

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL**



**Tratamiento final del agua residual mediante el Sistema Wetland en el  
distrito de Santa Rosa - Ayacucho 2023**

Tesis para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN  
GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE**

Presentado por:

**Bach. Wilinthon Raul Zamora Gutierrez**

Asesor:

**Mtro. Jaime Bendezú Prado**

Ayacucho - Perú

2024

### **Dedicatoria**

Este presente trabajo se lo dedico con todo el cariño del mundo a mí adorada madre Fernandina Gutiérrez García quien con su amor infinito y comprensión me guiaron durante toda mi vida; así mismo darle gracias, Dios por darme vida y fortaleza.

Dedico este trabajo a la mujer quien supo entenderme y llevarme de la mano por la vida, así como el mar siempre vive atado a su orilla, así como el viento recio surca los mares, así crecí a tu lado como persona y como profesional, para ti Jenifer Janira H.M

## **Agradecimiento**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por cobijarme en sus grandiosas aulas que inspiran superación.

A la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga que me permitió cumplir con una de mis metas académicas, a su plana docentes y a mis compañeros de aula por su apoyo incondicional.

A mi asesor el Mtro. Jaime Bendezú Prado por su loable labor de enseñanza y comprensión infinita, quien me ha guiado en la vida profesional y laboral.

## Índice General

<b>Dedicatoria .....</b>	<b>ii</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>iii</b>
<b>Índice General.....</b>	<b>iv</b>
<b>Índice de Tablas.....</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de Anexos .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>xiv</b>
<b>Summary .....</b>	<b>xvi</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>18</b>
<b>Capítulo I Planteamiento Del Problema.....</b>	<b>21</b>
1.1. Descripción de la situación problemática.....	21
1.2. Realidad problemática .....	24
1.2.1. <i>Realidad problemática internacional</i> .....	24
1.2.2. <i>Realidad problemática nacional</i> .....	24
1.2.3. <i>Realidad Problemática Local</i> .....	25
1.3. Definición del problema.....	28
1.4. Planteamiento del problema .....	30
1.5. Delimitación del problema .....	32
1.5.1. <i>Delimitación de estudio</i> .....	32
1.5.2. <i>Delimitación de tipología</i> .....	32
Características físicas. ....	32
Características químicas .....	33
Características biológicas .....	33
1.5.3. <i>Delimitación espacial</i> .....	34

1.5.4.	<i>Delimitación de campos</i> .....	34
1.6.	Formulación del problema.....	34
1.6.1.	<i>Problema general</i> .....	34
1.6.2.	<i>Problema específico</i> .....	34
1.7.	Objetivos de la investigación .....	36
1.7.1.	<i>Objetivo general</i> .....	36
1.7.2.	<i>Objetivo específico</i> .....	36
1.8.	Alcance.....	36
<b>Capítulo II</b>	<b>Marco Teórico.....</b>	<b>37</b>
2.1.	Generalidades .....	37
2.2.	Tratamiento de agua residual orígenes .....	37
2.3.	Caudales de agua residual .....	38
2.4.	Estimación de caudal de agua residual.....	38
2.4.1.	<i>Caudal de agua residual</i> .....	38
La infiltración en las alcantarillas.....		41
2.4.2.	<i>Caudal de diseño</i> .....	43
2.5.	Caudal de agua residual para pequeñas comunidades.....	43
2.6.	Características de agua residual .....	45
2.6.1.	<i>Características físicas</i> .....	46
Sólidos totales.....		47
Olores. ....		49
Temperatura.....		50
Densidad .....		51
Color.....		52
Turbiedad.....		52

2.6.2.	<i>Características químicas</i> .....	52
	Materia orgánica .....	53
	Pesticidas y productos agrícolas .....	54
2.7.	Diagrama de flujo para el tratamiento de agua residual .....	55
2.8.	Tratamientos anaerobios .....	56
2.8.1.	<i>Hidrólisis</i> .....	57
2.8.2.	<i>Acidogénesis</i> .....	58
2.8.3.	<i>Metanogénesis</i> .....	59
2.8.4.	<i>Ventajas y desventajas de los procesos de tratamiento anaerobio</i> .....	62
	Ventajas de los procesos de tratamiento anaerobio .....	63
2.8.5.	<i>Desventajas de los procesos de tratamiento anaerobio</i> .....	64
2.9.	Sistema Wetland .....	66
2.10.	Tanque séptico .....	66
2.10.1.	<i>Diseño de tanque séptico</i> .....	68
	Tiempo de retención .....	68
	Volumen del tanque séptico .....	68
	Dimensiones .....	69
2.10.2.	<i>Humedales artificiales como tratamiento final</i> .....	70
	Aplicaciones de los humedales artificiales .....	70
	Tipos de humedales artificiales .....	72
	Componentes de un humedal artificial FSS .....	75
	Microorganismos (Biopelícula) .....	79
	Mecanismos básicos de depuración en un humedal artificial .....	81
	Diseño de humedales artificiales de flujo subsuperficial .....	82
	<b>Capítulo III Diseño Metodológico</b> .....	<b>84</b>

3.1. Tipo de investigación .....	84
3.2. Nivel de investigación .....	84
3.3. Hipótesis de la investigación .....	85
3.3.1. <i>Hipótesis general</i> .....	85
3.3.2. <i>Hipótesis específicas</i> .....	85
3.4. Prueba Estadística .....	85
3.5. Lugar de ejecución .....	86
3.6. Universo y Muestro .....	86
3.6.1. <i>Universo</i> .....	86
3.6.2. <i>Muestra</i> .....	86
3.6.3. <i>Unidad de análisis</i> .....	86
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	86
3.7.1. <i>Materiales</i> .....	86
3.7.2. <i>Equipo respirometro</i> .....	87
3.7.3. <i>Equipo tubos múltiples</i> .....	87
3.7.4. <i>Potenciómetro</i> .....	87
3.7.5. <i>Equipo espectometría</i> .....	87
3.8. Ubicación de la zona de investigación .....	87
3.9. Mapas cartográficos del Centro Poblado de Rinconada Baja .....	90
3.10. Recopilación y análisis de datos estadísticos .....	90
3.10.1. <i>Alumbrado eléctrico por red pública</i> .....	90
3.10.2. <i>Grupos de edad</i> .....	91
3.10.3. <i>Conexión del servicio higiénico</i> .....	92
3.10.4. <i>Abastecimiento de agua</i> .....	92
3.10.5. <i>Porcentaje de población NBI</i> .....	93

3.11. Diseño y descripción del sistema Wetland.....	94
3.11.1. <i>Etapas del tratamiento</i> .....	96
Buzón de desagüe.....	96
Tanque séptico.....	96
Salida de Tubería de agua tratada.....	97
Sistema Wetland.....	98
Pozo Percolador.....	105
Lecho de Secado.....	106
3.11.2. <i>Hierba Napier como planta de tratamiento</i> .....	107
<b>Capítulo IV Resultados .....</b>	<b>110</b>
4.1. Caracterización del agua residual a la salida del Pozo de Percolación - Tanque Séptico .....	110
4.1.1. <i>Resultados del ensayo físico y químico</i> .....	111
4.1.2. <i>Evaluación de los Límites Máximos Permisibles (LMP) con la norma vigente</i> .....	113
4.2. Caracterización del agua residual después del tratamiento pasivo experimental (sistema Wetland) a una semana de tratamiento .....	116
4.2.1. <i>Resultados del ensayo físico y químico</i> .....	116
4.2.2. <i>Evaluación de los Límites Máximos Permisibles (LMP) con la norma vigente</i> .....	118
4.3. Eficiencia del sistema Wetland .....	120
<b>Conclusiones.....</b>	<b>123</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>124</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>125</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>128</b>



## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Zonas Residenciales: Caudales de agua residual típicos .....	39
<b>Tabla 2</b> Establecimientos Comerciales: Caudales de aguas residuales típicos.....	40
<b>Tabla 3</b> Centros Institucionales: Caudales de agua residual típicos .....	40
<b>Tabla 4</b> Centros de Recreo: Caudales de aguas residuales típicos .....	41
<b>Tabla 5</b> Caudales típicos de agua residual procedentes de residencias .....	44
<b>Tabla 6</b> Factores de punta para pequeñas comunidades, residencias individuales y pequeños establecimientos.....	45
<b>Tabla 7</b> Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual .....	46
<b>Tabla 8</b> Intervalos de temperatura para algunas bacterias .....	51
<b>Tabla 9</b> Información típica sobre el peso específico y la concentración del fango procedente de los tanques de decantación primaria .....	52
<b>Tabla 10</b> Datos Cinéticos a diferentes tipos de sustratos.....	62
<b>Tabla 11</b> Ventajas y desventajas de procesos anaeróbicos .....	62
<b>Tabla 12</b> Mecanismos de depuración predominantes en los humedales artificiales .....	82
Tabla 13 Valores típicos de diseño de humedales artificiales .....	83
Tabla 14 <i>Ubicación geográfica</i> .....	89
<b>Tabla 15</b> Datos del informe de ensayo del agua residual (primera semana) .....	111
<b>Tabla 16</b> Ensayo Físico.....	112
<b>Tabla 17</b> Ensayo Químico .....	112
<b>Tabla 18</b> Evaluación de los LMP del agua residual .....	113
<b>Tabla 19</b> Datos del informe de ensayo del agua residual después del uso del sistema Wetland .....	116
<b>Tabla 20</b> Ensayo Físico.....	117
<b>Tabla 21</b> Ensayo Químico .....	117

<b>Tabla 22</b> Evaluación de los LMP del agua residual a la salida del sistema Wetland.....	118
<b>Tabla 23</b> Evaluación de los LMP del agua residual a la salida del sistema Wetland luego de un mes de tratamiento.....	122

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Parámetros de diseño .....	27
<b>Figura 2</b> Identificación gráfica de la infiltración y las aportaciones incontroladas.....	42
<b>Figura 3</b> Cono Imhoff empleado determinar solidos sedimentales.....	47
<b>Figura 4</b> Intervalos de tamaños de los contaminantes orgánicos presentes en el agua residual .....	48
<b>Figura 5</b> Clasificación de sólidos presentes en agua residual de concentración media.....	50
<b>Figura 6</b> Clasificación de sólidos presentes en agua residual de concentración media.....	53
<b>Figura 7</b> Representación esquemática del flujo de carbono en el proceso de digestión anaeróbica.....	56
<b>Figura 8</b> Humedal artificial de flujo superficial .....	73
<b>Figura 9</b> Sección transversal de un sistema de flujo subsuperficial horizontal.....	74
<b>Figura 10</b> Sección transversal de un sistema de flujo subsuperficial vertical .....	75
<b>Figura 11</b> Mapa de Ubicación provincial .....	88
<b>Figura 12</b> Mapa de Ubicación Distrital .....	89
<b>Figura 13</b> Alumbrado eléctrico por red pública .....	91
<b>Figura 14</b> Distribución de población por grupo de edad .....	91
<b>Figura 15</b> Distribución de métodos de desagüe.....	92
<b>Figura 16</b> Distribución de fuentes de abastecimiento de agua .....	93
<b>Figura 17</b> Distribución de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) .....	94
<b>Figura 18</b> Ubicación del proyecto .....	95
<b>Figura 19</b> Plano del Buzón de Desagüe.....	96
<b>Figura 20</b> Plano del Tanque séptico .....	97
<b>Figura 21</b> Plano de la Tubería de la salida de agua tratada .....	98
<b>Figura 22</b> Plano del Sistema Wetland .....	99

<b>Figura 23</b> Secuencia del sistema Wetland .....	99
<b>Figura 24</b> Proceso 1 del sistema Wetland .....	100
<b>Figura 25</b> Proceso 2 del sistema Wetland .....	101
<b>Figura 26</b> Proceso 3 del sistema Wetland .....	103
<b>Figura 27</b> Plano general del Sistema Wetland.....	104
<b>Figura 28</b> Plano del Pozo Percolador .....	105
<b>Figura 29</b> Plano del Lecho de Secado .....	106
<b>Figura 30</b> Hierba Napier .....	107
<b>Figura 31</b> Hierba Napier como sumidero de Carbono.....	108
<b>Figura 32</b> Hierba Napier utilizada en el proceso del sistema Wetland.....	109
<b>Figura 33</b> Diagrama de procesos del tratamiento de aguas residuales .....	110
<b>Figura 34</b> Parámetros que cumplen con LMP .....	114
<b>Figura 35</b> Parámetros que no cumplen con LMP .....	115
<b>Figura 36</b> Peligros del pH en relación con el valor dado por los ensayos.....	115
<b>Figura 37</b> Parámetros que cumplen con LMP .....	119
<b>Figura 38</b> Parámetros que no cumplen con LMP .....	120
<b>Figura 39</b> Comparación de Resultados M-1 con LMP de la Norma .....	121
<b>Figura 40</b> Comparación de Resultados M-2 (t=30) con LMP de la Norma .....	122

**Índice de Anexos**

<b>Anexo 1</b> Mapa Cartográfico 01 .....	129
<b>Anexo 2</b> Mapa cartográfico 02, Zona de estudio. ....	130
<b>Anexo 3</b> Mapa cartográfico 03.....	131
<b>Anexo 4</b> Informe de Ensayo N° 14050-2015 QU – DLRRSO – DIRESA LABRATORIO DE QUÍMICA PROXIMAL .....	132
<b>Anexo 5</b> Informe de Ensayo N° 14072-2015 QU – DLRRSO – DIRESA LABRATORIO DE QUÍMICA PROXIMAL .....	134
<b>Anexo 6</b> Matriz de consistencia .....	135
<b>Anexo 7</b> Matriz de operacionalización de variables .....	137
<b>Anexo 8</b> Panel fotográfico del proceso constructivo .....	138

## Resumen

Esta investigación tiene el objetivo central determinar el grado de eficiencia del sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento final de las aguas residuales en los efluentes domésticos en el centro poblado de la Rinconada Baja cuya localización geográfica se encuentra en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023, para lo cual se ha empleado una metodología cuantitativa, experimental donde hubo un grupo de control y un grupo de experimento. En cuanto refiere a los resultados obtenidos en esta investigación, el análisis fue llevado a cabo por el laboratorio Química Proximal en el cual se planteó un método pasivo para el tratamiento final en la que sustituya al pozo de absorción y pueda reducir el  $DBO_5$  para que la descarga se encuentre entre los parámetros establecidos por los Límites Máximos Permisibles (LMP), se evaluó la calidad como la caracterización del agua residual procedente de un Pozo de Percolación - Tanque Séptico. En cuanto respecta a la evaluación, esta abarcó ensayos de propiedades fisicoquímicas para determinar la conformidad del agua en relación con los Límites Máximos Permisibles (LMP) regulados por las políticas ambientales peruanas vigentes. El agua residual antes de la implementación del sistema Wetland demostró tanto en los ensayos físicos como químicos que no se cumplía en gran medida la norma de los LMP de acuerdo con el D.S 04-20217 MINAM, las muestras registraron un Ph de 6, solidos suspendidos de 1.35 mg/L y una temperatura de 15 °C, mientras que, en el agua residual, postratamiento en un sistema experimental de humedales (Wetland), reveló hallazgos significativos. Estos hallazgos en ensayos físicos demostraron que el sistema era en gran medida eficaz en cuanto respecta los resultados, evidenciando un pH de 8, el cual es equilibrado y una reducción notable en los sólidos totales en suspensión el cual se registró 0.82 mg/L, ambos son cruciales para la reutilización segura del agua. A su vez, los ensayos químicos expusieron ciertos contaminantes como el cromo, plomo y cadmio superando los límites máximos permisibles, resaltando la necesidad de una revisión

y posiblemente una intensificación del proceso de tratamiento. Las conclusiones presentadas se ha evidenciado que puede bajar la carga orgánica en un corto periodo pero que, en un tiempo, así como se ha elevado el pH del agua residual de 6 a 8 estando este dentro del rango establecido por la Norma de los LMP.

**Palabras Claves:** Wetland, Ph, Límites Máximos Permisibles, Tanque Séptico, Pozo de Percolación, Ensayo físico, Ensayo químico.

## Summary

This research has the main objective of determining the degree of efficiency of the Wetland treatment system for the final treatment of wastewater in domestic effluents in the population center of Rinconada Baja whose geographical location is in the district of Santa Rosa, Ayacucho 2023, for which a quantitative methodology has been used, experimental where there was a control group and an experiment group. Regarding the results obtained in this research, the analysis was carried out by the Proximal Chemistry laboratory in which a passive method was proposed for the final treatment in which it replaces the absorption well and can reduce the BOD5 so that the discharge is within the parameters established by the Maximum Permissible Limits (LMP). The quality was evaluated as the characterization of the wastewater from a Percolation Well - Septic Tank. As for the evaluation, it included physicochemical property tests to determine the compliance of the water in relation to the Maximum Permissible Limits (LMP) regulated by current Peruvian environmental policies. The wastewater prior to the implementation of the Wetland system demonstrated in both physical and chemical tests that the LMP standard was not largely complied with according to D.S 04-20217 MINAM, the samples registered a pH of 6, suspended solids of 1.35 mg/L and a temperature of 15 °C, while, in wastewater, post-treatment in an experimental wetland system (Wetland), revealed significant findings. These findings in physical tests showed that the system was largely effective in terms of results, evidencing a pH of 8, which is balanced, and a notable reduction in total suspended solids which was recorded at 0.82 mg/L, both of which are crucial for the safe reuse of water. At the same time, the chemical tests exposed certain contaminants such as chromium, lead and cadmium exceeding the maximum permissible limits, highlighting the need for a review and possibly an intensification of the treatment process. The conclusions presented have shown that the organic load can be



lowered in a short period of time but that, over time, the pH of the wastewater has been raised from 6 to 8, being within the range established by the LMP Standard.

**Key Words:** Wetland, Ph, Maximum Permissible Limits, Septic Tank, Percolation Well, Physical Test, Chemical Test.

## Introducción

Los humedales son ecosistemas naturales caracterizados por agua estancada o que fluye lentamente, estos ecosistemas desempeñan un papel importante en el medio ambiente y brindan una variedad de beneficios, incluida la regulación del clima, la retención de agua, la purificación del agua y la conservación de la biodiversidad. Los sistemas de tratamiento de humedales son tecnologías que utilizan los procesos naturales de los humedales para tratar las aguas residuales, estos sistemas se pueden utilizar para tratar una variedad de aguas residuales, incluidas aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas. Los sistemas de tratamiento de humedales ofrecen muchas ventajas sobre las tecnologías tradicionales de tratamiento de aguas residuales. Estos beneficios incluyen eficiencia, costo y sostenibilidad.

A lo largo de los años se ha desarrollado y aplicado diversas tecnologías en cuanto respecta el tratamiento de los cuerpos de aguas residuales, cuyo propósito es la aminorar los daños ambientales las cuales son causados por las aguas residuales urbanas (ARUS), conocido también como efluentes líquidos domiciliarios; pero que el siglo XXI la atención se centró a los efluentes de las minas producto de los relaves mineros, dejando a un lado los impactos negativos hacia el medio ambiente producido por las aguas negras, más aún en el Perú existiendo las Normativas vigentes, la contaminación por efluentes domiciliarios es latente en pequeñas comunidades pues según la norma IS020, el cual está establecido en el reglamento nacional de edificaciones establece el uso de tanques sépticos para zonas rurales como medida de tratamiento para zonas alejadas, pero que en realidad estos tanques sépticos en la mayoría solo son instalados en los centros educativos y a la población se instalaron letrinas sanitarias, en otras que hay un sistema de red de alcantarilla se instalaron sistemas de lagunas facultativas pero sin ninguna verificación si estas están cumpliendo el tratamiento para los cuales fueron construidos, siendo de esta manera el descuido que hoy se tiene a los efluentes líquidos en las pequeñas comunidades.

Normalmente el tratamiento de los efluentes domiciliarios antes de su vertido al cuerpo receptor ya sea un río, lago, suelo u otro deberá ser tratado en diversas operaciones con fines de eliminar agentes contaminantes y que estas deberán estar en concordancia a los límites máximos permisibles, instaurados en la ley peruana con el D.S. 007-2017MINAM. Que establece también que dichos tratamientos deberán ser lo más económicamente posible; dándose este último con los procesos biológicos para tratar los efluentes domiciliarios que por hoy son la solución para pequeñas comunidades, los cuales son de fácil control, cuando los requerimientos de depuración no son demasiado exigentes.

Los principales problemas que afrontan las pequeñas comunidades para tratar los efluentes domiciliarios son el factor económico, altos costos de mantenimiento, capacitación técnica para el adecuado mantenimiento, disponibilidad de terreno. Estos problemas son limitantes en cuanto al tratamiento de los efluentes domiciliarios en distrito de Santa Rosa, específicamente en las comunidad de Rinconada Baja que el sistema de tanque séptico no cumplen con el correcto tratamiento de los cuerpos de aguas servidas debido, a que su cabida de diseño ha sobrepasado; por consiguiente, existe una contaminación en el cuerpo receptor que existe a unos metros de la poza de infiltración, por tal motivo este trabajo de investigación tiene el propósito de caracterizar el agua residual y así plantear el tratamiento final complementario al que existe como es el tanque séptico, con esta medida poder mitigar la contaminación al medio ambiente.

El primer capítulo abordará la formulación del problema, describiendo detalladamente la situación actual de la comunidad de Rinconada Baja, junto con la justificación, las restricciones y los propósitos que dirigen la elaboración de esta tesis. Posteriormente, el marco teórico se desplegará más información para el entendimiento de las bases teóricas, seguidamente en el segundo capítulo, donde se examinarán trabajos previos y literatura pertinente que sustentan la investigación. Luego, se explicará la

metodología adoptada, enfatizando la aplicación de técnicas cuantitativas y un modelo experimental para la obtención de datos. En el cuarto apartado se dará la explicación y las interpretaciones de los resultados alcanzados. Para concluir, el capítulo final englobará las conclusiones y sugerencias resultantes del estudio. Es por ello, que esta investigación, titulada Tratamiento final del agua residual mediante el sistema Wetland plantea el objetivo central de determinar el grado de eficiencia del sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento final de las aguas residuales en los efluentes domésticos en el centro poblado de la Rinconada Baja, ubicada en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho en el periodo de 2023.

## Capítulo I

### Planteamiento Del Problema

#### 1.1. Descripción de la situación problemática

En la actualidad se presentan diversos problemas ambientales en las pequeñas comunidades ubicadas en el distrito de Santa Rosa como en otros lugares del país, por lo que una implementación, elaboración y explotación de la PTAR resolvería una gran parte de la problemática de las aguas sépticas, que muchas de ellas se encuentran a cargo de las Municipalidades como entes gestores, y gran parte de ellos no tienen una eficiencia en sus tratamientos, siendo una problemática ambiental de gran importancia. Los antecedentes nacionales se ha evidenciado que muchos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, o pozos de oxidación no reciben un tratamiento eficientes en sus procesos, incluso otros solo reciben tratamiento mediante las fosas sépticas o tanques sépticos y en muchos de los casos ya sobrepasaron la capacidad para lo cual fueron implementados, otros están en desuso debido a que no tuvieron en cuenta el tipo de suelo al momento de concebir el proyecto o no se realizaron las pruebas de infiltración o pruebas de absorción que generalmente se hacen durante la etapa de la concepción del proyecto y actualmente no trata el agua residual de forma adecuada. El problema latente existente en el centro poblado de Rinconada Baja del distrito de Santa Rosa es el empleo desmedido del tanque séptico instalado en las viviendas y estas han sobre pasado su vida útil y la capacidad para el cual fue diseñado, esto de acuerdo con la Norma del MINAM, en la cual indica que está prohibido que se haga la instalación de fosas sépticas a no menos de 500 m de las fuentes de agua, el mismo que fue vulnerado durante la instalación de los pozos sépticos. Es por ello, que en la mayoría de las pequeñas comunidades del Distrito de Santa Rosa y otras pequeñas comunidades del Perú tienen las mismas problemáticas, que se agravan más cuando estos efluentes son vertidos a los cuerpos receptores como las micro cuencas sin el debido tratamiento. En cuanto refiere a la

normatividad peruana, establece las leyes de acuerdo con el D. S. N° 002-2008 MINAM; el D. S. N° 015-2015-MINAM, la Ley N° 28611 Ley General del Ambiente, en cuyos artículos 121°, 122° y la Ley N° 29338. Ley de Recursos Hídricos en los artículos 76° al 85°. En los cuales se determinan los parámetros de los LMP determinados para las salidas de los cuerpos de agua antes de ser descargados a los cuerpos de aguas receptoras; entendiéndose como ríos, riachuelos, lagunas, suelo, entre otras.

Las limitantes muchas veces para la implementación de estas plantas de tratamiento son:

- Coste por habitante elevado.
- Limitación de financiamiento.
- Escasos presupuestos cuyo propósito sea la explotación y el correcto mantenimiento de las instalaciones.

El problema fundamental de los efluentes domésticos en las comunidades de menor población es que están básicamente forzados a tener un nivel de tratamiento igual que las comunicades urbanas de mayor población y todo ello con pequeño recurso lo cual hace inviable cada proyecto, por lo que hoy en día tenemos una gran contaminación del medio ambiente por estos efluentes. Cabe mencionar también que los lugares más poblados son la zona de la selva a comparación de la sierra y por ende se generan mayor cantidad de efluentes, otro problema es que cada centro poblado o pequeña comunidad son muy aislados para ser considerados en una sola planta de tratamiento. Muchas de ellas también tienen problemas de pendientes, esto referido a que dicha comunidad o centro poblado (CP) están ubicados en laderas o zonas de mayor pendiente, donde es difícil la implementación de lagunas de oxidación; en otros caso no hay terreno donado para dicho tratamiento o no quieren donar el terreno para el tratamiento por el motivo de estos problemas que se

implantan proyectos que al final no cumplen con el tratamiento adecuado y ello conlleva efectos secundarios para el bienestar de los ciudadanos colindantes del proyecto.

El problema por la financiación limitada que sufren las pequeñas comunidades para la gestión de sus aguas residuales obedece a los siguientes motivos:

- Menores ingresos por viviendas.
- Recaudación de impuestos por vivienda.
- Financiación.

Las comunidades urbanas de menor oblación tienen posibilidades limitadas de uso y mantenimiento. La primera razón es que cuentan con recursos financieros escasos o limitados y poca o nula experiencia en la gestión de equipos y tratamiento de aguas residuales. También, plantea cuestiones relacionadas con la planificación, la contratación, la mala gestión de la ejecución del trabajo y la gestión de proyectos. Estos incluyen facturación, contabilidad, elaboración de presupuestos, operaciones y mantenimiento. (Metcalf, 2003); Por tanto, para superar estos obstáculos es necesario buscar soluciones eficaces con un mínimo mantenimiento.

Por ello, en las obras que ya se ejecutan en el centro urbano de Rinconada Baja se están planteando soluciones al problema de la alternación del ambiente provocada por las aguas negras de origen doméstica; obra en la cual se instaló Tanque Séptico y que a la fecha ha sobrepasado para el diseño con el cual fue concebido, por lo que se plantea un tratamiento alternativo como tratamiento final, como es el tratamiento pasivo llamado humedales artificiales o Wetland, empleando para ello plantas autóctonas de la zona como son especies Paragüitas *Cyperus alternifolius* (tratamiento pasivo mediante sistema Wetland) con este sistema híbrido se aspira mitigar los impactos ambientales y este ejemplo pueda servir para que puedan tratar el resto de las comunidades que aún se encuentran contaminando el medio ambiente debido a que sus aguas siguen siendo vertidos al medio natural debido a que el

sistema planteado en el proyecto es inoperativo hasta el momento como son de los centros poblados de Chamayruchayoc, Iribamba, entre otros que se encuentran inoperables y vierten sus aguas al medio natural, como son los sembríos, río Samugari contaminando al medio ambiente. Actualmente existe un malestar por parte de la población debido a los problemas ya mencionados debido a que el Estado se ha olvidado de las poblaciones más alejadas y necesitadas, teniendo un problema latente también la alteración de las características del agua potable, ya que actualmente vienen consumiendo agua entubada, ello se agrava con la contaminación de agentes químicos como los agro químicos que abundan en la zona.

## **1.2. Realidad problemática**

### ***1.2.1. Realidad problemática internacional***

No fue hasta mediados del siglo XIX, en el que el procesamiento de las aguas negras se convirtió en una prioridad, basándose en las teorías de Robert Koch y Louis Pasteur, el tratamiento microbiológico se convirtió en la base para un correcto tratamiento de las aguas sépticas. Se requirió un apoyo bacteriológico para tener un tratamiento eficaz y adecuado a dichos cuerpos de agua. Finales del siglo XIX, Estados Unidos sintió la obligación de tratar las aguas negras más allá de simplemente recogerlas en las alcantarillas, ya que las aguas residuales de grandes masas empezaron a causar daños en la salud, ya que a medida que a medida que crecían la población eran más necesario tratar sus aguas por lo que impulsaron a una mayor demanda de la eficiencia del correcto tratamiento y gestión de los cuerpos de aguas sépticas, dándose así el inicio a la ingeniería sanitaria (Metcalf, 2003).

### ***1.2.2. Realidad problemática nacional***

En el informe del 8 de junio de 2022, la Autoridad Nacional de Supervisión Sanitaria (SUNASS) elaboró un informe detallado sobre las entidades de ofertan los servicios; y lo que operan actualmente en el Perú tienen una totalidad de 202 instalaciones y 171 de ellas



en funcionamiento, sólo el 85% realiza operaciones de los tratamientos de aguas negras para reducir la contaminación. (SUNASS, 2022).

Las PTAR en operación están ubicadas en 31 de los 50 proveedores de servicios del país. Las empresas con el mayor número de PTARs en funcionamiento incluyen: EPS GRAU ubicada en Piura (31 empresas), EPSEL localizada en Chiclayo (25 empresas), SEDAPAL operada en Lima (20 empresas), AGUA TUMBES ubicada en Tumbes (14 empresas) y Trujillo con (14 empresas). Estas cinco empresas representan el 61% de las instalaciones de tratamientos adecuados de las aguas sépticas que operan. Un dato importante que se desprende del diagnóstico presentado es que entre 2016 y 2020, el procesamiento de las aguas negras dentro de las EPS aumentó de 66,40% a 77,70%, o 11,30%. Uno de los motivos de este crecimiento fue la puesta en funcionamiento en 2016 de la PTAR La Chira, cuyo objetivo es tratar aguas residuales de la región sur de Lima en la zona de SEDAPAL. (SUNASS, 2022).

(Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021), indica que El Plan Nacional de Saneamiento 2020-2030 establece la meta de tratar de manera segura el 79,7% de las aguas residuales del Perú al 2030. Para lograr este objetivo requiere una inversión significativa en infraestructura de saneamiento y educación en higiene. Resolver los problemas de saneamiento del Perú requiere los esfuerzos conjuntos de todas las partes interesadas, incluidos el gobierno, la industria privada y la sociedad civil.

### ***1.2.3. Realidad Problemática Local***

Los tratamientos que se realizan en la Provincia de La Mar, en el distrito de Santa Rosa, no propios puesto que en toda la provincia no cuenta con una EPS. A su vez, se debe recalcar que se conforma 24 centros poblados alrededor del distrito, por su parte, en el censo

del 2017 se ubicó a más de 93 mil habitantes en toda la provincia, por lo que, todos los procesos de tratamiento están a cargo de las municipalidades, por sus divisiones de limpieza y ornato. En cuanto refiere al acceso a agua potable, solo el 20% de la población se encuentra desatendida, del mismo modo el mismo porcentaje en cuanto refiere al acceso a un sistema de saneamiento. Si delimitamos la problemática en centros poblados el nivel de ciudadanos desatendidos es superior al 36%, y el nivel de personas con acceso a agua clorada su brecha es del 100%.

En una comparativa con los tratamientos de aguas domesticas en la provincia de Ayacucho es responsabilidad de la EPS SEDA AYACUCHO, de la cual se obtiene información sobre las relaciones de los hogares, y la tasa de cobertura del servicio de drenaje es del 80,30%, correspondiente a una distribución atendida de 167 437 personas, las cuales presenta la siguiente distribución:

- a) Social (61)
  - b) Doméstica (37,663)
  - c) Comercio (5,329)
  - d) Industria (87)
  - e) Gobernación (239)
- Totalidad 43,379

Teniendo así una red colectora de 316,011 ml con tuberías de diversos diámetros como son de 6”, 8”, 10”, 12”, 14” llegando al PTAR denominada TOTORA, el cual fue construido en el año 1974 para una capacidad de 60, 000. Habitantes el cual a la fecha fue rebasada por lo que el año 2004 se ha realizado una ampliación teniendo en cuenta las siguientes características de diseño:

**Figura 1***Parámetros de diseño*

DESCRIPCIÓN	HORIZONTE	HORIZONTE
	2010	2020
Población final (habitantes)	280,282hab	278,215hab
Amplitud (%)	75%	80%
Pobl. servida	156212hab	222572hab
Caudal diario	443lps	618lps
Caudal medio horario	537lps	697lps
Caudal pico	769lps	989lps
Caudal mínimo	274lps	435lps

*Fuente: SEDA AYACUCHO, 2004*

Desde la apertura del servicio el año 2004 la PTAR de TOTORA está compuesta por lo siguiente:

- 01 Obra de Ingreso
- 01 Cámara de materiales gruesos.
- 01 Rejillas manuales de 2” de espaciamiento.
- 01 Lecho de grava.
- 01 Desarenador de 03 canales.
- 02 Rejillas automáticas finas de 6 mm.
- 01 Tornillo transportador de basuras
- 01 Lecho de arena.
- 01 Medidor ultrasónico de caudales.
- 06 Tanques Imhoff.
- 03 Lechos de secado.
- 04 Filtros Percoladores.
- 04 Sedimentadores integrados ó Ats.
- 02 Lagunas facultativas.
- 03 Lagunas de maduración.

- 01 Laguna de Cloración.
- 01 Edificio de operación y laboratorio.
- 01 Estación de Bombeo.
- 01 Casa fuerza o grupo electrónico.
- 01 Estación de cloración.
- Misceláneos equipos de bombeo y otro

Del cuadro precedente se puede evidenciar que los años de proyección para el PTAR TOTRA ha sido proyectada para una población de 278,215 habitantes por lo que la población al 688,657 habitante al año 2023 (INEI, 2023).

El distrito de Ayacucho trata las aguas sépticas mediante de los municipios con una laguna oxidante, pero esta entidad sólo cuenta con tanques sépticos o digestores biológicos, mientras que otros municipios del siglo XXI utilizan silos, donde no hay tratamiento adecuado, muchas veces las aguas domesticas son vertidas a cuerpos mayores receptoras sin previo tratamiento. Esto representa una potencial contaminación para la región.

### **1.3. Definición del problema**

Para el correcto procesamiento de los cuerpos de aguas servidas en el centro poblado de Rinconada Baja fue construido un tanque de aguas servidas y un tanque de percolación ya hace 15 años mediante el proyecto de saneamiento básico rural de dicha comunidad, la misma que a la fecha ha llegado al fin su utilidad y existe una mayor demanda por lo que ha sobre pasado su capacidad con la cual fue diseñado y construido, así mismo la ubicación del del pozo de percolación se encuentra a tres metros aproximadamente de un fuente de agua el cual agrava más ya que para un pozos de infiltración según Norma debería localizarse con una distancia menor de 500 metros de alguna fuente o cuerpo de agua, todo ello para salvaguardar la infiltración por micro poros del suelo y así retener la carga bacteriana y así garantizar e tratamiento final del agua residual, el mismo que no se da en este caso, según

manifiestan la población fue concebido así debido a la limitante del libre disposición del terreno para la construcción, por tal motivo, esta investigación pretende realizar un tratamiento final mediante el sistema Wetland como un tratamiento pasivo, para disminuir el DBO<sub>5</sub> la carga orgánica del agua servida a nivel experimental, es decir se haga modelos de pequeñas dimensiones y ver que se cumpla con la eliminación de la carga orgánica y se pueda verter a los cuerpos receptores estando de acuerdo a lo establecido por la Norma ECAS, de acuerdo con el D. S. N° 04-2017-MINAM.

La ingeniería sanitaria desarrolló el alcantarillado y con ello comenzó con la necesidad de garantizar la salud de la ciudadanía y así eludir las condiciones nocivas causadas por las aguas servidas de origen doméstico, o aguas denominadas cloacales.

Inicios del siglo XX, se dio en los Estados Unidos, cuando las ciudades empezaron a crecer, como consiguiente las aguas servidas urbanas; necesitaban tener un tratamiento, a su vez contar con la disponibilidad de un espacio para los procesos y evaluación de las aguas residuales por filtración e irrigación intermitente (Schoepfer, 1964). Hasta el año 1970 la ingeniería sanitaria solo se preocupaba en tratar las materias en suspensión, tratamiento de la materia orgánica, materia biodegradable y supresión de agentes patógenos. A fines de 1980 aproximadamente donde se ven con criterios medio ambientales donde los objetivos de reducción DBO<sub>5</sub> y los agentes patógenos y sólidos en suspensión se mantuvieron, pero a mayor nivel, implementando también como objetivos el tratamiento de tóxicos y compuestos de trazas que también cómo pueden tener problemas sanitarios a largo plazo.

A partir de los inicios de los años setenta las aguas servidas se tomaron como una seria problemática para los ecosistemas y con ella los problemas de la salud; tratando cada de implementar normas, emitiendo Leyes que regulen el vertido de aguas residuales para preservar el entorno ambiental y preservar con ello las especies comprendidas en la flora y también en la fauna de los recursos hídrico. A consecuencia de ello la legislación peruana a

través del Ministerio del ambiente quien a través de leyes regula las Normativas Ambientales Ley N° 28611 y las entidades públicas encargadas de cumplir la ejecución de las normas son el MINAM, OEFA, OSINERG como entes fiscalizadores. A través del D.S N° 003-2010-MINAM cuya última modificación el MINAM establece los nuevos LMP para aguas residuales de instalaciones de aguas residuales de origen doméstico o también denominado municipal, en muchos casos son letra muerta pues no hay una fiscalización adecuada ni mucho menos recursos destinados a tratar el problema latente que atraviesa el Perú, pues la mayoría de las Municipalidades no ven el problema a fondo, y tampoco cuentan con recursos destinados para implementar plantas de tratamiento en pequeñas comunidades donde se agudizan el problema y que por abandono del estado y sus medios, se siguen contaminando ríos, lagos, suelo, y tiene efectos sobre la salud de los ciudadanos, así como impactos al medio ambiente; que son contaminadas hasta el punto de ser insalubre para que puedan beber la fauna que viven en ellas.

Las problemas fundamentales de los centros poblados o pequeñas comunidades del distrito en la región de estudio, es que están contaminan debido a que el sistema planteado Tanque Sépticos como en la mayoría de los Centros Poblados (C.P) donde se implementa estos tratamientos para pequeñas comunidades no están funcionando debido al problema de suelos de fundación en la cual fueron concebidos, otros a que han cumplido su vida útil, o han colapsado debido a que no han recibido un mantenimiento adecuado, contaminando así al medio ambiente.

