallardo
 Responsable de monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Denominación del punto de monitoreo: <i>PM - Salida de agua residual de la localidad de Jesús</i>			
Ubicación del punto de monitoreo: <i>Tercera de la fin. Vargas Ruiz</i>		Coordenadas: <i>E = 789842.00 N = 9198287.00</i>	
Detalles del punto: <i>Agua abajo del último buseo de la red de alcantarillado.</i>			
Procedencia de las aguas: <i>Agua residual municipal de la localidad de Jesús.</i>			
Fecha:	Hora:	pH:	Temperatura:
<i>Marzo, 20 de julio del 2021</i>	<i>10:30 am</i>	<i>7.69</i>	<i>17.1 °C</i>
TDS:	Conductividad:	Salinidad:	Caudal efluente:
<i>320 (ppm)</i>	<i>625 (µS/cm)</i>	<i>0.03 ‰</i>	<i>20.78 l/seg</i>
Eventuales observaciones a punto de monitoreo:		<i>Ubicado a unos 20 metros del buseo de descarga, donde el agua residual sin tratamiento se vierte y es conducida por una acequia sin mantenimiento hacia el río Cajamangui.</i>	
Características del agua residual:		<i>El agua presenta un color verdoso por la materia orgánica presente, además de un olor desagradable y presencia de espuma.</i>	

(*) Caudal del efluente aferido en el momento del monitoreo


 Jean Franco Correa Gallardo
 Responsable de monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Denominación del punto de monitoreo: <i>PM - Salida de agua residual de la localidad de Jesús</i>			
Ubicación del punto de monitoreo: <i>Tercera de la fin. Vargas Ruiz</i>		Coordenadas: <i>E = 789842.00 N = 9198287.00</i>	
Detalles del punto: <i>Agua abajo del último buseo de la red de alcantarillado.</i>			
Procedencia de las aguas: <i>Agua residual municipal de la localidad de Jesús.</i>			
Fecha:	Hora:	pH:	Temperatura:
<i>Junio, 02 de agosto del 2021</i>	<i>10:40 am</i>	<i>7.54</i>	<i>17.5 °C</i>
TDS:	Conductividad:	Salinidad:	Caudal efluente:
<i>334 (ppm)</i>	<i>617 (µS/cm)</i>	<i>0.03 ‰</i>	<i>17.85 l/seg</i>
Eventuales observaciones a punto de monitoreo:		<i>Ubicado a unos 20 metros aguas abajo del último buseo, donde el agua residual sin tratamiento es conducida hacia el río Cajamangui.</i>	
Características del agua residual:		<i>El agua presenta un color verdoso con olor desagradable y presencia de espuma. Además de residuos sólidos (plásticos) acumulados en el buseo de descarga.</i>	

(*) Caudal del efluente aferido en el momento del monitoreo.


 Jean Franco Correa Gallardo
 Responsable de monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Denominación del punto de monitoreo: PM- Salidas de agua residual de la localidad de Jesús.			
Ubicación del punto de monitoreo: Terreno de la fin. Vaqueiros Ruiz		Coordenadas: E= 789898.00 N= 919887.00	
Detalles del punto: Aguas abajo del último basín de la red de alcantarillado.			
Precedencia de las aguas: Agua residual municipal de la localidad de Jesús.			
Fecha:	Hora:	pH:	Temperatura:
Lunes, 01 de agosto del 2021	11:40 am	7.45	19.1 °C
TDS:	Conductividad:	Salinidad:	Caudal efluente:
340 (ppm)	674 (µS/cm)	0.03 %	19.27 l/seg
Eventuales observaciones a punto de monitoreo:		Debido al último basín, el agua residual sin tratamiento descargado es utilizada para riego de pastos.	
Características del agua residual:		Agua residual de aspecto verdoso, olor desagradable y presencia de espuma.	

(*) Caudal del efluente aforado en el momento del monitoreo.


 Jean franco Correa Gallardo
 Responsable de monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Denominación del punto de monitoreo: PM- Salidas de agua residual de la localidad de Jesús.			
Ubicación del punto de monitoreo: Terreno de la fin. Vaqueiros Ruiz		Coordenadas: E= 789898.00 N= 919887.00	
Detalles del punto: Aguas abajo del último basín de la red de alcantarillado.			
Precedencia de las aguas: Agua residual municipal de la localidad de Jesús.			
Fecha:	Hora:	pH:	Temperatura:
Miércoles, 01 de octubre del 2021	10:43 am	7.60	20.3 °C
TDS:	Conductividad:	Salinidad:	Caudal efluente:
333 (ppm)	677 (µS/cm)	0.03 %	17.10 l/seg
Eventuales observaciones a punto de monitoreo:		El muestreo se realizó aguas abajo del basín de descarga, en la alcantarilla que conduce el agua residual sin tratamiento al río Cajanamarca.	
Características del agua residual:		El agua residual presenta un color verde oscuro, olor desagradable y presencia de espuma.	

(*) Caudal del efluente aforado en el momento del monitoreo.


 Jean franco Correa Gallardo
 Responsable de monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Denominación del punto de monitoreo: PM - Salida de agua residual de la localidad de Jesús.			
Ubicación del punto de monitoreo: Terreno de la San. Vespucio Ruiz		Coordenadas: E = 789842.00 N = 9148287.00	
Detalles del punto: Agua abajo del último buseón de la red de alcantarillado.			
Procedencia de las aguas: Agua residual municipal de la localidad de Jesús.			
Fecha:	Hora:	pH:	Temperatura:
Marzo, 19 de febrero del 2021	11:10 am	7.56	24.8 °C
TDS:	Conductividad:	Salinidad:	Caudal efluente:
343 (ppm)	686 (µS/cm)	6.03 ‰	18.57 l/s
Eventuales observaciones a punto de monitoreo:		Usado agua abajo del último buseón, que descarga agua residual sin tratamiento y es conducido hacia el río Cajamarquino. En época de estiaje utilizan dicha agua para el riego de sembríos agrícolas.	
Características del agua residual:		El agua residual presenta un color verde oscuro con olor desagradable por la descomposición de la materia orgánica.	

(*) Caudal del efluente aferido en el momento del monitoreo.


 Juan Ignacio Correa Gallardo
 Responsable de monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Denominación del punto de monitoreo: PM - Salida de agua residual de la localidad de Jesús.			
Ubicación del punto de monitoreo: Terreno de la San. Vespucio Ruiz		Coordenadas: E = 789842.00 N = 9148287.00	
Detalles del punto: Agua abajo del último buseón de la red de alcantarillado.			
Procedencia de las aguas: Agua residual municipal de la localidad de Jesús.			
Fecha:	Hora:	pH:	Temperatura:
Marzo, 28 de febrero del 2021	11:05 am	7.19	19.0 °C
TDS:	Conductividad:	Salinidad:	Caudal efluente:
378 (ppm)	750 (µS/cm)	6.03 ‰	18.97 l/s
Eventuales observaciones a punto de monitoreo:		Buseón final de la red de alcantarillado descarga agua residual sin tratamiento, que es conducido por una zanja en sustruimiento hacia el río Cajamarquino.	
Características del agua residual:		El agua presenta un color verde, olor desagradable, espuma y residuos sólidos (basuras domésticas) que se arrojan a simple vista.	

(*) Caudal del efluente aferido en el momento del monitoreo.


 Juan Ignacio Correa Gallardo
 Responsable de monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Denominación del punto de monitoreo: PM - Salida de agua residual de la localidad de Jesús.	
Ubicación del punto de monitoreo: Teniente de la Fin. Vasquez Ruiz	Coordenadas: E = 789892.00 N = 9198287.00
Detalles del punto: Agua abajo del último buzón de la red de alcantarillado	
Procedencia de las aguas: Agua residual municipal de la localidad de Jesús.	

Fecha:	Hora:	pH:	Temperatura:
Lunes, 25 de abril del 2022	10:10 am	7.80	18.8 °C
TDS:	Conductividad:	Salinidad:	Caudal efluente:
336 ppm	672 $\mu\text{S/cm}$	0.03 ‰	27.30 m^3/mg
Eventuales observaciones a punto de monitoreo:		Ubicado a 20 metros aguas abajo del último de la red de alcantarillado. Nota: el día anterior llovió en una intensidad media en la zona.	
Características del agua residual:		El agua residual presenta un color verdoso, olor desagradable, presencia de sólidos y espuma la cual se aprecia a simple vista.	

(*) Caudal del efluente aforado en el momento del monitoreo.


 Jean Franco Correa Gallardo
 Responsable de monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Denominación del punto de monitoreo: PM - Salida de agua residual de la localidad de Jesús.	
Ubicación del punto de monitoreo: Teniente de la Fin. Vasquez Ruiz	Coordenadas: E = 789892.00 N = 9198287.00
Detalles del punto: Agua abajo del último buzón de la red de alcantarillado.	
Procedencia de las aguas: Agua residual Municipal de la localidad de Jesús.	

Fecha:	Hora:	pH:	Temperatura:
Viernes, 06 de mayo del 2022	10:30 am	7.62	18.3 °C
TDS:	Conductividad:	Salinidad:	Caudal efluente:
291 ppm	580 $\mu\text{S/cm}$	0.02 ‰	24.49 m^3/mg
Eventuales observaciones a punto de monitoreo:		Ubicado a 20 metros aproximadamente del último buzón de la red de alcantarillado	
Características del agua residual:		El agua residual presenta un color verdoso, olor desagradable, presencia de residuos sólidos los cuales se aprecian a simple vista.	

(*) Caudal del efluente aforado en el momento del monitoreo.


 Jean Franco Correa Gallardo
 Responsable de monitoreo

CADENA DE CUSTODIA

N° CC - 4165 - 20 21



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

DATOS DEL CLIENTE

Nombre: COLEGIO SAGRADO HECHO LEGALDO
 Teléfono: 0000000000 Solicitudes de Cotización: 02-653
 e-mail: colegio@colegiohecholegaldo.com
 Procedencia de la muestra: DOULA
 UBICACIÓN DE LA MUESTRA: DOULA
 CODIGO DE MUESTRA: 01 HORA: 11:30 MATRIZ: AC-11
 Procedente de: Agua de la red pública

PARAMETROS	Química		Biológicos		Campos	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Conductividad						
pH						
Temperatura						
Color						
Oxígeno Disuelto						
Cloro Libre						
Cloro Total						
Amoníaco						
Nitrito						
Nitrato						
Calcio						
Magnesio						
Aluminio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cupero						
Mercurio						
Vanadio						
Yodo						
Fluoruro						
Cloruro						
Sulfato						
Carbonato						
Bicarbonato						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						
Acidez Total						
Acidez Libre						
Alcalinidad						
Cloruros						
Sulfatos						
Carbonatos						
Bicarbonatos						

CADENA DE CUSTODIA

N° CC - 4165 - 20 21



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

DATOS DEL CLIENTE

Nombre: COLEGIO SAGRADO HECHO LEGALDO
 Teléfono: 0444 333 53 91 Solicitudes de Cotización: 02-633
 e-mail: colegio@colegiohecholegaldo.com
 Procedencia de la muestra: Douglas de las Uru
 UBICACION DE LA MUESTRA: San Juan de los Rios
 CODIGO DE MUESTRA: 01 HORA: 11:30 AM - 11
 MATRIZ: (1)

PARAMETROS	Química		Biológicos		Campos	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Conductividad						
pH						
Temperatura						
Color						
Oxígeno Disuelto						
Cloro Libre						
Cloro Total						
Amoníaco						
Nitrito						
Nitrato						
Calcio						
Magnesio						
Aluminio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						
Cobalto						
Mercurio						
Vanadato						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Plata						

CADENA DE CUSTODIA

N° CC - 4165 - 20 21



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

DATOS DEL CLIENTE

Nombre: COLEGIO SAGRADO HECHO LEGALDO
 Teléfono: 0000000000 Solicitudes de Cotización: 02-653
 e-mail: colegio@colegiohecholegaldo.com
 Procedencia de la muestra: DONDE ESTAN LAS MUESTRAS
 UBICACION DE LA MUESTRA: San Juan de los Rios
 CODIGO DE MUESTRA: 01 HORA: 11:30 AM - 11
 MATRIZ: (1)

PARAMETROS	Química		Biológicos		Campos	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Conductividad						
pH						
Temperatura						
Color						
Oxígeno Disuelto						
Cloro Libre						
Cloro Total						
Amoníaco						
Nitrito						
Nitrato						
Metales Pesados						
Mercurio						
Cadmio						
Plomo						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						
Fluoruro						
Selenio						
Antimonio						
Asenato						
Arso						
Mercurio						
Plomo						
Cadmio						
Cobalto						
Cromo						
Cianuro						

Anexo N° 04: Informes de ensayos del laboratorio

INFORME DE ENSAYO N° IE 0621465-I⁽¹⁾

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO**
 Dirección **Centro Poblado La Huaracilla - Jesús**
 Persona de contacto **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO** Correo electrónico jfcorreag_22@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **21.06.21** Hora de Muestreo **11:30**
 Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
 Procedimiento de Muestreo **-**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de puntos de muestreo **01**
 Ensayos solicitados **Físicoquímicos- Microbiológicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
 Referencia de la Muestra: **Proyecto Tesis: Caracterización de las aguas residuales de la localidad de Jesús y propuesta de tratamiento.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-633** Cadena de Custodia **CC - 465 - 21**
 Fecha y Hora de Recepción **21.06.21 12:59** Inicio de Ensayo **21.06.21 13:11**
 Reporte Resultado **01.07.21 14:20**



Firmado digitalmente por NEYRA
JAICO Edder Miguel FNU
20403744388.pdf
Móvil: Soy el autor del documento
Fecha: 02.07.2021 08:15:14 -05:00

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 02 de julio de 2021

ANEXO INFORME DE ENSAYO N° IE 0621465-I⁽¹⁾

ENSAYOS			Parámetros de Campo Proporcionados por el cliente					
Código de la Muestra	Salida Agua Residual Jesús		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(**) pH a 25°C	pH	NA	8.04	-	-	-	-	-
(**) Temperatura (T°)	°C	N.A.	18.9	-	-	-	-	-

(**) Los resultados obtenidos corresponden a datos proporcionados por el cliente.



Firmado digitalmente por COLINA
VENEZGAS Juan Jose FAU
20453744198 soft
Motivo: Soy V° B°
Fecha: 02/07/2021 09:12:34 -05:00

Cajamarca, 02 de julio de 2021

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

INFORME DE ENSAYO N° IE 0721517

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO**
Dirección **Centro Poblado La Huaracila - Jesús**
Persona de contacto **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO** Correo electrónico ifcorreag.22@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **05.07.21** Hora de Muestreo **10:45**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **01**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos- Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
Referencia de la Muestra: **Proyecto Tesis: Caracterización de las aguas residuales de la localidad de Jesús y propuesta de tratamiento.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-728** Cadena de Custodia **CC - 517 - 21**
Fecha y Hora de Recepción **05.07.21 12:08** Inicio de Ensayo **05.07.21 12:25**
Reporte Resultado **14.07.21 12:08**

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por NEYRA
JAICO Edder Miguel FAU
20402744160 ash
Módulo: Soy el autor del documento
Fecha: 14.07.2021 14:50:20 -05:00

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 14 de julio de 2021

INFORME DE ENSAYO N° IE 0721517

ENSAYOS			Físicoquímicos					
Código de la Muestra	Salida Aguas Residuales		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0721517-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5000	149.0	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6000	186.0	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	6.3000	313.6	-	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	19.4	-	-	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	31 x 10 ⁵	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	LCM method 1004 (ref. 5-2016) n-Hexane Extractable Material (NEM), Oil and Grease and Grease Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure.

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realizan los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditación emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 14 de julio de 2021



Firmado digitalmente por ZULUETA
SANTA CRUZ Enriq FAU
20453744168 soft
Motivo: Day V° B°
Fecha: 14.07.2021 14:31:07 -05:00

DR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ I/IN. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@delagua@regioncajamarca.gob.pe / labo@delagua@delagua.com.pe T+51 051 596000 anexo 1180



Firmado digitalmente por DOLINA
VENEGAS Juan Jose FAU
20453744168 soft
Motivo: Day V° B°
Fecha: 14.07.2021 14:43:12 -05:00

Página: 2 de 3

ANEXO INFORME DE ENSAYO N° IE 0721517

ENSAYOS			Parámetros de Campo Proporcionados por el cliente					
Código de la Muestra			Salida Agua Residual Jesús	-	-	-	-	-
Matriz			Residual	-	-	-	-	-
Descripción			Municipal	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Jesús	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(**) pH a 25°C	pH	NA	7.44	-	-	-	-	-
(**) Temperatura (T°)	°C	N.A.	17.5	-	-	-	-	-

(**) Los resultados indicados corresponden a datos proporcionados por el cliente.

Cajamarca, 14 de julio de 2021



Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS Juan Jose FAJ
2048744168.scdf
Módulo: Oxy V°B°
Fecha: 14.07.2021 14:03:37 -05:00

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

INFORME DE ENSAYO N° IE 0721545

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO**
Dirección **Centro Poblado La Huaracña - Jesús**
Persona de contacto **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO** Correo electrónico jfcorreag.22@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **20.07.21** Hora de Muestreo **10:30**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **01**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos- Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
Referencia de la Muestra: **Proyecto Tesis: Caracterización de las agua residuales de la localidad de Jesús y propuesta de tratamiento.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-768** Cadena de Custodia **CC - 545 - 21**
Fecha y Hora de Recepción **20.07.21 11:40** Inicio de Ensayo **20.07.21 12:40**
Reporte Resultado **02.08.21 16:40**

FIRMA DIGITAL
GRC CAJAMARCA

Firmado digitalmente por NEYRA
JAICO Edder Miguel FAU
20453744188.sant
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 02.08.2021 09:19:02 -05:00

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 03 de agosto de 2021

INFORME DE ENSAYO N° IE 0721545

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	Salida Aguas Residuales		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0721545-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5000	158.0	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6000	262.0	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3000	355.3	-	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	8.6	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	16 x 10 ⁶	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed. 2017; Solids: Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017; Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017; Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	ISO 15707:2003 (equivalent to ASTM D 153) or similar methods for the determination of total suspended matter (TSM) in water. Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017; Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020



Firmado digitalmente por ZULUETA SANTA CRUZ Enver FAU
20453744168 soft
Motivo: Day V°B°
Fecha: 03.08.2021 08:49:57 -05:00



Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS Juan Jose FAU
20453744168 soft
Motivo: Day V°B°
Fecha: 03.08.2021 09:11:53 -05:00

JL. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe / laboratorio@regionalcajamarca@hotmail.com FON: 599000 anexo 1340.