#### **1.4. Planteamiento del problema**

En relación con la problemática a nivel internacional, el tratamiento de aguas residuales es un proceso fundamental para proteger el medio ambiente y la salud pública. Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud (OMS), sustenta que cerca del 80% de las aguas residuales a nivel internacional se vierten directamente al medio ambiente sin

haber recibido un tratamiento adecuado con dichas aguas. Los principales problemas que contribuyen a esta situación son la falta de cobertura de servicios de alcantarillado en la urbe. Esto significa que sus aguas sépticas se vierten directamente al entorno ambiental, sin ningún tipo de tratamiento eficiente o cumplimiento las normativas del país, teniendo como efecto inmediato un daño a la salud pública y a los ecosistemas del lugar. A su vez, la falta de capacidad de tratamiento es otro de los problemas que se tienen en los países donde existe poco o nula cobertura de servicios de alcantarillado. Como también, la falta de inversión es otro problema fundamental en el tratamiento de aguas residuales.

En cuanto, respecto a la problemática a nivel nacional, el tratamiento de aguas residuales es un problema muy importante en el Perú. SUNASS menciona que, solo el 32% las aguas residuales generadas en el país reciben tratamiento adecuado antes de ser vertidas al medio ambiente. Este problema se debe a una serie de factores, entre los que se encuentran por ejemplo la falta de cobertura de servicios de alcantarillado, a nivel nacional, solo el 69,6% la población urbana tiene acceso a servicios de alcantarillado. Esto significa que el 30,4% la población urbana no tiene acceso a sistemas de alcantarillado, por lo que sus aguas residuales se vierten directamente al medio ambiente, sin ningún tipo de tratamiento. Y finalmente, la falta de inversión en el tratamiento de aguas residuales es una prioridad urgente para el Perú.

En cuanto respecta a la problemática local que aborda este estudio es tratar el agua residual de una pequeña comunidad (municipio de pequeño tamaño poblacional según la Ley N° 28440 que apoya la creación de un centro poblacional; es cualquier lugar del país identificado por su nombre y destinado a residencia permanente, generalmente de varias familias, o por excepción de la siguiente manera: una sola familia o individuo) debido a que el sistema planteado actual ha sobre pasado su capacidad, por lo que existe una contaminación permanente por lo que se busca hacer un tratamiento complementario para

los procedimientos que se involucran en el tratamiento final del agua servida, para que se pueda verter al cuerpo receptor de acuerdo a las Normas del LMP del MINAN que se establece, todo ellos se pretende realizar mediante el sistema Wetland instalado para asegurar el correcto tratamiento y vertido final a un cuerpo receptor ya sea suelo o fuentes de agua, para lo cual se verificará que el efluente cumpla con la totalidad de los ECAS y los LMP determinados en la Normativa vigente, de esta manera mitigar la contaminación al medio hídrico, al medio natural y se vea afectado la salud pública.

## **1.5. Delimitación del problema**

### ***1.5.1. Delimitación de estudio***

Esta investigación se caracterizó el agua residual de la pequeña comunidad de Rinconada Baja como primera medida, así mismo se hará el tratamiento final del efluente mediante el sistema Wetland para bajar el DBO del efluente tratado.

### ***1.5.2. Delimitación de tipología***

En la caracterización del agua residual se analizará:

#### **Características físicas.**

- Sólidos.
  - ✓ Sólidos sedimentables.
  - ✓ Sólidos en suspensión.
  - ✓ Disoluciones coloidales.
  - ✓ Sólidos disueltos.
- Turbidez.
- Color.
- Temperatura.
- Olor.



### **Características químicas**

Para evaluar las propiedades de los cuerpos de aguas domiciliarias es necesario conocer el nivel de contaminación microbiana a su vez se determina y mide por el oxígeno necesario para oxidar sustancias orgánicas, por lo que se caracterizará:

- Vía biológica: DBO
- Vía química: DQO
- Nutrientes.
- Fósforo.
- Nitrógeno.
- Alcalinidad.
- Cloruros.
- Oxígeno disuelto.
- Grasa, aceite.
- Pesticidas.
- Ph.
- Cloruros.
- Metales pesados.

### **Características biológicas**

Las aguas servidas urbanas, o también denominadas aguas negras o servidas (ARUS), registran una gran cantidad de organismos que mantienen actividades biológicas específicas, tales como (Guevara, 1996):

- Eliminación o reducción de la carga orgánica.
- Supresión de compuestos orgánicos tóxicos.
- Intervenir en los procesos biogeoquímicos del nitrógeno(N), fósforo(P) y azufre(S).

### **1.5.3. Delimitación espacial**

Lugar : Centro Poblado La Rinconada Baja

Distrito : Santa Rosa

Provincia : La Mar

Departamento : Ayacucho

El estudio se enmarca en C.P de Rinconada Baja, en cuyas aguas residuales (efluentes líquidos domiciliarios, nombre con la cual también se le conoce) existe la construcción de Tanques Sépticos las cuales no vienen tratando el agua residual debido a que su capacidad fue rebasada, y que se necesita un tratamiento final complementario para estar acorde a las exigencias del MINAM.

### **1.5.4. Delimitación de campos**

El estudio del efluente domiciliario se enmarca en tres tipos de estudio y son:

- Características químicas.
- Características físicas.
- Características biológicas.

## **1.6. Formulación del problema**

### **1.6.1. Problema general**

¿Cuál será la eficiencia del sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento de aguas residuales en los efluentes domestico en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023?

### **1.6.2. Problema específico**

- ¿En qué medida se determina la reducción de los niveles de parámetros fisicoquímicos al implementar un sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento final de aguas residual en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023?.

- ¿En qué medida se determina la reducción de los niveles de metales pesados al implementar un sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento final de aguas residual en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023?.

El estudio es de mucha importancia debido al problema latente y existente en el distrito de Santa Rosa, pues los efluentes domiciliarios no son tratados de acuerdo a la norma LMP debido a que el tanque séptico ha sobre pasado la demanda para lo cual fue construido, debiendo este complementarse mediante un tratamiento pasivo como es el sistema Wetland o humedal artificial para rebajar el DBO a los niveles exigidos por la Normativa Peruana a través del Ministerio del ambiente quien a través de leyes regula las Normativas Ambientales Ley N° 28611 y las entidades gubernamentales responsables de velar por el estricto cumplimiento son el MINAM, OEFA, OSINERG como entes fiscalizadores. A través del D.S N° 003-2010-MINAM cuya última modificación el MINAM decreta los nuevos límites máximos permisibles para los efluentes de las PTAR de aguas servidas domésticas o también denominada municipal, que en muchos casos son letra muerta pues no hay una fiscalización adecuada ni mucho menos recursos destinados a tratar el problema latente que atraviesa el Perú, pues la mayoría de las Municipalidades no ven el problema a fondo, y tampoco cuentan con recursos destinados para implementar plantas de tratamiento en pequeñas comunidades donde se agudizan el problema y que por abandono del estado y sus medios, se siguen contaminando ríos, lagos, suelo, y la salubridad de los ciudadanos. Así como los impactos hacia el medio ambiente son contaminadas hasta el punto de ser insalubre para que puedan beber la fauna que viven en ellas. Los problemas fundamentales de los centros poblados o pequeñas comunidades del distrito en estudio, es que los proyectos de Saneamiento Básico no tienen el estudio definitivo real hecho en campo, con sus realidades circundantes de cada centro poblado y es el resultado latente que hoy existe en las comunidades que se estudian en el presente, las cuales necesitan un tratamiento alternativo que pueda salvaguardar el

proyecto y sobre todo la contaminación existente y la desconformidad de la población involucrada.

## **1.7. Objetivos de la investigación**

### ***1.7.1. Objetivo general***

- Determinar el grado de eficiencia del sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento final de las aguas residuales en los efluentes domésticos en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023.

### ***1.7.2. Objetivo específico***

- Determinar la eficiencia en la reducción de los niveles de los parámetros fisicoquímicos al implementar un sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento final de aguas residual en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023.
- Determinar la eficiencia en la reducción de metales pesados al implementar un sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento final de aguas residual en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023.

## **1.8. Alcance**

En el presente trabajo se enfoca a los parámetros medioambientales que se deben generar para un desarrollo sostenible, entendiendo por desarrollo sostenible el medio en el cual el hombre pueda desarrollarse económica y socialmente sin causar estragos al medio ambiente; por tanto, podemos decir que el presente trabajo busca crear una conciencia en los pobladores y poder ofrecer una mejor calidad de vida con un agua saludable para todos.

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1. Generalidades**

La Ingeniería sanitaria de nuestros tiempos nos permite diversos métodos de tratamiento para las aguas servidas y de esta manera mitigar el impacto ambiental. La principal reacción bioquímica, la oxidación de sustancias orgánicas, se lleva a cabo dentro de los reactores en las que pueden clasificarse como aeróbicos o anaeróbicos.

La ausencia o la poca presencia del oxígeno, las características fisicoquímicas del cuerpo de agua servida, la concentración de las aguas residuales, el rendimiento del tratamiento, la selección del sistema de tratamiento y el costo son algunos de los esenciales factores que se involucran en la selección del tipo de tratamiento (Cervantes, 2006). También es necesario distinguir entre aguas residuales, cloacas y aguas grises, por lo que se puede decir que los efluentes grises son aguas domésticas que provienen de los lavados de utensilios, ropas entre otras pero que no estas no contienen material fecal, estas aguas pueden vértice a las plantas previo tratamiento; mientras que las aguas negras o aguas servidas, aguas residuales que normalmente se denominan a las aguas que contienen material fecal, cloacal, las cuales provienen de los baños y son recolectados a través de una red de alcantarilla para su adecuado tratamiento de acuerdo a las Normativas. Por lo que en el presente se evaluará este tipo de aguas residuales y se verá componentes físico químico y bilógico que lo componen.

#### **2.2. Tratamiento de agua residual orígenes**

No fue que hasta mediados del siglo XIX que el tratamiento de los cuerpos de aguas servidas llamó la atención a la población sobre los efectos que esta tiene hacia el medio ambiente y la población; sus orígenes se dan con el comienzo del desarrollo de la teoría de los planteada por Koch y Pasteur, y el desarrollo de la biología de las aguas residuales con

el apoyo de la bacteriología. Fines del siglo XIX, Estados Unidos sintió la obligación de tratar las aguas residuales además de recolectarlas en las alcantarillas, ya que grandes cantidades de aguas residuales comenzaron a causar problemas de salud. Esto ha aumentado la demanda del procesamiento y gestión eficiente de las aguas sépticas, lo que ha llevado al desarrollo de tecnología de saneamiento. (Metcalf, 2003).

### **2.3. Caudales de agua residual**

La distribución de alcantarillado recoge los efluentes de aguas servidas de una determinada población, por lo que podemos afirmar que a su paso podrá incluir lo siguiente(1):

- Agua residual municipal o domestica
- Aportación incontrolada o infiltración a la red de alcantarillado.
- Aguas pluviales.

Esta investigación no se considera la recopilación de aguas sépticas de origen industrial, puesto que el problema a la cual se enfoca la presente investigación es a una pequeña comunidad, donde no existe industria alguna. Por el contrario, se tomará en cuenta las añadiduras incontroladas por las aguas pluviales a la distribución de la red.

### **2.4. Estimación de caudal de agua residual**

Generalmente el tratamiento de aguas domesticas hacen la estimación en base a la aportación de agua consumida por habitante, por lo que en el presente se hace un recuento de cálculos por establecimientos, por vivienda, caudal de dotación, entre otros. Pero se hará énfasis al cálculo de caudal para la estimación de caudal de agua servida en pequeñas comunidades.

#### **2.4.1. Caudal de agua residual**

Los caudales de efluentes líquidos domiciliarios se determinan en base a los caudales del abastecimiento de aguas, dotación de agua o empleo del agua; ya que estas mantienen

una correlación entre los caudales de las aguas domésticas. La metodología empleada para estimar los caudales es el método volumétrico ya que se desea conocer los volúmenes que atraviesan por los ductos por un periodo determinado. Las municipalidades cuentan con dichos registros de dotación, ya sea el caudal máximo diario u otro, pero también existen otros métodos paralelos a ello si es que no se contaran con dichas informaciones, las cuales se hacen en base a tablas, dichas tablas están en función a los usos destinados del agua, como también a los diversos tipos de establecimientos.

Es preciso también enmarcar que el caudal que da origen a las aguas residuales también tendrá infiltraciones y aportaciones incontroladas durante su recolección y que estas deberán de considerarse en el caudal de diseño.

Se muestran dichas tablas como una opción al no tener datos de suministro de agua.

**Tabla 1**

*Zonas Residenciales: Caudales de agua residual típicos*

Fuente	Unidad	Caudal (l/unidad. Día)	
		Intervalo	Valor Típico
<b>Apartamento</b>			
<b>Alto standing</b>	Persona	132-280	190
<b>nivel medio</b>	Persona	198-300	245
<b>Hotel</b>	Cliente	115-210	170
<b>Residencia individual</b>			
<b>Residencia media</b>	Persona	170-340	265
<b>Residencia clase alta</b>	Persona	225-380	300
<b>Residencia de lujo</b>	Persona	280-570	360
<b>Residencia antigua</b>	Persona	115-225	170
<b>Segunda residencia</b>	Persona	95-190	150
<b>Motel</b>			
<b>Con cocina</b>	Unidad	340-680	380
<b>Sin cocina</b>	Unidad	285-570	360
<b>Zona caravaning</b>	Persona	115-190	150

*Fuente: (Melcalf, 2003)*

**Tabla 2***Establecimientos Comerciales: Caudales de aguas residuales típicos*

Fuente	Unidad	Caudal (l/unidad. Día)	
		Intervalo	Valor Típico
<b>Aeropuerto</b>	Pasajero	8-15	11
<b>Estación de servicio</b>	Coche de servicio	25-50	40
	Empleado	35-55	45
	Cliente	5-20	10
<b>Bar</b>	Empleado	40-60	50
	Lavado	1.500-2.250	1.900
<b>Grandes almacenes</b>	Empleado	30-45	40
	Cliente	150-210	180
	Empleado	25-50	40
<b>Hotel</b>	Empleado	25-60	50
	Lavadora	1.700-2.500	2.100
<b>Edificio industrial (sólo aguas sanitarias)</b>	Lavado	170-210	190
	Empleado	25-60	50
<b>Oficina</b>	Empleado	25-60	50
<b>Restaurante</b>	Comida	8-15	10
<b>Centro comercial</b>	Aparcamiento	4-8	8
	Empleado	25-50	40

*Fuente: (Melcalf, 2003)***Tabla 3***Centros Institucionales: Caudales de agua residual típicos*

Fuente	Unidad	Caudal (l/unidad. Día)	
		Intervalo	Valor Típico
<b>Hospital médico</b>	Cama	470-900	625
	Empleado	20-55	40
<b>Hospital psiquiátrico</b>	Cama	285-530	380
	Empleado	20-55	40
<b>Prisión</b>	Recluso	285-570	435
	Empleado	20-55	40
<b>Asilo</b>	Residente	190-455	320
<b>Colegio, diurno</b>			
<b>Con cafetería, gimnasio y ducha</b>	Estudiante	55-115	95
<b>Sólo con cafetería</b>	Estudiante	40-75	55
<b>Sin cafetería ni gimnasio</b>	Estudiante	20-65	40
<b>Colegio, internado</b>	Estudiante	190-380	285

*Fuente: (Melcalf, 2003)*



Tabla 4

Centros de Recreo: Caudales de aguas residuales típicos

Fuente	Unidad	Caudal (l/unidad. Día)	
		Intervalo	Valor Típico
Apartamento, zona turística	Persona	190-265	225
Refugio, zona turística	Persona	30-190	150
Cafetería	Cliente	4-10	8
	Empleado	30-45	40
Zona de acampada, desarrollada	Persona	75-150	115
Bar	Asiento	45-95	75
Club de campo	Socio presente	225-490	380
	Empleado	40-55	50
Campamento de día, sin comidas	Persona	40-55	50
Comedor	Por comida	15-40	26
Dormitorio	Persona	75-190	150
Dormitorio, barracón	Cliente	150-225	190
Hotel, zona turística	Cliente	4-15	11
	Empleado	30-45	40
piscina	Usuario	20-45	40
	Empleado	30-45	40
Cine	Butaca	8-15	10
Centro de visitas	Visitante	15-30	20

Fuente: (Melcalf, 2003)

### La infiltración en las alcantarillas

Parte del agua de lluvia fluye rápidamente a través de los desagües pluviales y otros desagües, otra parte se evapora y el resto se filtra en la capa subterránea. La tasa de infiltración de agua depende de las propiedades en la superficie, las propiedades del sedimento y la precipitación estacional. La reducción de la capacidad de absorción del suelo ya sea por construcciones, carreteras o heladas, aumenta la escorrentía superficial y reduce las proporciones de infiltración del agua de lluvia.

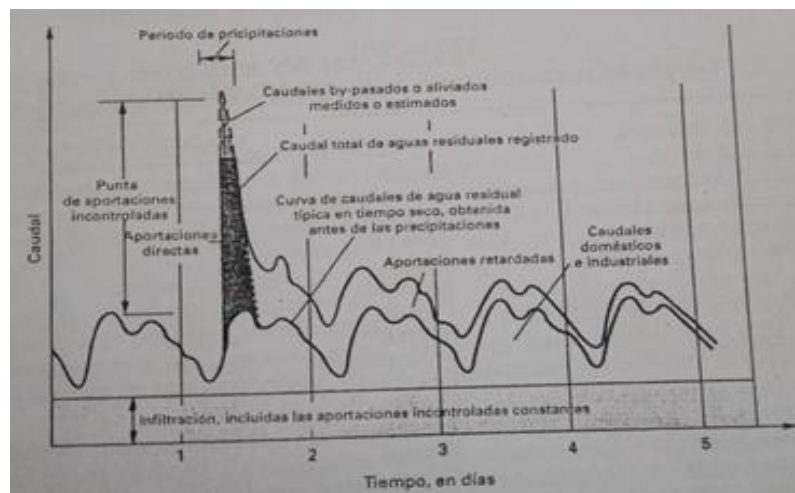
En suelos de mayor impermeabilidad o subsuelos densos, sólo se infiltra una pequeña cantidad de agua, pero en suelos arenosos, donde el agua se drena fácilmente, la cantidad de agua infiltrada es del 25 al 30 por ciento de la precipitación, pudiendo ser equivalente a la

intrusión de agua provenientes de ríos u otros cuerpos de agua en las puede afectar los niveles de agua subterránea en áreas cercanas, provocando subidas y bajadas continuas.

Los niveles más altos de agua subterránea tienden a realizar intrusiones en el alcantarillado, lo que incrementa los volúmenes de aguas residuales y los valores monetarios de evacuación. Dicha infiltración subterránea suele lograr rangos de valores entre 0,0094 a 0,94 m<sup>3</sup>/d.mm.km o valores mayores. El milímetro-kilómetro (mm-km) de un sistema de alcantarillas se determina a partir del total de los productos de los diámetros de las tuberías (en mm) y su correspondiente longitud (en km). Es decir, la tasa de infiltración puede alcanzar valores entre 0,2 y 28 m<sup>3</sup>/a.d. Durante la temporada de lluvias, el agua ingresa a la red a través de tapas de registro y, además de la propia infiltración, también pueden ocurrir impactos incontrolados, alcanzando rango de valores hasta 470 m<sup>3</sup>/ha.d. El resultante y descarga incontrolada es un componente no controlado de las aguas sépticas, y depende de los materiales y mano de obra utilizados en la instalación de alcantarillados y conexiones de edificios, el tipo de mantenimiento y la altura del nivel freático en relación con el nivel freático. Eso depende. Ubicación de la red de alcantarillado.(Melcalf, 2003).

## Figura 2

*Identificación gráfica de la infiltración y las aportaciones incontroladas*



*Fuente: (Melcalf, 2003)*

Los caudales tienden a variar ya sea por el aporte de las lluvias, así como se mencionó anteriormente, pero que también pueden variar cuando se establece una pequeña industria o industrias, las cuales no se pueden precisar en el tiempo ya que con el tiempo pueden crearse o cerrarse y muchas de ellas son informales.

Las variaciones principales de las aguas residuales son:

- Variación a corto plazo
- Variación estacionaria

#### **2.4.2. Caudal de diseño**

El proceso de planificación tiene un impacto significativo en el diseño del sistema de alcantarillado y PTAR; y estos deben ser analizado y determinado (Metcalf, 2003). Los procesos de diseño pueden derivarse de datos en poder de gobiernos y suministran agua cuentan con datos de suministro como caudal máximo y mínimo diario, caudal máximo, caudal pico máximo, y caudal constante. El valor más recomendable para trabajar es caudal máximo permanente máximo promedio, caudal semanal máximo anual, el cual se obtendrá del promedio de datos obtenidos de un tiempo aproximado, se recomienda sea de los dos últimos años; con este caudal se diseñará la planta, así como las redes de alcantarillas. La metodología empleada en esta investigación es un método empírico, puesto que los datos se obtendrán bajo una observación con datos reales, este método se usó para estimar el caudal de las aguas domésticas, puesto que el tamaño de la investigación es pequeño y poseen características similares.

#### **2.5. Caudal de agua residual para pequeñas comunidades**

El caudal residual para pequeñas comunidades, en nuestro caso para un Centro Poblado, difieren notablemente de las grandes urbes, por lo que se deberá tener en cuenta el caudal por habitante y sus variaciones; para poder facilitar se adjunta un cuadro para su guía

respectiva. La tabla fue elaborada teniendo en cuenta una cantidad de habitantes por familia de 2.4 a 2.8 por cada vivienda.

**Tabla 5**

*Caudales típicos de agua residual procedentes de residencias*

Tipo de vivienda	Caudal, l/hab.d	
	Intervalo	Valor Típico
<b>Unifamiliar</b>		
<b>Segunda residencia</b>	140 - 200	170
<b>Ingresos Bajos</b>	160 - 210	180
<b>Ingresos Medios</b>	160 - 320	210
<b>Residencias de lujo</b>	200 - 400	260
<b>Apartamentos</b>	140 - 200	160
<b>Bloques de pisos</b>	140 - 200	160

*Fuente: (Metcalf, 2003)*

Debido que el cuadro anterior se hizo en los Estados Unidos considerando una cantidad de habitantes por familia, es necesario contar con una Formula para adecuar a nuestro entorno y así aproximar el caudal del agua residual para nuestro estudio, por lo que se presenta la siguiente fórmula (Metcalf, 2003).

$$\text{Caudal, } m^3/\text{vivienda} = 0.16 m^3/\text{vivienda} + 0.16 m^3/\text{residente} \left( n^{\circ} \text{residente}/\text{vivienda} \right) \dots \text{Ec.}(1)$$

Las variaciones de caudales generalmente para pequeñas comunidades donde se dan los picos más altos son en horas de la mañana y horas de la tarde, puesto que la gran parte de la población están en los campos, por lo que hacen mayor uso en las mañanas y las tardes para asearse, limpieza y demás servicios.

Para uso de guía se muestra la siguiente tabla, en el cual se muestra las variaciones de caudal para pequeñas comunidades.

**Tabla 6**

*Factores de punta para pequeñas comunidades, residencias individuales y pequeños establecimientos*

<b>Factor de punta</b>	<b>Residencia Individual</b>		<b>Pequeños establecimientos comerciales</b>		<b>Pequeñas comunidades</b>	
	Intervalo	Valor típico	Intervalo	Valor típico	Intervalo	Valor típico
<b>Horario punta</b>	4 - 8	6	6 - 10	8	3 - 6	4,7
<b>Punta diaria</b>	2 - 6	4	4 - 8	6	2 - 5	3,6
<b>Punta semanal</b>	1,25 - 4	2,0	2 - 6	3	1,5 - 3	1,75
<b>Punta mensual</b>	1,2 - 3	1,75	1,5 - 4	2	1,2 - 2	1,5

*Fuente: (Metcalf, 2003)*

## **2.6. Características de agua residual**

La caracterización de las aguas servidas es esencial para los proyectos y operaciones de infraestructura de aguas negras porque determina cómo se deben tratar las aguas servidas. Entre las características físicas como químicas o biológicas de las aguas sépticas, se especifican los compuestos de las aguas negras para caracterizarlas. Para tal efecto se presenta la siguiente tabla N° 05. Se mencionan los caudales típicos de agua residual procedentes de residencias (Metcalf, 2003).

Para caracterizar las aguas residuales se utilizan métodos analíticos cuantitativos (composición química) y cualitativos (propiedades físicas como biológicas). La metodología cuantitativa puede ser gravimétrica tanto como volumétrica como fisicoquímica. Este último se utiliza para caracterizar parámetros no relacionados con las propiedades físicas o volumétricas del agua, como turbidez, colorimetría, potenciometría, polarografía,

espectroscopia de absorción, fluorometría, espectroscopia y radiación nuclear.(Health Association, 1989).

**Tabla 7**

*Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual*

<b>Contaminantes</b>	<b>Razón de la Importancia</b>
<b>Sólidos en suspensión</b>	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.
<b>Materia Orgánica biodegradable</b>	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas de animales, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO y de la DQO. Si se descarga al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
<b>Patógenos</b>	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.
<b>Nutrientes</b>	Tanto el nitrógeno como fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para su crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer al crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también pueden provocar la contaminación del agua subterránea.
<b>Contaminantes prioritarios</b>	Son compuestos orgánicos o inorgánicos determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenidad, teratogenicidad o toxicidad aguda conocida o sospechada. Muchos de estos compuestos se hallan presentes en el agua residual.
<b>Materia orgánica refractaria</b>	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tenso activos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.
<b>Metales pesados</b>	Los metales pesados son, frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual.
<b>Sólidos inorgánicos disueltos</b>	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso de agua, y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual.

*Fuente: (Metcalf, 2003)*

### **2.6.1. Características físicas**

Los atributos físicos más primordiales de las aguas servidas están relacionada al contenido total de sólidos. Este término incorpora material suspendido, sedimentos, material coloidal y material disueltos presente en las aguas residuales que se analizan.

Otras características importantes para considerar se pueden mencionar al color, a su vez a la temperatura del cuerpo de agua, la densidad, color y turbiedad.

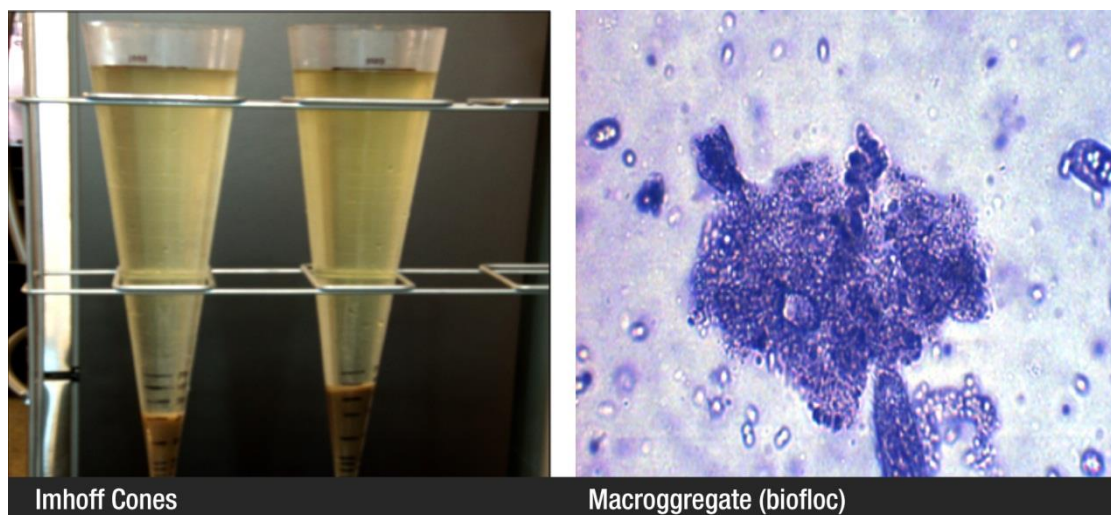
### **Sólidos totales.**

En la capacidad total de sólidos se obtiene sometiendo el agua restante (muestra) a un procedimiento de evaporación a 103 °C a 105 °C, y se descartan los sólidos que se evaporan debido a la presión de vapor durante la evaporación.

También podemos argumentar que los sólidos totales si los sólidos se disuelvan en la base de un envase cónico (cono de Imhoff) en 60 minutos.(Metcalf, 2003).

### **Figura 3**

*Cono Imhoff empleado determinar solidos sedimentales.*



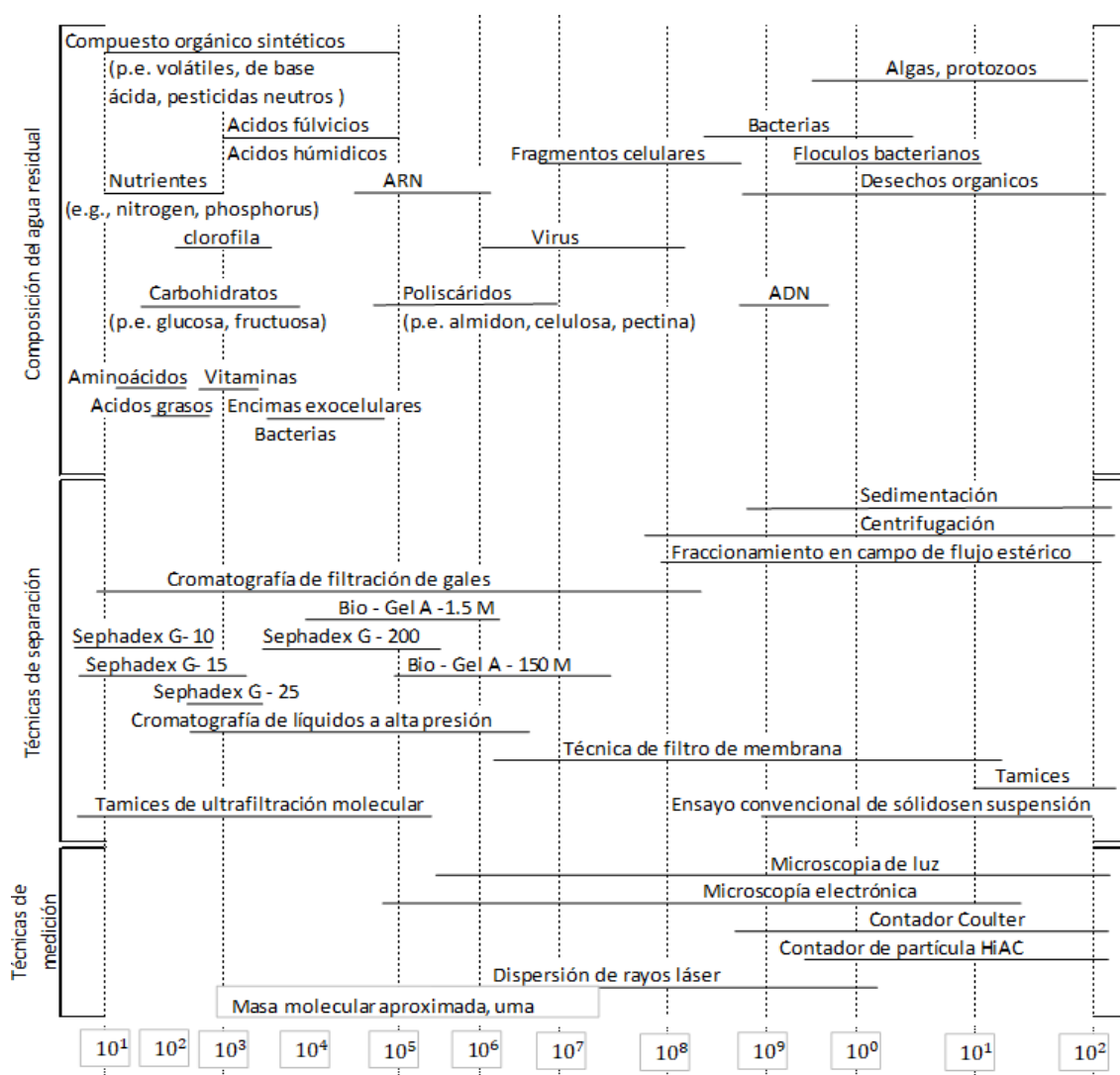
Nota. Balnova, 2016

Representan una medida aproximada con relación a la cantidad de lodos producidos durante la decantación base o primaria de aguas servidas. Los restos de la evaporación se puede separar en materiales filtrables y no filtrables (sólidos en suspensión), una cantidad conocida de líquido pasa a través del filtro. Para este proceso se pueden utilizar filtros de vidrio en cual emplea dicho método (Whatman GF/C con un tamaño de poro de 1,2 micras) o filtros de membrana de policarbonato con una diferencia de 0,2 micras respecto a los anteriores.

El contenido de sólidos filtrables corresponde a materias coloidales y disueltos. Esta parte coloidal formada por partículas de sólidos con un valor de 0,001 a 1 micrómetro. Las materias disueltas consisten en moléculas y iones orgánicos e inorgánicos disueltos en agua. La parte coloidal no puede eliminarse por sedimentación. La eliminación de la fracción coloidal suele requerir complementar la oxidación biológica o la coagulación mediante precipitación. En la Figura N° 03 - 05 muestra los tipos esenciales de materiales que componen los sólidos filtrables y no filtrables y sus tamaños aproximados.

**Figura 4**

*Intervalos de tamaños de los contaminantes orgánicos presentes en el agua residual*



Fuente: (Metcalf, 2003)



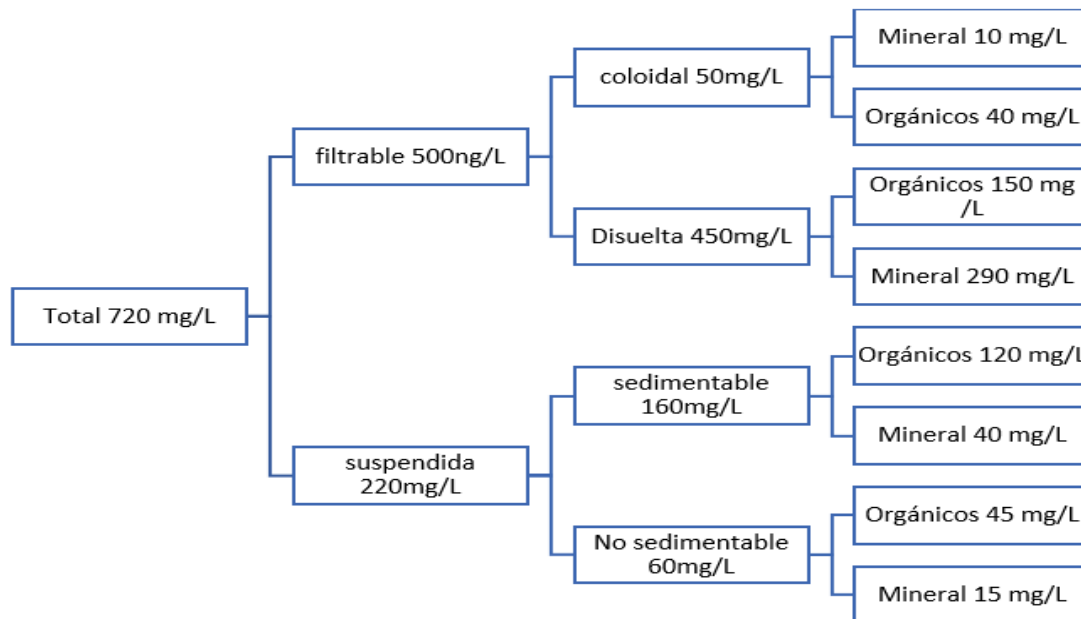
Cada una de las categorías de sólidos analizadas hasta ahora se puede subdividir según la volatilidad que se encuentra en valores entre  $550 \pm 50$  °C. Dicha temperatura, la parte orgánica se oxida y desaparece en forma de gas, mientras que la parte no orgánica permanece en forma de ceniza. Por lo tanto, las definiciones de "sólidos volátiles" como "sólidos fijos" se utilizan para referirse a los compuestos orgánicos e inorgánicos (o minerales) de los sólidos suspendidos, respectivamente. La temperatura comprendida de  $550 \pm 50$  °C, la descomposición de las sales inorgánicas se limita al carbonato de magnesio, que se descompone en óxido de magnesio y dióxido de carbono cuando la temperatura alcanza los 350 °C. Entre las sales inorgánicas, el carbonato de calcio es la más común y predominante y es estable hasta temperaturas de 825 °C. El análisis de sólidos volátiles se utiliza comúnmente para determinar la estabilidad biológica de los lodos de aguas residuales. La figura siguiente es una tabla que clasifica aproximadamente los valores de las materias de aguas residuales de aglutinación media.(Melcalf, 2003).

### **Olores.**

El olor que emiten las aguas residuales domésticas se debe gracias a gases generados durante el procedimiento de descomposición de la carga orgánica. El agua negra fresca tiene la emisión de olor característico, desagradable, el cual es tolerable en comparación al agua residual purificada, que tiene un olor más característico, pero esto se debe a la existencia de sulfuro de hidrógeno, el cual reduce el sulfato a sulfito mediante la reacción de diversos microorganismos existentes Patterson Et al. (2017).

**Figura 5**

*Clasificación de sólidos presentes en agua residual de concentración media*



*Fuente: (Metcalf, 2003)*

La generación y producción de estos olores por las aguas servidas hace que muchos proyectos, no se ejecuten o tengan un rechazo en la población; por lo que el presente proyecto plantea un método anaerobio para el problema de investigación, las cuales emiten menor cantidad de olores por ser un proceso cerrado a comparación de las lagunas facultativas del tratamiento aerobio. A continuación, se muestran tablas de compuestos asociados al agua residual que generan dichos olores.

### **Temperatura**

Una de las variables a considerar es la a temperatura del agua la cual podría afectar al correcto desarrollo de la vida de los organismos acuáticos existentes como también las características químicas como la velocidad de reacción. Se puede decir que el oxígeno tiene menor capacidad soluble en cuerpos de agua de temperaturas elevadas que en aguas frías. Las recciones químicas que se presentan tienen una velocidad de reacción que resultan en un incremento de la temperatura y cambios con la disminución del oxígeno que se encuentra

en los cuerpos de agua superficial; es un efecto común de concentraciones reducidas de oxígeno disueltos durante el periodo de solsticio.

El vertimiento de agua hirviendo en el receptor puede matar la vida acuática y provocar un crecimiento no deseado de plantas y hongos acuáticos. Debido a que el agua caliente de las casas se descarga al alcantarillado, las aguas negras generalmente están calientes. La mayoría de los casos, la temperatura de dichas aguas sépticas es superior a la temperatura de aire durante el año. En este caso, la T° de las aguas sépticas será baja sólo en verano, cuando el viento es relativamente fuerte. Por lo tanto, también se puede decir que la T° de las aguas negras es función de la ubicación geográfica donde se producen las aguas residuales.