Cajamarca, 03 de agosto de 2021



Firmado digitalmente por LÓPEZ LEON Freddy Humberto FAU
20453744168 soft
Motivo: Day V°B°
Fecha: 03.08.2021 08:45:54 -05:00

Página: 2 de 3

ANEXO INFORME DE ENSAYO N° IE 0721545

ENSAYOS			Parámetros de Campo Proporcionados por el cliente					
Código de la Muestra	Salida Agua Residual Jesús		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(**) pH a 25°C	pH	NA	7.69	-	-	-	-	-
(**) Temperatura (T°)	°C	N.A.	17.1	-	-	-	-	-

(**) Los resultados indicados corresponden a datos proporcionados por el cliente.




Firmado digitalmente por COUINA
VENEGAS Juan José FAU
20453742186.ecf1
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 03.08.2021 09:29:59 -05:00

Cajamarca, 03 de agosto de 2021

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

INFORME DE ENSAYO N° IE 0821568

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre: **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO**
 Dirección: **Centro Poblado La Huaracña - Jesús**
 Persona de contacto: **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO** Correo electrónico: jfcorreag.22@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo: **02.08.21** Hora de Muestreo: **10:40**
 Responsable de la toma de muestra: **Cliente** Plan de muestreo N°: **-**
 Procedimiento de Muestreo: **-**
 Tipo de Muestreo: **Puntual**
 Número de puntos de muestreo: **01**
 Ensayos solicitados: **Fisicoquímicos- Microbiológicos**
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
 Referencia de la Muestra: **Proyecto Tesis: Caracterización de las agua residuales de la localidad de Jesús y propuesta de tratamiento.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC-797** Cadena de Custodia: **CC - 568 - 21**
 Fecha y Hora de Recepción: **02.08.21 12:00** Inicio de Ensayo: **02.08.21 14:35**
 Reporte Resultado: **11.08.21 14:32**



Firmado digitalmente por NEYRA
JAICO Edder Miguel FAU
20453744168 soft
Método: Soy el autor del documento
Fecha: 11.08.2021 15:44:35 -05:00

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 11 de agosto de 2021

INFORME DE ENSAYO N° IE 0821568

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	Salida Aguas Residuales		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0821568-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5000	370.0	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6000	194.3	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3000	414.5	-	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	8.7	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	16 x 10 ⁶	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	ISO 15707:2003 (en español): Método de ensayo para determinar el contenido de materia orgánica extractable en aceites y grasas. Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 11 de agosto de 2021



Firmado digitalmente por ZULUETA
SANTA CRUZ Erwin FAU
20453744168.sgn
Método: Doy V°B°
Fecha: 11.08.2021 14:48:24 -05:00



Firmado digitalmente por COLINA
VENEZAS Juan José FAU
20453744168.sgn
Método: Doy V°B°
Fecha: 11.08.2021 15:26:11 -05:00



Firmado digitalmente por LOPEZ
LEON Freddy Humberto FAU
20453744168.sgn
Método: Doy V°B°
Fecha: 11.08.2021 14:45:38 -05:00

Página: 2 de 3

ANEXO INFORME DE ENSAYO N° IE 0821568

ENSAYOS			Parámetros de Campo Proporcionados por el cliente					
Código de la Muestra	Salida Agua Residual Jesús		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(**) pH a 25°C	pH	NA	7.54	-	-	-	-	-
(**) Temperatura (T°)	°C	N.A.	17.5	-	-	-	-	-

(**) Los resultados indicados corresponden a datos proporcionados por el cliente.



Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS Juan Jose FAU
20463748168 2021
Motivo: Dey V° B°
Fecha: 11.08.2021 15:20:36 -09:00

Cajamarca, 11 de agosto de 2021

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

INFORME DE ENSAYO N° IE 0821594

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO**
Dirección **Centro Poblado La Huaracilla - Jesús**
Persona de contacto **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO** Correo electrónico jfcorreag.22@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **16.08.21** Hora de Muestreo **11:40**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **01**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos- Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
Referencia de la Muestra: **Proyecto Tesis: Caracterización de las agua residuales de la localidad de Jesús y propuesta de tratamiento.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-842** Cadena de Custodia **CC - 594 - 21**
Fecha y Hora de Recpción **16.08.21 12:48** Inicio de Ensayo **16.08.21 15:00**
Reporte Resultado **25.08.21 16:50**

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por NEYRA
JAICO Edder Miguel FAU
20453744105 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25-08-2021 17:28:11 -0600

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 25 de agosto de 2021

INFORME DE ENSAYO N° IE 0821594

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	Salida Aguas Residuales		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0821594-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5000	144.0	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6000	213.4	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3000	393.9	-	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	8.7	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	35 x 10 ⁶	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed. 2017; Solids: Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017; Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017; Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	ISO 15707:2002 (en español); Método colorimétrico para la determinación de aceites y grasas en agua residual por extracción con hexano de un material extraíble tratado con gel (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017; Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group; Fecal Coliform Procedure.

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 25 de agosto de 2021



Firmado digitalmente por ZULLUETA SANTA CRUZ Enver FAU
20453744168.pdf
Motivo: Day V°B°
Fecha: 25.08.2021 17:00:05 -05:00



Firmado digitalmente por COLLALES ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERU
VENEGAS Luis Humberto FAU
20453744168.pdf
Motivo: Day V°B°
Fecha: 25.08.2021 17:07:12 -05:00



Firmado digitalmente por LÓPEZ LEÓN Freddy Humberto FAU
20453744168.pdf
Motivo: Day V°B°
Fecha: 25.08.2021 17:02:40 -05:00

Página: 2 de 3

ANEXO INFORME DE ENSAYO N° IE 0821594

ENSAYOS			Parámetros de Campo Proporcionados por el cliente					
Código de la Muestra			Salida Agua Residual Jesús	-	-	-	-	-
Matriz			Residual	-	-	-	-	-
Descripción			Municipal	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Jesús	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(**) pH a 25°C	pH	NA	7.45	-	-	-	-	-
(**) Temperatura (T°)	°C	N.A.	19.1	-	-	-	-	-

(**) Los resultados indicados corresponden a datos proporcionados por el cliente.

Cajamarca, 25 de agosto de 2021



Firmado digitalmente por COLINA VENEZAS Juan Jose FAU 20403744188 soft
Motivo: Dev V° B°
Fecha: 25.08.2021 17:00:56 -05:00

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0921637

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO**
 Dirección **Centro Poblado La Huaracña - Jesús**
 Persona de contacto **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO** Correo electrónico jfcorreag.22@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **01.09.21** Hora de Muestreo **10:43**
 Responsable de la toma de muestra **Ciente** Plan de muestreo N° **-**
 Procedimiento de Muestreo **-**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de puntos de muestreo **01**
 Ensayos solicitados **Fisicoquimicos- Microbiológicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
 Referencia de la Muestra: **Proyecto Tesis: Caracterización de las agua residuales de la localidad de Jesús y propuesta de tratamiento.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-889** Cadena de Custodia **CC - 637 - 21**
 Fecha y Hora de Recepción **01.09.21 12:50** Inicio de Ensayo **01.09.21 14:40**
 Reporte Resultado **10.09.21 15:40**



FIRMA DIGITAL
 Firmado digitalmente por NEYRA JAICO Edder Neyra FAU 30455744168.scp
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 13.09.2021 10:25:34 -05:00

Edder Neyra Jaico
 Responsable de Laboratorio
 CIP: 147028

Cajamarca, 10 de septiembre de 2021

INFORME DE ENSAYO N° IE 0921637

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	Salida Aguas Residuales		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0921637-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5000	230.0	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6000	186.7	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3000	348.0	-	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	6.6	-	-	-	-	-

LEYENDA: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	54 x 10 ⁶	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 1992: Petroleum Hydrocarbons (Total) by Extraction and Gravimetry
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 10 de septiembre de 2021

ANEXO INFORME DE ENSAYO N° IE 0921637

ENSAYOS			Parámetros de Campo Proporcionados por el cliente					
Código de la Muestra			Salida Agua Residual Jesús	-	-	-	-	-
Matriz			Residual	-	-	-	-	-
Descripción			Municipal	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Jesús	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(**) pH a 25°C	pH	NA	7.60	-	-	-	-	-
(**) Temperatura (T°)	°C	N.A.	20.2	-	-	-	-	-

(**) Los resultados indicados corresponden a datos proporcionados por el cliente.

Cajamarca, 10 de septiembre de 2021



Firmado digitalmente por NEYRA
JAIRO Edder Miguel FAU
20452744168.wpt
Método: Digi V1.0
Fecha: 13.09.2021 10:25:29 -05:00

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

INFORME DE ENSAYO N° IE 0921669

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre: **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO**
Dirección: **Centro Poblado La Huaracña - Jesús**
Persona de contacto: **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO** Correo electrónico: jfcorreag.22@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo: **14.09.21** Hora de Muestreo: **11:10**
Responsable de la toma de muestra: **Cliente** Plan de muestreo N°: **-**
Procedimiento de Muestreo: **-**
Tipo de Muestreo: **Puntual**
Número de puntos de muestreo: **01**
Ensayos solicitados: **Fisicoquímicos- Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
Referencia de la Muestra: **Proyecto Tesis: Caracterización de las agua residuales de la localidad de Jesús y propuesta de tratamiento.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC-937** Cadena de Custodia: **CC - 669 - 21**
Fecha y Hora de Recepción: **14.09.21 12:30** Inicio de Ensayo: **14.09.21 14:50**
Reporte Resultado: **23.09.21 16:40**

FIRMA DIGITAL
GRC CAJAMARCA

Firmado digitalmente por NEYRA,
JAICO Edder Miguel FAU
20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 23/09/2021 17:06:40 -05:00

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 23 de septiembre de 2021

INFORME DE ENSAYO N° IE 0921669

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	Salida Aguas Residuales		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0921669-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5000	170.0	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6000	200.3	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3000	432.3	-	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	32.8	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	16 x 10 ⁶	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed. 2017; Solids: Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017; Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017; Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	ISO 15707:2002 (en español); Método colorimétrico de extracción y medición de aceites y grasas en aceites Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017; Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group; Fecal Coliform Procedure.

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 23 de septiembre de 2021



Printado digitalmente por MEYRA
JACO Eder Miguel FAU
20453764168 (cel)
Móvno: Dny V° B°
Fecha: 23.09.2021 17:06:17 -05:00

JL LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe / laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe FONO: 599000 anexo 1340.

Página: 2 de 3

ANEXO INFORME DE ENSAYO N° IE 0921669

ENSAYOS			Parámetros de Campo Proporcionados por el cliente					
Código de la Muestra	Salida Agua Residual Jesús		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(**) pH a 25°C	pH	NA	7.56	-	-	-	-	-
(**) Temperatura (T°)	°C	N.A.	21.8	-	-	-	-	-

(**) Los resultados indicados corresponden a datos proporcionados por el cliente.

Cajamarca, 23 de septiembre de 2021




Firmado digitalmente por NEYRA
JACO Eder Miguel FAU
30453144168-2021
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 23/09/2021 17:06:32 -06:00

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

INFORME DE ENSAYO N° IE 0921705

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre: **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO**
 Dirección: **Centro Poblado La Huaracña - Jesús**
 Persona de contacto: **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO** Correo electrónico: jfcorreag.22@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo: **28.09.21** Hora de Muestreo: **11:05**
 Responsable de la toma de muestra: **Cliente** Plan de muestreo N°: **-**
 Procedimiento de Muestreo: **-**
 Tipo de Muestreo: **Puntual**
 Número de puntos de muestreo: **01**
 Ensayos solicitados: **Fisicoquímicos- Microbiológicos**
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
 Referencia de la Muestra: **Proyecto Tesis: Caracterización de las agua residuales de la localidad de Jesús y propuesta de tratamiento.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC-990** Cadena de Custodia: **CC - 705 - 21**
 Fecha y Hora de Recepción: **28.09.21 12:38** Inicio de Ensayo: **28.09.21 14:35**
 Reporte Resultado: **07.10.21 16:50**

FIRMA DIGITAL
GRC CAJAMARCA

Firmado digitalmente por COLINA
VENEGAS Juan Jose FAU
20453744168 soft
Módulo: Soy el autor del documento
Fecha: 07.10.2021 17:12:55 -05:00

Juan Colina Venegas
Especialista de Gestión de Calidad
CBP: 10220

Cajamarca, 07 de octubre de 2021

INFORME DE ENSAYO N° IE 0921705

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	Salida Aguas Residuales		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0921705-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5000	143.5	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6000	204.7	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3000	390.7	-	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	9.1	-	-	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	94 x 10 ⁵	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.7 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D. 23rd Ed. 2017; Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017; Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017; Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	ISO 15707:2003 (rev. 2019); Petroleum Products - Water (H ₂ O) and Sediment and Other Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT+HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017; Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 07 de octubre de 2021



Firmado digitalmente por COLINA VENEZAS Juan Jose FAU 20453744188 soft
Módulo: Doy V°B°
Fecha: 07-10-2021 17:42:45:00

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe / laboratorio@regionalcajamarca@hotmail.com FON: 599000 anexo 1140.

Página: 2 de 3

ANEXO INFORME DE ENSAYO N° IE 0921705

ENSAYOS			Parámetros de Campo Proporcionados por el cliente					
Código de la Muestra	Salida Agua Residual Jesús		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(**) pH a 25°C	pH	NA	7.19	-	-	-	-	-
(**) Temperatura (T°)	°C	N.A.	19.0	-	-	-	-	-

(**) Los resultados indicados corresponden a datos proporcionados por el cliente.



Firmado digitalmente por CCLINA
YENEGAS Juan Jose FAU
25403744188.sch
Motivo: Doy V°B°
Fecha: 07.10.2021 17:12:50 -05:00

Cajamarca, 07 de octubre de 2021

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

INFORME DE ENSAYO N° IE 0422290

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO**
Dirección **Centro Poblado La Huaracilla - Jesús**
Persona de contacto **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO** Correo electrónico jfcorreag.22@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **25.04.22** Hora de Muestreo **10:10**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **01**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos- Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
Referencia de la Muestra: **Proyecto Tesis: Caracterización de las agua residuales de la localidad de Jesús y propuesta de tratamiento.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-434** Cadena de Custodia **CC - 290 - 21**
Fecha y Hora de Recepción **25.04.22 12:15** Inicio de Ensayo **25.04.22 14:40**
Reporte Resultado **09.05.22 17:10**

FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por NEYRA
JALCO Edder Miguel FAU
(20002144760 e2)
Móvil: 914 500 881 (documentos)
Fecha: 10/05/2022 11:08:31 -05:00

ORC CAJAMARCA

Edder Neyra Jalco
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 10 de Mayo de 2022

INFORME DE ENSAYO N° IE 0422290

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	Agua Residual Municipal		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0422290-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús-Cajamarca		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5000	173.5	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6000	86.1	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3000	215.0	-	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	14.8	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	92 x 10 ⁵	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed, 2017; Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed, 2017; Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed, 2017; Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B, 2010; n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed, 2017; Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure.

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev.N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 10 de Mayo de 2022

ANEXO INFORME DE ENSAYO N° IE 0422290

ENSAYOS			Parámetros de Campo Proporcionados por el cliente					
Código de la Muestra			Agua Residual Municipal	-	-	-	-	-
Matriz			Residual	-	-	-	-	-
Descripción			Municipal	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Jesús-Cajamarca	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(**) pH a 25°C	pH	NA	7.80	-	-	-	-	-
(**) Temperatura (T°)	°C	N.A.	18.8	-	-	-	-	-

(**) Los resultados indicados corresponden a datos proporcionados por el cliente.



Cajamarca, 10 de Mayo de 2022

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

INFORME DE ENSAYO N° IE 0522326-I⁽¹⁾

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO**
Dirección **Centro Poblado La Huaracilla - Jesús**
Persona de contacto **CORREA GALLARDO JEAN FRANCO** Correo electrónico jfcorreag.22@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **06.05.22** Hora de Muestreo **10:30**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **01**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos- Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
Referencia de la Muestra: **Proyecto Tesis: Caracterización de las agua residuales de la localidad de Jesús y propuesta de tratamiento.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-461** Cadena de Custodia **CC - 326 - 21**
Fecha y Hora de Recepción **06.05.22 12:02** Inicio de Ensayo **06.05.22 14:40**
Reporte Resultado **17.05.22 17:00**



Firmado digitalmente por NEYRA
JAICO Edder Miguel Fajó
20453744166 es://
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 18.05.2022 08:24:17 -05:00

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 18 de Mayo de 2022

INFORME DE ENSAYO N° IE 0522326-I (1)

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	Salida A.R.		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0522326-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Jesús		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5000	121.0	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6000	139.1	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3000	269.5	-	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	27.6	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	35 x 10 ⁶	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.
- ✓(1) Se corrigió los anexos del informe de ensayo, debido a un error de tipeo en la transcripción de los datos.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 18 de Mayo de 2022

ANEXO INFORME DE ENSAYO N° IE 0522326-I⁽¹⁾

ENSAYOS			Parámetros de Campo Proporcionados por el cliente					
Código de la Muestra			Salida A.R.	-	-	-	-	-
Matriz			Residual	-	-	-	-	-
Descripción			Municipal	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Jesús	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(**) pH a 25°C	pH	NA	7.62	-	-	-	-	-
(**) Temperatura (T°)	°C	N.A.	18.3	-	-	-	-	-

(**) Los resultados indicados corresponden a datos proporcionados por el cliente.

Cajamarca, 18 de Mayo de 2022



Firmado digitalmente por COLINA
V0565265 Juan José FRU
33403744190 soft
Módulo: Doc V°B
Fecha: 18.05.2022 08:27:05 -05:00

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Anexo N° 05: Información Meteorológica