### **Tabla 8**

*Intervalos de temperatura para algunas bacterias*

<b>Tipo</b>	<b>Temperatura, °C</b>	
	<b>Intervalo</b>	<b>Temperatura óptima</b>
<b>Psicrófilas</b>	-10 - 30	12 - 18
<b>Mesófilas</b>	20 - 50	25 - 40
<b>Termófilas</b>	35 - 75	55 - 65

*Nota.* Extraído de Ingeniería de aguas residuales (METCALF & EDDY)

### **Densidad**

La densidad es una propiedad primordial de las aguas negras, puesto que depende la posibilidad de que se formen lodos sedimentados y corrientes de densidad en otras plantas de tratamiento. La unidad de medida es kg/m<sup>3</sup> (relación masa-volumen).

**Tabla 9**

*Información típica sobre el peso específico y la concentración del fango procedente de los tanques de decantación primaria*

Tipo de fango	Peso específico	Concentración de sólidos	
		Intervalo	Típico
<b>Únicamente fangos primarios:</b>			
<b>Agua residual de concentración media</b>	1,03	4 - 12	6
<b>Agua residual procedente de redes de alcantarillado</b>	1,05	4 - 12	6,5
<b>Primarios y fangos activos en exceso</b>	1,03	2 - 6	3
<b>Primarios y humus de filtros perforadores</b>	1,03	4 - 10	5

*Nota.* Extraído de Ingeniería de aguas residuales (METCALF & EDDY)

### **Color.**

Esta variable está de acuerdo con la composición del cuero de agua como a la concentración de esta, así como de su edad. Esto se debe a que las aguas residuales tienen un color clásico y tardan más en pasar a través de la red de alcantarillado en condiciones casi anaeróbicas la cual presenta un color gris oscuro a negro (aguas residuales). Dicho color se debe a la formación de sulfuros metálicos por acción anaeróbica.

### **Turbiedad.**

Parámetro empleado para caracterizar la calidad en la que se encuentra el agua las cuales pueden ser crudas o naturales relacionadas con sustancias coloidales y residuos en suspensión (Metcalf, 2003). Estos parámetros se miden comparando la intensidad de la luz dispersada dentro de la muestra y la intensidad de la luz registrada dentro de la suspensión.

### **2.6.2. Características químicas**

Un elemento importante de la composición química en aguas sépticas, la cual se basa en medición de la carga orgánica, contenido orgánico, minerales y gases presentes en las

aguas sépticas. Todo esto debe tenerse en cuenta durante el pretratamiento y el procesamiento de aguas sépticas.

### Materia orgánica

La mayoría de las aguas servidas se componen de materiales orgánicos (sólidos de los reinos animal y vegetal) y actividades urbanas asociadas con la síntesis de compuestos orgánicos (Metcalf, 2003).

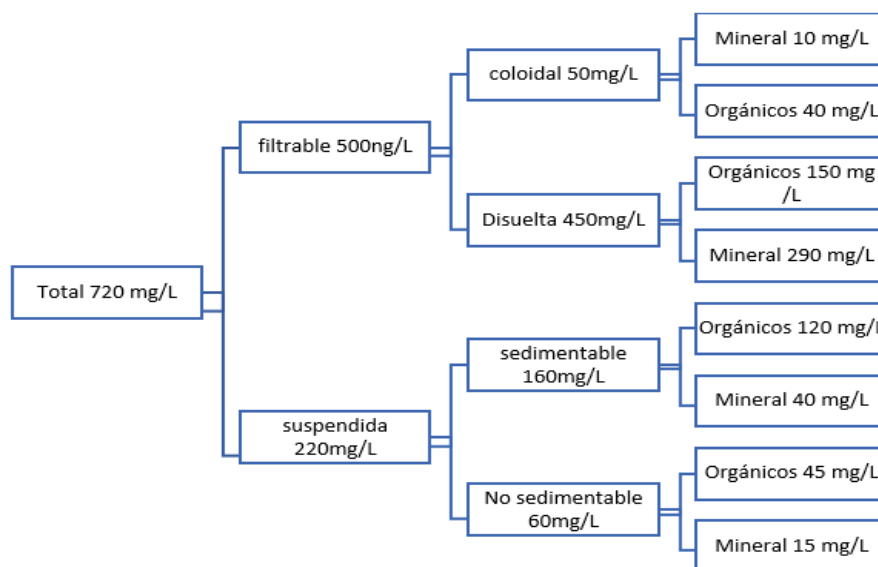
Las materias fundamentales presentes en las aguas sépticas son:

- Proteínas entre el 40% a 60%.
- Hidratos de carbono entre 25% a 50%.
- Grasas y aceites 10 % (agentes tenso activos).

Otros compuestos que se hallan en las aguas sépticas incluyen la urea y pequeñas proporciones de moléculas orgánicas sintéticas con estructuras complejas. Esto se debe a que las aguas residuales contienen sustancias químicas como compuestos orgánicos como carbono, hidrógeno, oxígeno y, a veces, una combinación de nitrógeno.

### Figura 6

*Clasificación de sólidos presentes en agua residual de concentración media*



*Fuente: (Metcalf, 2003)*

Los orgánicos incluyen los COV que son compuestos orgánicos volátiles, que tienen puntos de ebullición inferiores a 100 °C o presiones de vapor superiores a 1 mm Hg. Incluso cuando los compuestos orgánicos volátiles se liberan al medio natural, son transportados en forma gaseosa a través de tuberías (redes de alcantarillado), por lo que es primordial considerar los compuestos orgánicos volátiles en las propiedades de las aguas sépticas. Puede tener efectos al entorno ambiental como a la salud de los ciudadanos, contribuir a la producción de fotoquímicos que destruyen la atmósfera y, en última instancia, afectar la salud de los empleados de las PTAR.

En el sistema de alcantarillado y las PTAR, los contaminantes de origen orgánico se pueden eliminar, transformar, producir o simplemente transportar tal cual. Estos procesos involucran cinco mecanismos básicos los cuales se presentan como:

- Volatilización
- Degradación
- Adsorción en partículas o lodos
- Circulación (transporte – red de alcantarillado)
- Generación (degradación de compuestos o cloración)

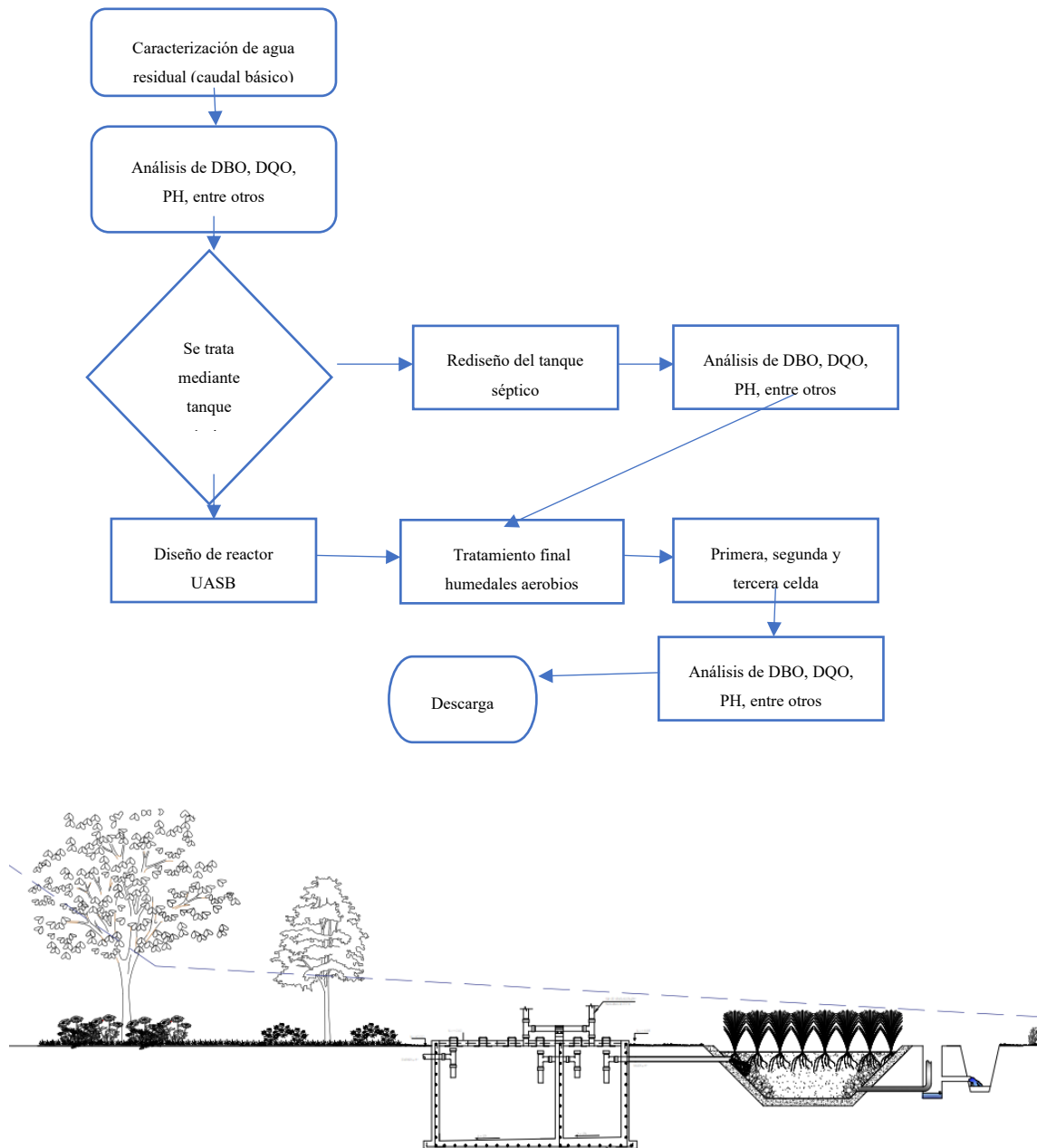
Por esta razón, la EPA ha establecido límites de emisión para aproximadamente 129 contaminantes prioritarios divididos en 65 clases (Castro, Et al.; 2001). Estas prioridades se asignan en relación asociativa o potencial asociación con los procesos cancerígenos, alteraciones, tetrátomos o hipertoxicidad, y gran parte de estos contaminantes de dan por el origen de los compuestos orgánicos volátiles.

### **Pesticidas y productos agrícolas.**

Estos compuestos de origen orgánicos se encuentran en cantidades menores en herbicidas, fungicidas entre otros productos químicos de uso agrícola. Debido a que en las aguas sépticas no es habitual encontrar dichos agentes, pero se considera ya que en pequeñas

comunidades agrícolas como las que se aborda son frecuente su uso. Estos pueden adicionarse al agua residual por medio de infiltraciones incontroladas o aportaciones incontroladas.

## 2.7. Diagrama de flujo para el tratamiento de agua residual



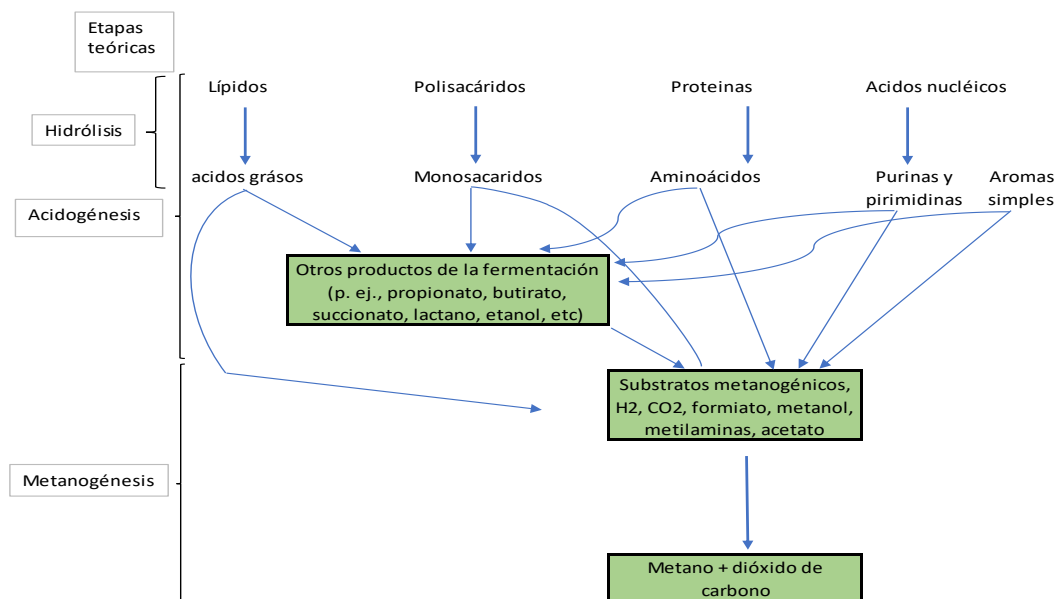
Fuente: Reserchgate, s/f

## 2.8. Tratamientos anaerobios

Aunque el tratamiento anaeróbico ha tenido grandes avances en todo el mundo, en nuestro país es poco utilizado por ser una opción tecnológicamente avanzada en la gestión de aguas de origen industrial. (Noyola, 1999). El tratamiento anaeróbico de la sustancia orgánica es de diversos procesos realizados por microorganismos estrictamente anaeróbicos en ausencia de elementos como el oxígeno, nitratos y sulfatos (ambiente irregular). El proceso anaeróbico más completo es el cultivo en suspensión, que es un proceso de digestión anaeróbica. Se requiere una mezcla completa para estabilizar la materia orgánica y los biosólidos. Las actividades que se involucran en el tratamiento anaeróbico también se utilizan para tratar diversos residuos industriales y producir biogás. La digestión anaeróbica es uno de los tratamientos empleados hace muchos años atrás para estabilizar lodos. Proceso en el que se produce la descomposición de sustancias orgánicas como inorgánicas en la no presencia del oxígeno. (Metcalf, 2003).

**Figura 7**

*Representación esquemática del flujo de carbono en el proceso de digestión anaeróbica*



*Fuente: (Metcalf, 2003).*



### 2.8.1. *Hidrólisis*

Este proceso consta en hidrolizar compuestos orgánicos de alto peso molecular para reducir el compuesto orgánico cuyo peso molecular es apto para una superior degradación (Catalán, 1997). La hidrólisis de sustancias orgánicas poliméricas en compuestos solubles o monómeros es el primer paso en la degeneración anaeróbica de sustratos orgánicos complejos, ya que los microorganismos sólo pueden utilizar sustancias orgánicas solubles que puedan traspasar las paredes celulares (Borzacconi, et al., 2000). Esta etapa de hidrólisis puede ser un proceso limitante de la velocidad para todo el proceso, especialmente cuando se trata de desechos con alto contenido de sólidos (Álvarez, et al., 2006). La hidrólisis depende de la temperatura que involucra en el proceso, a vez del tiempo de residencia, la composición del sustrato como la proporción de grasas, proteínas, lignina y carbohidratos, el tamaño de los sólidos, el valor en la que se encuentra el pH, concentración de  $\text{NH}_4^+$  (Speece, 1996). Las bacterias que causan hidrólisis incluyen anaerobias estrictas y anaerobias facultativas, incluidas *Clostridium*, *Peptococcus anaerobus*, *Bifidobacterium*, *Desulfovibrio*, *Corynebacterium*, *Lactobacillus*, *Actinobacteria*. Estas incluyen *E. coli* y *Staphylococcus*; en otros grupos fisiológicos presentes incluyen productores de enzimas proteolíticas, ureolíticas o celulíticas y lipolíticas, (Catalán, 1997).

Cada sustrato está compuesto por 3 aspectos básicos de macromoléculas: carbohidratos, proteínas y lípidos:

Estos carbohidratos están compuestos por monosacáridos unidos entre sí mediante enlaces glicosídicos, cuya hidrólisis produce diversos polisacáridos. Su degradación necesita la intervención de diferentes sistemas enzimáticos con diferentes propiedades y mecanismos de acción (Poirrier, 1996). Por ejemplo, la celulosa se descompone mediante una mezcla de enzimas de exoglucanasas, endoglucanasas y celobiasas, comúnmente llamadas celulosas. La quitinasa hidroliza la quitina y el quitosano; el almidón necesita la intervención de una

mezcla compleja de enzimas que consisten en  $\alpha$ -amilasa,  $\beta$ -amilasa, glucoamilasa y glucanasa (Poirrier, 1996).

Las proteínas son sustratos muy importantes en las actividades que involucra la digestión anaeróbica porque los aminoácidos obtenidos por hidrólisis no sólo son fuente de carbono y energía, también; estos poseen un valor nutricional alto. Las proteínas se hidrolizan en péptidos y aminoácidos mediante la acción de enzimas proteolíticas llamadas proteasas. Algunos de estos aminoácidos se utilizan directamente para la síntesis de nuevos materiales celulares y el restante se descompone en ácidos grasos volátiles (AGV), dióxido de carbono, hidrógeno, amonio y azufre en pasos posteriores del proceso.

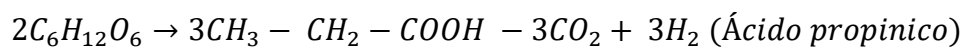
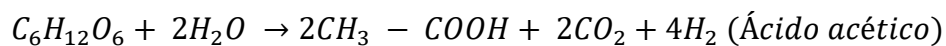
Dicha descomposición de estos lípidos en un ambiente anaeróbico inicia con la descomposición de la grasa mediante la interacción de enzimas hidrolíticas llamadas lipasas, que producen ácidos grasos de cadena larga y glicerol.

La degradación tiene una velocidad con las sustancias lignocelulósicos, que consisten esencialmente en hemicelulosa, lignina y celulosa, es tardo que normalmente corresponde al paso que limita el proceso de hidrólisis, es decir, la atenuación anaeróbica de ciertos sustratos. Esto se debe a que la lignina es altamente resistente a la degradación por microorganismos anaeróbicos, lo que afecta la biodegradabilidad de la celulosa, la hemicelulosa y otros carbohidratos. Los fundamentales productos de la hidrólisis de la celulosa son la celobiasa y la glucosa, siendo así, que la hemicelulosa genera pentosas, hexosas y ácidos urónicos. (Borzacconi, 2000).

### **2.8.2. Acidogénesis**

La producción de ácido es la conversión biológica en los compuestos orgánicos de poco peso molecular en ácidos grasos volátiles (AGV) como el ácido acético, también el ácido propiónico, como el ácido butírico y el ácido valérico (Roberts, 2000).

En este punto del tratamiento, gran parte de las bacterias de tipo anaeróbicas han sustraído todos los nutrientes de la biomasa y deben eliminar los productos de desecho de la célula a través del metabolismo. (Catalán, 1997). La fermentación ácida presenta una característica de un decrecimiento del pH, con rangos contiguos a un pH neutro, hasta valores comprendidos entre 3,5 y 6,0 (15). Es primordial indicar que el proceso de fermentación ácida no reduce significativamente la DBO o la DQO, ya que solo convierte un tipo de compuesto orgánico en otro. Los microorganismos que están encargados de estos dos primeros pasos son los denominados bacterias productoras de ácido, que son facultativas y muy resistentes a las condiciones. Se trata de microorganismos de acelerado incremento, con tiempos de duplicación de al menos 30 minutos. Partiendo de la glucosa se produce la siguiente reacción:



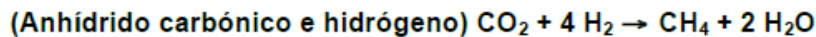
### 2.8.3. *Metanogénesis*

Los microorganismos que producen los gases como el metano, las transforma en los AGV's a dióxido de carbono y metano. Roberts y col. (2000). La reacción de las bacterias acidogénicas y acetogénicas produce elevadas concentraciones de acetato, hidrógeno y CO<sub>2</sub> (en forma de bicarbonato), estas son metabolizados por metanógenos en conjunto con el metanol y formiato producidos en el paso. (Catalán, 1997).

Las bacterias metanogénicas desarrollan un grupo pequeño en el cual los microorganismos anaeróbicos muy primitivas. Suelen ser mesófilos (35-40°C), pero algunos están adaptados a condiciones termófilas (55-60°C) o psicrófilas (por debajo de 15°C) (sedimentos y lechos de lagunas como marinos). Son autótrofos y emplean el CO<sub>2</sub> como fuente de carbono y H<sub>2</sub> como fuente de energía y poder reductor de electrones. Algunos

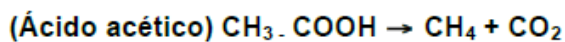
pueden emplear los electrones obtenidos en oxidación de ácido fórmico, metanol y acetato en lugar de H<sub>2</sub>. Las principales reacciones metanogénicas a nivel mundial son:

La siguiente reacción es provocada por una bacteria hidrófila que produce unos 25 litros de metano. Estas bacterias se multiplican muy rápidamente, con un intervalo promedio de duplicidad aproximadamente seis horas.

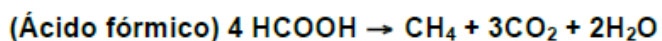


$$\Delta G'^{\circ} = -130 \text{ kJ/mol CH}_4$$

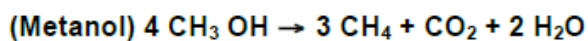
El ácido acético posee una reacción; esto se debe a que el ácido acético tritura las bacterias produciendo aproximadamente 75% de metano. Estas bacterias crecen más lentamente que las bacterias anteriores, con un tiempo de generación de 2 a 3 días.



$$\Delta G'^{\circ} = -32 \text{ kJ/mol CH}_4$$



$$\Delta G'^{\circ} = -120 \text{ kJ/mol CH}_4$$



$$\Delta G'^{\circ} = -103 \text{ kJ/mol CH}_4$$

Los metanógenos y las bacterias acidogénicas poseen una relación microbiana el cual es beneficioso para ambos en la que los metanógenos transforman productos como hidrógeno, formiato y acetato en metano y CO<sub>2</sub>. Los metanógenos obtienen energía para el crecimiento al convertir el sustrato en un número no ilimitado de sustratos en gases de metano. Los sustratos son H<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub>, formiato, acetato son algunas de las mejores generadas.

Estas bacterias que reducen de sulfato se consideran una molestia en las operaciones anaeróbicas y pueden ser un problema cuando las aguas residuales contienen concentraciones significativas de sulfato. Estas bacterias tienden a disminuir el sulfato a un sulfuro, que pueden contener tóxicos para los metanógenos en concentraciones elevadas.

Aunque estas bacterias que tiene acción de reducción de sulfato y las bacterias anaerobias obligadas son morfológicamente diversas, una característica común es la capacidad de utilizar el sulfato como aceptor de electrones, produciendo uno o dos ácidos

grasos o utilizando acetato. Los agentes reductores de sulfato del grupo I utilizan una variedad de compuestos de origen orgánico como donadores de electrones, los oxidan al acetato y reducen el sulfato a sulfuro. Un género que se encuentra comúnmente en procesos bioquímicos anaeróbicos es desulfovibrio.

Los agentes reductores de sulfato del grupo II oxidan los ácidos grasos, especialmente el acetato, a dióxido de carbono, y el sulfato se reduce a sulfuro. Una bacteria común en este grupo es el género desulfobacter. Las actividades anaeróbicas tienen limitaciones por las conversiones hidrolíticas y el empleo del sustrato.

En primer lugar, se da el proceso de conversión microbiana anaeróbica implica el tratamiento de partículas orgánicas en el sustrato mediante hidrólisis. Dependiendo de la fuente del sustrato orgánico, que puede ser lodo, desechos animales, biomasa, basura u otras fuentes, la tasa de hidrólisis es muy variable. Se puede hacer esta suposición, pero las condiciones del experimento y los factores ambientales pueden tener un impacto. Las tasas de hidrólisis oscilaron entre 0,04 y 0,13, 0,54, 0,08 o 1,7 por día para la celulosa, los azúcares y el contenido de grasa de los polisacáridos hemoclorados ( $H_2O_3$ ), y entre 0,02 y 0,3 por 24 horas en biopolímeros complejos expuestos a procesos anaeróbicos (Hernández, 2000).

Para la utilización de la tasa de los sustratos solubles para la fermentación y la producción de metano. La Tabla 10 proporciona un resumen de los datos cinéticos para varios sustratos y fases del proceso anaeróbico.

**Tabla 10***Datos Cinéticos a diferentes tipos de sustratos*

Sustrato	Etapa del proceso	$k$ gDQO/gSSV·d	$k_s$ mgDQO/L	$\mu_{max}$ 1/d	$Y$ gSSV/gDQO
Carbohidratos	Acidogénesis	1,33-70,6	22,5-630	7,2-30	0,14-0,17
Ácidos grasos de cadena-larga	Fermentación	0,77-6,67	105-3180	0,085-0,55	0,04-0,11
Ácidos grasos de cadena-corta	Fermentación	6,2-17,1	12-500	0,13-1,20	0,025-0,047
Acetato	Metanogénesis acetoclásticas	2,6-11,6	11-421	0,08-0,7	0,01-0,054
Hidrogeno/dióxido de carbono	Metanogénesis	1,92-90	$4,8 \times 10^{-5}$ -0,60 <sup>4</sup>	0,05-4,07	0,017-0,045

*Fuente: Pohland (1992).***2.8.4. Ventajas y desventajas de los procesos de tratamiento anaerobio**

Los beneficios y perjuicios en los desarrollos anaeróbicos se resumen en la tabla 11. A su debido tiempo, se explicarán algunos de ellos (por ejemplo, factores energéticos, bajas producciones de biomasa, nutrientes mínimos y cargas de volúmenes elevadas).

**Tabla 11***Ventajas y desventajas de procesos anaeróbicos*

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor producción de lodo biológico</li> <li>• Producción de metano, fuente de potencial energético</li> <li>• Se requiere de reactor con volumen pequeño</li> <li>• Con aclimatación mas compuestos orgánicos pueden ser transformados</li> <li>• Rápida respuesta al adicionar sustrato después de largos periodos sin alimentación.</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Largos tiempos de arranque para desarrollar biomasa necesaria</li> <li>• Puede requerir alcalinidad y/o adición de un ion específico</li> <li>• Puede requerir además tratamiento con un proceso aerobio para cumplir los requisitos de descarga.</li> <li>• No es posible la remoción de nitrógeno biológico y fosforo.</li> <li>• Mucho más sensible a los efectos adversos de bajas temperaturas en tasas de reacción.</li> <li>• Puede ser más susceptible a trastornos debido a sustancias toxicas.</li> <li>• Potencial para producción de olores y gases corrosivos.</li> </ul>

*Fuente: (Gandarillas y otros, 2017)*

### **Ventajas de los procesos de tratamiento anaerobio**

A diferencia de los desarrollos aeróbicos, estas actividades anaeróbicas tienden a producir energía en lugar de usarlo. El consumo energético para actividades aeróbicas es de  $1,9 \times 10^6$  kJ/d. En los procesos anaeróbicos se genera una suma de  $12,5 \times 10^6$  kJ/d. Se necesita aproximadamente  $2,1 \times 10^6$  de la energía total generada mediante procesos anaeróbicos para elevar la temperatura de las aguas sépticas de 20 a 30 °C, lo que se encuentra dentro del rango bajo de temperatura mesófila. La producción de energía del tratamiento anaeróbico es aproximadamente  $10,4 \times 10^6$  kJ/d, que es aproximadamente 5 veces superior diferente a la entrada de energía requerida para el tratamiento aeróbico. Los procesos anaeróbicos consumen menos biomasa en comparación con otros organismos. Los costos asociados con el tratamiento y eliminación de lodos son bajos.

La energía generada por el metano se puede utilizar en otras áreas de las PTAR, lo que confiere conservar más del 90% del valor calórico enviado a sustratos orgánicos. Asimismo, los biorreactores anaeróbicos contemporáneos no necesitan mucha energía para ser agitados mecánicamente (lo cual es necesario para mantener un rendimiento aireado adecuado durante condiciones aeróbicas) (Kleerebezem, 2003).

Las aguas negras de origen industriales a menudo no contienen suficientes nutrientes para sustentar el crecimiento aeróbico. La reducción de la biomasa producida por procesos anaeróbicos da como resultado un uso de nutrientes mucho más rentable. (Metcalf, 2003). Los procesos anaeróbicos pueden acomodar carga orgánica volumétricas más grandes, puede conducir a una reducción de tamaño y el espacio requerido para la instalación. La utilización de valores de carga orgánica de 3,2 y 32 kgDQO/m<sup>3</sup>d es adecuada para procesos anaeróbicos, mientras que los procesos aeróbicos requieren de 0,5 a 2,2 kgD/km<sup>3</sup>0. (Speece, 1996).

El uso de un cultivo de biomasa es esencial para el logro del proceso de puesta en marcha. Normalmente, el inóculo se mantiene en un medio apropiado que pueda someterse a las actividades de descomposición metanogénicas, como un digestor anaeróbico de lodos, sedimentos o excrementos animales.

Hay casos en los que es preferible un inóculo que ya haya sido adaptado al sustrato. Se elige un método de alimentación específico para garantizar que el inóculo siga siendo viable hasta que esté presente una población microbiana significativa, lo que permitirá que el reactor se ejecute de manera eficiente. En términos generales, una mayor concentración de sustrato promueve un crecimiento poblacional más rápido. Se recomienda aportar el sustrato en cargas si la situación lo requiere, por ello. (Álvarez, 2006). Este sistema permitirá mantener concentraciones de sustrato más altas que si alimentara el fermentador continuamente. (Pérez, et al., 1997).

La adición del sustrato es necesaria para que los procesos aeróbicos continúen después de estar sin alimentarse durante períodos prolongados.

#### ***2.8.5. Desventajas de los procesos de tratamiento anaerobio***

Estos procesos anaeróbicos son propensos a problemas como tiempos de arranque prolongados, susceptibilidad a posibles compuestos tóxicos, estabilidad operativa y riesgo de formación de olores, junto con altos niveles de corrosión del digestor. Esta es una preocupación para los procesos anaeróbicos. Las propiedades adecuadas de las aguas servidas y el diseño de procesos apropiado pueden ayudar a prevenir y/o controlar estos problemas. El aspecto negativo más importante que afecta la economía del procesamiento anaeróbico y aeróbico es la posible necesidad de adición de alcalinidad. Los procesos anaeróbicos pueden requerir concentraciones alcalinas de 2000 a 3000 mg/L como  $\text{CaCO}_3$  para mantener valores de pH aceptables en torno a 7.



En casos especiales, puede ser necesario algunos procesos adicionales de las aguas negras líquidas. En este caso, la mayor parte de la carga orgánica se elimina de forma económica mediante actividades anaeróbicas, y la DQO restante, de condiciones regulares biodegradables, puede tratarse aeróbicamente. La simbiosis de los dos procesos es muy beneficiosa, incluso si se requiere la eliminación de nutrientes.

Los reactores anaeróbicos-aeróbicos se utilizan continuamente para tratar aguas servidas municipales en condiciones de climas cálidos, lo que resulta en menores necesidades de energía y una reducción de la producción de lodos.(Metcalf, 2003).

El nitrógeno y el fósforo no se pueden eliminar porque sólo descomponen la materia orgánica del agua tratada. Los microorganismos necesitan macronutrientes (nitrógeno y fósforo) para favorecer la síntesis de nueva biomasa.

Gran parte de los procesos microbianos, la producción de metano es dependiente de la temperatura y normalmente ocurre a valores superiores a 60 °C. En contraste, una disminución en las tasas de temperatura entre mesófilo (35 – 40 °C) y termófilo (55 – 60 °C) puede ser posible debido a la falta de adaptabilidad microbiana (16). Las actividades que se involucra en anaeróbicos son controladas por las toxinas. Estas materias podrían ser sub productos de los procesos de la metabólica de los gérmenes anaeróbicos o tienden a ser parte del cuerpo de agua (Borzacconi, et al., 2000). Los compuestos de azufre oxidados, así como sulfatos, sulfitos y tiosulfatos, podrían mostrarse en bases considerables en varios cuerpos de aguas servidas industriales y en otros cuerpos de aguas residuales como los municipales. Estos componentes pueden reaccionar con los electrones para los microorganismos disminuidoras de sulfato que ingieren material orgánico y generan sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) en reactores anaeróbicos. El sulfuro de hidrógeno produce olores desagradables y corroe los metales. Los productos de combustión resultantes de la oxidación del azufre se consideran dañinas para el aire (Metcalf, 2003).

## **2.9. Sistema Wetland**

Un humedal, también conocido como Wetland, es una clase de ecosistema distintivo por su contenido de agua, que puede estar presente de forma constante o periódica, quieta o fluyente, y que comúnmente no es lo suficientemente profunda como para provocar una inundación completa, ya que la existencia del elemento líquido como el agua se ubica cerca de la superficie del suelo resulta en suelos anegados (hidromórficos) y en la existencia de una flora que se ha adaptado a vivir en ambientes húmedos. Existen diversos tipos de humedales que se diferencian por sus características propias, su origen, el clima en el que se encuentran y otros aspectos, como pueden ser las ciénagas, las turberas, las marismas, los estuarios y los manglares, por nombrar algunos (Rocha, et al., 2022).

Los humedales son esenciales desde un punto de vista ecológico y se encuentran entre los ecosistemas con mayor biodiversidad y productividad en el planeta, ofreciendo hábitat y lugares para la reproducción una diversificación de especies pertenecientes al reino animal como vegetal.

## **2.10. Tanque séptico**

Los tanques sépticos son usados generalmente en localidades que no poseen con una red de alcantarillado, por ello, se opta por este medio para tratar los efluentes domiciliarios en pequeñas comunidades o centros educativos rurales donde no se cuenta con un sistema de alcantarillado o una red recolectora. El empleo de estos contenedores sépticos en centros poblados, asentamientos rurales o urbano alejado, donde la población es mínima a comparación de los centros urbanos estas justifican su instalación cuando se encuentren muy alejadas de un sistema de red de alcantarillado o no cuente con este. (OPS UNATSABAR, s/f)

Una fosa séptica es un conjunto de procesos de tratamientos de aguas negras (procesos de infiltración), residuos de sanitarios con arrastres hidráulicos, y en ocasiones

residuos de cocinas y baños, que ingresan a una fosa séptica estanca y cerrada, donde se produce un procesamiento parcial. Dependiendo del tiempo de retención de presión de agua diseñado, pasará un período de tiempo típicamente de 1 a 3 días. Esta agua normalmente se elimina a través de zanjas de infiltración o pozos de absorción. Gran parte de los problemas con las fosas sépticas están en base a que no se presta suficiente atención al tratamiento de las aguas sépticas de las fosas sépticas. Uno de los primordiales propósitos del diseño de fosas sépticas es crear condiciones de firmeza hidráulica que permitan que la gravedad deposite las partículas de gran peso. Los sólidos sedimentados forman una capa de lodo en la base de la fosa séptica, que debe suprimirse frecuentemente. La eficacia de la supresión de sólidos mediante sedimentación es alta.

La eficiencia de una fosa séptica radica en la depuración de lodos (tiempo de depuración de la fosa séptica) y la determinación de tiempos en retención hidráulica. El diseño del tanque séptico es por lo tanto una estructura sólida en la que consta la separación que trata el agua residual para su infiltración y luego su estabilización en un sistema de infiltración que complementa este tipo de construcción (Norma Técnica I.S. 020), por lo que se requiere la prueba final de penetración para asegurar purificación adecuada.

Las Normativas (norma I.S 0.20) establecen que para el ensamblamiento de una fosa séptica se tiene que garantizar disponibilidad suficiente de área para controlar el funcionamiento habitual de las fosas sépticos y pozos de percolación o zanjas de percolación, por lo que prohíbe de manera determinante que las aguas residuales sean vertidos en forma directa a un sistema de absorción sin antes pasar por un pre tratamiento el cual es el tanque séptico, de este modo se garantiza el adecuado funcionamiento de las fosas de percolación, en el cual, se pide el test de percolación, el cual no es más que la prueba de infiltración del estrato de suelo donde se realizará el pozo de percolación. Caso por el cual el problema investigado tiene problemas, ya que se supone antes de construir la

infraestructura existente se debió hacer la prueba de infiltración con un análisis del estudio y análisis de mecánica de suelos, el cual arroja el tipo de material que se tiene y si es factible o no apoyar en ese estrato el pozo de percolación, el cual no se tomó en cuenta ya que se presume que el material en la cual se apoyó dicha infraestructura es suelo arcilloso el cual es impermeable, por lo que se presume haya fallado los tanques sépticos instalados en el Distrito de Santa Rosa – Ayacucho.

### **2.10.1. Diseño de tanque séptico**

#### **Tiempo de retención**

El tiempo de residencia de la presión del agua en el tanque séptico se estima a través de la fórmula:

$$PR = 1,5 - 0,3 \log (P \times Q)$$

Donde:

PR = Tiempo promedio de retención hidráulica, en días

P = Población servida

q = Caudal de aporte unitario de aguas residuales, Lt/habitante.día.

El mínimo de tiempo para la retención hidráulico es de 6 horas.

#### **Volumen del tanque séptico**

El volumen necesario para la obtención de la sedimentación  $V_s$ . en  $m^3$  se halla a través de fórmula:

$$V_s = 10^{-3} * (P * q) * PR$$

Es necesario estimar un volumen de digestión y depósito de los lodos ( $V_d$ , en  $m^3$ ) de acuerdo en un requerimiento necesario anual de 70 litros por individuo que se obtendrá a través de la fórmula:

$$V_d = 70 * 10^{-3} * P * N$$

Donde,

N: Es el intervalo deseado; en años, entre operaciones sucesivas de remoción de lodos. El mínimo de tiempo para la remoción de lodos es de un periodo de 1 año.

### **Dimensiones**

Para diseñar un tanque séptico debemos tener en cuenta las dimensiones adecuadas que tienen relación con el caudal de agua negra necesaria para el tratamiento, es por ello por lo que se calcula la hondura máxima de espuma sumergida ( $H_e$ , en m), el espacio libre se calcula en función del área total superficial de la fosa séptica con la fórmula.

$$H_e = \frac{0.7}{A}$$

Donde:

A = área superficial del tanque séptico en  $m^2$

Se requiere una hondura mínima permitida de la zona de sedimentación, nombrada profundidad del espacio libre ( $H_s$ , unidad: m). Esto incluye una superficie sin burbujas y una profundidad en el agua sin barro. La profundidad libre de la espuma de inmersión es la distancia entre la superficie inferior del lecho de espuma y el nivel inferior de la cortina en forma de Tee del sistema de salida de la fosa séptica (HES) y debe tener un valor mínimo de 0,1 m.

La profundidad libre de lodo es la distancia entre la parte superior de la capa de lodo y la parte inferior de la te o cortina del dispositivo de salida. Su valor ( $H_o$ , m) está determinado por la superficie de la fosa séptica y se calcula según la siguiente fórmula:

$$H_o = 0.82 - 0.26 * A$$

Donde,

$H_o$ , está sujeto a un valor mínimo de 0,3 m

La profundidad de limpieza (H) debe seleccionarse comparando la suma de la profundidad de limpieza mínima calculada como (0,1 +  $H_I$ ) con la profundidad mínima requerida para el asentamiento ( $H_s$ ). Se selecciona una mayor profundidad.

### **2.10.2. Humedales artificiales como tratamiento final**

Los humedales se construyen mediante un tipo de tratamiento impermeabilizante que resulta de la recreación de mecanismos naturales de purificación del agua de los humedales, que combinan procesos que involucra aspectos físicos, como químicos y también biológicos que ocurren en el intercambio entre el agua y el suelo, la vegetación, microorganismos y la atmósfera. un sistema biológico limitado. Provoca que los procesos de precipitación, filtración, adsorción, biodegradación, fotosíntesis, fotooxidación y absorción de nutrientes por la vegetación y tiene las siguientes propiedades:

- Comprenden en procesos físicos, como químicos y a su vez biológicos y que estas no necesitan el uso de reactivos adicionales de químicos.
- Al ser un proceso biológico, opera en condiciones anaeróbicas, facultativas y/o aeróbicas donde el oxígeno se suministra espontáneamente mediante transporte desde la atmósfera. Esto supone un importante ahorro energético al eliminar la necesidad de aireación mediante procesos mecánicos.
- Debido a la lenta tasa de descomposición de la carga orgánica en el agua, se requiere un área mayor que en los sistemas convencionales, lo que resulta en una tasa de descomposición más lenta.

#### **Aplicaciones de los humedales artificiales**

Las propiedades hacen que estos humedales no naturales sean adecuados para grandes extensiones de terreno (particularmente granjas y casas de campo) donde no hay aguas residuales y, por lo tanto, no están conectados a una PTAR, o algunas áreas que producen aguas residuales orgánicas y fácilmente biodegradables. Incluso las plantas industriales son ideales para sistemas rurales. Para la eliminación de aguas ácidas originarias de las industrias como la agrícola y alimentaria (como queserías), o de minerías, o agua de lluvia.

Estos factores, los cuales impulsa el interés en esta tecnología incluyen:

- Brinda un tratamiento eficiente y suprime diversos contaminantes de tipos de carga orgánica, microorganismos patógenos, nutrientes, metales pesados, entre otros de las aguas residuales.
- La inversión de operación y del correcto mantenimiento son significativos más bajos que los sistemas de procesamiento tradicionales.
- Brinda procesamientos complementarios como secundario y terciario a menudo, produce agua que puede reutilizarse.
- Proporciona oxígeno de manera espontánea
- No producen lodos
- Soportan excelentemente las fluctuaciones de caudal o de la materia contaminante.
- Correcta integración en el ambiente, proporciona desarrollo de la vida natural y tiene el potencial de emplearse para la concientización y la educación del medio ambiente.

A pesar de todas estas ventajas, se ha observado que:

- En ciudades con clima cálido, el rendimiento de limpieza de estos sistemas, especialmente la supresión del nitrógeno, disminuye en invierno.
- La supresión de fósforo es mínima y se reduce con el tiempo.
- Necesitan enormes cantidades de superficie para lograr los resultados esperados.
- No pueden suministrar directamente aguas sépticas o sólidos en suspensión con alta carga orgánica. Se requiere al menos un tratamiento previo para suprimir el excedente de sólidos en suspensión que pueden incitar la obstrucción del lecho en menor tiempo.

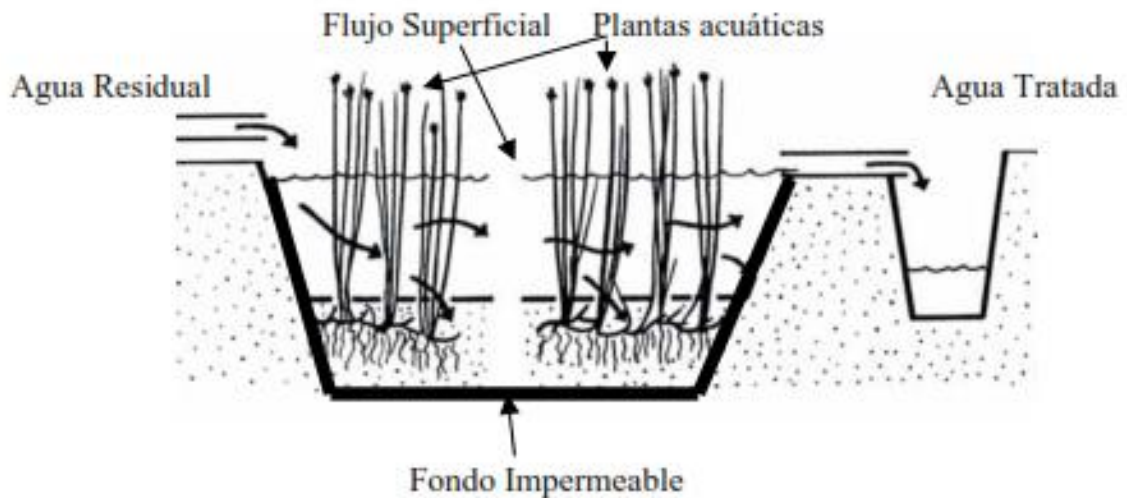
### **Tipos de humedales artificiales**

Dependiendo del balance hídrico, se pueden distinguir dos tipos de sistemas de humedales no naturales diseñados para el correcto proceso de aguas residuales. 1) Humedales artificiales con flujo superficial (FS) y 2) Humedales artificiales con flujo subsuperficial (FSS) con flujo horizontal (FSSH) y flujo vertical (FSSV). Además, es viable combinar para formar un sistema híbrido.

#### **Sistemas de flujo libre o superficial (FS)**

Consta en canales o estanques poco profundos (0,1-0,6 m) realizados en el suelo con algún patrón de barrera que restringe el sistema y evita fugas. Consta de un lecho de grava o arena para sostener las raíces de las plantas emergentes y permitir que circule el agua servida (Figura 1). Se utiliza para el tratamiento terciario, pero a veces también como tratamiento de segunda línea. Ejemplos de tales sistemas incluyen lagunas y zanjas con vegetación, lagunas y pantanos artificiales, cada uno con una superficie de agua libre. Los sistemas de FS usualmente se alimentan continuamente con aguas sépticas pretratadas y tratamiento físico. Este procesamiento se realiza en la circulación del agua a través de los tallos y raíces de las plantas emergentes. Requerido a que el agua está expuesta a la atmósfera, es importante diseñar adecuadamente estos sistemas para eludir problemas debido a una posibilidad en la que se sobrecarga los procedimientos, tales como: emisión de olores y aparición de insectos. Estos sistemas de flujo terrestre pueden diseñarse para crear nuevos ambientes para la vida silvestre o mejorar la condición de los humedales cercanos. Estos tipos de sistemas suelen incluir una combinación de áreas abiertas y con vegetación, así como islas con suficiente vegetación para proporcionar un hábitat de reproducción para las aves acuáticas.



**Figura 8***Humedal artificial de flujo superficial**Fuente: López, et al.,2002*

#### Sistemas de flujo subsuperficial (FSS)

Los humedales subterráneos artificiales también consisten en estanques o canales externos impermeables llenos de materiales porosos en casi toda su totalidad. Las aguas residuales circulan en un medio poroso, constantemente debajo de su superficie. Como medios porosos se utilizan habitualmente piedras o grava. Además del soporte moderado, estos sistemas también trabajan con la vegetación emergente, que juega un papel esencial para su correcto funcionamiento.

La circulación del agua a través del suelo o materiales portadores es responsable de muchos mecanismos de degradación de los contaminantes en las aguas. A medida que las aguas residuales pasan mediante el lecho poroso, entran en contacto con zonas aeróbicas, anóxicas y anaeróbicas. La zona aeróbica está ubicada muy próximo a la superficie de la planta y alrededor de las raíces de la planta. Se han encontrado microorganismos que descomponen la carga orgánica y estas forman biopelículas contiguas a la grava y las raíces de las plantas. Cuanta más superficie pueda ocupar una bio película, tendrá mayor densidad

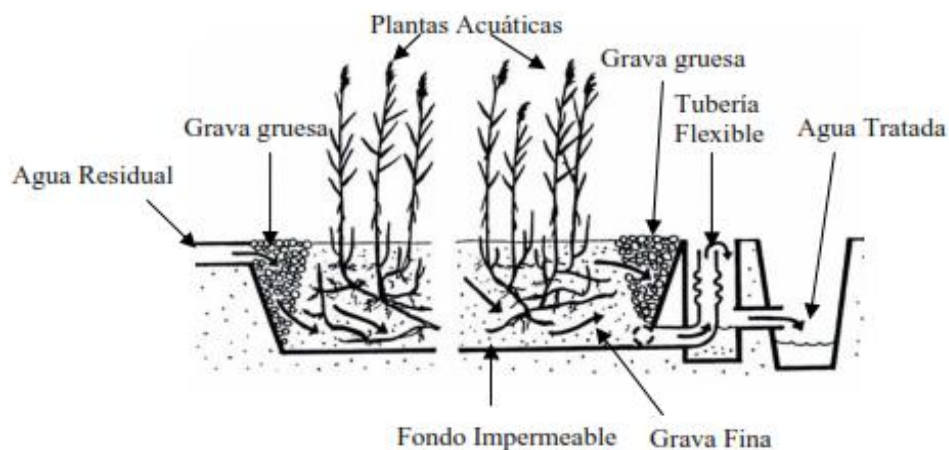
de microorganismos y mejor será su rendimiento. Este hecho significa que requieren menos área en comparación con los humedales de flujo de superficie, pero utilizan una mayor cantidad de medios porosos y, por lo tanto, son más costosos. Además, el sistema evita problemas como plagas de insectos y olores, y mejora la protección térmica en regiones frías.

En humedales con flujos subterráneos se observan 2 formas de flujo: horizontal (FSSH) y vertical (FSSV).

Por un lado, primero trabaja con suministro continuo, el agua purificada se acumula en la parte inferior, en el lado opuesto al lado de entrada. El nivel del agua se regula mediante tuberías flexibles para que el lecho se mantenga siempre saturado de agua, como se muestra en la Figura 9.

### Figura 9

*Sección transversal de un sistema de flujo subsuperficial horizontal*



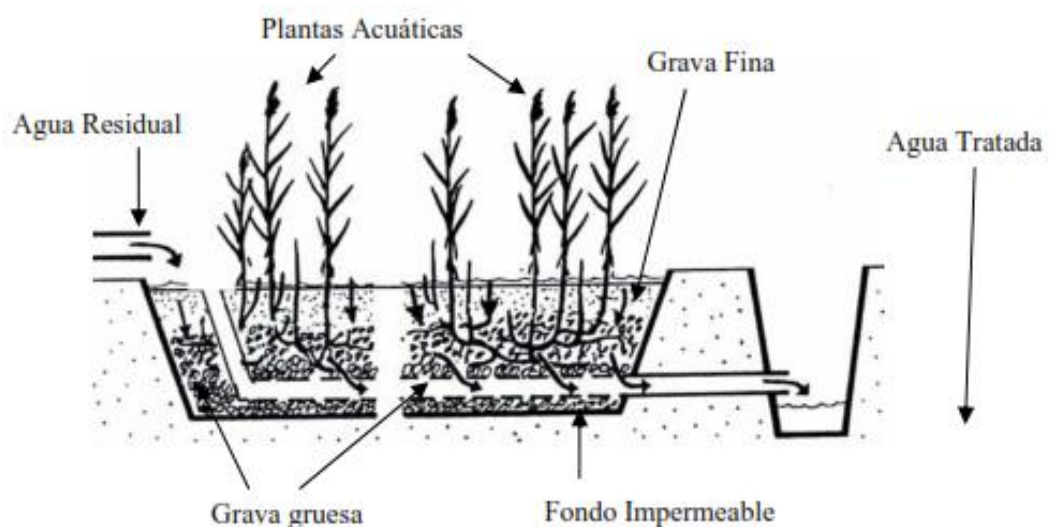
*Fuente: López, et al., 2002*

Para el flujo de forma vertical, como se muestra en la Figura 9, dicha alimentación se distribuye de forma uniforme, normalmente se carga a lo largo de la superficie y se recoge a lo largo de todo el fondo. Los tubos flexibles están ausentes o en la posición más baja para mantener la insaturación dentro del medio poroso. El sistema permite un gran contacto entre

el agua negra y el aire de los poros, mejorando el rendimiento del mecanismo aeróbico debido al mayor aporte de oxígeno. Las desventajas son que son más complejos de manejar, un poco más caros y están menos investigados que los modelos horizontales. Los humedales artificiales que utilizan flujo subterráneo son altamente eficientes en términos de costo, consumo de energía y su mantenibilidad en comparación con los sistemas convencionales. Desde una perspectiva de costos, es difícil para los sistemas SFS competir con los sistemas FS para comunidades y ríos pequeños. Sin embargo, esto siempre depende del precio de la propiedad, del tipo de impermeabilización requerida y del tipo y disponibilidad del material granular utilizado.

*Figura 10*

*Sección transversal de un sistema de flujo subsuperficial vertical*



*Fuente: López, et al.,2002*

### **Componentes de un humedal artificial FSS**

Estos humedales no naturales presentan esencialmente agua, relleno de sólido y vegetación emergente. Poseen otros componentes de mayor importancia de los humedales incluyen: Los seres microbianos e invertebrados acuáticos se producen naturalmente durante el uso.

## Agua

El agua es la fase de movimiento de los humedales, donde se encarga del transporte de contaminantes y donde tienen lugar la gran parte de acciones implicadas en la eliminación. Las condiciones son de mayor valor para el mantenimiento de la estructura y funcionalidad de los humedales. Estos influyen diversos factores abióticos, como el estado de oxidación del suelo, los nutrientes disponibles y el nivel de sales. Los factores abióticos establecen qué organismos se desarrollan en los humedales. Finalmente, los componentes biológicos cambian la hidrología y otras propiedades fisicoquímicas del humedal.

## Relleno o medio soporte

Junto a los sedimentos y restos de las plantas, son importantes por las siguientes por lo siguiente:

- Reaccionan como un muro esencial de colado.
- Funcionalidad de estructura de base para la vegetación y de superficie para el desarrollo y crecimiento de microbiana. Las particulares poseen tamaños considerables a esta función. Puesto que, a menor dimensión de las partículas, mayor biopelícula obtendrá, pero también mayor será la posibilidad de obstrucción de los poros y filtración de agua superficial.
- Promueven mecanismos de absorbencia y cambio iónico entre las aguas residuales y los minerales presentes en el suelo. Por ejemplo, los iones de amonio se adsorben débilmente en los lechos de adsorción, pero la cantidad de adsorción está en base de gran medida de las condiciones pH y la concentración. (Kadlec y Knight, 1996).
- El relleno posee una permeabilidad con efectos al movimiento del agua.

- Promueven la reacción química por parte de los contaminantes presentes disueltos. Es el caso de la precipitación de fosfatos debido al calcio, aluminio o hierro contenidos en la capa. (Molle y col., 2003).

El humedal es dependiente del relleno, pues si está saturado (FSSH) o no saturado (FSSV) con agua. Uno saturado, el agua cambia a la atmósfera. Esto afecta principalmente al suministro de oxígeno y esta se determina el predominio de mecanismos aeróbicos y anaeróbicos en todos los procesos biológicos de los humedales. Si no hay suficientes aceptores de electrones para sustituir el oxígeno (nitratos, hierro, manganeso, etc.) para descomponer la materia orgánica existente, se desarrolla una zona anaeróbica donde tiene lugar el proceso de degradación. Por ello, dentro del sistema ocurren diversos procesos aeróbicos, anaeróbicos y anaeróbicos. Esta distribución de las zonas depende de las propiedades del agua de entrada, el suministro de oxígeno, la morfología de la planta (profundidad de la raíz, tipo de tallo, etc.), las condiciones presentes en la atmósfera como el viento, temperatura, etc. Existen diversos estudios, que se han observado que el oxígeno se consume rápidamente, y se ha demostrado que dichas zonas aeróbicas y anóxicas son ínfimas y están ubicadas en una fina capa alrededor de las raíces y la superficie del agua. Bezbaruah y Zhang (2004) determinaron el valor de la concentración de oxígeno disuelto en contacto con las raíces en 2,04 mg, y encontraron un valor de 0,64 mg a una distancia de 4750 m de las raíces. De este modo, este lecho es en gran medida anaeróbico (Brix, 1990), con zonas aeróbicas y anóxicas reducidas cerca de las raíces y la superficie del agua. La distribución de las zonas aeróbicas y anóxicas reducen cuanto más se adentra en el lecho poroso, es decir, cuanto más se aleja de las raíces y de la atmósfera.

Vegetación: Plantas acuáticas emergentes

La nueva instalación contribuya al tratamiento de aguas residuales de diversas formas.

- Las vegetaciones acuáticas cultivadas en el FSS están diseñadas para actuar como canales para transportar gases tales como el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, entre otras, a la atmósfera, mientras que el oxígeno al relleno. De este modo, el aporte de la vegetación se le adicionará a la contribución de oxígeno debido a la difusión atmosférica mediante de la superficie de la grava. La porción de oxígeno proporcionada por una planta dependerá de diversos variables, incluida el tipo de especie, el tamaño, la estación, la edad, las condiciones y el estado de oxidación de las raíces de las plantas. Estas se mantienen condiciones aeróbicas suministrando oxígeno mediante sus raíces. Cuando se encuentran lechos de reducción severa, es necesario suministrar más oxígeno para contrarrestar estas condiciones. Debido a esto, estas mismas especies pueden aportar más oxígeno cuando entran en contacto con las aguas servidas. La porción del oxígeno movilizado al lecho ha sido medida por diversos estudios y se halla dentro de un diverso margen incluso para el mismo tipo de especie vegetal. Para *Phragmites australis* que crece sobre lechos de grava, los valores varían entre 2,08 (Brix y Schierup, 1990) y 12 g O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/día. (Armstrong y col., 1990).
- Las especies vegetativas proporcionan la forma de mantener en equilibrio de los cursos de agua, y las que contribuyen a la conductividad hidráulica del suelo y dispersan y lentifican el flujo del agua. Esto proporciona ventajas en la sedimentación de material en suspensión el tiempo de contacto entre el agua y la planta. (Pettecrew y Kalff, 1992).
- Retienen el C, como otros nutrientes, y otros elementos trazas y los adhieren a los tejidos (Vymazal y col., 1998; Dierberg y Brezonik, 1984).
- La influencia que tienen las raíces de estas plantas tiene una gran amplitud. Alrededor de estas existe un gradiente de diversos tipos de químicos presentes en

el cuerpo de agua (Kadlec y Knight, 1996). Estos se deben a que las vegetales extraen los nutrientes y otras sustancias en sus sistemas.

- Compacta el lecho brindándole soporte.
- Las raíces de estos vegetales se fijan de microorganismos, acrecentando así, la superficie de biopelícula (Kadlec y Knight, 1996; Bastviken y col., 2005).
- Reducen el gradiente de temperatura, brindándoles protección del frío en estaciones frías y evitando flujos indeseables por diferencias de temperatura (García y col., 2003; Brix, 1994a).
- Cuando estas perecen y se deterioran, brindar la oportunidad a los restos de vegetación.

Varios estudios (Kadlec y Knight, 1996) han concluido que la limpieza es más eficaz cuando hay plantas presentes que cuando no las hay.

Las nuevas plantas que se hallan comúnmente en gran parte de los humedales de aguas servidas que incluyen espadañas, juncos, como juncos y juncos de laguna. Estas espadañas de laguna, o una combinación de estas dos especies, predominan en la gran parte de estos humedales construidos en Norteamérica (USEPA, 1993). A su vez, hay varias familias de juncos, y esta especie es la predominante en los humedales no naturales del viejo continente. Cuando un sistema está diseñado específicamente para mejorar el valor del hábitat además del procesamiento de aguas sépticas, normalmente incluye una diversidad de plantas, especialmente para proporcionar alimento y sitios de anidación para aves y otros organismos acuáticos.

### **Microorganismos (Biopelícula)**

Diversos cambios de diversos nutrientes y como también del carbono orgánico en dichos humedales se deben al metabolismo microbiano las cuales están directamente

relacionados con el crecimiento microbiano. Se incorpora fundamentalmente a las bacterias, hongos y protozoos. La biomasa forma una biopelícula alrededor de las partículas del lecho.

El proceso microbiológico mediante el cual los microorganismos purifican las aguas residuales de los humedales es el mismo que en las zonas biológicas tradicionales. Los microorganismos emplean algunos nutrientes como el carbono como fuentes de desarrollo y para formar nueva biomasa microbiana. La tasa de desarrollo de esta nueva biomasa esta dependiente tanto de algunos aspectos y condiciones ambientales como la disponibilidad de sustrato que se encuentre. La energía se obtiene a través de la cadena respiratoria oxidando compuestos reducidos (donadores de electrones) con agentes oxidantes (aceptores de electrones). Ejemplos de donadores de electrones incluyen compuestos orgánicos, amonio, hidrógeno y sulfuros. Por otro lado, se encuentran como aceptores, hierro (III), oxígeno, manganeso (IV), nitrato o sulfato.

Gran parte de los procedimientos los llevan a cargo de las bacterias heterótrofas y autótrofas. Dependiente de los receptores finales de los electrones, este proceso puede resultar más o menos beneficioso. Durante la descomposición aeróbica de materiales orgánicos, se alcanzan energías más altas por unidad de masa de donante de electrones que durante la nitrificación y otras descomposiciones orgánicas. Estos microorganismos que no emplean oxígeno como aceptor final de electrones crecen más lentamente porque su proceso es generalmente menor eficiencia que el de la respiración aeróbica. Existe un vínculo entre el potencial redox y los aceptores de electrones que afectan la respiración microbiana en los humedales. (García y col., 2003).

A medida que las bacterias crecen, incorporan nutrientes a sus estructuras celulares para su consumo. Por tanto, está claro que las disposiciones químicas y físicas que determinan qué tipos de microorganismos (heterótrofos, autótrofos) están presentes afectan en la proporción de nutrientes absorbidos.



Las poblaciones microbianas se adaptan a los intercambios en el agua que reciben y tienden a propagarse efectivamente si tienen suficiente energía. Si las condiciones ambientales no son las adecuadas, muchas bacterias quedarán inactivados. Las comunidades microbianas de los humedales pueden verse afectadas por sustancias nocivas como plaguicidas y como los metales pesados. Se debe tener cuidado para garantizar que estas sustancias no entren en la cadena alimentaria en concentraciones nocivas.

### **Mecanismos básicos de depuración en un humedal artificial**

Los humedales pueden gestionar eficazmente una alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos (SS) y nitrógeno, también grandes cantidades de metales, trazas de compuestos orgánicos y patógenos. La supresión de fósforo es mínima debido a las oportunidades escasas que tienen las aguas residuales de entrar en contacto con la superficie. Los mecanismos esenciales en el procesamiento son el tamizado, la sedimentación, la precipitación química, la DBO y la adsorción de nitrógeno. y la descomposición microbiana y la absorción por la vegetación. Sin tala rasa, parte de la vegetación se descompone y permanece como material orgánico resistente al fuego, formando eventualmente turba en los humedales. En el Cuadro 12 se enumeran los fundamentales procesos en los que suceden en los humedales y que admiten la depuración de aguas residuales.

**Tabla 12***Mecanismos de depuración predominantes en los humedales artificiales*

<b>CONTAMINANTES</b>	<b>MECANISMOS DE ELIMINACIÓN</b>
<b>Sólidos suspendidos</b>	Sedimentación filtración
<b>Materia orgánica</b>	Degradación microbiana aerobia Degradación microbiana anaerobia
<b>Nitrógeno</b>	Amonificación seguido por nitrificación microbiana y desnitrificación Asimilación por parte de las plantas absorción principal Volatilización del amoniaco
<b>Fósforo</b>	Adsorción por parte del lecho asimilación por parte de las plantas
<b>Metales</b>	Asimilación por parte de las plantas Intercambio iónico
<b>Patógenos</b>	Sedimentación Filtración Muerte natural Irradiación ultravioleta

*Nota.* Extraído de Javier Mena Sanz; Institución: Alquimia soluciones ambientales

### **Diseño de humedales artificiales de flujo subsuperficial**

Los modelos cinéticos empleados en el diseño de humedales no naturales FSS permite calcular el área necesaria para lograr el rendimiento deseado, suponiendo usualmente una profundidad de 0,6 m. Pueden ser mecánicos o no mecánicos. Rousseau (2005) resumió ambos tipos de modelos. El primero aborda matemáticamente los procesos biológicos, químicos y físicos y sus interacciones dentro de los humedales. Este último resume todos los procesos en una sola ecuación o un solo valor. Los dos tipos de modelos más importantes se describen a continuación.

Modelos no mecanísticos.

Estos modelos no mecanísticos comúnmente empleados; incluyen reglas generales y varias ecuaciones de regresión empíricas (Brix, 1994b). O los modelos con mayor uso que

consideran reactores de flujo pistón que desarrollan reacciones de 1° orden. Cuando esto se incluye la concentración residual ( $C^*$ ), generalmente se la denomina modelo K-C o K-C\* (Kadlec y Knight, 1996).

Por lo general, se emplea reglas que brinda valores típicos para ciertos parámetros en los cuales se puede diseñar humedales no naturales. La Tabla 2 enumera algunas de las reglas generales más utilizadas para FSSH y FSSV.

Tabla 13

Valores típicos de diseño de humedales artificiales

Referencia	FSSH		
	Carga orgánica (g DBO <sub>5</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	Carga Hidráulica (cm d <sup>-1</sup> )	Área específica (m <sup>2</sup> PE <sup>-1</sup> )
Wood, 1995	< 7.5	0.2-0.3	-
Kadlec y Knight, 1996	-	8-30	-
USEPA, 2000	< 6	-	-
Vymazal y col. (1998)	< 15	< 20	5
FSSV			
Cooper, 1999	-	-	1 (sin nitrificación)
Cooper, 1999	-	-	2 (con nitrificación)
Winter y Goetz, 2003	< 20	-	-

Nota. Extraído de Javier Mena Sanz; Institución: Alquimia soluciones ambientales

## Capítulo III

### Diseño Metodológico

#### 3.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo cuantitativo, ya que medirá las variables de estudio antes, durante y después del tratamiento. Además, este estudio no solo se propone medir las variables relacionadas con la calidad del agua, sino que lo hace en momentos clave: antes, durante y después del tratamiento en los humedales, asegurando así un análisis exhaustivo de la eficacia del sistema.

Este tipo de estudio experimental, porque se evalúa los parámetros de los cuerpos de aguas sépticas de origen doméstico, permitiendo evaluar directamente cómo los parámetros de las aguas sépticas domésticas responden al proceso de Wetland, posibilitando una comprensión profunda de las dinámicas de purificación natural. Esta evaluación de los cambios en concentraciones de contaminantes y otros parámetros relevantes contribuye significativamente a los esfuerzos por mejorar la salud pública, proteger los ecosistemas acuáticos y garantizar el uso eficaz y sostenible de los recursos hídricos. Además, se menciona que se tiene un grupo de control y de experimento

#### 3.2. Nivel de investigación

Este estudio es de carácter transversal ya que se centra en el tratamiento final de las aguas negras que pasan por sistemas Wetland. Además, este estudio representa un intento importante de comprender y mejorar la gestión de los recursos ambientales como el hídrico en esta región. Al analizar datos específicos en momentos específicos, este estudio proporciona una valiosa instantánea de la eficacia de los sistemas que impactan directamente la salud de la población y la protección del entorno ambiental.

### **3.3. Hipótesis de la investigación**

#### **3.3.1. Hipótesis general**

- El sistema de tratamiento Wetland permitirá alcanzar un nivel de eficiencia en el tratamiento final de aguas residuales en los efluentes domésticos en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023.

#### **3.3.2. Hipótesis específicas**

- La implementación del sistema de tratamiento Wetland reducirá significativamente el nivel de los parámetros físicos químicos en el tratamiento final de las aguas residuales en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023.
- La implementación del sistema de tratamiento Wetland reducirá significativamente el nivel de los metales pesados en el tratamiento final de las aguas residuales en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023.

### **3.4. Prueba Estadística**

El análisis de la varianza, también conocido como prueba ANOVA, es una prueba estadística que se utiliza para comparar las medias de tres o más grupos independientes. Esta prueba se basa en comparar las variaciones dentro y entre los grupos. Se puede concluir que hay una diferencia significativa entre las medias de los grupos si la varianza entre ellos es significativamente mayor que la varianza dentro de ellos. En los estudios científicos, esta técnica estadística se utiliza con frecuencia para comparar los efectos de varios tratamientos o condiciones sobre una variable de respuesta. Es una prueba útil que puede ayudar a esta investigación a encontrar diferencias significativas entre las medias de los grupos. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la prueba solo puede detectar variaciones significativas en las medias, no en las distribuciones de las variables de respuesta. Los datos deben cumplir con ciertos supuestos para que la prueba sea válida. Los datos deben provenir de una

distribución normal. Los datos deben ser independientes entre sí y las varianzas de cada grupo deben ser iguales. (Questionpro, 2024)

### **3.5. Lugar de ejecución**

El tanque séptico que tiene problemas para su funcionalidad está ubicado en el Centro Poblado Rinconada Baja del distrito de Santa Rosa – Provincia de La Mar – Región de Ayacucho.

### **3.6. Universo y Muestro**

#### **3.6.1. *Universo***

Agua residual del Centro Poblado de Rinconada Baja

#### **3.6.2. *Muestra***

Un litro de agua residual tomados del tanque séptico tomados a la entrada del pozo de percolación. Y una unidad del agua residual (1 litro) a la salida del Wetland para determinar su funcionalidad.

#### **3.6.3. *Unidad de análisis***

Un litro 750 ml de agua residual para análisis Espirométrico, 1 litro para el análisis hidrobiológico, 500 ml para de potenciómetro, 250 ml para el análisis en tubos múltiples.

### **3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.7.1. *Materiales***

A escala de laboratorio se harán la caracterización de agua residual, determinando los componentes orgánicos volátiles (COVs), así como cada uno de las características biológicas, físicos y químicas del agua residual para su posterior elección de método de tratamiento. Las muestras de agua serán colectadas del Distrito de Santa Rosa - Centro Poblado de Rinconada Baja, para ser más específico del tanque séptico colapsado en dicho Centro Poblado. Las mismas que se llevaran al laboratorio de la DIRESA AYACUCHO para su respectivo análisis.

### **3.7.2. *Equipo respirometro***

Procedimiento de la prueba de respirométrico

Equipo para medir el DBO<sub>5</sub> del agua residual

### **3.7.3. *Equipo tubos múltiples***

Coliformes fecales

### **3.7.4. *Potenciómetro***

Para medir alcalinidad, ph

### **3.7.5. *Equipo espectometría***

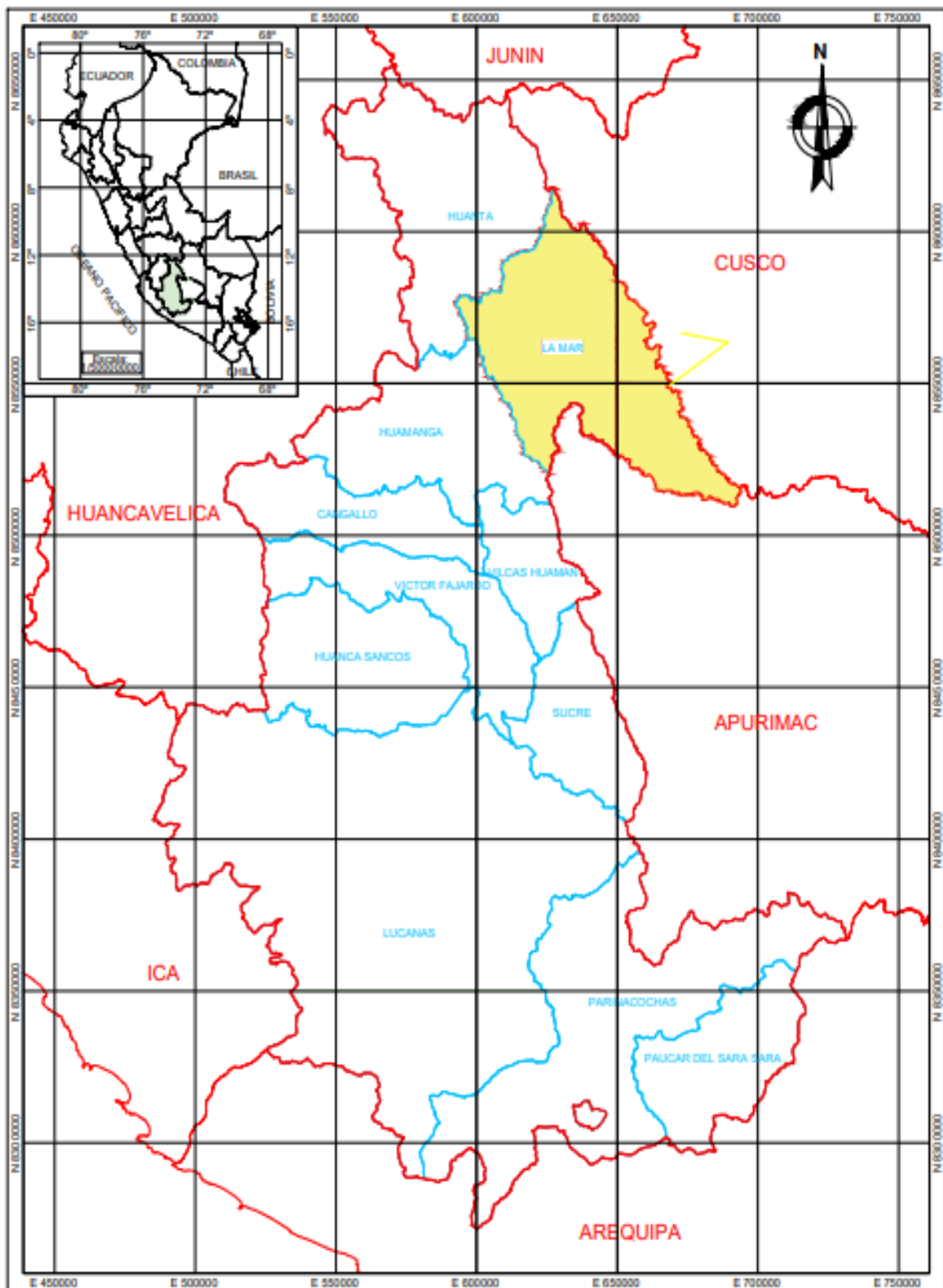
Para determinar, color, olores, etc

## **3.8. *Ubicación de la zona de investigación***

La presente investigación tendrá como zona de estudio el centro poblado de Rinconada Baja la cual se ubica en el distrito de Santa Rosa, dentro de la provincia de La Mar, en la región de Ayacucho, Perú, es un caserío rural con aproximadamente 125 viviendas. Se destaca por su altitud de 715 msnm en la cual se observa que cuenta con instituciones educativas de nivel inicial, primaria y secundaria, reflejando un compromiso con la educación.

Figura 11

Mapa de Ubicación provincial



Nota. Mythilshape, s/f



A continuación, se detallan algunos datos sobre Rinconada Baja:

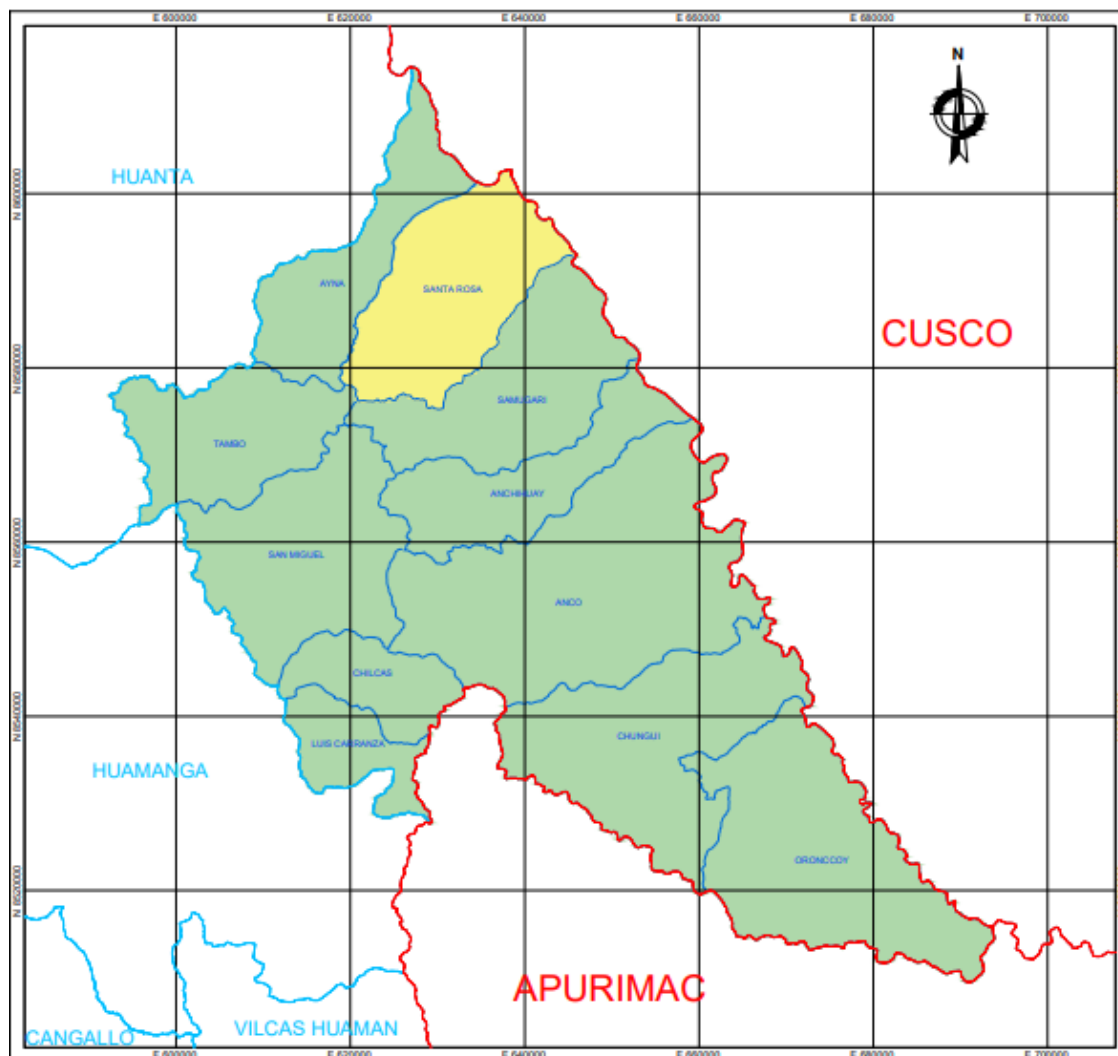
**Tabla 14**

*Ubicación geográfica*

Ubicación Geográfica	
<b>Latitud</b>	12° 43' 27.4" S (-12.72428865000)
<b>Longitud</b>	73° 40' 19.5" W (-73.67207530000)
<b>Altitud</b>	715 msnm

**Figura 12**

*Mapa de Ubicación Distrital*



*Nota. Mythilshape, s/f*

### **3.9. Mapas cartográficos del Centro Poblado de Rinconada Baja**

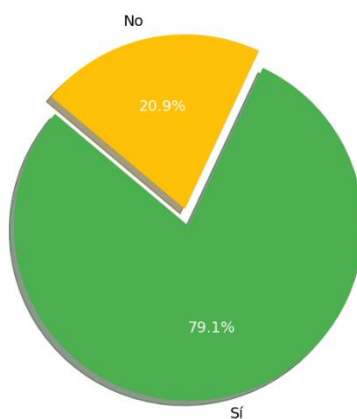
Los mapas cartográficos del Centro Poblado de Rinconada Baja es una herramienta esencial para la comprensión detallada de la región, ya que estos mapas brindan un panorama meticuloso de la geografía y el diseño urbanístico del lugar, capturando cada matiz desde las fronteras hasta los puntos de referencia más sutiles. Además de resaltar las características geográficas, estos documentos cartográficos revelan cómo se interconectan diferentes áreas, facilitando la interpretación y relación con el punto de estudio específico. Esta precisión y claridad son fundamentales para entender el punto de estudio donde se realizó el sistema Wetland, puesto que la información geoespacial proporcionada es esencial para comprender el proyecto que beneficie al centro poblado. Estos mapas se pueden visualizar los ANEXOS 1, 2 y 3.