Tabla 47. Temperatura mínima mensual (C°) 1978-2020. Est. Augusto Weberbauer.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1978	8	8.5	7	8.4	6.6	3.4	4.6	3.9	7	5.5	8.4	8.3
1979	7.9	10.3	10.3	8	6.2	3.8	5.2	6.2	7.6	6.5	7.4	6.1
1980	9.1	7.8	9.5	8.2	6.3	5.7	5.3	5.2	7.3	9.8	9.1	7.8
1981	7.7	10.8	8.5	9.2	7.1	5.5	3.8	5.1	5.7	8.3	8.3	8.8
1982	8	7.7	8.7	7.7	6.7	5.3	4.6	4.8	6.8	8.6	7.9	9.8
1983	10.5	8.6	10	9.4	8.4	5.6	4.7	4.8	7.3	8.3	7.9	8.9
1984	6.6	10.2	10	8.9	7	6.1	4.2	5.3	6.3	7.6	5.5	8.4
1985	8.2	8.5	7.9	7.5	6.4	5.7	4	5.8	7.3	6.2	5.4	8.5
1986	9.6	8.3	8.1	9.8	6.8	3.9	4.3	7.8	6.6	7.1	7.9	9
1987	11.3	10.2	8.1	8.4	6	5.5	6.3	5.7	8	7.6	9.3	9.6
1988	10.5	10.5	9.1	9.1	6.8	4.3	3.2	4.2	7	7.8	8.7	8
1989	9.2	9.8	8.7	9	4.9	5.5	3.3	5.3	7.6	8.6	6.4	5.3
1990	9.6	8.3	9.2	9	6.9	7.4	5	5.3	7.2	9.3	9.6	7.3
1991	8.2	9.2	10.2	8.1	6.6	5	2.7	5.6	6.2	7.5	6.7	7.6
1992	9.7	9.2	9.4	9.3	6.4	6.2	4.3	5.3	7.4	8	8.2	7.5
1993	9.1	9.1	9.9	10.2	7.9	5.2	4.7	5.7	7.3	8.8	7.9	10.9
1994	10.3	10.5	9.5	9.4	7.9	5.8	5.4	5.2	6.9	7.3	8	9.1
1995	8.8	9.5	9.8	8.1	6.8	5.4	6.1	6	6.9	8.2	9	8.6
1996	9	9.3	10.3	8.9	6.9	5.5	5	5.7	7.4	9	5.9	8.5
1997	7.9	10.4	7.1	8.3	7.3	5	6.4	7.2	8.2	9.5	10.1	11.7
1998	11.6	11.4	12.2	11.3	7.2	5.7	4.7	5.8	6.9	9.2	6.9	6.8
1999	8.8	10.2	9.1	9.2	7.3	6.6	4.9	4.6	7.7	6.8	7.7	9.4
2000	7.7	9.2	9.4	9	7.6	6.3	4.9	5.3	7.8	6.3	4.6	8.7
2001	10.2	10.4	10.5	8.4	7.5	5.3	5.5	5	7	9.1	9.5	8.9
2002	8.3	10.6	10.6	8.9	7.2	5.4	6.2	5.9	6.8	9.2	10	10.8
2003	10	9.6	9.1	8.9	7.5	5.8	4.6	5.4	6.7	8.1	9.1	9.3
2004	7	10.2	9.6	8	7.1	5.7	6.3	5.8	7	9.1	9.3	9.7
2005	8.5	10.5	10.7	9.3	5.2	5.2	3.8	5.1	7.1	9.3	6.2	8.8
2006	9.3	11.1	10.8	8.1	5.7	6.8	4.7	6.5	7.2	7.9	8.8	10.4
2007	11	8.6	10.5	9	7.7	4.8	5.3	5.8	5.8	8	9.9	7.6
2008	10.1	9.8	9.4	9.1	7.2	5.3	4.9	6.2	7.7	9.2	8.9	7.9
2009	10.3	10.1	10.5	10	7.6	5.9	6.5	6.6	7.4	9.3	8.9	10.4
2010	10.1	10.5	11.1	9.4	8	6.5	5.7	5.3	7.6	7.3	7.5	9.5
2011	9.1	8.5	8.5	9.4	6.6	6.1	5.9	6	7	7.8	9.2	9.8
2012	10.7	9.3	9.9	9.3	7.2	5	4.8	5.4	6.6	9.5	10.2	9
2013	9.8	9.8	10.9	9.1	8.7	6.4	5.3	6.1	6.1	9.8	7.5	9.2
2014	9.6	10.5	10.6	8.5	9.2	5.8	5.8	5.9	7.6	8.7	8.8	10.4
2015	10.6	9.6	11.1	9.9	9.3	7.4	5.8	5.9	7.6	9.5	9.1	10.4
2016	10.5	11.8	10.6	9.8	7.7	6.2	5	6.3	7.6	8.4	6.1	9.8
2017	10.1	9.6	10.5	9.8	8.8	6.6	5.5	6.5	8.3	8.8	8.4	9.9
2018	9.3	9.3	10.3	9.0	8.3	5.8	6.6	7.0	6.6	8.8	9.8	8.2
2019	9.8	11.5	11.4	9.7	8.2	7.3	6.1	5.6	7.4	9.3	9.8	10.9
2020	9.6	10.9	11.5	S/D	S/D	S/D	6.5	5.8	7.2	8.1	8.2	9.9

fuentes: SENAMHI 2021

Tabla 48. Temperatura máxima mensual(C°) 1978-2020. Est. Augusto Weberbauer.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1978	22	23	22.1	21.6	21.3	21.3	21.1	21.1	21.7	22.5	22.3	22.3
1979	22.1	20.6	20.1	21.2	21.9	22.1	21.6	22.6	22.2	23.2	23.2	22.6
1980	22.4	22.5	21.5	22	23	22.5	22	22.2	23.2	20.9	20.8	21
1981	21	20.4	20.6	21.8	22.3	22.6	21.7	22.2	22.4	21.7	21.9	22.1
1982	21.7	22.2	21.5	21.5	22.2	22.2	22	22	22.1	21.1	21.5	21.6
1983	22.5	22.4	21.8	21.7	22.4	22.7	22.9	22.7	22.3	21.8	23.1	21
1984	20.9	19.8	20.7	21	20.6	20.5	20.4	21.6	21.9	21.6	21.3	21.4
1985	20.8	20.9	22.6	21.7	21.8	22.1	21.2	21.8	22.3	22.6	22.9	22.6
1986	22.1	21.6	21.8	21.5	22.1	22.1	21.6	22	22.8	22.9	22.6	22.5
1987	21.9	21.9	22.7	22.2	22.7	23.7	23	23	23.2	23.3	22.4	22.8
1988	21.7	22.1	21.6	21.5	22.1	22.7	22.4	22.9	22.2	22.1	21.8	21.4
1989	21	20.2	20.5	21	21.7	21.2	21.8	22.1	21.6	21.3	23.1	23.8
1990	21.9	22	22.1	22.3	22.4	21.4	22.1	22.8	23.3	21.9	21.8	22.3
1991	21.9	22	21.7	22	22.5	23.8	23.3	22.6	23.2	22.2	22.9	23.2
1992	22.7	23	22.9	22.4	23.4	22.4	21.6	22.6	21.9	21.7	22.9	23.5
1993	22	21.1	20.1	20.9	21.9	22	22.2	22	21.7	21.1	21.3	21.2
1994	20.8	20.8	20.8	20.8	21.2	20.7	21.2	21.3	22.3	22.4	21.7	21.4
1995	22.2	21.1	20.9	21.9	21.9	22.4	21.7	22.8	21.9	22.1	21.8	21.8
1996	20.4	20.5	20.6	20.7	21.5	22.1	21.8	21.3	22.1	21.8	22.5	22.2
1997	21.6	20.3	22.2	21.9	22.4	22.7	22.3	22	23	23.2	21.7	21.7
1998	22	22.3	21.7	22.6	22.9	21.8	21.9	22	22.8	22	22.3	22.6
1999	21.2	19.6	20.7	20.6	20.5	20.8	20.3	21.8	21.3	21.4	21.9	20.8
2000	21.2	19.7	20.2	20.6	21	21.2	21.1	21.5	21.7	22.4	22.7	20.8
2001	19.7	20.4	20.1	20.9	21.5	21.2	21.5	22.2	22.1	22.7	21.4	22.1
2002	21.9	21.1	21.3	21	21.5	21.4	21.2	22.2	22.9	21.3	21.2	21.9
2003	21.6	21.7	20.9	21.9	21.8	21.9	21.5	22.4	22.9	23.1	22.6	21.4
2004	22.5	21.1	21.7	22.1	22.8	21.3	20.9	21.8	21.6	21.9	21.8	21.3
2005	21.7	22.1	21.3	21.8	22.1	22.5	22.3	22.3	22.4	21.1	22.2	21.3
2006	21.4	21.1	20.8	21.2	21.9	20.8	21.7	21.8	21.7	22.1	21.9	21.7
2007	22.1	21.1	20.8	21	21.6	21.3	21.6	21.4	20.9	21.2	20.7	20.9
2008	20.4	20.3	19.9	20.6	21.2	21.3	20.9	21.6	21.7	21	21.7	20.9
2009	20.6	20.7	20.7	21	21.6	21.7	20.9	22.1	22.3	22.2	21.8	21.8
2010	21.9	22.4	22.4	22.8	22.1	21.5	22.8	22.7	22.3	22	21.9	20.7
2011	21	20.8	20.2	20.9	21.7	21.7	21.2	22.2	21.2	21.4	22.4	21
2012	20.9	20.6	21.3	21.3	21.3	21.6	22	22.2	22	21.2	21.6	22.1
2013	22.1	21.8	21.1	22.2	21.8	21.1	21.4	22	23.1	21.8	22.8	22
2014	22.1	22.5	20.8	21.8	21.6	22.3	22.3	21.5	21.9	22.4	22.4	21.8
2015	20.8	21.7	21.2	21.2	21.3	21.6	22.2	23	23.1	22.8	22.7	22.9
2016	23.7	22.4	22.5	22.2	23.3	22	22.3	22.7	22.8	22.9	23.8	21.8
2017	21.2	21.7	20.9	21.3	21.4	22.0	21.7	22.0	22.1	22.5	23.2	21.7
2018	21.2	21.8	21.0	21.0	21.1	21.3	21.2	21.9	22.7	22.2	22.0	21.6
2019	22.0	21.8	21.2	21.7	21.8	22.2	21.4	21.9	22.1	21.5	22.0	21.5
2020	22.1	23.0	23.0	S/D	S/D	S/D	22.4	23.8	22.5	22.4	23.3	20.9

fuentes: SENAMHI 2021

Tabla 49. Precipitación Mensual (mm) 1978-2020. Est. Augusto Weberbauer.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1978	12.70	34.40	48.50	37.00	65.60	3.90	4.40	3.80	23.80	24.40	54.00	44.80	357.30
1979	84.10	81.60	159.70	37.10	16.30	1.80	7.50	15.70	33.60	24.40	26.30	46.60	534.70
1980	34.90	42.40	65.00	29.30	6.90	15.10	3.20	5.60	2.30	130.40	111.00	106.70	552.80
1981	78.20	186.50	105.70	33.70	14.70	6.60	7.20	12.70	22.00	111.90	45.60	111.30	736.10
1982	71.70	102.90	75.70	88.70	38.20	7.80	2.10	6.60	43.90	124.80	67.30	87.40	717.10
1983	116.60	75.40	151.60	105.70	31.10	10.10	9.60	2.70	19.20	86.90	28.10	118.40	755.40
1984	24.70	233.60	123.80	80.00	69.50	25.10	23.40	18.70	36.70	68.60	97.60	104.10	905.80
1985	24.60	42.40	37.20	41.90	53.00	0.40	4.80	18.30	37.30	50.00	23.90	40.30	374.10
1986	84.40	47.70	96.80	120.20	16.20	0.60	1.20	14.60	1.20	43.60	66.20	51.80	544.50
1987	98.20	95.20	39.20	52.20	11.10	4.00	10.80	12.30	39.50	37.20	74.30	60.50	534.50
1988	109.70	105.50	44.80	95.60	10.60	5.40	0.00	32.90	69.40	65.20	63.40	73.60	676.10
1989	87.00	158.80	113.50	85.40	18.80	16.70	3.20	5.90	53.50	106.60	47.10	2.70	699.20
1990	101.80	68.50	58.30	27.40	39.50	24.60	0.80	7.10	20.10	87.60	99.10	72.30	607.10
1991	43.80	90.00	133.70	55.20	17.90	0.70	0.40	0.30	10.20	28.20	55.10	71.90	507.40
1992	52.60	31.80	66.60	46.50	18.90	21.20	4.60	10.00	40.80	64.00	32.00	34.10	423.10
1993	61.00	112.20	245.00	102.90	30.20	1.90	3.30	2.90	51.40	106.30	71.40	84.10	872.60
1994	116.90	103.10	170.20	144.90	35.30	3.30	0.00	0.20	11.90	27.20	89.80	122.60	825.40
1995	44.70	108.30	75.70	49.70	20.60	1.70	13.20	10.80	11.50	51.80	50.50	76.40	514.90
1996	65.20	124.00	120.10	50.40	13.70	0.80	0.50	15.80	13.90	76.20	68.80	34.10	583.50
1997	63.80	152.90	26.50	40.40	17.00	15.40	0.20	0.00	27.40	50.80	119.90	129.40	643.70
1998	103.00	116.50	257.00	83.90	19.60	4.80	1.30	4.70	17.80	79.60	29.10	47.90	765.20
1999	94.80	242.70	69.50	65.00	53.70	22.80	22.10	1.20	81.40	21.70	77.00	68.80	820.70
2000	46.00	162.30	126.30	77.30	40.50	15.60	2.10	13.40	56.60	9.90	44.50	122.30	716.80
2000	46.00	162.30	126.30	77.30	40.51	15.61	2.11	13.40	56.61	9.92	44.50	122.30	716.86
2001	191.21	100.80	230.20	57.20	48.14	2.35	13.91	0.02	34.43	46.23	93.41	90.91	908.81
2002	27.02	60.00	133.12	77.21	23.04	8.81	10.72	3.40	14.62	90.30	99.91	86.10	634.25
2003	51.13	61.43	103.62	42.10	30.71	22.32	1.81	10.60	14.84	46.03	63.81	80.72	529.12
2004	36.10	102.00	56.90	44.52	42.40	2.11	13.80	29.40	19.01	63.41	92.60	123.71	625.96
2005	84.92	53.70	136.60	54.01	7.21	4.50	0.60	3.50	31.21	92.30	30.00	87.80	586.35
2006	83.20	101.60	199.30	77.61	7.70	23.92	1.82	6.11	33.61	12.71	60.40	81.70	689.68
2007	95.40	17.51	182.40	111.51	29.00	1.42	10.74	6.41	11.62	118.90	97.61	68.80	751.32
2008	80.24	133.30	118.40	99.12	22.72	15.45	2.31	11.71	34.72	96.51	72.02	72.12	758.62
2009	180.71	74.61	110.52	78.81	42.20	17.91	12.32	3.92	11.80	78.53	109.41	74.22	794.96
2010	49.52	112.91	154.02	88.41	31.64	8.62	2.60	1.33	28.95	43.41	52.51	70.86	644.78
2011	76.61	73.31	125.22	102.03	16.70	0.41	8.32	0.03	47.12	31.50	24.41	109.71	615.37
2012	154.22	134.70	126.40	72.82	51.51	0.21	0.00	2.54	19.12	83.22	120.31	58.30	823.35
2013	61.52	98.01	213.60	73.81	62.63	7.50	5.70	8.93	3.70	110.70	17.00	51.91	715.01
2014	74.70	62.41	143.20	78.82	26.92	5.00	2.00	3.91	27.71	26.32	45.70	114.90	611.59
2015	184.71	55.40	202.20	63.00	75.82	3.00	4.40	0.10	27.80	16.81	76.90	36.60	746.74
2016	68.80	75.70	112.10	53.40	7.00	1.50	2.00	1.10	22.00	59.30	12.90	56.70	472.50
2017	77.50	71.90	138.70	78.60	50.00	1.00	2.30	20.90	20.20	65.30	63.20	168.10	757.70
2018	99.00	125.70	117.30	72.90	50.10	10.80	0.50	0.00	24.40	61.60	97.40	68.70	728.40
2019	43.70	104.10	172.70	78.10	37.40	9.10	11.70	0.00	7.60	121.00	52.60	162.70	800.70
2020	38.20	31.20	35.20	S/D	S/D	S/D	27.60	0.70	9.70	33.20	53.20	140.40	369.40
Promedio	77.84	98.44	121.55	70.50	31.68	8.65	5.98	7.82	27.87	63.28	64.13	82.71	657.94

fuentes: SENAMHI 2021

Tabla 50. Velocidad del viento (Km/h) 2000-2016. Est. Augusto Weberbauer.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2000	3.70	2.40	2.50	2.40	2.20	2.50	3.00	3.50	2.60	3.70	3.60	2.50
2001	2.20	2.70	2.00	2.50	2.10	3.10	2.80	4.30	2.70	3.20	2.70	3.00
2002	3.30	2.80	2.30	2.20	2.90	3.20	3.00	4.10	3.50	2.80	3.00	3.10
2003	2.80	2.50	2.10	2.50	2.60	2.60	3.50	3.80	3.50	3.10	2.60	3.30
2004	3.10	2.40	2.60	2.40	2.50	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2005	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2006	S/D	2.60	S/D	S/D	S/D							
2007	2.40	3.10	2.10	2.60	2.40	3.50	3.00	2.80	3.90	2.80	2.60	3.10
2008	2.70	2.50	2.50	2.30	2.50	2.30	2.90	2.90	2.80	2.70	2.90	S/D
2009	2.20	2.70	2.60	2.80	2.60	2.70	3.10	3.30	3.30	2.90	2.80	2.70
2010	2.70	2.90	2.70	2.50	2.60	2.80	2.90	2.70	2.80	2.50	2.60	1.50
2011	1.60	1.40	1.60	1.70	2.40	2.40	2.50	1.80	2.40	2.80	2.40	2.00
2012	2.20	2.30	2.10	1.80	1.90	2.20	2.80	2.50	2.70	1.50	1.30	2.30
2013	2.20	S/D	S/D	S/D	1.80	2.30	3.20	2.10	2.90	2.20	2.50	2.00
2014	S/D	S/D	S/D	S/D	1.60	2.60	3.30	2.40	S/D	S/D	S/D	2.00
2015	1.90	2.70	1.80	1.80	2.20	3.30	2.60	3.40	2.90	2.40	2.30	2.00
2016	2.40	1.80	2.20	1.70	1.90	2.70	3.10	3.70	2.40	2.50	2.90	2.40
2017	2.30	2.50	2.20	2.70	2.70	2.70	3.40	2.50	2.50	2.70	2.80	3.30
2018	2.90	2.60	2.30	2.50	2.70	2.40	2.70	2.70	3.10	2.00	2.60	3.00
2019	2.70	2.70	2.10	2.30	1.70	3.40	3.20	4.00	3.20	2.30	2.00	1.80
2020	2.10	2.80	2.50	S/D	S/D	S/D	2.80	2.80	2.60	3.20	2.10	1.80
Promedio	2.53	2.48	2.24	2.25	2.28	2.73	2.98	3.09	2.93	2.70	2.63	2.45

Tabla 51. Dirección del viento 2000 - 2016. Est. Augusto Weberbauer.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2000	S	S	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	NE	S	S
2001	S	S	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	S	S	S
2002	S	S	SE	S	SE	S						
2003	S	SE	S	SE	SE	SE	SE	NE	NE	S	S	S
2004	S	S	SE	SE	SE	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2005	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2006	S/D	SE	S/D	S/D	S/D							
2007	S	S	S	SE	SE	SE	NE	SE	SE	S	S	S
2008	S	S	S	SE	E	E	SE	SE	E	S	SE	S/D
2009	S	SE	SE	SE	SE	E	E	E	E	SE	S	S
2010	SE	E	SE	E	SE	SE	SE	SE	SE	S	S	S
2011	S	S	S	S	S	E	E	SE	E	S	S	S
2012	S	S	E	E	S	E	E	E	E	E	E	S
2013	E	S/D	S/D	S/D	E	E	N	E	N	E	E	E
2014	S/D	S/D	S/D	S/D	E	E	E	E	S/D	S/D	S/D	E
2015	E	SE	SE	SE	SE	E	E	NE	E	SE	SE	SE
2016	E	SE	SE	E	E	E	E	E	E	S	S	SE
2017	S	SE	S	SE	SE	SE	SE	NE	NE	S	S	S
2018	S	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	S	SE	S
2019	S	S	S	SE	SE	SE	NE	SE	SE	S	S	S
2020	S	SE	SE	S/D	S/D	S/D	E	E	E	SE	S	S

fuentes: SENAMHI 2021

Anexo N° 06: Crecimiento Poblacional

Crecimiento Poblacional.