### **3.10. Recopilación y análisis de datos estadísticos**

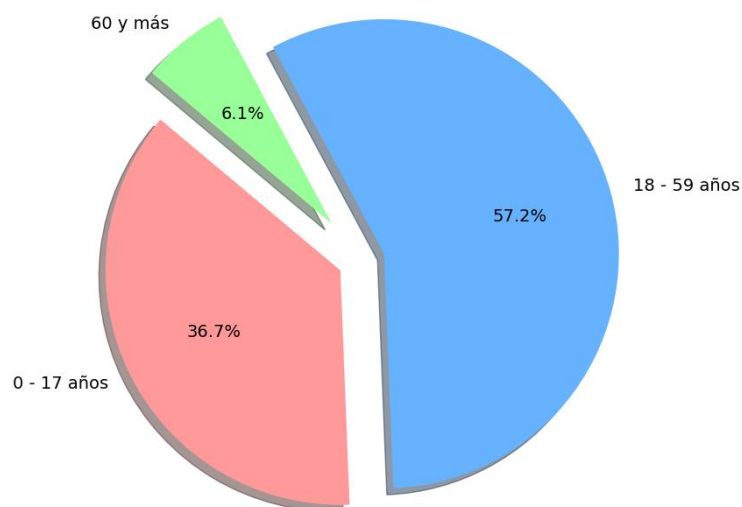
Esta investigación, presenta el tratamiento final del agua servida mediante el sistema Wetland, se efectuó una recolección de datos a partir del Reporte Estadístico Distrital SIGRID. Dicho reporte incluyó información relevante sobre el alumbrado eléctrico por red pública, la distribución de grupos de edad, la conexión del servicio higiénico, el sistema de abastecimiento de agua y el porcentaje de población clasificada como NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas). Estos datos han sido fundamentales y han constituido la base sobre la que se asentó el estudio, ya que permitieron comprender de manera profunda las condiciones actuales, características y necesidades específicas en el Centro Poblado de Rinconada Baja.

#### ***3.10.1. Alumbrado eléctrico por red pública***

La distribución de iluminación eléctrica en el distrito está representada por la red pública que se muestra a continuación. De las 3,322 viviendas, 2629. cuentan con alumbrado eléctrico y 693 no, por lo que la mayoría están conectadas a la red de alumbrado público.

**Figura 13***Alumbrado eléctrico por red pública***3.10.2. Grupos de edad**

La figura muestra la distribución demográfica por grupos de edad en una población de 11,279 personas, donde la mayoría, con 6,452 individuos, se encuentra en el rango de 18 a 59 años, representando a la población económicamente activa. Los jóvenes de 0 a 17 años suman 4,144, mientras que los mayores de 60 años son 683, evidenciando una población predominantemente joven y adulta.

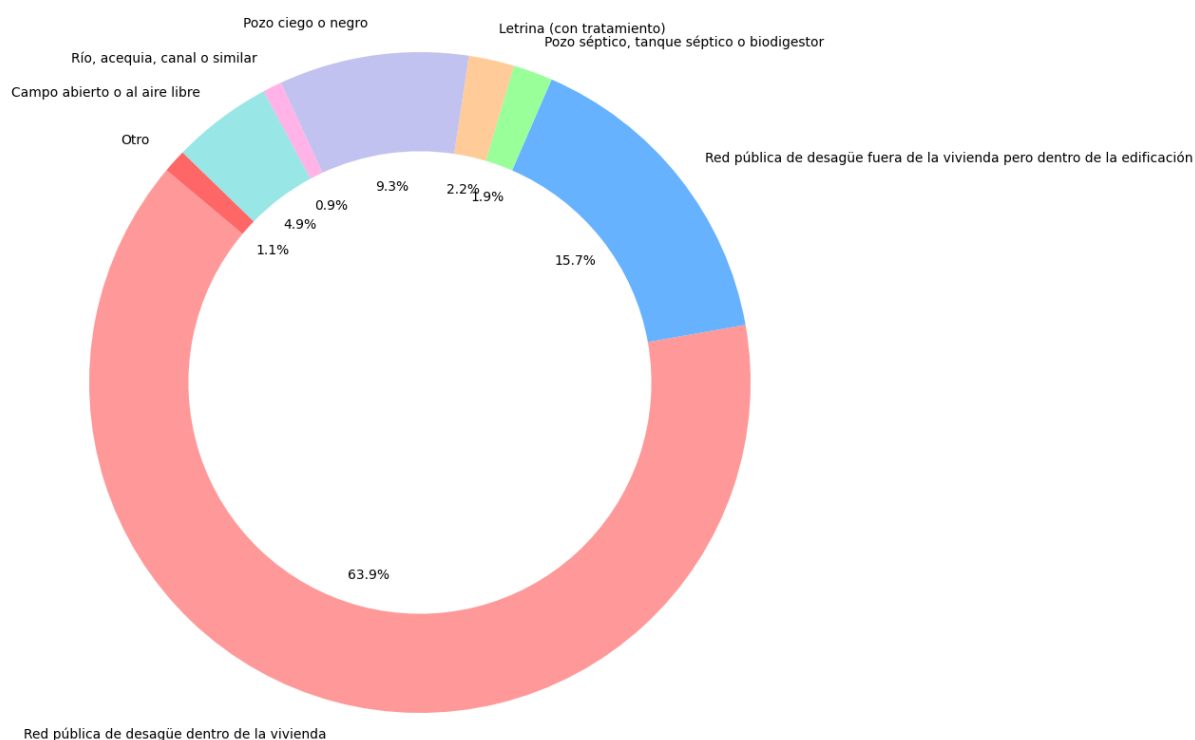
**Figura 14***Distribución de población por grupo de edad*

### 3.10.3. Conexión del servicio higiénico

La red pública de drenaje se utiliza principalmente en hogares con 2,123 unidades, y esta figura ilustra los métodos de drenaje empleados en una comunidad de 3.322 residencias. Sin embargo, hay variedad en las soluciones adoptadas, desde sistemas estructurados como el desagüe público fuera de las viviendas, hasta opciones menos convencionales como desagües al campo abierto. Además, es notable que solo un pequeño porcentaje opta por ríos o canales, lo que puede reflejar preocupaciones ambientales o sanitarias.

**Figura 15**

*Distribución de métodos de desagüe*



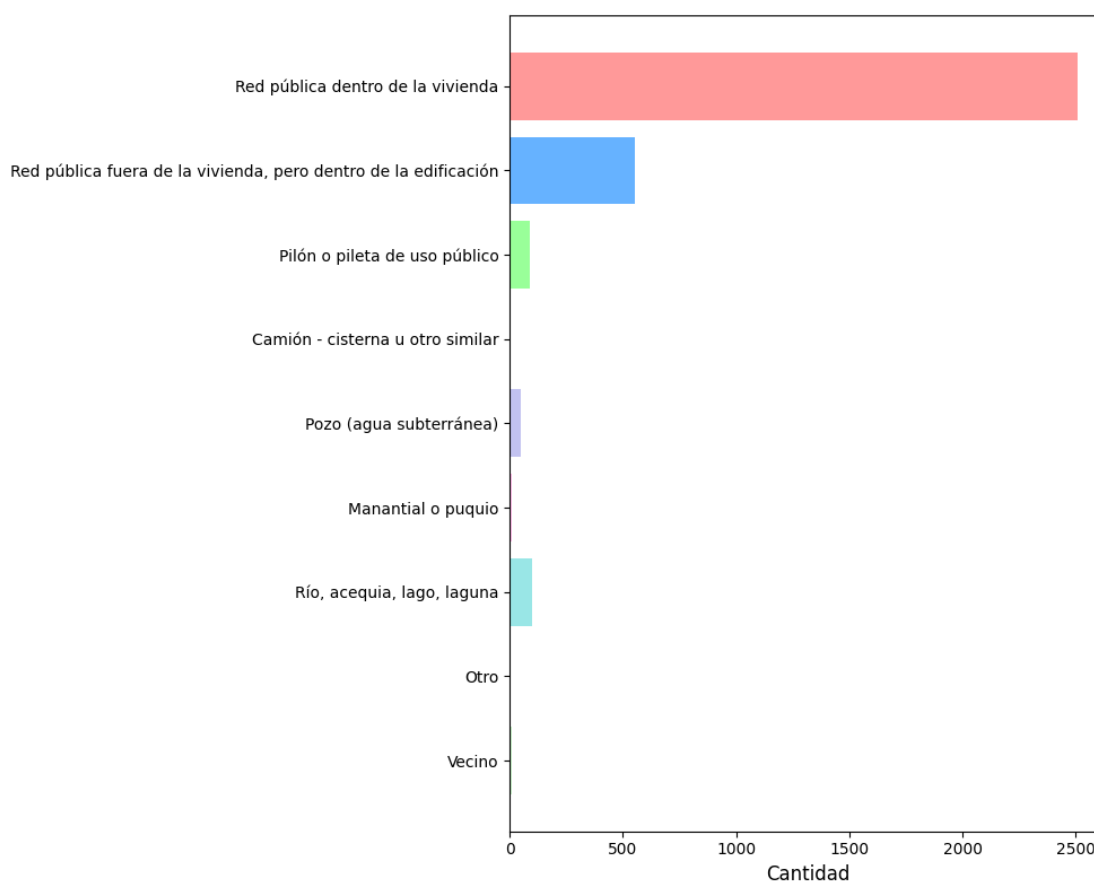
### 3.10.4. Abastecimiento de agua

La figura muestra las distintas fuentes de suministro de agua utilizadas por los ciudadanos de la comunidad de Santa Rosa, indicando que, de los 3.322 hogares

encuestados, una abrumadora mayoría, 2.507 para ser exactos, reciben agua directamente de una red pública dentro de sus viviendas. Adicionalmente, 551 hogares acceden a esta red, pero fuera de sus viviendas, aunque aún dentro de su edificación, sorprendentemente, 100 hogares dependen de fuentes naturales como ríos, acequias, lagos o lagunas, y además las cifras muestran una dependencia mínima de camiones cisterna, pozos subterráneos, manantiales o vecinos como fuente de agua. Estos datos proporcionan una visión clara de la infraestructura de agua y las necesidades de la comunidad.

### Figura 16

*Distribución de fuentes de abastecimiento de agua*



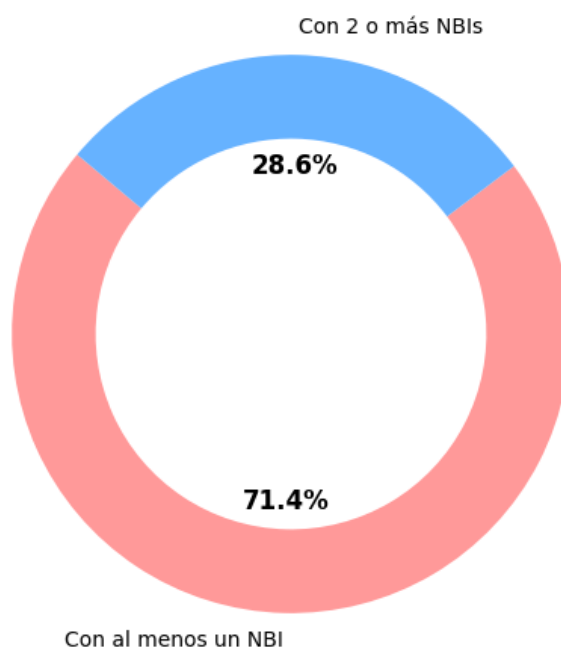
#### 3.10.5. Porcentaje de población NBI

La figura muestra la situación de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) en una población de 4,574 hogares, indicando que un total de 3,265 hogares enfrentan al menos un indicador de NBI, lo que refleja ciertas carencias en su calidad de vida. Aún más

preocupante, 1,309 de estos hogares presentan dos o más NBIs, lo que indica una mayor vulnerabilidad.

### Figura 17

*Distribución de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)*



### 3.11. Diseño y descripción del sistema Wetland

Para la mejora sustancial de las características del agua en Rinconada Baja, el sistema de Humedales fue diseñado para incluir una ubicación que también incorporaría algunos de los elementos necesarios para la salud humana. La Figura 18 ilustra el concepto desde una perspectiva económica. Además, los datos estadísticos recopilados revelaron ciertas deficiencias en las comunidades, como necesidades básicas insatisfechas, conexiones de servicios sanitarios y sistemas de suministro de agua. Estos hallazgos también proporcionaron información sobre su consumo de agua.

En la localidad existen cinco fases principales del sistema que se deben gestionar, siendo una de ellas la Caja de Drenaje, que conduce las aguas negras hasta el Tanque Séptico, y una vez finalizado el proceso de tratamiento, el agua es transportada por el

Emisario. Posteriormente, el Pozo Percolador es una tubería de agua remanente que permite un filtrado adicional. Por fin, la Cama de Secado es donde todo concluye. No obstante, con la integración del sistema Wetland, se introduce una fase adicional posterior a la Salida de Tubería de agua tratada. Este añadido permite una purificación más profunda y efectiva, al remover en su mayoría los patógenos y nutrientes que aún puedan estar contenidos en el agua, garantizando así un recurso más seguro y limpio para la comunidad.

### Figura 18

*Ubicación del proyecto*



Se presentan, las etapas de tratamiento de agua una vez incorporado el Sistema Wetland.

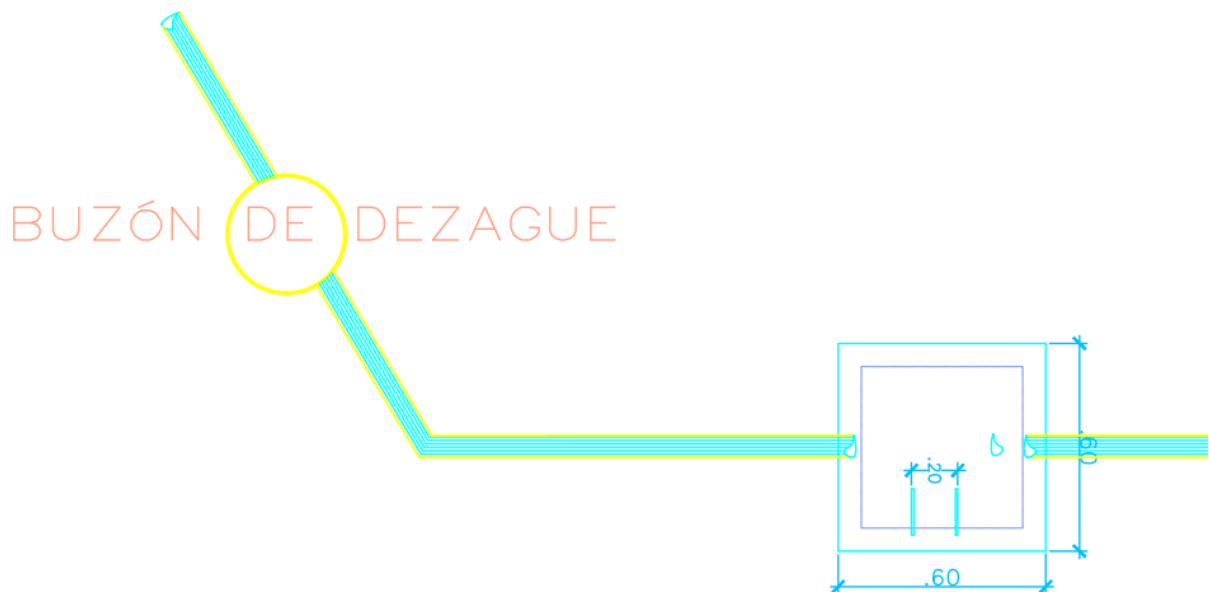
### 3.11.1. Etapas del tratamiento

#### Buzón de desagüe

La caja de drenaje del poblado de Rinconada Baja es una parte fundamental en el proceso de tratamiento de aguas servidas, ya que sirve como conducto para recibir, manejar y controlar el flujo de aguas residuales de propiedades residenciales y comerciales. Actúa como un punto de interconexión entre las tuberías domiciliarias y los principales conductos que llevan el agua hacia la planta de tratamiento. Gracias a este buzón, se evita la acumulación y estancamiento de aguas contaminadas, previniendo problemas sanitarios y ambientales en la localidad. Además, facilita labores de mantenimiento y limpieza, ya que permite el acceso al sistema de desagüe para retirar posibles obstrucciones o residuos.

#### Figura 19

*Plano del Buzón de Desagüe*



#### Tanque séptico

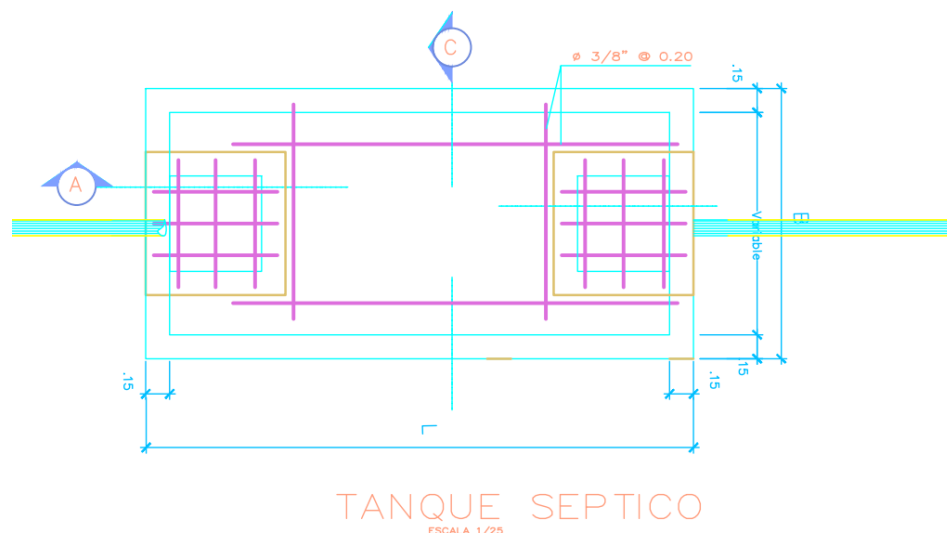
Para el correcto tratamiento de aguas servidas en Rinconada Baja implica el uso de un gran pozo séptico, que es una instalación hermética de sedimentación y digestión que acepta agua potable negra y gris de propiedades residenciales. Las sustancias sólidas del



fondo se depositan y forman lodos, mientras que las grasas y como los aceites suben a la superficie formando una capa de crema pastelera. Luego se enjuaga el componente líquido antes de desecharlo. Las bacterias anaeróbicas presentes en el tanque descomponen parcialmente los sólidos, reduciendo así la cantidad de materia orgánica y patógenos presentes, pero estas bacterias presentes dentro del tanque no siempre eliminan todos los residuos, por lo que el agua que sale nunca está limpia solo esta procesada y tratada superficialmente.

## Figura 20

### *Plano del Tanque séptico*



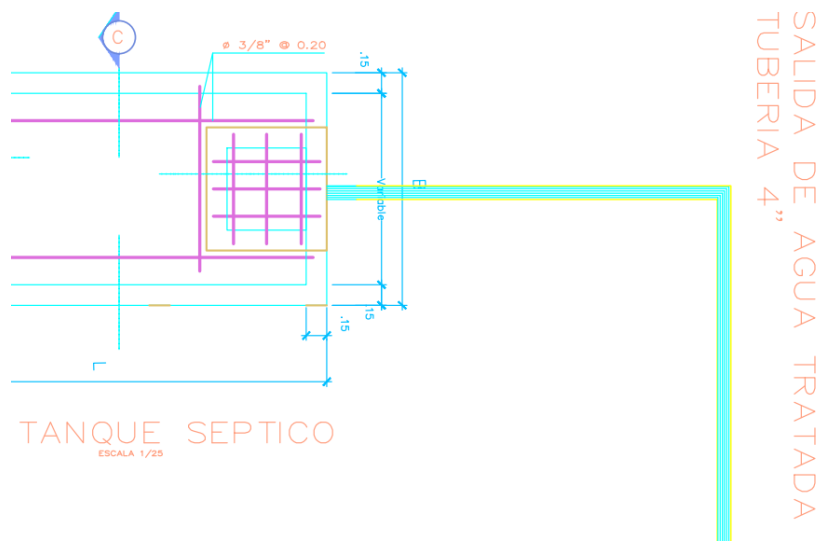
### **Salida de Tubería de agua tratada**

La instalación de los sistemas de tratamiento de aguas negras del centro urbano de Rinconada Baja cuenta con una salida designada en el edificio principal para servir como punto final entre el agua purificada y su hábitat natural o estado reciclado. Esta estructura es crucial durante este proceso. Los efluentes de las aguas negras se realizan a través de este emisario tras pasar por varias etapas de tratamiento para eliminar contaminantes y depurarlas. Al garantizar que la salida de la tubería en el centro de Rinconada Baja esté diseñada para el cumplimiento con los estándares de calidad establecidos, el agua tratada se puede utilizar para actividades no potables como riego y limpieza, lo que ayuda a conservar

los recursos hídricos y beneficiar a la comunidad local. La salida de agua de las PTAR domésticas o municipales no cumple con los LMP para efluentes, según el estudio DBO5. Por ello, hemos incorporado Wetland para garantizar que los sistemas de tratamiento de agua cumplan con estos límites y sean totalmente conformes.

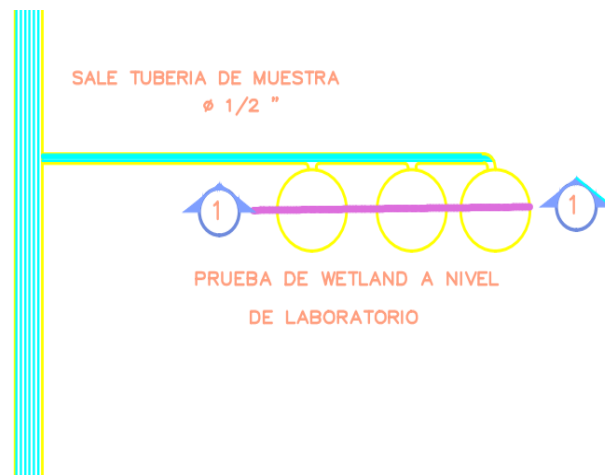
### Figura 21

*Plano de la Tubería de la salida de agua tratada*

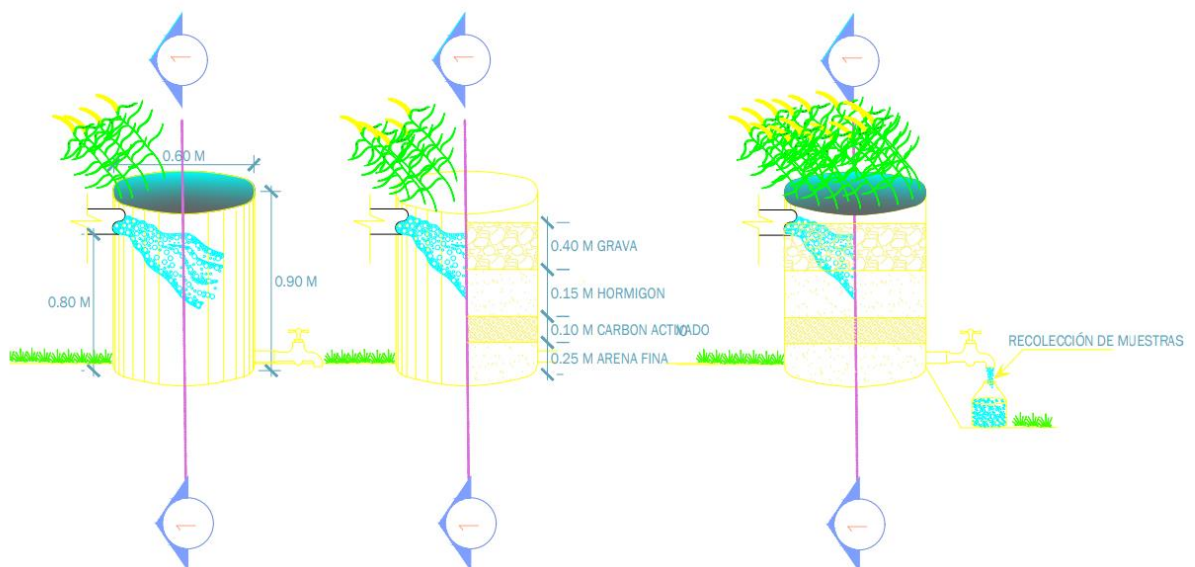


### Sistema Wetland

El Sistema de humedales, que puede ser artificial para manejar aguas residuales en Rinconada Baja, es un enfoque novedoso que utiliza estos sistemas para imitar el medio ambiente y funciones de los humedales naturales, utilizando plantas, microorganismos y sustratos naturales para purificar el agua. En Rinconada Baja, el Wetland se encarga de recibir las aguas residuales, donde las plantas, principalmente la hierba Napier, absorben nutrientes contaminantes y ayudan en la sedimentación de sólidos. Los microorganismos presentes degradan materia orgánica y patógenos, purificando el agua de forma biológica, este sistema no solo garantiza un tratamiento eficiente y ecológico del agua residual, sino que también favorece la biodiversidad, creando un hábitat para diversas especies. Gracias al Sistema Wetland, el centro poblado Rinconada Baja Rinconada Baja permitirá una sostenibilidad ambiental y eficacia en el manejo de sus aguas residuales.

**Figura 22***Plano del Sistema Wetland*

El sistema Wetland propuesto opera en tres secuencias, cada una con un dispositivo lleno de hierba Napier, esta hierba es esencial para el proceso ya que absorbe contaminantes y facilita la degradación biológica. A medida que el agua fluye a través de los arroyos, la hierba napier trabaja en sinergia con los microorganismos para purificar gradualmente el agua antes de liberarla o reutilizarla.

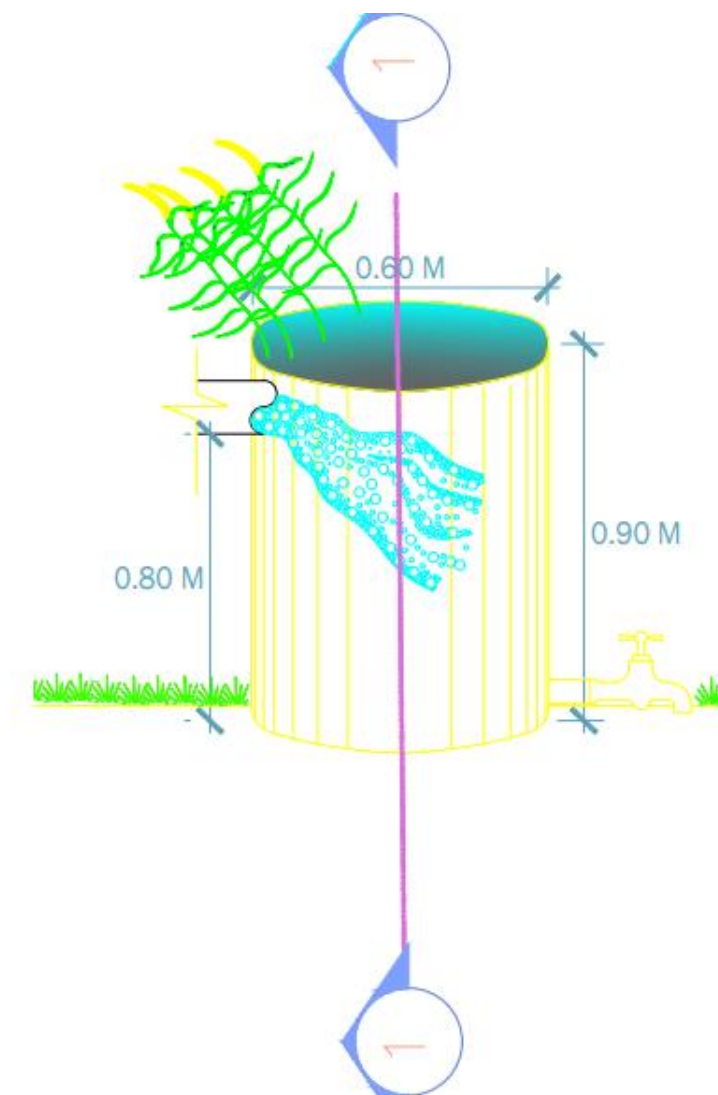
**Figura 23***Secuencia del sistema Wetland*

### Secuencia o Proceso 1:

La secuencia 1 del sistema Wetland inicia con la entrada del agua procedente de la tubería de agua tratada hacia el depósito, el cual cuenta con dimensiones de 0.90 m de altura y 0.60 m de ancho, está diseñado para recibir este flujo. La conexión con la tubería de agua saliente se ubica a una altura de 0.80 m, asegurando una adecuada distribución del líquido en el depósito. Dentro de este espacio, la hierba Napier juega un papel crucial, ayudando en la absorción y descomposición de contaminantes, lo que facilita una purificación inicial esencial en el proceso global del sistema Wetland.

### Figura 24

*Proceso 1 del sistema Wetland*

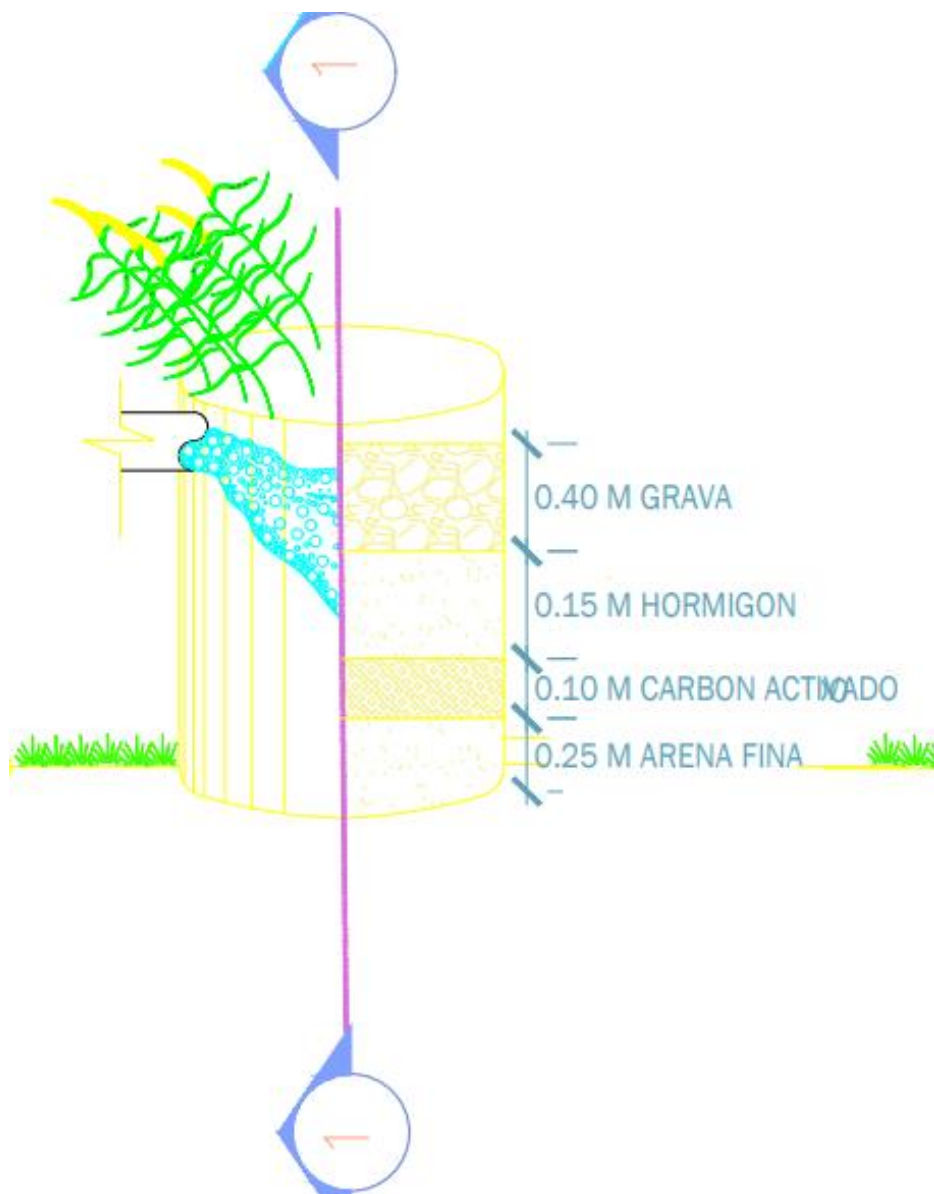


Secuencia o Proceso 2:

La secuencia 2 del sistema Wetland representa una fase avanzada de tratamiento, puesto que una vez que el agua ha pasado por el primer depósito, es dirigida al segundo a través de una tubería. En este segundo depósito, se ha establecido un sistema estratificado meticulosamente diseñado para optimizar la purificación del agua.

### Figura 25

*Proceso 2 del sistema Wetland*



En el fondo, encontramos 0.25 m de arena fina, que actúa como un filtro natural, reteniendo partículas finas y favoreciendo la acción bacteriana. Superpuesto a la arena, hay

0.10 m de carbón activado, un material altamente poroso conocido por su capacidad de atrapar y eliminar sustancias tóxicas y contaminantes del agua. Por encima del carbón activado, se encuentra una capa de 0.15 m de hormigón, que proporciona estabilidad y robustez al sistema y finalmente, en la superficie, hay 0.40 m de grava, que facilita la distribución uniforme del agua, evitando la erosión de las capas inferiores y contribuyendo a la oxigenación del sistema.

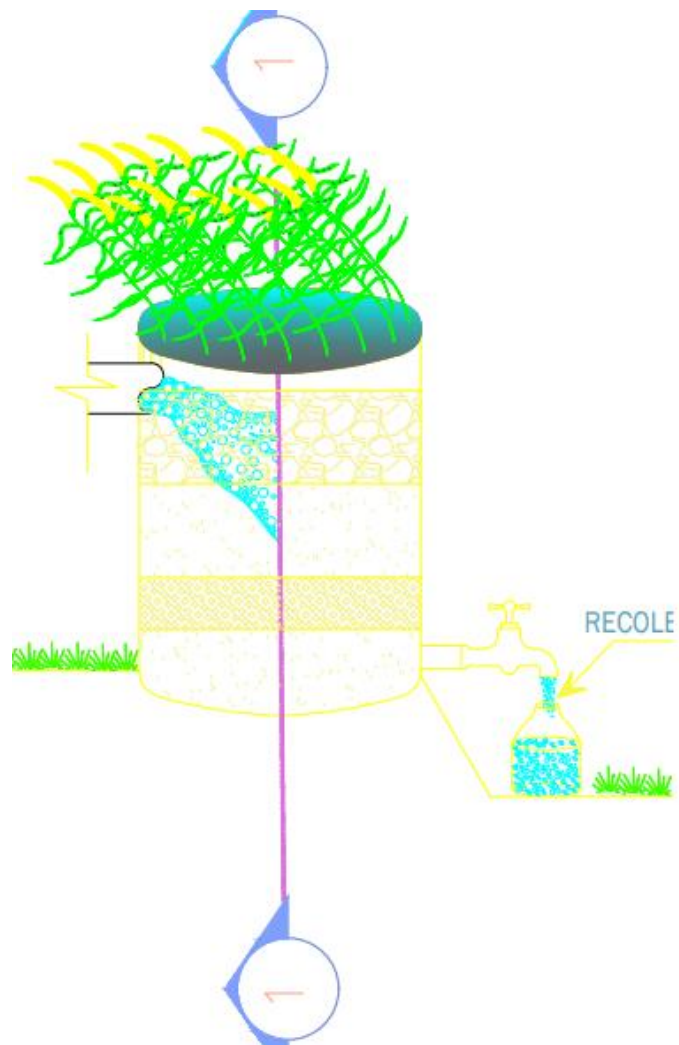
La combinación de estos materiales, junto con la hierba, garantiza un tratamiento integral del agua, donde la arena fina mejora la claridad del agua, el carbón activado elimina toxinas, el hormigón aporta solidez y la grava, además de sus funciones mencionadas, sirve como soporte para la hierba y otros microorganismos beneficiosos.

#### Secuencia o Proceso 3:

La secuencia 3 del sistema de humedales representa una etapa de amplificación del proceso de tratamiento, y los depósitos tienen las mismas características que la secuencia 2, pero con una mayor abundancia de pasto napier. Este aumento tiene un motivo concreto: favorece la absorción biodegradable de nutrientes. El pasto napier gana más importancia a través de los mismos componentes que el depósito anterior, con el fin de aumentar la eficiencia en la eliminación de impurezas, lo que resulta en una mejor facultad de filtración de nutrientes, lo que aumenta la suficiencia de absorción de nutrientes. Esta etapa acelera la sedimentación de partículas y la descomposición de la carga orgánica, asegurando que el agua que sale de esta etapa sea aún más pura y cercana a los estándares deseados.