1. Datos de Población Censal Distrito de Jesús.

Censo	Población
1981	10615
1993	14061
2007	14240
2017	15020

Fuente: INEI

2. Determinación de la tasa de crecimiento

2.1. Método Geométrico

Donde:

$$P_f = P_i(1 + K_{IC})^{T_f - T_i}$$

$$K_{IC} = \left(\frac{P_f}{P_i} \right)^{\frac{1}{T_f - T_i}} - 1$$

- P_i : Población inicial
- P_f : Población final
- T_i : Tiempo inicial en años
- T_f : Tiempo final en años
- K_{IC} : Tasa de crecimiento poblacional.

Censo	Población	$\Delta T = (T_f - T_i)$	K_{IC}	$K_{IC} * \Delta T$
1981	10615			
1993	14061	12	0.0237	0.2845
2007	14240	14	0.0009	0.0127
2017	15020	10	0.0053	0.0535
	$\Sigma =$	36	$\Sigma =$	0.3506

Calculamos el KC promedio ponderado:

$$K_{CP} = 0.0097 = 0.97 \%$$

3. Densidad Poblacional

$$D_p = 3.60 \text{ hab/vivn. (INEI 2017)}$$

4. Población Actual

Datos de empadronados en las JASS del ámbito de estudio

JASS	Conexiones		Habitantes
	Agua	Desague	
Huanganegra Jesús	1350	800	4860
Matarilla	97	71	349
Llimbe	280	120	1008
Total	1727	991	6217

Fuente: Libro de padrón de las JASS.

N° de viviendas empadronadas	1727 viviendas
Densidad poblacional	3.60 hab/vivn.
Población actual	6217 habitantes
Porcentaje de cobertura actual	57.38%