**Figura 26**

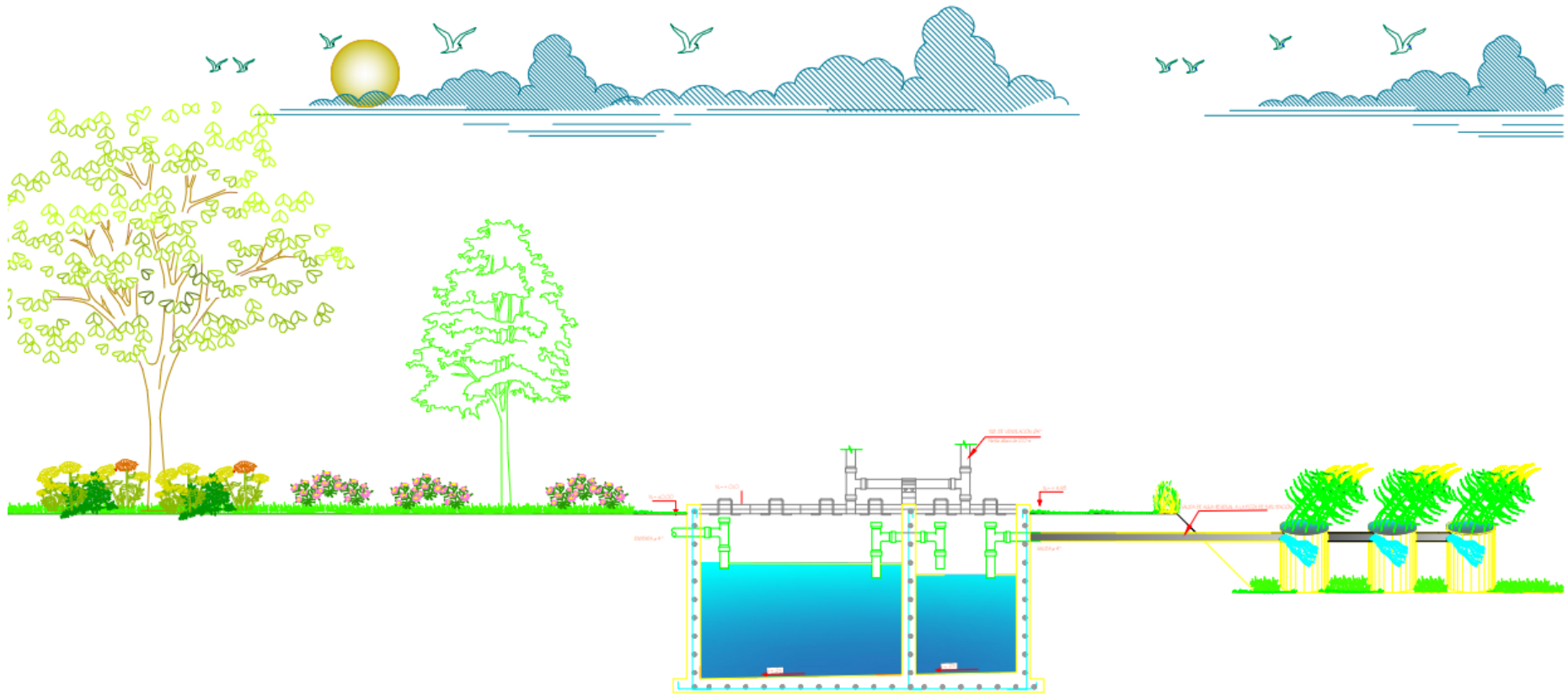
*Proceso 3 del sistema Wetland*



Se presenta el plano detallado del sistema Wetland, en el cual se ilustran los procesos previamente descritos.

**Figura 27**

*Plano general del Sistema Wetland*



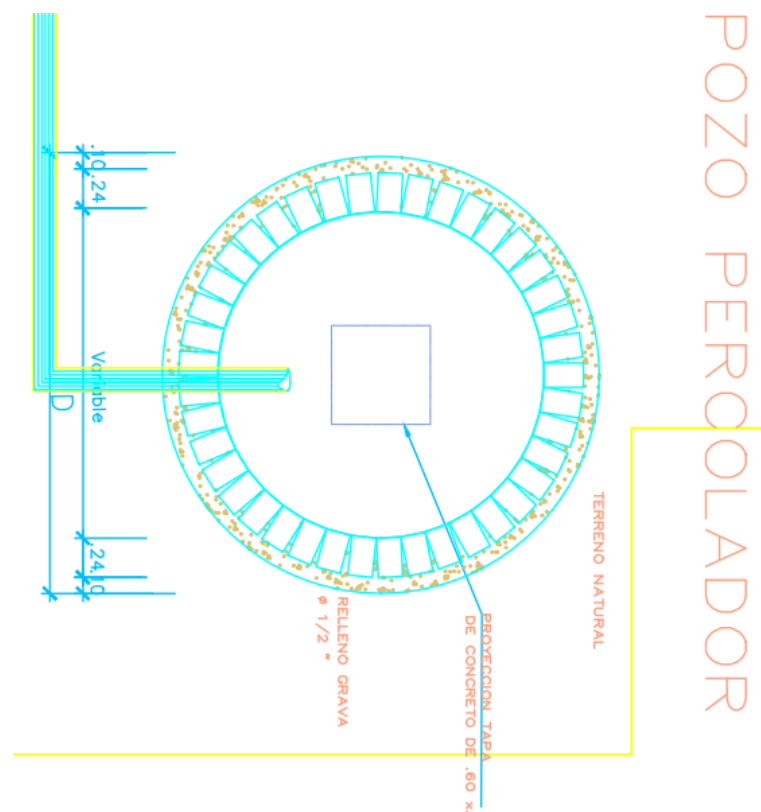


### Pozo Percolador

Antes de la implementación del sistema Wetland, el Pozo Percolador era el principal encargado de tratar el agua residual, esta estructura filtraba el agua a través de una serie de capas permeables, ofreciendo no solo una filtración física que retenía partículas residuales, sino también una depuración biológica debido a la actividad microbiana en el sustrato del pozo. Sin embargo, al realizarse un análisis de Límites Máximos Permisibles (LMP), se detectó que no cumplía con algunos parámetros esenciales, esto pone en grave peligro para la salud de los individuos que emplean recursos hídricos.

### Figura 28

*Plano del Pozo Percolador*



Esta situación llevó a la búsqueda de soluciones más efectivas, optando por la implementación del sistema Wetland, puesto que una vez tratada y depurada el agua en el Wetland, el efluente resultante se dirige hacia el Pozo Percolador, para una filtración adicional. Esta combinación asegura un tratamiento más completo, permitiendo la

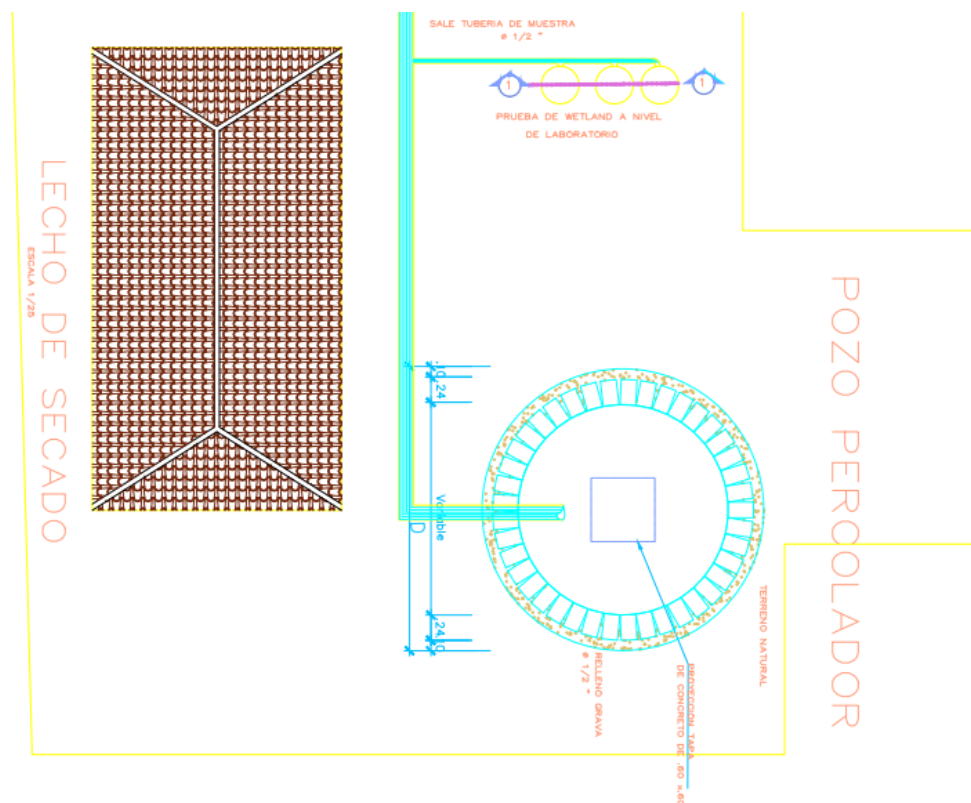
eliminación eficaz de contaminantes y preparando el agua para su reintroducción al ambiente o su reutilización.

### Lecho de Secado

Los lechos secos son una herramienta imprescindible en el tratamiento de aguas servidas ya que su función principal es deshidratar lodos y lodos procedentes de procesos de limpieza, estos lechos consisten en áreas planas donde los lodos se extienden y, mediante la evaporación natural y el drenaje, se eliminan el agua y la humedad, con la ayuda del sol y el viento, se acelera el proceso de secado, permitiendo que el volumen de lodo se reduzca significativamente y una vez seco, el lodo se compacta, facilitando su manejo, transporte y disposición final. Además, el proceso de secado en lechos minimiza la proliferación de patógenos y malos olores, convirtiendo el residuo en un material más estable y menos perjudicial para el medio ambiente.

**Figura 29**

*Plano del Lecho de Secado*



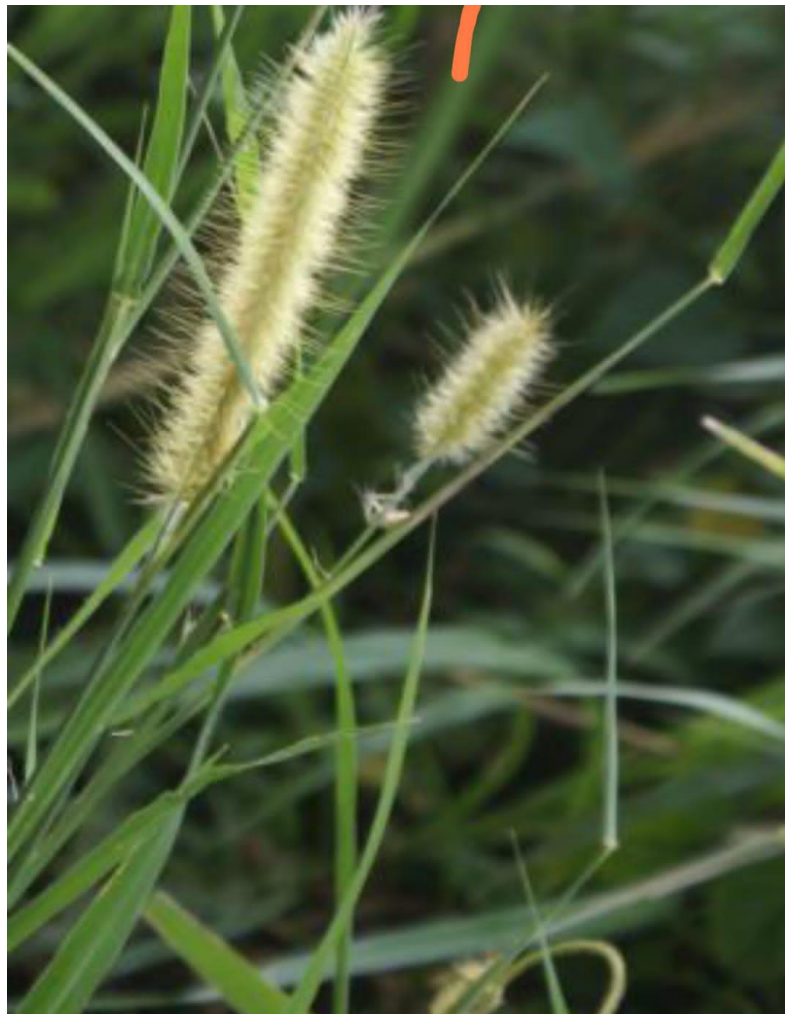
### 3.11.2. *Hierba Napier como planta de tratamiento*

La hierba Napier, también conocida como hierba elefante o hierba de Uganda, es una planta perenne tropical que se ha destacado por su rápido crecimiento y robustez, originaria de África, debido a su amplia gama de usos, esta hierba ha sido introducida en diferentes partes del mundo.

Se utiliza principalmente como alimento para el ganado porque es muy nutritivo y puede producir grandes cantidades de biomasa en un corto período de tiempo, esto la convierte en una excelente opción para forraje, especialmente en regiones donde las condiciones climáticas o del suelo pueden ser adversas para otras plantas.

#### **Figura 30**

*Hierba Napier*



En los procesos del tratamiento de aguas servidas, el pasto napier está ganando importancia en sistemas como los humedales, ya que su extenso sistema de raíces y su facultad para embeber enormes grandes cantidades de agua y nutrientes lo hacen ideal para el tratamiento. y purificar aguas contaminadas. Además, estas características también ayudan en la prevención de la erosión del suelo. A nivel medioambiental, la hierba Napier también es beneficiosa, pues actúa como sumidero de carbono, ayudando a mitigar los efectos del cambio climático, por todo ello, esta hierba multifacética ha sido valorada para el sistema de procesamiento de agua en el presente trabajo de investigación.

### **Figura 31**

*Hierba Napier como sumidero de Carbono*



Se muestra la hierba Napier que desempeñó un papel fundamental en el Wetland, esta hierba, con su notable capacidad para absorber nutrientes y colaborar en la purificación, fue seleccionada especialmente para el tratamiento final del agua séptica, donde su empleo garantiza una depuración biológica eficiente, complementando las etapas previas del proceso. Al observar estas muestras, podrá verse la robustez y características únicas de

la hierba Napier, que la convierten en una herramienta invaluable en la gestión sostenible y efectiva del tratamiento de aguas residuales.

**Figura 32**

*Hierba Napier utilizada en el proceso del sistema Wetland*



## Capítulo IV

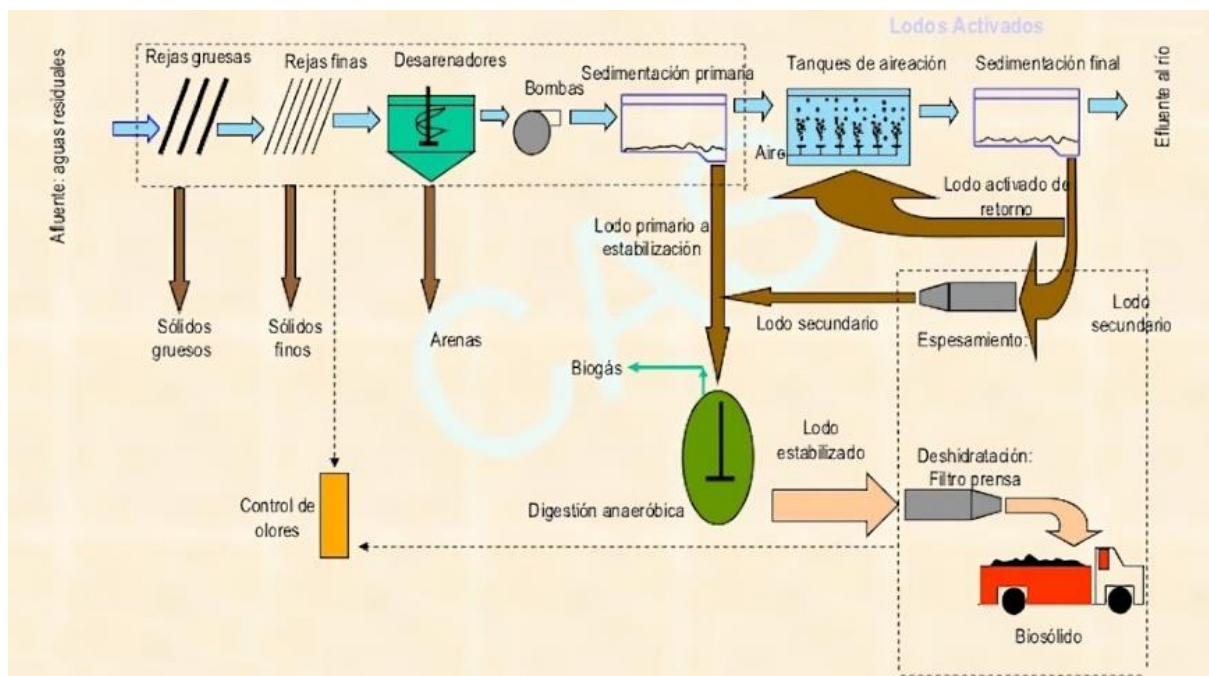
### Resultados

#### 4.1. Caracterización del agua residual a la salida del Pozo de Percolación - Tanque Séptico

Mediante la caracterización de las aguas residuales se debe conocer los procesos involucrados en

#### Figura 33

Diagrama de procesos del tratamiento de aguas residuales



Fuente: Ciencia y Tecnología Benedikta, 2017

El tratamiento de aguas residuales es la eliminación de sólidos, contaminantes y microorganismos patógenos del agua residual. Las plantas depuradoras realizan este proceso en tres etapas principales, incluido el pretratamiento, aquí se eliminan los sólidos gruesos, como la arena y los desechos sólidos. Después del tratamiento inicial, en esta etapa, la materia orgánica se elimina a través de sedimentación y flotación, seguido del tratamiento secundario. En esta etapa, la materia orgánica restante se elimina a través de procesos

biológicos como el tratamiento anaeróbico o el tratamiento por fangos activados. El objetivo del tratamiento de aguas residuales es producir agua que cumpla con los estándares de calidad establecidos para su reutilización o vertido al entorno ambiental.

#### 4.1.1. Resultados del ensayo físico y químico

Los resultados de las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Química de Proximidad y se muestran en la Tabla 15 enumera los datos del solicitante, los datos del producto y el historial de muestras de agua.

**Tabla 15**

*Datos del informe de ensayo del agua residual (primera semana)*

INFORMACIÓN	DETALLE
<b>NOMBRE DEL SOLICITANTE</b>	Wilinthon Raúl ZAMORA GUTIERREZ
<b>DIRECCION</b>	Jr. Los Rosales N° 380-Andrés A. Cáceres D. - Huamanga - Ayacucho
<b>NOMBRE DEL PRODUCTO</b>	AGUA DE P.T.A.R.
<b>IDENTIFICACION</b>	C.P. Rinconada Baja - Santa Rosa - La Mar - Ayacucho.
<b>HORA DE MUESTREO</b>	06:20 a.m.
<b>LUGAR Y FECHA DEL MUESTREO</b>	Santa Rosa, La Mar; 02.09.2022.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	02.09.2022
<b>FECHA DE ANALISIS</b>	03.09.2022
<b>NOMBRE DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	P.T.A.R.
<b>FUENTE DE CAPTACION</b>	SALIDA DEL POZO DE PERCOLACIÓN - TANQUE SÉPTICO.
<b>ENVASE DECLARADO POR EL CLIENTE</b>	Botella de vidrio opaco acaramelado, 1er. uso x 500 mL.
<b>CANTIDAD MUESTREADA</b>	01 Botella de vidrio opaco acaramelado, 1er. uso x 500 mL.
<b>MUESTREADO POR</b>	RAUL WILINTHON ZAMORA GUTIERREZ
<b>REFERENCIA</b>	Control de Calidad.

El examen físico de las aguas servidas a la salida del tanque séptico muestra diferencia de potencial en la medición de pH a 15,5 °C, concentración total de sólidos

suspendidos (mg/L) y temperatura (Celsius). Estas mediciones son esenciales para evaluar las características del agua. Procesar y asegurar el cumplimiento de los estándares establecidos. En la Tabla 16 se muestra los valores resultantes en estos análisis y las especificaciones establecidas para cada parámetro.

**Tabla 16**

*Ensayo Físico*

<b>ANÁLISIS</b>	<b>RESULTADOS M-1</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>
PH (Potenciómetro, 15.5° C)	6	6.5 - 8.5
Sólidos totales en suspensión (mg/L)	1.35	150
Temperatura (t°)	15.04	<35

Se muestra los resultados finales del ensayo Químico en base de la norma vigente D.S. N°004-2017-MINAM- Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

**Tabla 17**

*Ensayo Químico*

<b>ANÁLISIS</b>	<b>RESULTADOS M -1</b>	<b>ECA para agua Categoría 3 Riego de vegetales y bebidas de animales</b>
Nitrito (mg/L NO <sub>2</sub> -)	0.80	10.0
Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> -)	40.97	100.0
Fosfatos (mg/L PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	2.98	*****
Hierro (mg/L Fe)	0.31	5.0
Aluminio (mg/L Al)	0.1	0.2
Cromo Total (mg/L Cr)	0.13	0.1
Cobre (mg/L Cu)	0.07	0.2
Plomo (mg/L Pb)	2.39	0.1
Cadmio (mg/L Cd)	0.19	0.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (mg/L)	63.68	100.0



#### 4.1.2. Evaluación de los Límites Máximos Permisibles (LMP) con la norma vigente

Para comparar los obtenidos del laboratorio químico se realizó una comparativa con la normativa actual del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM y del D.S.N°004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, los cuales pueden verse en los Anexos 4 y 5.

**Tabla 18**

*Evaluación de los LMP del agua residual*

ANÁLISIS	RESULTADOS M -1	LMP DE LA NORMA	¿CUMPLE?
pH	6.0	6.5 - 8.5	NO
Sólidos en Suspensión	1.35	150.0	SI
Temperatura (T° C)	15.04	<35	SI
Nitrito (mg/L NO <sub>2</sub> -)	0.80	10.0	SI
Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> -)	40.97	100.0	SI
Fosfatos (mg/L PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	2.98	*****	***
Hierro (mg/L Fe)	0.31	5.0	SI
Aluminio (mg/L Al)	0.10	0.2	SI
Cromo Total (mg/L Cr)	0.13	0.1	NO
Cobre (mg/L Cu)	0.07	0.2	SI
Plomo (mg/L Pb)	2.39	0.1	NO
Cadmio (mg/L Cd)	0.19	0.01	NO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (mg/L)	63.68	100.0	SI

A partir de esta tabla, podemos observar que los valores no cumplen con los parámetros máximos permisibles para los siguientes parámetros:

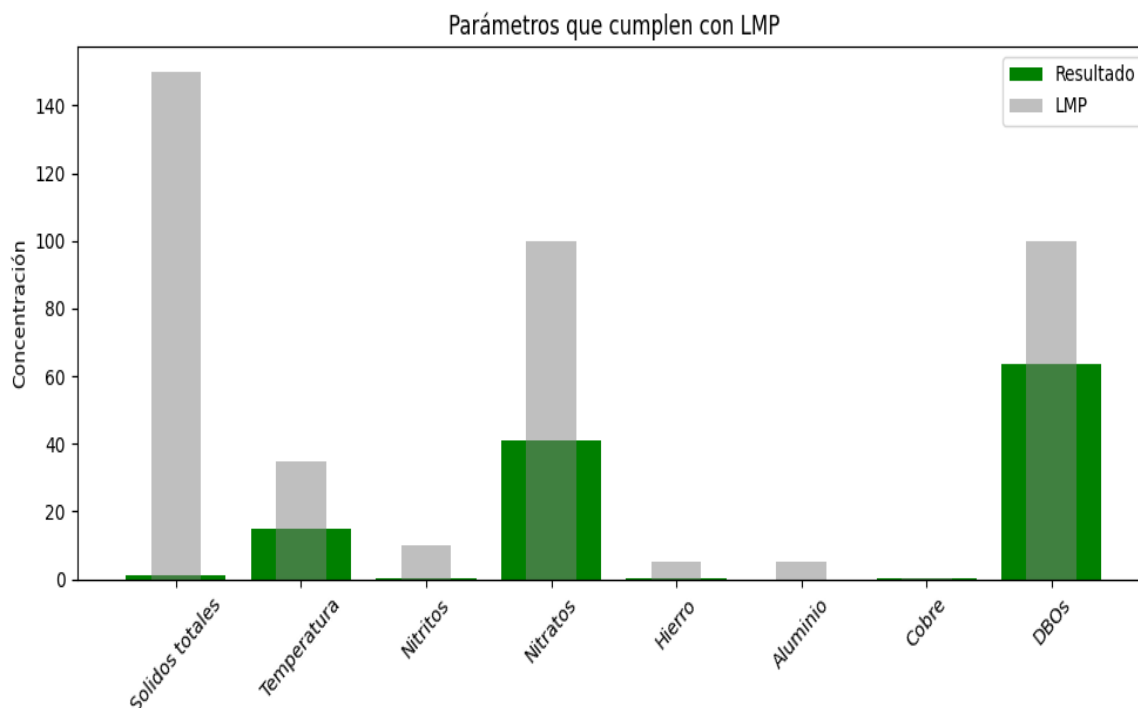
- pH
- Cromo Total (mg/L Cr)
- Plomo (mg/L Pb)
- Cadmio (mg/L Cd)

Los parámetros analizados en la muestra de agua negras de la salida del tanque séptico (ver Figura 33) muestran que varios parámetros cumplen con los límites máximos permisibles con base en las normas vigentes. Estos incluyen sólidos suspendidos totales,

temperatura, nitrito, nitrato, hierro, aluminio, cobre y demanda bioquímica de oxígeno (DBOs).

**Figura 34**

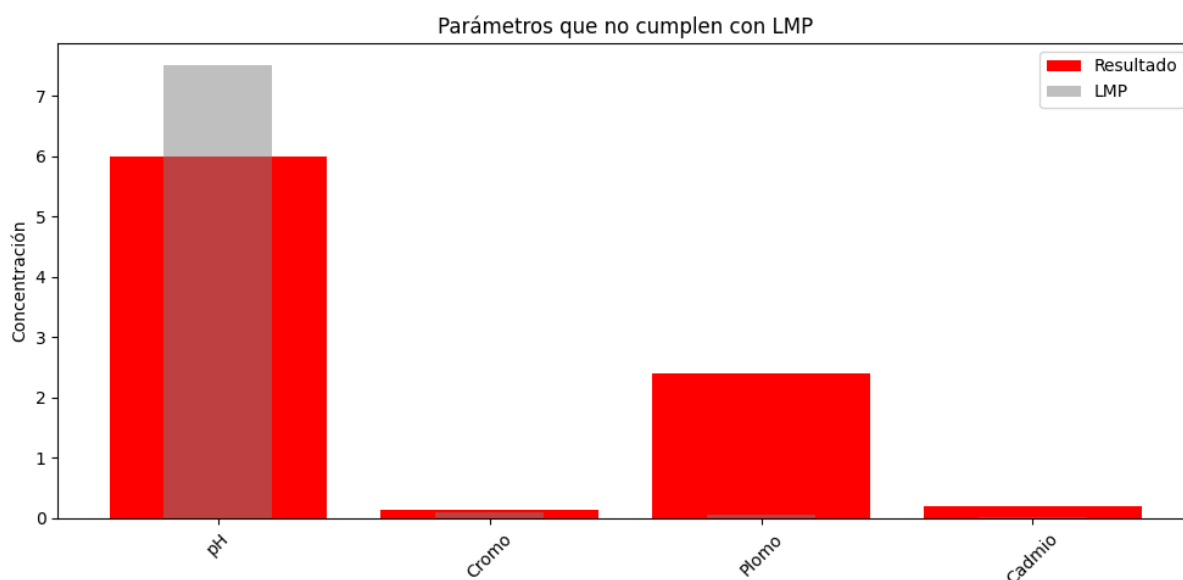
*Parámetros que cumplen con LMP*



El cumplimiento de estos parámetros indica que el tratamiento del agua residual es efectivo en ciertas áreas, asegurando que los niveles de contaminantes estén dentro de los límites seguros, pero no en todas las áreas ya que según la figura 34, existen parámetros que no cumplen con los LMP, estipulados en la norma vigente, estos incluyen el pH, cromo total, plomo y cadmio. El no cumplimiento de estos estándares es preocupante ya que la exposición a altas concentraciones de estos contaminantes puede ser perjudicial para la salud. Por ejemplo, el cromo, plomo y cadmio son metales pesados que, en concentraciones elevadas, pueden causar daños al sistema nervioso, problemas renales y otras afecciones graves. El pH, por otro lado, puede afectar la capacidad del agua para albergar vida y, si es consumido, puede causar inflamación y daño al sistema digestivo. Por lo tanto, es importante abordar estas contradicciones para afianzar la seguridad hídrica y la salud pública.

**Figura 35**

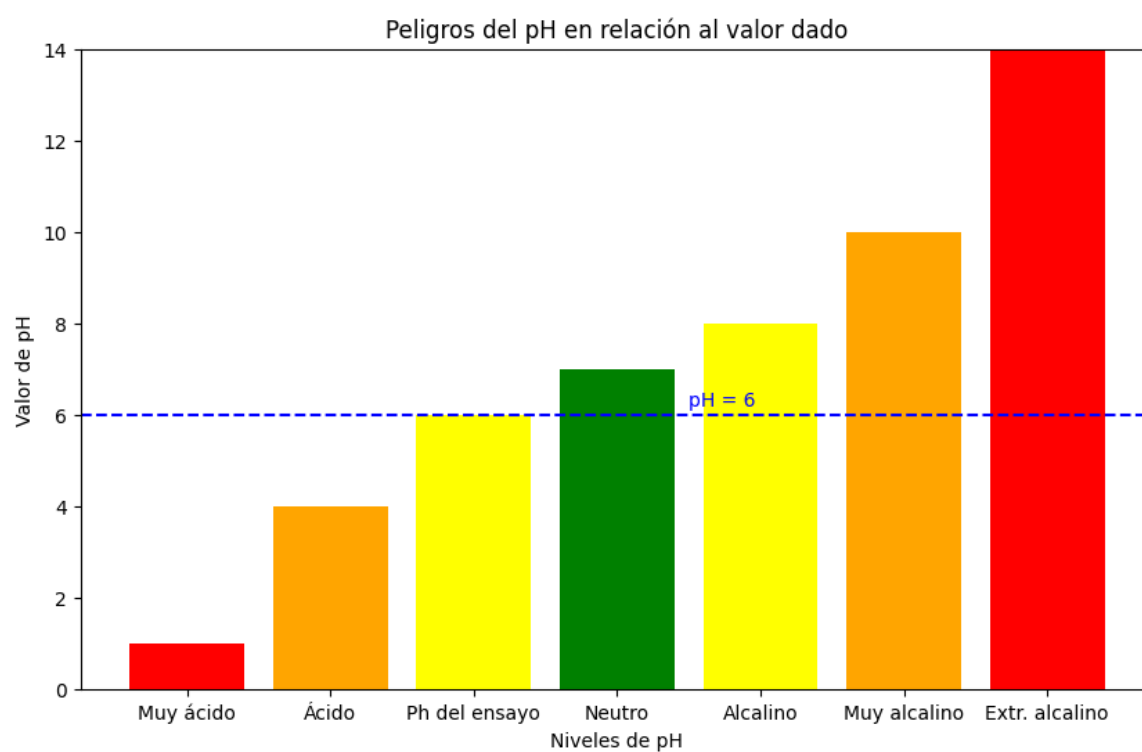
*Parámetros que no cumplen con LMP*



Es importante conocer el nivel de pH ya que como se explicó anteriormente puede provocar enfermedades estomacales, a los habitantes del del centro poblado Rinconada Baja.

**Figura 36**

*Peligros del pH en relación con el valor dado por los ensayos*



## 4.2. Caracterización del agua residual después del tratamiento pasivo experimental (sistema Wetland) a una semana de tratamiento

### 4.2.1. Resultados del ensayo físico y químico

Las pruebas se realizaron en un laboratorio de química proximal y los resultados se muestran en la Tabla 19 la cual proporciona información del solicitante, detalles del producto y antecedentes de muestras de agua.

**Tabla 19**

*Datos del informe de ensayo del agua residual después del uso del sistema Wetland*

<b>INFORMACIÓN</b>	<b>DETALLE</b>
<b>NOMBRE DEL SOLICITANTE</b>	Wilinthon Raúl ZAMORA GUTIÉRREZ
<b>DIRECCION</b>	Jr. Los Rosales N° 380 – Andrés A. Cáceres D. – Huamanga – Ayacucho
<b>NOMBRE DEL PRODUCTO</b>	AGUA DE: P.T.A.R.
<b>IDENTIFICACION</b>	C.P. Rinconada Baja – Santa Rosa – La Mar – Ayacucho.
<b>HORA DE MUESTREO</b>	06:20 a.m.
<b>LUGAR Y FECHA DEL MUESTREO</b>	Santa Rosa, La Mar; 02.09.2022.
<b>FECHA DE RECEPCION</b>	02.09.2022.
<b>FECHA DE ANALISIS</b>	03.09.2022.
<b>NOMBRE DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	P.T.A.R.
<b>FUENTE DE CAPTACION</b>	SALIDA DEL WETLAND
<b>ENVASE DECLARADO POR EL CLIENTE</b>	Botella de vidrio opaco acaramelado, 1er. uso x 500 mL.
<b>CANTIDAD MUESTREADA</b>	01 Botella de vidrio opaco acaramelado, 1er. uso x 500 mL.
<b>MUESTREADO POR REFERENCIA</b>	RAÚL WILINTHON ZAMORA GUTIÉRREZ Control de Calidad.

El ensayo físico presentado en la tabla 20 evalúa las características cruciales del agua residual tras ser procesada por un tratamiento pasivo experimental, específicamente

mediante un sistema Wetland. Este análisis proporciona una visión clara sobre la eficacia del sistema en equilibrar el pH, reducir los sólidos en suspensión y mantener una temperatura adecuada, ya que, al comparar los resultados con las especificaciones estándar, se puede verificar si el cuerpo del agua tratada cumple con los parámetros deseados, asegurando así su idoneidad para propósitos específicos o su liberación al medio ambiente de forma segura.

**Tabla 20**

*Ensayo Físico*

ANÁLISIS	RESULTADOS M-1	ESPECIFICACIÓN
PH (Potenciómetro, 15.5° C)	8	6.5 - 8.5
Sólidos totales en suspensión (mg/L)	0.82	150
Temperatura (t°)	14.01	<35

Se muestra los datos obtenidos del ensayo químico el cual examina varios parámetros cruciales del agua residual post-tratamiento a través de un sistema Wetland, que permiten evaluar la presencia y concentración de diversos compuestos y elementos en el agua, determinando así su calidad y seguridad para usos específicos, en este caso, el riego de vegetales y la hidratación la fauna.

**Tabla 21**

*Ensayo Químico*

ANÁLISIS	RESULTADOS M -1	ECA para agua Categoría 3 Riego de vegetales y bebidas de animales
Nitrito (mg/L NO <sub>2</sub> -)	0.05	10.0
Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> -)	8.72	100.0
Fosfatos (mg/L PO)	0.38	*****
Hierro (mg/L Fe)	0.13	5.0
Aluminio (mg/L Al)	0.1	0.2
Cromo Total (mg/L Cr)	0.06	0.1
Cobre (mg/L Cu)	0.04	0.2
Plomo (mg/L Pb)	0.41	0.1
Cadmio (mg/L Cd)	0.07	0.01
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	30.22	100.0

#### 4.2.2. Evaluación de los Límites Máximos Permisibles (LMP) con la norma vigente

Al igual que en la evaluación anterior los obtenidos del laboratorio químico se realizó una comparación con la normativa vigente del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM y del D.S.N°004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

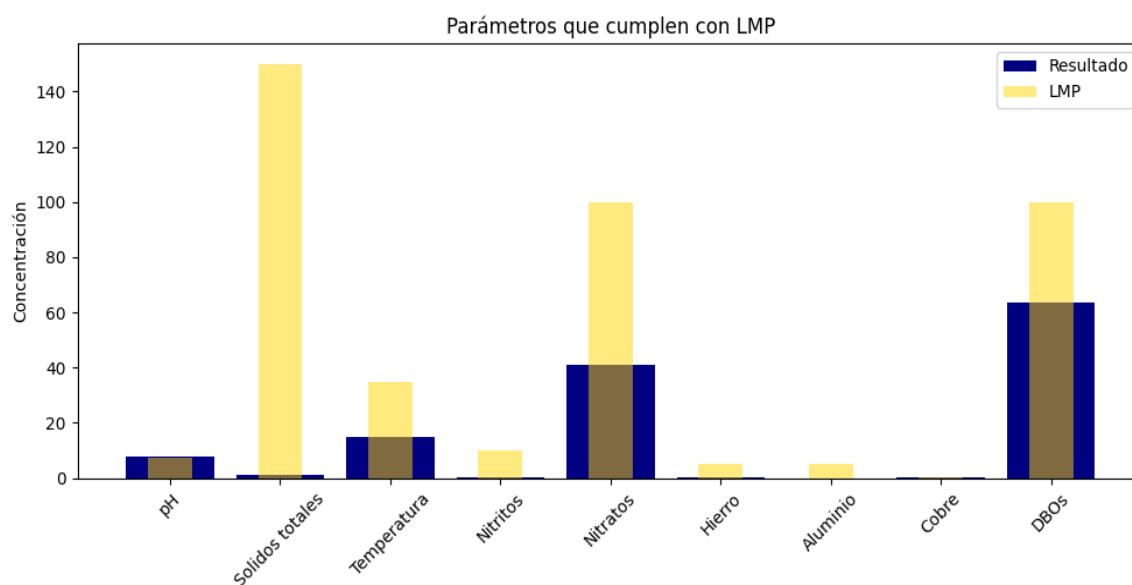
**Tabla 22**

*Evaluación de los LMP del agua residual a la salida del sistema Wetland*

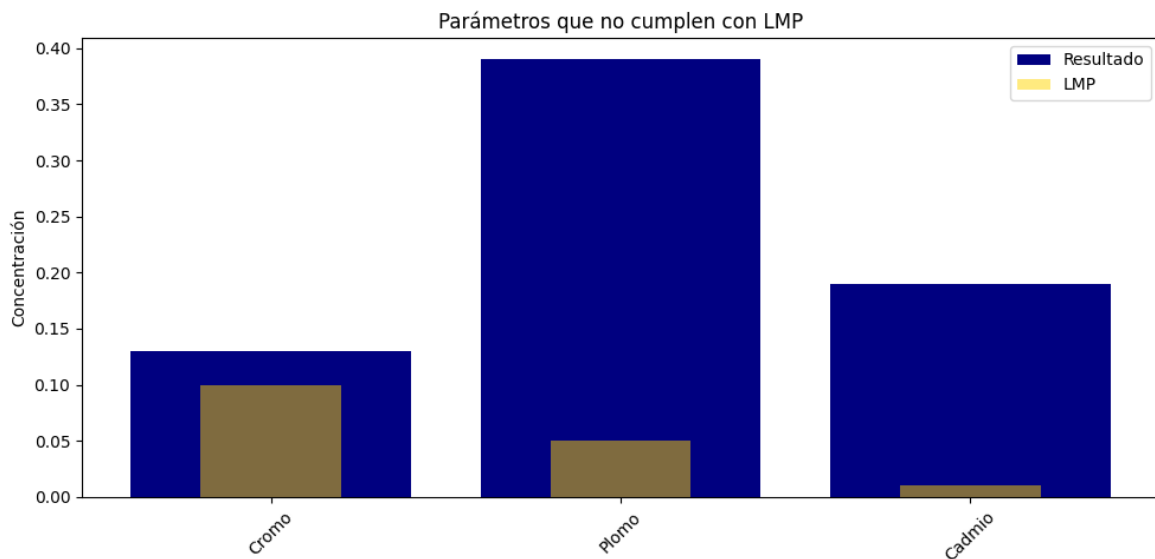
ANÁLISIS	RESULTADOS M-1	LMP DE LA NORMA	¿CUMPLE?
pH	8	6.5 - 8.5	SI
Sólidos en Suspensión	0.82	150.0	SI
Temperatura (T° C)	14.01	<35	SI
Nitrito (mg/L NO <sub>2</sub> -)	0.05	10.0	SI
Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> -)	8.72	100.0	SI
Fosfatos (mg/L PO)	0.38	*****	***
Hierro (mg/L Fe)	0.13	5.0	SI
Aluminio (mg/L Al)	0.1	0.2	SI
Cromo Total (mg/L Cr)	0.06	0.1	NO
Cobre (mg/L Cu)	0.04	0.2	SI
Plomo (mg/L Pb)	0.41	0.1	NO
Cadmio (mg/L Cd)	0.07	0.01	NO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	30.22	100.0	SI

A partir de esta tabla, podemos determinar que los valores de Cromo Total, Plomo y Cadmio no cumplen con los LMP de ley vigente, pero todos los demás parámetros se hallan dentro de los límites permitidos, pero los datos también muestran que, si bien es cierto que no cumplen con la norma, la diferencia es mínima el cual es un indicador para tomar en cuenta se trabaja los sistemas Wetland.

La figura 36 muestra el cumplimiento de los LMP en los parámetros como pH, sólidos totales, temperatura, nitritos, nitratos, hierro, aluminio, cobre y demanda bioquímica de oxígeno indica que el agua analizada se encuentra dentro de las normas establecidas para su calidad. Además, al adherirse a estos límites garantiza que el agua posea características adecuadas para su uso, minimizando riesgos de contaminación y protegiendo la salubridad y el entorno ambiental.

**Figura 37***Parámetros que cumplen con LMP*

A pesar de que ciertos parámetros del agua del P.T.A.R., muestreadas en la figura 27, no cumplieron estrictamente con los Límites Máximos Permisibles (LMP), es importante destacar que dichos valores no difirieron significativamente de lo establecido por la norma. El Cromo, Plomo y Cadmio, aunque ligeramente por encima de los límites, no exceden de manera alarmante los valores permitidos. A su vez, también es relevante mencionar que, a diferencia de la salida del tanque séptico, el sistema Wetland ha logrado regular satisfactoriamente el pH del agua, cumpliendo así con las especificaciones de la norma vigente, esto sugiere que el Wetland ofrece un tratamiento efectivo en ciertos aspectos. Si bien se deben hacer ajustes para garantizar la total conformidad con todos los parámetros, es evidente que el sistema está encaminado hacia la purificación adecuada del agua.

**Figura 38***Parámetros que no cumplen con LMP*

#### 4.3. Eficiencia del sistema Wetland

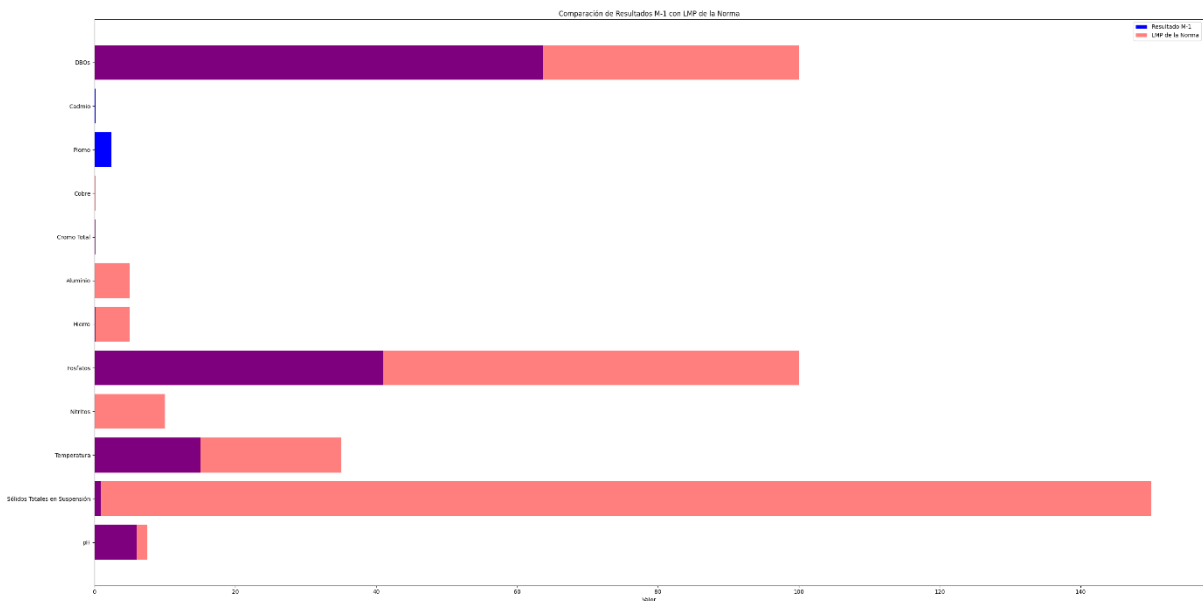
Los sistemas de humedales han demostrado ser una herramienta esencial para el tratamiento del agua en la superficie que implica la investigación, ya que se ha demostrado que cumplen eficazmente con los límites máximos permisibles (LMP) determinados por la ley vigente, a partir de los informes ensayos de laboratorio. A través de su diseño ecológico y mecanismos naturales, el Wetland no solo se encarga de filtrar contaminantes físicos, sino también de realizar una depuración biológica, resultado de la actividad microbiana inherente al sistema. Tras analizar el agua postratamiento del sistema Wetland, se observó que varios parámetros esenciales, incluido el crucial pH, se hallan dentro de los parámetros establecidos por los LMP, esto se puede apreciar en la figura 38.

Esta conformidad indica que el agua tratada por el Wetland no solo es más segura para el medio ambiente, sino que también es adecuada para su reintroducción en diversos ecosistemas o para su reutilización en diferentes aplicaciones. Además, la capacidad del sistema Wetland de adherirse a otros tipos de sistemas de filtrado reafirma su importancia y eficiencia en el campo del tratamiento de aguas sépticas.



**Figura 39**

*Comparación de Resultados M-1 con LMP de la Norma*



Otro punto que valida la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas radica en que antes de implementar el sistema Wetland, el agua que salía del pozo séptico y se dirigía al pozo de percolación registraba un pH de 8, este valor no cumplía con los Límites Máximos Permisibles (LMP), lo que indicaba una posible alcalinidad o acidez no deseada. Sin embargo, con la introducción del sistema Wetland, se observó una notable mejora, ya que el pH del agua tratada por el Wetland es de 6, lo que se hallan cómodamente dentro del promedio establecido por los LMP. Este cambio refleja la efectividad del sistema Wetland en ajustar y equilibrar el pH, garantizando así un tratamiento adecuado y conforme a las normativas.

El análisis de la muestra del Wetland a un mes de su tratamiento ha demostrado una mayor eficiencia en la remoción de carga orgánica, tal como se evidencia en el siguiente cuadro.

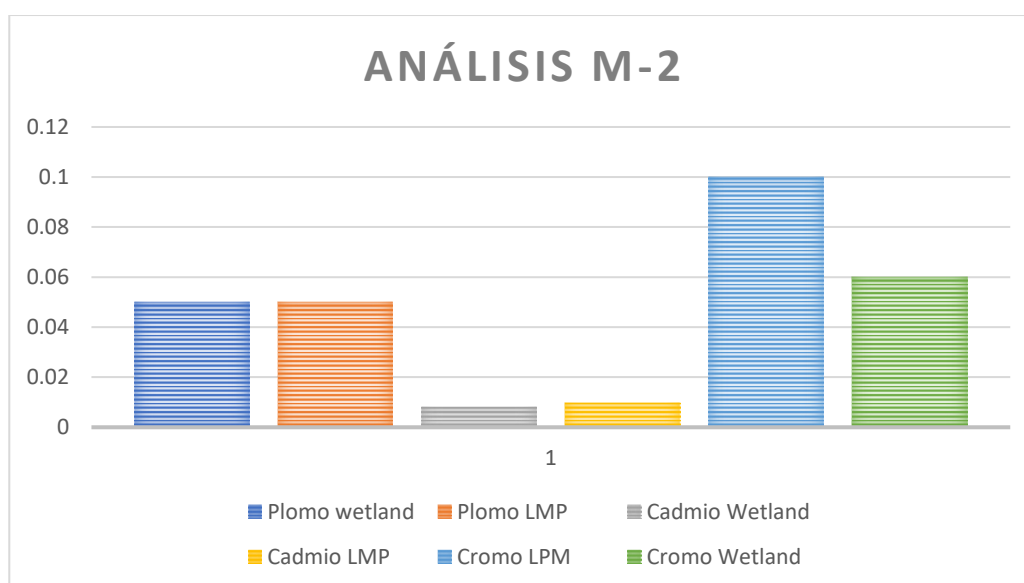
**Tabla 23**

*Evaluación de los LMP del agua residual a la salida del sistema Wetland luego de un mes de tratamiento.*

ANÁLISIS	RE SULTADOS M -2	LMP DE LA NORMA	¿CUMPLE?
pH	8,0	6.5 - 8.5	SI
Sólidos en Suspensión	0,82	150.0	SI
Temperatura (T° C)	14,02	<35	SI
Nitrito (mg/L NO <sub>2</sub> -)	0,05	10.0	SI
Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> -)	7,12	100.0	SI
Fosfatos (mg/L PO)	0,38	*****	***
Hierro (mg/L Fe)	0,13	5.0	SI
Aluminio (mg/L Al)	0,01	0.2	SI
Cromo Total (mg/L Cr)	0.06	0.1	SI
Cobre (mg/L Cu)	0.10	0.2	SI
Plomo (mg/L Pb)	0.05	0.1	SI
Cadmio (mg/L Cd)	0.008	0.01	SI
Demanda Bioquímica de Oxígeno	30,18	100.0	SI

**Figura 40**

*Comparación de Resultados M-2 (t=30) con LMP de la Norma*



## Conclusiones

Los resultados que hemos podido apreciar con la implementación del sistema Wetland o tratamiento pasivo como le llaman, se ha evidenciado que puede bajar la carga orgánica en un corto periodo pero que, en un tiempo, así como se ha elevado el pH del agua residual de 6 a 8 estando este dentro del rango establecido por la Norma de los límites máximos permisibles (LMP).

Así mismo la planta Napier al desarrollarse por completo y en un mayor tiempo de retención trata mejor el agua residual no solo bajando la carga orgánica si no también con la remoción de agentes químicos disueltos en el agua residual, por lo que muestra que es un tratamiento eficiente y de menor costo para su implementación a comparación de otros sistemas de depuración,

El valor de sólidos totales en suspensión en el agua tratada es considerablemente bajo, tanto antes como después del tratamiento Wetland, esto indica que el sistema no solo es capaz de mantener bajos niveles de sólidos en suspensión, sino que también previene su acumulación.

Los resultados del ensayo químico con base en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua de la categoría 3, demuestra que la mayoría de los parámetros analizados cumplen con las especificaciones para el riego de vegetales y la hidratación de animales, lo que indica que el sistema Wetland es eficaz para estos propósitos, así como los establecidos en el D.S.N°004-2017-MINAM, con un periodo de retención de un mes.

El sistema Wetland es una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales, aprovechando procesos naturales sin requerir energía adicional ni productos químicos, lo que lo convierte en una opción sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

### **Recomendaciones**

Se recomienda investigar el origen de la presencia de estos contaminantes cromo, plomo y cadmio, cuyos niveles no cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) considerar medidas adicionales de tratamiento o prevención.

Se recomienda informar a la comunidad de Rinconada Baja sobre los peligros de consumir agua con un pH incorrecto y sobre la presencia de metales pesados, para evitar posibles problemas de salud.

Debido a la fluctuación de ciertos parámetros, se recomienda implementar un protocolo continuo de monitoreo del agua tratada, asegurando así que siempre se ajuste a los estándares establecidos.

Se recomienda considerar la integración de tratamientos adicionales que puedan complementar y mejorar la eficiencia global del proceso en el tratamiento de agua residual.

Se recomienda involucrar a la comunidad en actividades de sensibilización sobre la importancia de cuidar las fuentes de agua, y alentar prácticas que reduzcan la contaminación, podría ser beneficioso para garantizar la sostenibilidad del tratamiento a largo plazo.

### Referencias Bibliográficas

- ÁLVAREZ, J. A., Ruiz, I., GÓMEZ, M., PRESAS, J., Soto M. Satr - Up alternatives and performance of an UASB pilot plant treating diluted municipal wastewater at low temperature. *Bioresource Technology*. 97. 2006. 1640-1649 p.
- BORZACCONI, L., Martínez, J., LÓPEZ, I., Passeggi M. Seguimiento de las características de la manta de lodos en un reactor UASB piloto. XXVII Congreso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-. 2000.
- CASTRO-GONZÁLEZ A, Enríquez-Poy M, Durán-de-Bazúa C. Design, Construction, and Starting-up of an Anaerobic Reactor for the Stabilisation, Handling, and Disposal of Excess Biological Sludge Generated in a Wastewater Treatment Plant. Vol. 7, *Anaerobe*. 2001. p. 143–9.
- CATALÁN Lafuente J. G. *Depuradoras "Bases científicas"*. Bellisco, Madrid. 1997.
- CERVANTES F.J. PS. *Advanced Biological Treatment Processes for Industrial Wastewaters, Principles and Applications*. Publishing.UK I, editor. 2006.
- CIENCIA y Tecnología Benedikta. (2017). ciencias tratamiento de aguas residuales en colombia planta san fernando. <https://cienciasytecnologia-biologo.blogspot.com/2017/11/p4-tratamiento-de-aguas-residuales-en.html>
- GANDARILLAS, V. R., Oliver, S. R., & Montoyac, R. (2017). evisión de las experiencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante reactores uasb en cochabamba-bolivia comparadas con las de latinoamérica, india y europa.
- GUEVARA Vera, Antonio. *control de la calidad del agua*. PERÚ; 1996. 122 p.
- HERNÁNDEZ Lehmann A. “Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 4a edición, Madrid, España. 2000.

- KLEEREBEZEM, R., Macarie H. Treating Industrial Wastewater: Anaerobic Digestion. Comes of Age. Chemical Engineering. 110 (9),. 2003. 56-64 p.
- METCALF & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales [Internet]. 2003rd ed. Eddy M&, editor. EE.UU 2003. 1459 p. Available from: <http://www.todostuslibros.com/autor/metcalf-eddy>
- HEALTH ASSOCIATION. Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales. 17th ed. 1989.
- MALINA, Jr. J.F., Pohland FG. Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes. Water Quality Management Library. Vol. 7. Lancaster, Pennsylvania, U.S.A. 1992.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2021). Plan Nacional de Saneamiento 2020-2030. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2648841/Plan%20Nacional%20de%20Saneamiento%202022-2026%20vf.pdf.pdf>
- NOYOLA A. Desarrollo de tecnolog??as Mexicanas en tratamiento de aguas residuales: Una experiencia. Interciencia. 1999;24(3):169–72.
- PATTERSON, R. G.; Jain, R.C y R. Controles de olores para instalaciones de tratamiento de aguas residuales. 77th ed. 1984.
- PÉREZ García, M., Romero García, L.I. y Sales Márquez D. Tecnologías anaeróbicas para la depuración termofílica de vertidos de destilerías vínicas. Ingeniería del Agua. 4(2). 1997. 7-16 p.
- POIRRIER González P. Hidrólisis y acidificación psicrófila de moléculas complejas en sistemas anaerobios. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela. In 2005.

QUESTIONPRO. (2024). Anova: Qué es y cómo hacer un análisis de la varianza.

<https://www.questionpro.com/blog/es/anova/>

ROBERTS Alley E. Water Quality Control Handbook. Mc Graw Hill, U.S.A. 2000.

ROCHA da Silva, J., Ribeiro, A., dos Santos, O., F., Bersanette, G. y Conte, H., 2022.

Wetlands construídas para tratamento de efluentes industriais: revisão. Revista

Ibero-Americana de Ciências Ambientais [en línea], vol. 13, no. 4, DOI

<https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2022.004.0020>. Disponible en:

<https://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/7156>.

SCHOEPFER G. R. advances in water pollution research. vol I. 1964. 200 p.

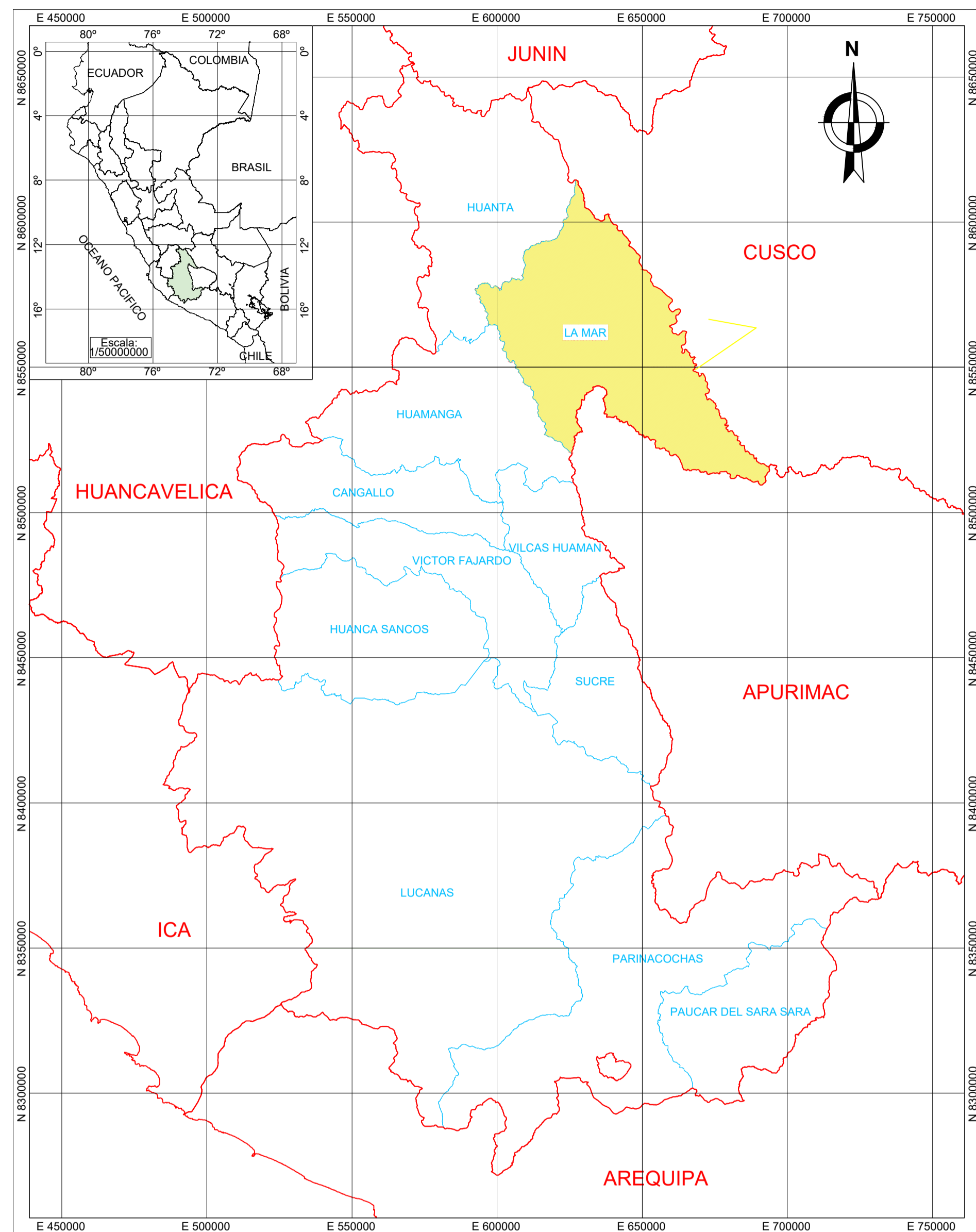
SINCHITULLO, J. (2020). Evoluaiico del cuaternario. energetica.

SPEECE RE. Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters. Archae Press,

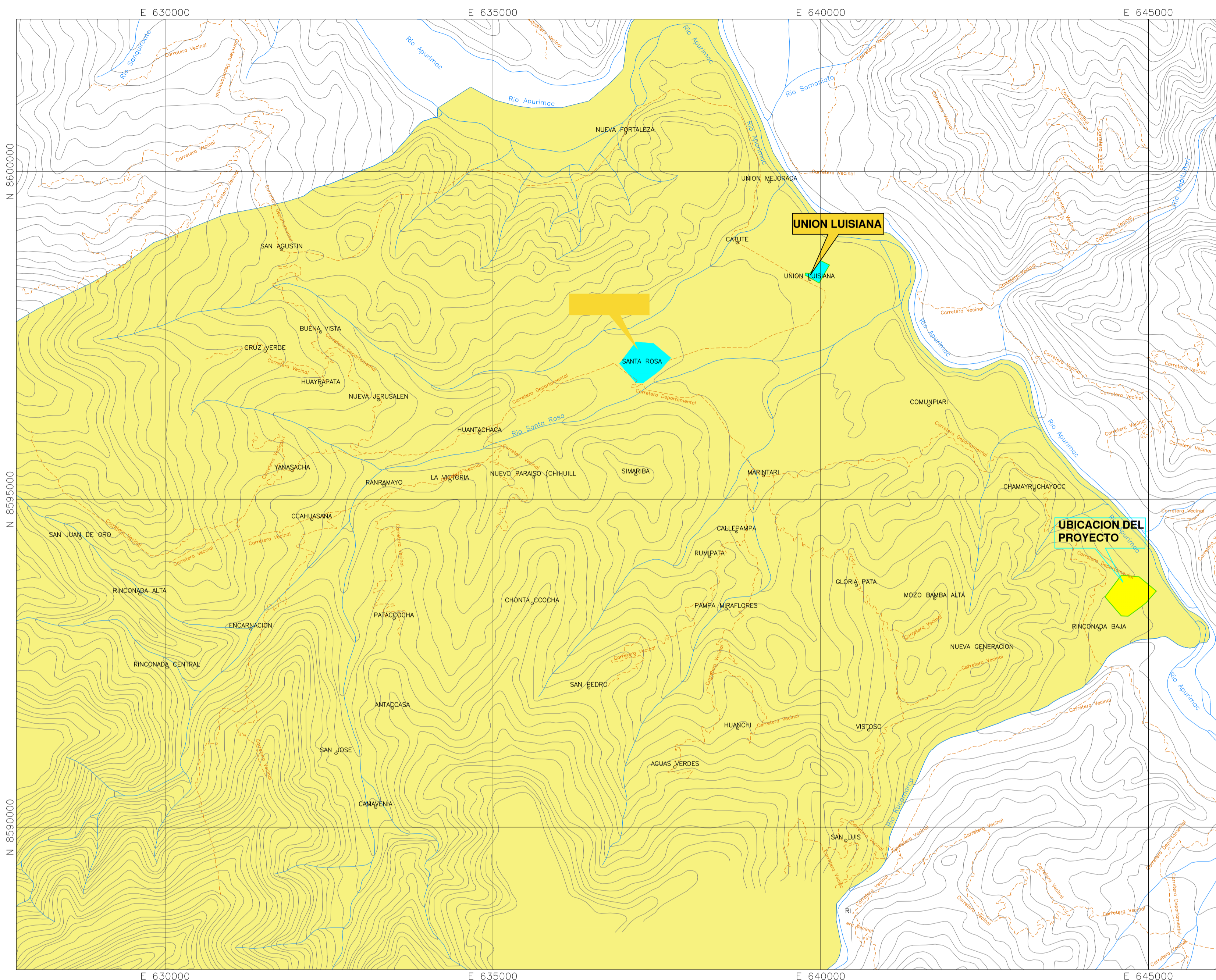
Vanderbilt University. U.S.A. 1996.

## **Anexos**

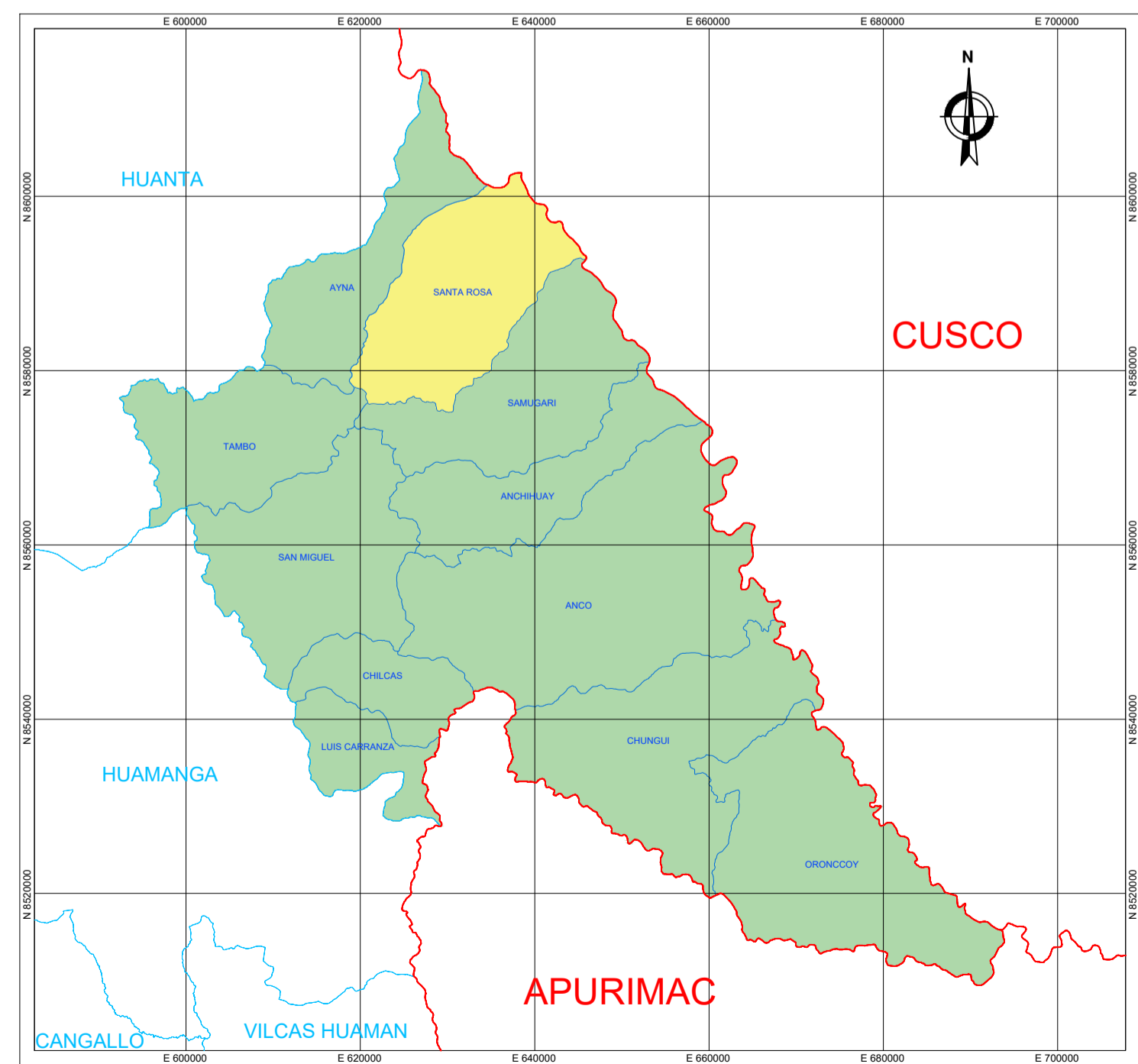
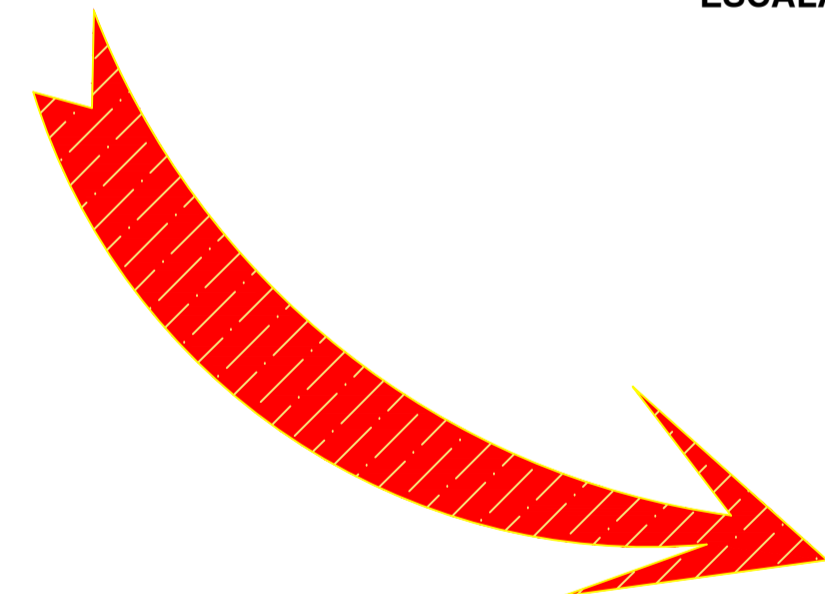




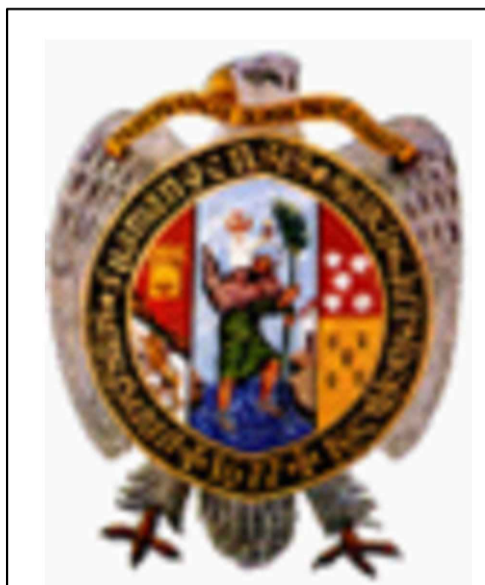
MAPA DE PROVINCIAS DE AYACUCHO  
ESCALA : 1/2500000



Esc. 1/50 000  
0 1000.0 m 2500.0 m 5000.0 m



UBICACION DISTRITAL  
ESCALA : 1/500 000



TEMA DE TESIS:  
Tratamiento final del agua residual mediante el sistema Wetland en el Distrito de Santa Rosa- Ayacucho 2023

TESIS POSGRADO

EVALUADOR:  
POSGRADO UNSCH

PLANO: UBICACION

PROPIETARIO:  
WILINTHON RAUL ZAMORA GUTIERREZ

DIBUJANTE:  
W.R.Z.G

ESCALA:  
INDICADA

UBICACION:  
DISTRITO : SANTA ROSA

PROVINCIA : LA MAR

REGION : AYACUCHO

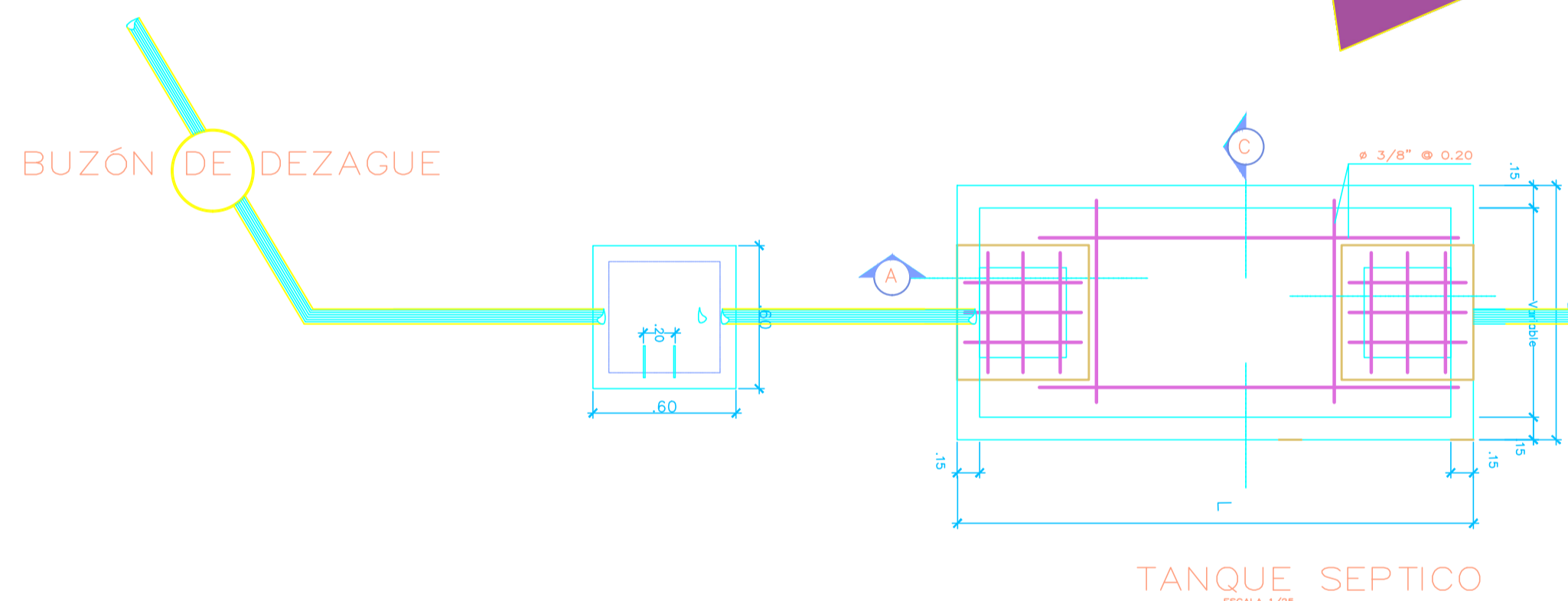
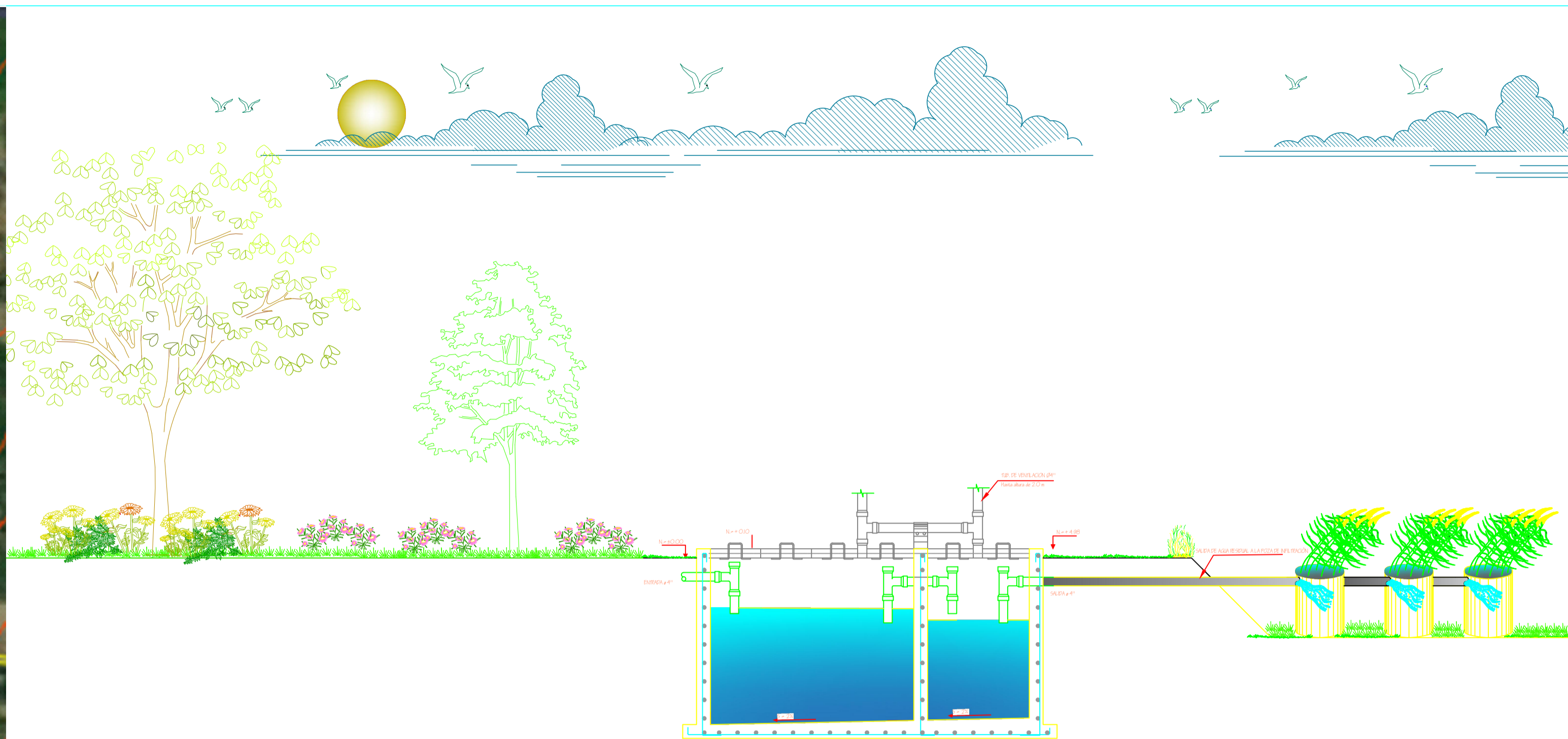
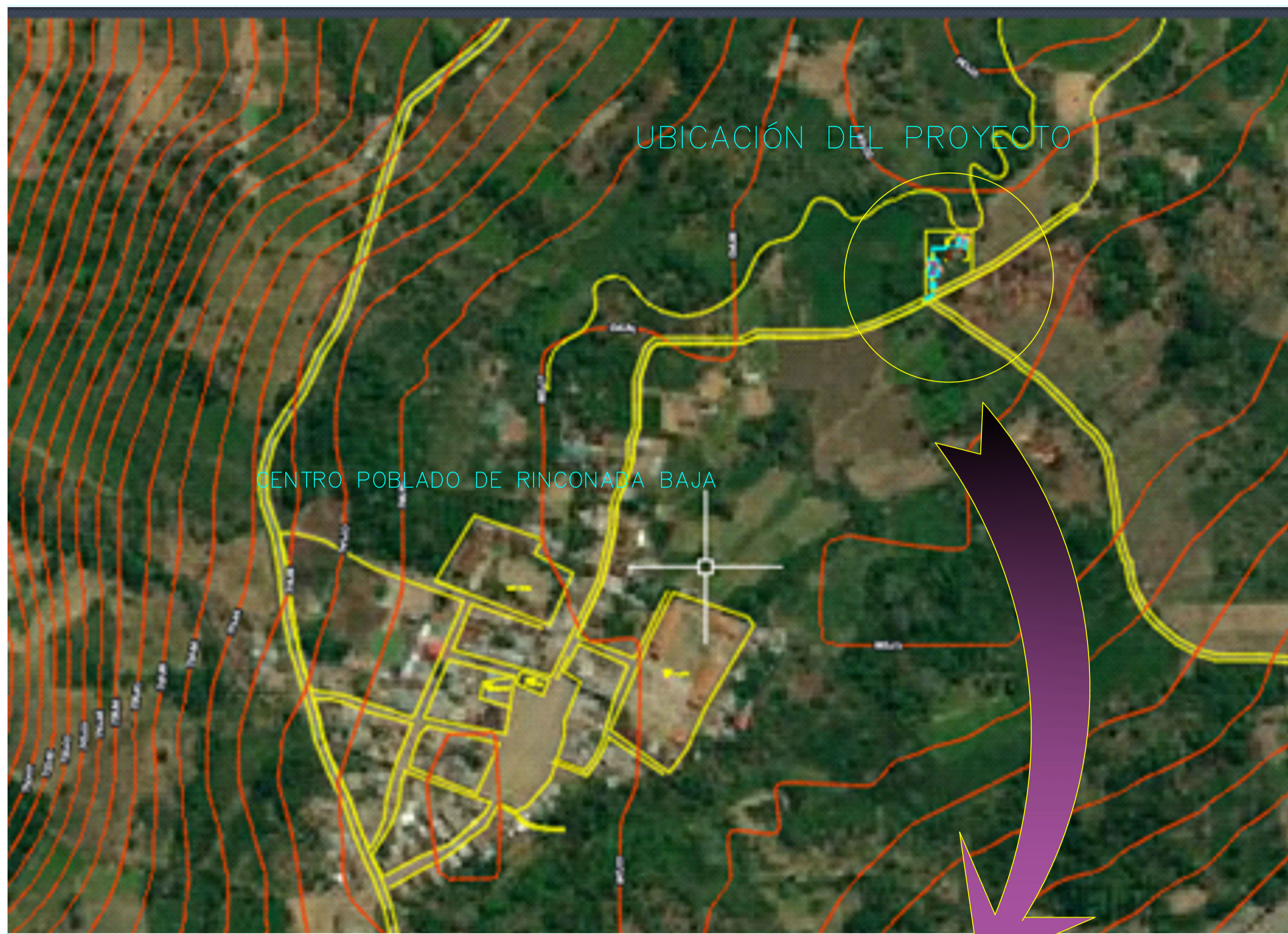
C.P : RINCONADA BAJA