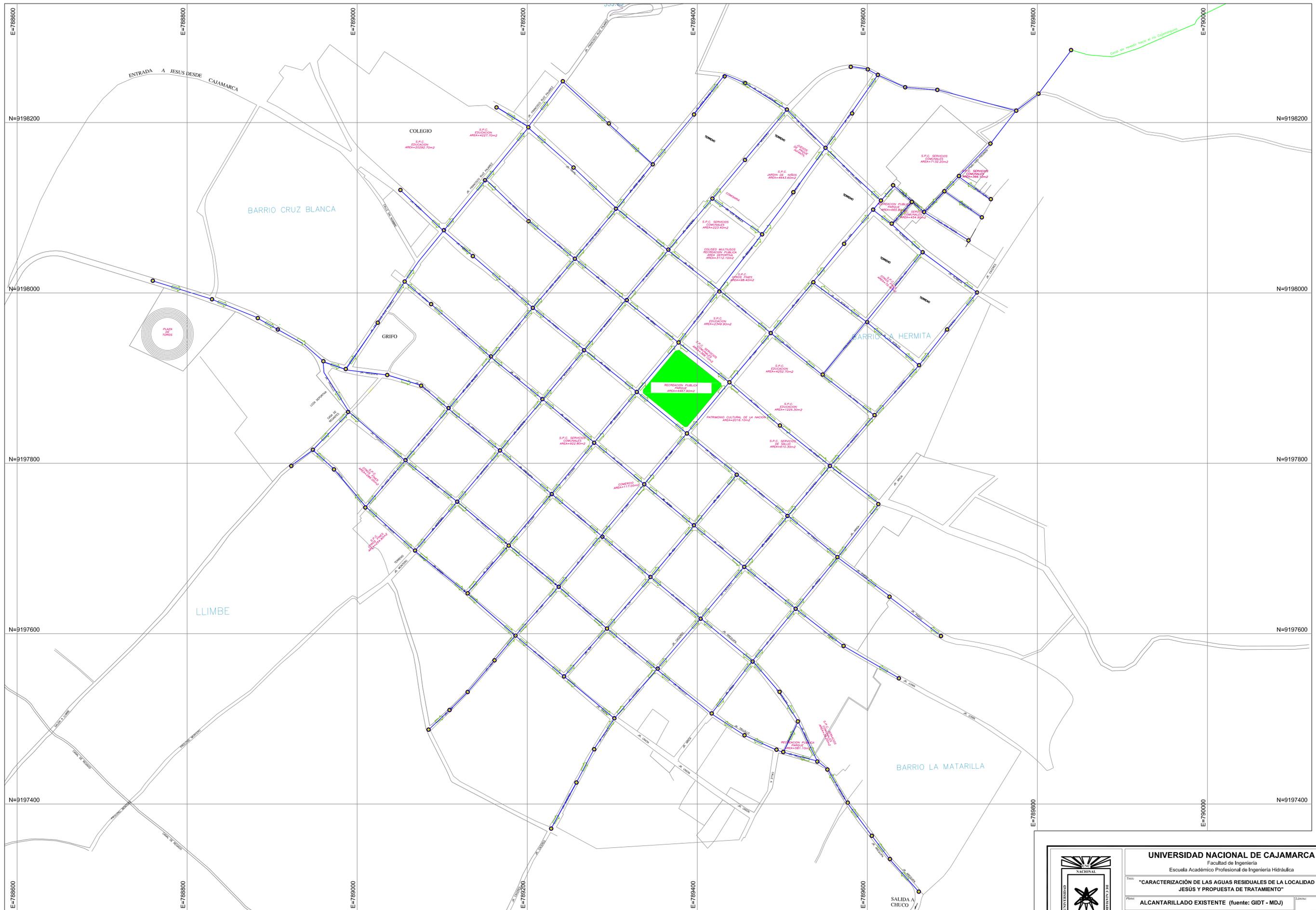
5. Periodo de diseño

20 años

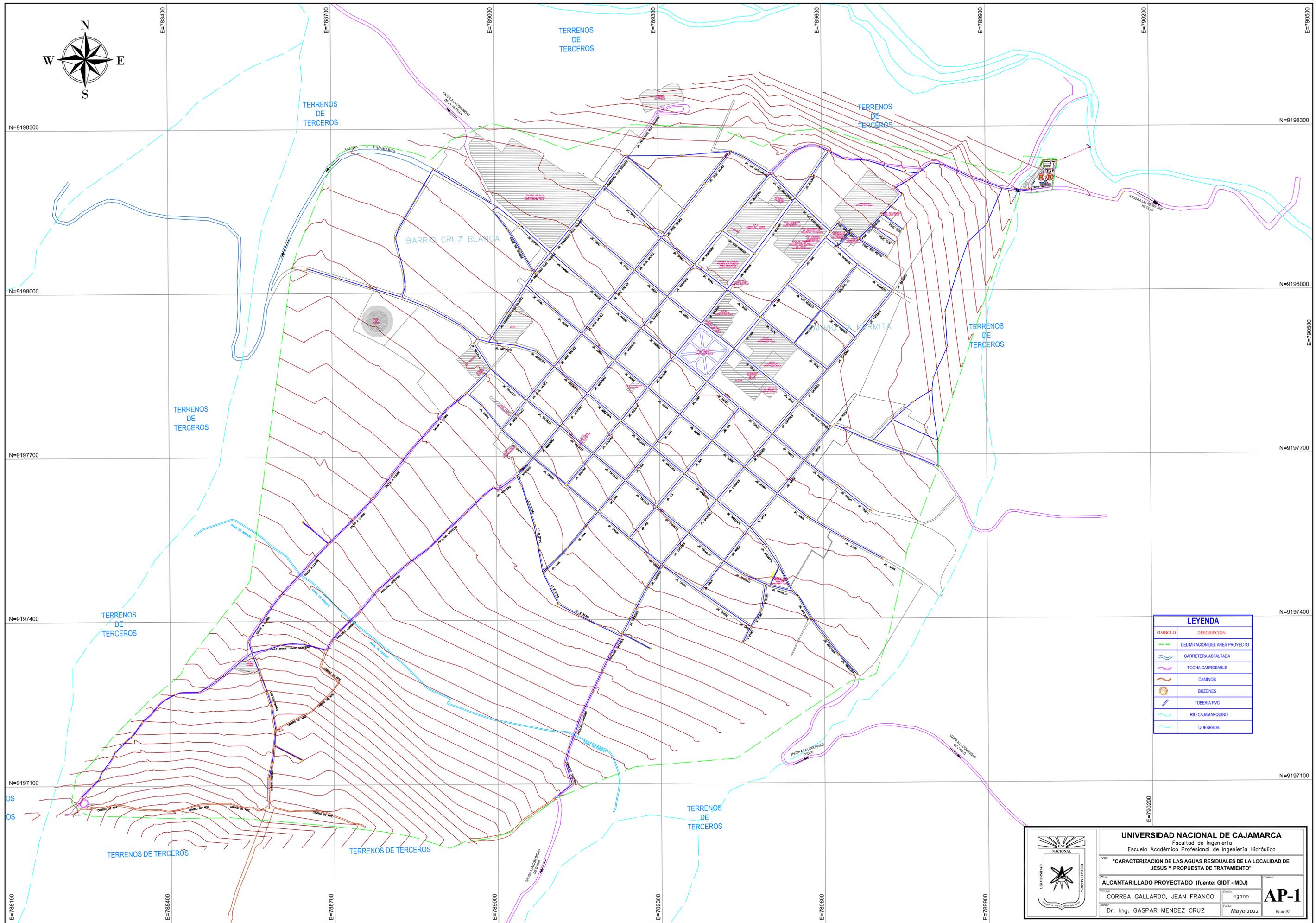
6. Población final de diseño

Población de diseño = 7547 habitantes

Anexo N° 07: Planos



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
	Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Hidráulica		
	"CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE JESÚS Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO"		
	Título:		
Plano:		ALCANTARILLADO EXISTENTE (fuente: GIDT - MDJ)	Lámina:
Autor:		CORREA GALLARDO, JEAN FRANCO	Fecha:
Revisor:		Dr. Ing. GASPARD MENDEZ CRUZ	Fecha:
		Edición:	1 / 2000
		Fecha:	Mayo 2022
		AE-1	
		01 de 01	



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	DELIMITACION DEL AREA PROYECTO
	CARRETERA ASFALTADA
	TOCHA CARROZABLE
	CAMINOS
	BUZONES
	TUBERIA PVC
	RIO CAJAMARQUINO
	QUEBRADA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 Facultad de Ingeniería
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Hidráulica

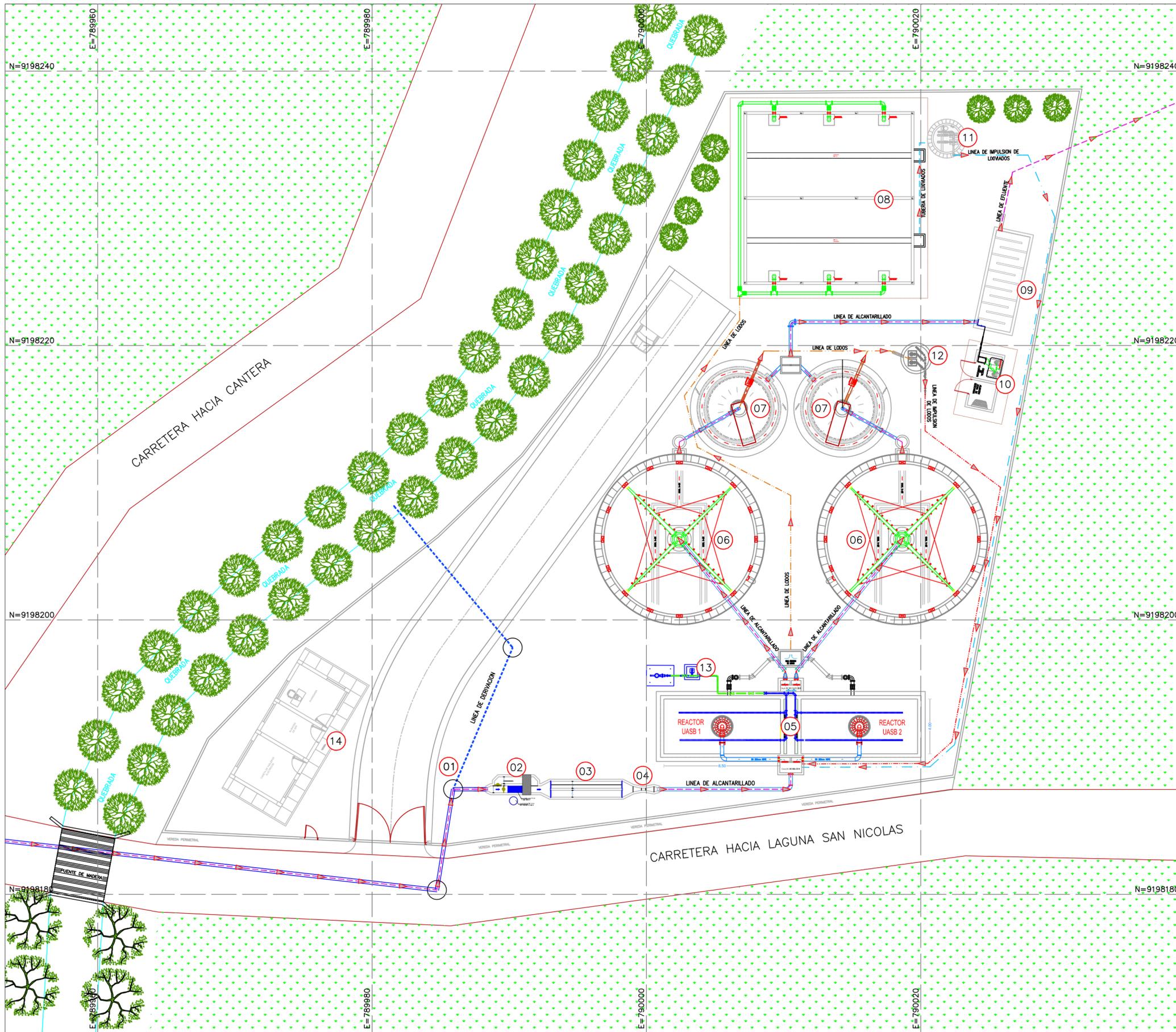
Título: **"CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE JESÚS Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO"**

Curso: **ALCANTARILLADO PROYECTADO (fuente: GDT - MDJ)**

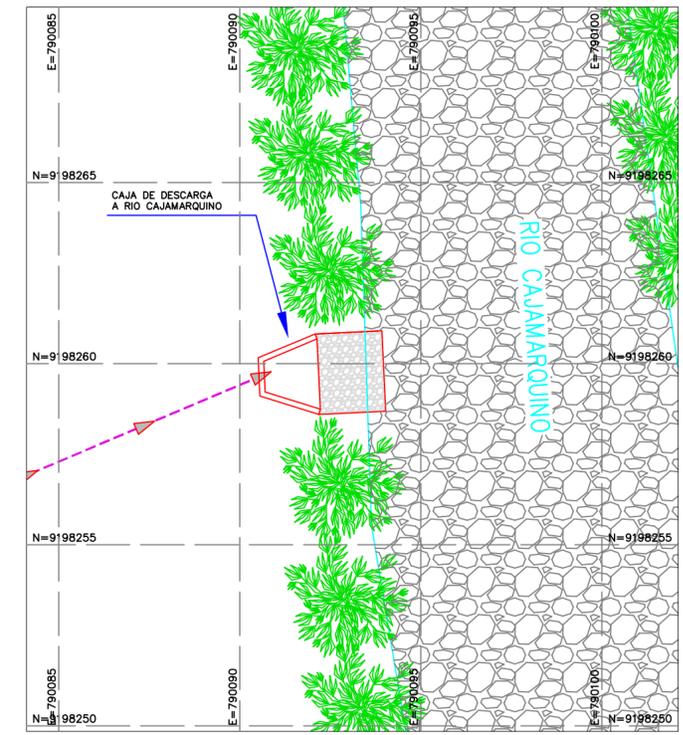
Alumno: **CORREA GALLARDO, JEAN FRANCO** Matrícula: **13000**

Asesor: **Dr. Ing. GASPAR MENDEZ CRUZ** Fecha: **Mayo 2022** 01 de 01

AP-1



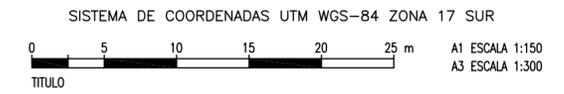
PLANTA: DISTRIBUCIÓN PTAR
ESC. 1:150



CAJA DE DESCARGA
ESC. 1:100

COMPONENTES		
ITEM	DESCRIPCION	UND
01	CAMARA DE DEMASIAS	01
02	CAMARA DE REJAS	01
03	DESARENADOR	02
04	MEDIDOR PARSHALL	01
05	REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE CON MANTO DE LODOS	02
06	FILTRO PERCOLADOR	02
07	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	02
08	LECHO DE SECADO	02
09	CAMARA DE CONTACTO	01
10	CASETA DE CLORACION	01
11	CAMARA DE BOMBEO DE LIXIVIADOS	01
12	CAMARA DE BOMBEO DE LODOS	01
13	CASETA Y QUEMADOR DE GASES	01
14	EDIFICACION (GUARDIANA, ALMACEN, TABLEROS DE CONTROL)	01

LEYENDA	
LINEA DE ALCANTARILLADO	---
LINEA DE DERIVACION	---
LINEA DE IMPULSION DE LIXIVIADOS	---
LINEA DE LIXIVIADOS	---
LINEA DE IMPULSION DE LODOS	---
LINEA DE LODOS	---
LINEA DE BIOGAS	---



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Facultad de Ingeniería
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Hidráulica

Proyecto: "CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE JESÚS Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO"

Título: DISTRIBUCION DE ESTRUCTURAS DE LA PTAR

Profesor: **CORREA GALLARDO, JEAN FRANCO** Estado: *Indicada*

Alumno: **Dr. Ing. GASPAR MENDEZ CRUZ** Fecha: Mayo 2022

PP-1

01 de 01