LAMINA:

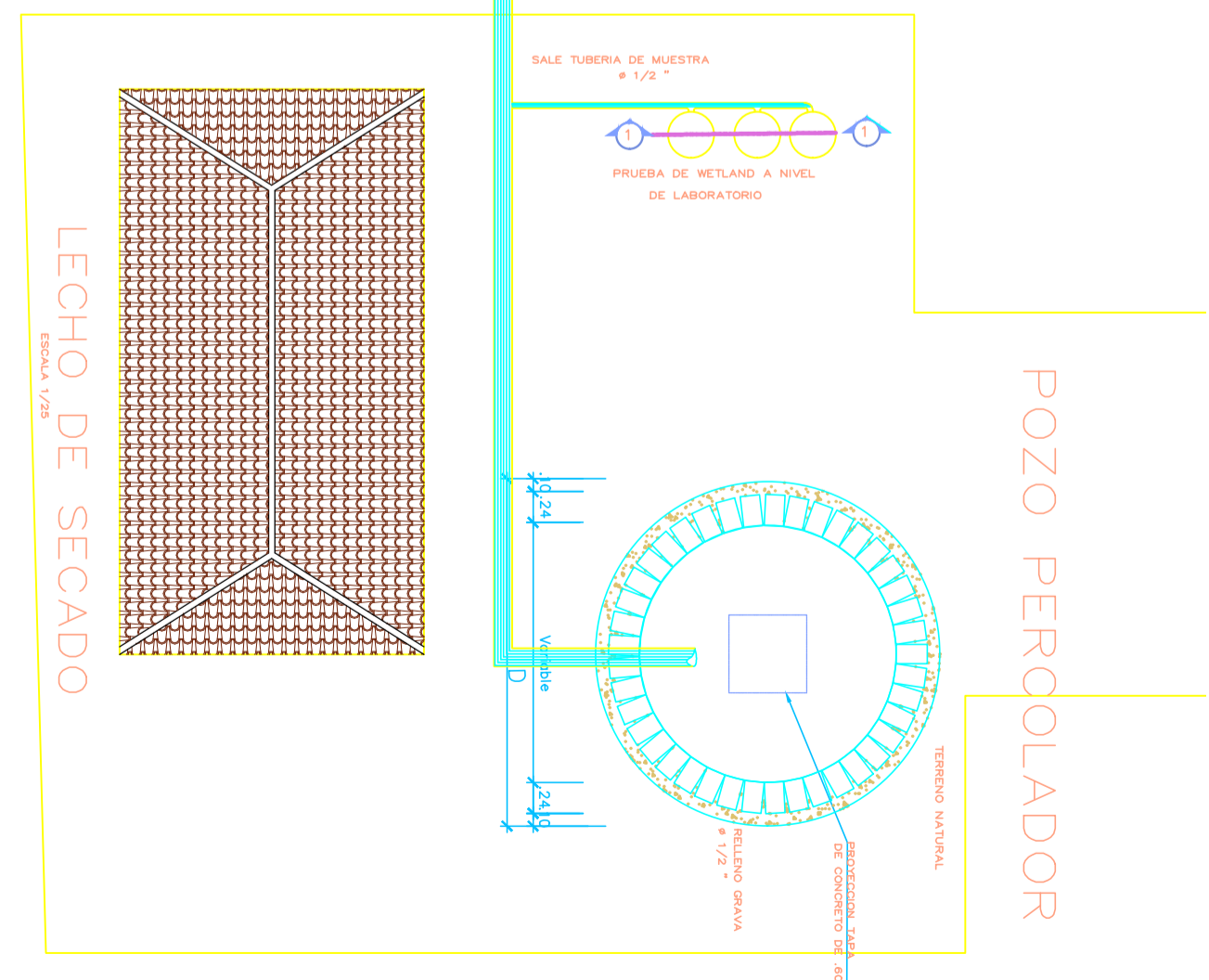
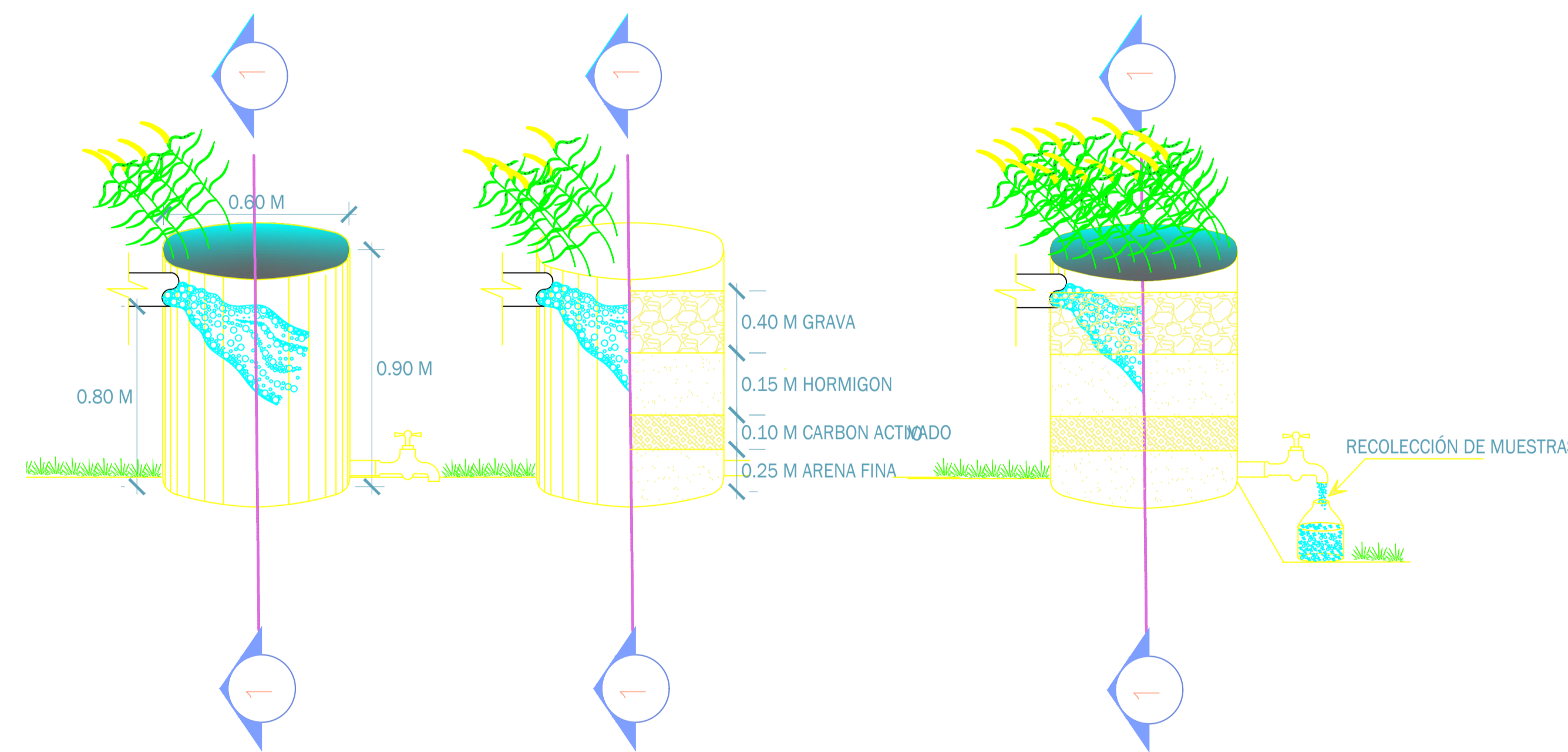
**PG-01**

Anexo I  
Mapa Cartográfico 01

FECHA  
22/09/2023



SAIDA DE AGUA TRATADA  
TUBERIA 4"



**TEMA DE TESIS:**  
Tratamiento final del agua residual mediante el sistema Wetland en el Distrito de Santa Rosa- Ayacucho 2023

**TESIS POSGRADO**

**EVALUADOR:**  
POSGRADO UNSCH

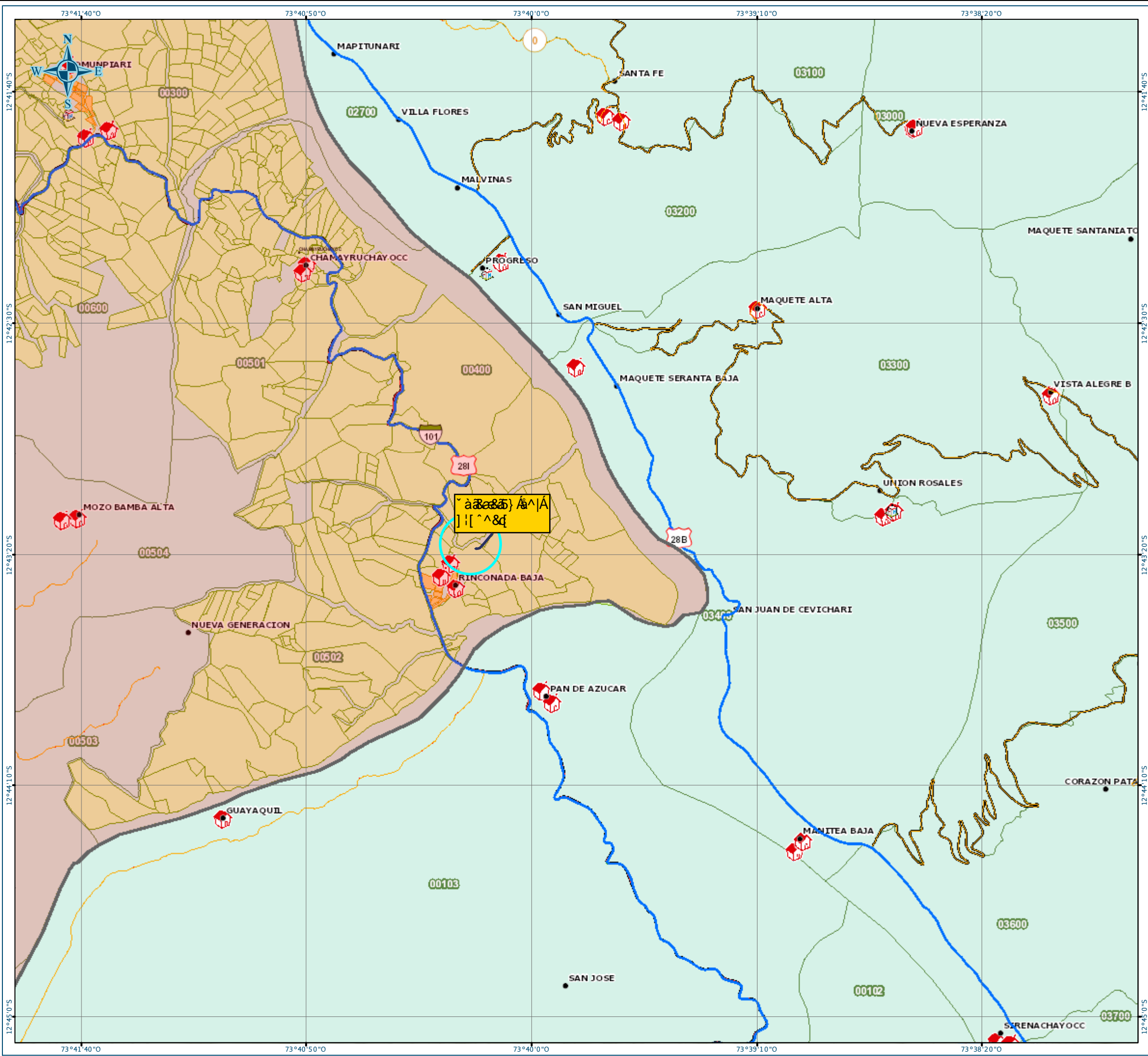
<b>PLANO:</b>	DETALLES
<b>PROPIETARIO:</b>	WILINTHON RAUL ZAMORA GUTIERREZ
<b>DIBUJANTE:</b>	W.R.Z.G
<b>ESCALA:</b>	INDICADA
<b>UBICACION:</b>	DISTRITO : SANTA ROSA PROVINCIA : LA MAR REGION : AYACUCHO C.P : RINCONADA BAJA

**LAMINA:**

**PD-01**

Anexo 2  
Mapa cartográfico 02, Zona de estudio.

**FECHA:**  
22/09/2023



### MAPA DE UBICACION



131

### LEYENDA

- polygonLayer**
- Override 1
- Capital Departamental**
- 11
- 12
- 13; 30; 99
- <all other values>
- 10
- 11
- 12
- 12; 13; 30; 99
- Capital Provincial**
- <all other values>
- 10 **Anexo 3**
- 11 *Mapa cartográfico 03.*
- 12
- 13; 30; 99
- Capital Distrital**
- <all other values>
- 10

### REFERENCIA CARTOGRAFICA

Escala: 1:25,000

0 100 200 400 600 800 1,000 Meters

1 cm en el mapa equivale a 250 metros en el terreno

La superficie visible mínima representada en el mapa es de aproximadamente 625 m<sup>2</sup>

Sistema de Coordenadas Geográficas  
Datum Horizontal de Referencia WGS84



## Anexo 4

Informe de Ensayo N° 14050-2015 QU – DLRRSO – DIRESA LABORATORIO DE  
QUÍMICA PROXIMAL

**INFORME DE ENSAYO N° 14050-20015 QU – DLRRSP – DIRESA  
LABORATORIO DE QUIMICA PROXIMAL**

- I. DATOS DEL SOLICITANTE**  
 NOMBRE DEL SOLICITANTE : Wilinthon Raúl ZAMORA GUTIERREZ  
 DIRECCIÓN : Jr. Los Rosales N° 380 - Andrés A. Cáceres D. - Huamanga - Ayacucho
- II. DATOS DEL PRODUCTO**  
 NOMBRE DEL PRODUCTO : AGUA DE P.T.A.R.  
 IDENTIFICACIÓN : C.P Rinconada Baja - Santa Rosa - La Mar - Ayacucho  
 HORA DE MUESTREO : 06:20 a.m  
 LUGAR Y FECHA DEL MUESTREO : Santa Rosa, La Mar, 02.09.2022  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 02.09.2022  
 FECHA DEL ANALISIS : 03.09.2022  
 NOMBRE DEL PUNTO DE MUESTREO : P.T.A.R  
 FUENTE DE CAPTACIÓN : SALIDA DEL WETLAND  
 ENVASE DECLARADO POR EL CLIENTE : Botella de vidrio opaco acaramelado, 1er uso x 500 mL.
- III. ANTECEDENTES**  
 CANTIDAD MUESTREADA : 01 Botella de vidrio opaco acaramelado, 1er. uso x 500 mL.  
 MUESTREADO POR : WILINTHON RAUL ZAMORA GUTIERREZ  
 REFERENCIA : Control de Calidad
- IV. RESULTADOS**

## Ensayo Físico

ANALISIS	RESULTADOS		ESPECIFICACIÓN (*)
	M - 1		
pH (potenciómetro, 15,5°C)	8,0		6,5 - 8,5
Sólidos totales en suspensión (mL/L)	0,82		150
Temperatura (°C)	14,01		<35

## Ensayo químico

ANALISIS	RESULTADOS		ECA para Agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales
	M - 1		
Nitritos (mg/L NO <sub>2</sub> )	0,05		10
Nitrosos (mg/L NO <sub>3</sub> )	8,72		100
Fosfatos (mg/PO <sub>3</sub> )	0,38		*****
Hierro (mg/L Fe)	0,13		5,0
Aluminio (mg/L Al)	0,10		5,0
Cromo Total (mg/L Cr)	0,06		0,1
Cobre (mg/L Cu)	0,04		0,2
Plomo (mg/L Pb)	0,41		0,05
Cadmio (mg/L Cd)	0,07		0,01
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (mg/L) (*)	30,22		100,00

(\*) D.S. N° 003-2010 - MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

## V. MÉTODOS DE ENSAYO

Método: Colorimétrico Spectroquant	• 0,005 - 5,00 mg/L Al	• 0,02 - 50,0 mg/L Al
Intervalo del Método	• 0,010 - 5,00 mg/L Pb	• 0,02 - 6,89 mg/L CrO <sub>4</sub>
• 0,03 - 15,3 mg/PO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	• 0,4 - 110,7 mg/L NO <sub>2</sub>	• 0,02 - 6,00 mg/L Cu
• 0,5 - 3000 mg/L DBO	• 0,007 - 3,28 mg/L NO <sub>3</sub>	• 0,002 - 0,500 mg/L Cd

## VI. CONCLUSIONES

. De acuerdo a los resultados Físico Organolépticos y Químicos obtenidos y contrastados con los requisitos, se concluye que el producto de la referencia ES CONFORME con las Especificaciones del DECRETO SUPREMO N° 003 - 2010 - MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, D.S.N° 004-2017 . MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias. Categoría 3. Riego de vegetales y animales; Sub Categoría D1: Riego de vegetales.

. Informe emitido en base a los resultados obtenidos en nuestro Laboratorio.

. El presente informe se refiere únicamente a la muestra puntual y cantidades indicadas siempre y cuando se mantengan las mismas condiciones de realizado el muestreo. Válido exclusivamente para los requisitos señalados. No se puede vincularse implícita o explícitamente a otras características que no se indican para la muestra del producto objeto de análisis no pudiendo extenderse las conclusiones del informe a ninguna otra unidad. No es válido si es fotocopia.

Documento Válido sólo para la muestra descrita en los puntos 1 y 2, por un periodo de 2 meses a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Evaluado por: Jesús López Auri

Ayacucho, 12 de setiembre de 2022

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO  
 DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD AYACUCHO  
 DIRECCIÓN DE LABORATORIO QUÍMICO EN SANITARIA  
 BIGNIFANIA FLORIAN KLARIANA REONIA  
 DIRECTORA

**INFORME DE ENSAYO N° 14050-20015 QU – DLRRSP – DIRESA  
LABORATORIO DE QUIMICA PROXIMAL**

- I. DATOS DEL SOLICITANTE**  
 NOMBRE DEL SOLICITANTE : Wilinton Raúl ZAMORA GUTIERREZ  
 DIRECCIÓN : Jr. Los Rosales N° 380 - Andrés A. Cáceres D. - Huamanga - Ayacucho
- II. DATOS DEL PRODUCTO**  
 NOMBRE DEL PRODUCTO : AGUA DE P.T.A.R.  
 IDENTIFICACIÓN : C.P Rincónada Baja - Santa Rosa - La Mar - Ayacucho  
 HORA DE MUESTREO : 08:20 a.m  
 LUGAR Y FECHA DEL MUESTREO : Santa Rosa, La Mar, 02.09.2022  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 02.09.2022  
 FECHA DEL ANALISIS : 03.09.2022  
 NOMBRE DEL PUNTO DE MUESTREO : P.T.A.R  
 FUENTE DE CAPTACIÓN : SALIDA DEL POZO DE PERCOLACIÓN – TANQUE SÉPTICO  
 ENVASE DECLARADO POR EL CLIENTE : Botella de vidrio opaco acaramelado, 1er uso x 500 mL.
- III. ANTECEDENTES**  
 CANTIDAD MUESTREADA : 01 Botella de vidrio opaco acaramelado, 1er, uso x 500 mL.  
 MUESTREADO POR : WILINTON RAUL ZAMORA GUTIERREZ  
 REFERENCIA : Control de Calidad
- IV. RESULTADOS**

**Ensayo Físico**

ANALISIS	RESULTADOS		ESPECIFICACIÓN (*)
	M - 1		
pH (potenciómetro, 15.5°C)	6,0		6,5 - 8,5
Sólidos totales en suspensión (mLl.)	1,35		150
Temperatura (°C)	15,04		<35

**Ensayo químico**

ANALISIS	RESULTADOS		ECA para Agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales
	M - 1		
Nitritos (mg/L NO <sub>2</sub> )	0,80		10
Nitatos (mg/L NO <sub>3</sub> )	40,97		100
Fosfatos (mg/PO <sub>3</sub> )	2,98		*****
Hierro (mg/L, Fe)	0,31		5,0
Aluminio (mg/L, Al)	0,10		5,0
Cromo Total (mg/L, Cr)	0,13		0,1
Cobre (mg/L, Cu)	0,07		0,2
Piomo (mg/L, Pb)	2,39		0,05
Cadmio (mg/L, Cd)	0,19		0,01
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (mg/L, ) (*)	63,68		100,00

(\*) D.S. N° 003-2010 - MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

**V. MÉTODOS DE ENSAYO**

Método: Colorimétrico Spectroquant Intervalo del Método		
• 0,03 - 15,3 mg/PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	• 0,02 - 50,0 mg/L, Al	• 0,02 - 50,0 mg/L, Al
• 0,5 - 3000 mg/L, DBO	• 0,010 - 5,00 mg/L, Pb	• 0,02 - 6,69 mg/L, CrO <sub>4</sub>
	• 0,4 - 110,7 mg/L, NO <sub>2</sub>	• 0,02 - 6,00 mg/L, Cu
	• 0,007 - 3,28 mg/L, NO <sub>3</sub>	• 0,002 - 0,500 mg/L, Cd

**VI. CONCLUSIONES**

. De acuerdo a los resultados Físico Organoquímicos y Químicos obtenidos y contrastados con los requisitos, se concluye que el producto de la referencia **NO ES CONFORME** con las Especificaciones del **DECRETO SUPREMO N° 003 - 2010 - MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. D.S.N° 004-2017 . MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias. Categoría 3. Riego de vegetales y animales; Sub Categoría D1: Riego de vegetales.**

. Informe emitido en base a los resultados obtenidos en nuestro Laboratorio.

. El presente informe se refiere únicamente a la muestra puntual y cantidades indicadas siempre y cuando se mantengan las mismas condiciones de realizado el muestreo. Válido exclusivamente para los requisitos señalados. No se puede vincularse implícita o explícitamente a otras características que no se indican para la muestra del producto objeto de análisis no pudiendo extenderse las conclusiones del Informe a ninguna otra unidad. No es válido si es fotocopia.

Documento Válido sólo para la muestra descrita en los puntos 1 y 2, por un periodo de 2mese a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Evaluado por: Jesús López Auris

Ayacucho, 12 de setiembre de 2022

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO  
 DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD AYACUCHO  
 DIRECCIÓN LABORATORIO REGIONAL EN SALUD PÚBLICA

Bigo FAVILLA LUCIAN HUARIPUMA MEDINA  
 DIRECTOR

## Anexo 5

Informe de Ensayo N° 14072-2015 QU – DLRRSO – DIRESA LABORATORIO DE  
QUÍMICA PROXIMAL

**INFORME DE ENSAYO N° 14072-2015 QU – DLRRSP – DIRESA  
LABORATORIO DE QUIMICA PROXIMAL**

- I. DATOS DEL SOLICITANTE**  
 NOMBRE DEL SOLICITANTE : Wilinton Raúl ZAMORA GUTIERREZ  
 DIRECCIÓN : Jr. Los Rosales N° 380 - Andrés A. Cáceres D. - Huamanga - Ayacucho
- II. DATOS DEL PRODUCTO**  
 NOMBRE DEL PRODUCTO : AGUA DE P.T.A.R.  
 IDENTIFICACIÓN : C.P Rinconada Baja - Santa Rosa - La Mar - Ayacucho  
 HORA DE MUESTREO : 08:20 a.m.  
 LUGAR Y FECHA DEL MUESTREO : Santa Rosa, La Mar, 19.09.2022  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19.09.2022  
 FECHA DEL ANALISIS : 20.09.2022  
 NOMBRE DEL PUNTO DE MUESTREO : P.T.A.R.  
 FUENTE DE CAPTACIÓN : SALIDA DEL WETLAND  
 ENVASE DECLARADO POR EL CLIENTE : Botella de vidrio opaco acaramelado, 1er uso x 500 mL.
- III. ANTECEDENTES**  
 CANTIDAD MUESTREADA : 01 Botella de vidrio opaco acaramelado, 1er. uso x 500 mL.  
 MUESTREO POR REFERENCIA : WILINTON RAUL ZAMORA GUTIERREZ  
 : Control de Calidad
- IV. RESULTADOS**

## Ensayo Físico

ANALISIS	RESULTADOS		ESPECIFICACIÓN (*)
	M - 2		
pH (potenciómetro, 15.5°C)	8,0		6,5 - 8,5
Sólidos totales en suspensión (mL.)	0,82		150
Temperatura (°C)	14,02		<35

## Ensayo químico

ANALISIS	RESULTADOS		ECA para Agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales
	M - 2		
Nitritos (mg/L, NO <sub>2</sub> )	0,05		10
Nitros (mg/L, NO <sub>3</sub> )	7,12		100
Fosfatos (mg/PO <sub>3</sub> )	0,38		****
Hierro (mg/L, Fe)	0,13		5,0
Aluminio (mg/L, Al)	0,01		5,0
Cromo Total (mg/L, Cr)	0,05		0,1
Cobre (mg/L, Cu)	0,10		0,2
Plomo (mg/L, Pb)	0,05		0,05
Cadmio (mg/L, Cd)	0,008		0,01
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (mg/L) (*)	30,18		100,00

(\*) D.S. N° 003-2010 - MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

## V. MÉTODOS DE ENSAYO

Método: Colorimétrico Spectroquant Intervalo del Método		
• 0,03 - 15,3 mg/PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	• 0,005 - 5,00 mg/L, Al	• 0,02 - 50,0 mg/L, Al
• 0,5 - 3000 mg/L DBO	• 0,010 - 5,00 mg/L, Pb	• 0,02 - 6,69 mg/L, CrO <sub>4</sub>
	• 0,4 - 110,7 mg/L, NO <sub>2</sub>	• 0,02 - 6,00 mg/L, Cu
	• 0,007 - 3,28 mg/L, NO <sub>3</sub>	• 0,002 - 0,500 mg/L, Cd

## VI. CONCLUSIONES

. De acuerdo a los resultados Físico Organoépticos y Químicos obtenidos y contrastados con los requisitos, se concluye que el producto de la referencia ES CONFORME con las Especificaciones del DECRETO SUPREMO N° 003 - 2010 - MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, D.S.N° 004-2017 . MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias, Categoría 3. Riego de vegetales y animales; Sub Categoría D1: Riego de vegetales.

. Informe emitido en base a los resultados obtenidos en nuestro Laboratorio.

. El presente informe se refiere únicamente a la muestra puntual y cantidades indicadas siempre y cuando se mantengan las mismas condiciones de realizado el muestreo. Válido exclusivamente para los requisitos señalados. No se puede vincularse implícita o explícitamente a otras características que no se indican para la muestra del producto objeto de análisis no pudiendo extenderse las conclusiones del Informe a ninguna otra unidad. No es válido si es fotocopia.

Documento Válido sólo para la muestra descrita en los puntos 1 y 2, por un período de 2 meses a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Evaluated por: Jesús López Auris

Ayacucho, 12 de setiembre de 2022

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO  
 DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD AYACUCHO  
 DIRECCIÓN DE LABORATORIO REGIONAL EN SALUD PÚBLICA  
 Dr. PAVEL ELORJAN HUARIPUNTA MEDINA  
 DIRECTOR

## Anexo 6

### Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cuál será la eficiencia del sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento de aguas residuales en los efluentes doméstico en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023?</p>	<p><b>OBJETIVOS GENERALES</b></p> <p>Determinar el grado de eficiencia del sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento final de las aguas residuales en los efluentes domésticos en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023.</p>	<p>Generalidades. Tratamiento de agua residual orígenes Ingeniería sanitaria en el Perú Composición de los caudales de agua residual Estimación de caudal de agua residual Caudal de agua residual para pequeñas comunidades Origen de caudal de aguas residuales Características de agua residual Reglamentos y objetivos del tratamiento de agua residual Clasificación de los métodos de tratamiento Diagrama de flujo para el tratamiento de agua residual</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>El sistema de tratamiento Wetland, permitirá alcanzar un nivel de eficiencia en el tratamiento final de aguas residuales en los efluentes domésticos en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE.</b> Sistema de tratamiento Wetland</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE.</b> Tratamiento final de aguas residuales</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> Es un estudio cuantitativo, porque se medirá las variables antes, durante y después del tratamiento. Investigación aplicada, puesto que está desarrollada en términos científicos existentes en relación con el sistema de tratamiento y la eliminación de contaminantes.</p> <p><b>DISEÑO</b> Experimental, porque se evalúa los parámetros de las aguas residuales domésticas</p> <p><b>NIVEL:</b> Transversal</p> <p><b>MUESTREO</b></p> <p><b>POBLACIÓN</b> Agua residual del Centro Poblado de Rinconada Baja</p> <p><b>MUESTRA</b> Un litro de agua residual tomados del tanque séptico tomados en la mañana, medio día y tarde para evaluar las características del agua residual en horarios punta.</p> <p><b>UNIDAD DE ANÁLISIS</b> Un litro 750 ml de agua residual para análisis Espirométrico, 1 litro para el análisis hidrobiológico, 500 ml para de</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b></p> <p>¿En qué medida se determina la reducción de los niveles de parámetros fisicoquímicos al implementar un sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento final de aguas residual en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>Determinar la eficiencia en la reducción de los niveles de los parámetros fisicoquímicos al implementar un sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento final de aguas residual en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023</p>		<p><b>HIPÓTESIS ESPECIFICO</b></p> <p>La implementación del sistema de tratamiento Wetland reducirá significativamente el nivel de los parámetros físicos químicos en el tratamiento final de las aguas residuales en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023.</p>		
<p>¿En qué medida se determina la reducción de los niveles de</p>	<p>Determinar la eficiencia en la reducción de metales pesados al implementar un</p>		<p>La implementación del sistema de tratamiento Wetland reducirá significativamente el</p>		

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
metales pesados al implementar un sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento final de aguas residual en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023?	sistema de tratamiento Wetland para el tratamiento final de aguas residual en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023	Diseño de tanque séptico	nivel de los metales pesados en el tratamiento final de las aguas residuales en el distrito de Santa Rosa, Ayacucho 2023.		potenciómetro, 250 ml para el análisis en tubos múltiples.  TÉCNICA Observación Determinación INSTRUMENTOS Turbidimetría Colorimetría Potenciometría Polorografía Espectometría Fluoremetría phmetro



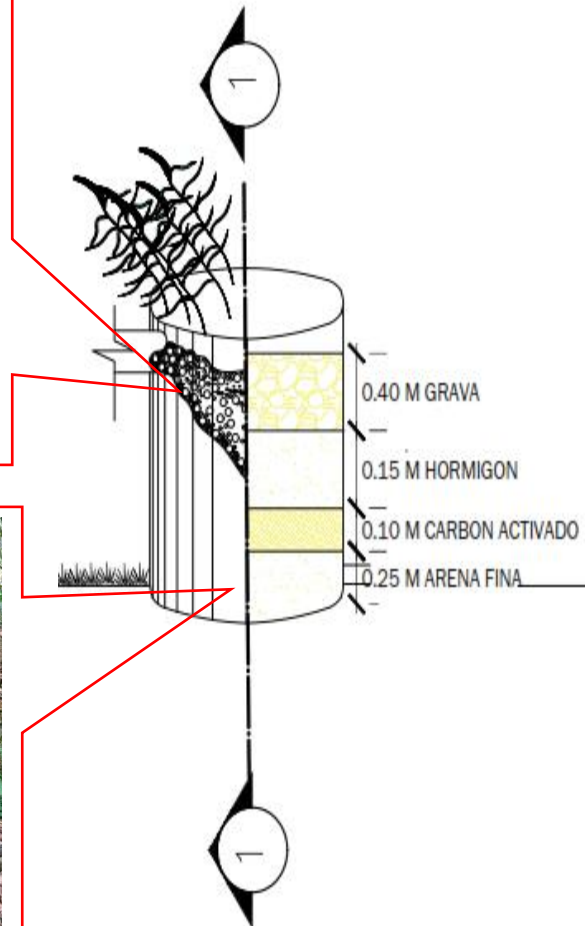
## Anexo 7

## Matriz de operacionalización de variables

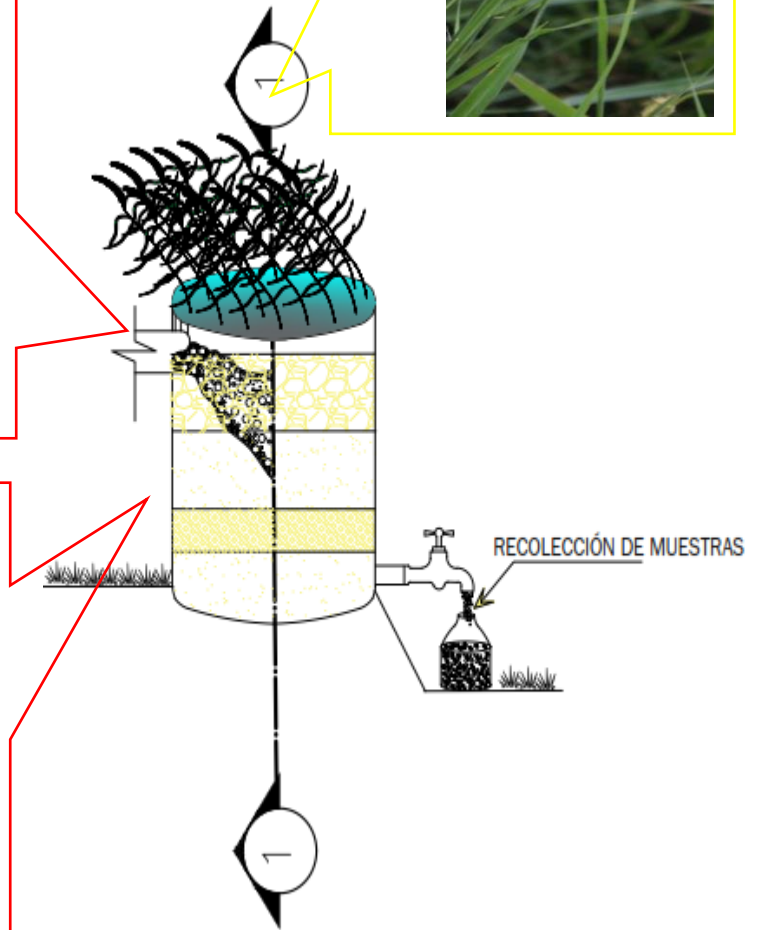
<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE (Y)</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>
<p>Un sistema de tratamiento final por Wetland es un sistema de tratamiento de aguas residuales que utiliza el medio ambiente natural para eliminar los contaminantes del agua. El sistema consiste en un área de tierra húmeda, que puede ser artificial o natural, que se ha diseñado para tratar las aguas residuales. El agua residual se introduce en el Wetland a través de un sistema de canales o tuberías. A medida que el agua fluye a través del Wetland, los contaminantes se eliminan mediante una serie de procesos naturales, incluyendo: <b>Wetland Mexico, 2022.</b></p>	<p>Los sistemas de tratamiento final por Wetland son una tecnología de tratamiento de aguas residuales sostenible y eficiente. Son relativamente fáciles de construir y operar, y no requieren el uso de productos químicos o energía. Los sistemas de tratamiento final por Wetland se pueden utilizar para tratar una variedad de tipos de aguas residuales, incluyendo aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas. <b>EDYPRO 2017</b></p>	Sistema de tratamiento final por Wetland	pH T° Sólidos Suspendidos	LMP ECA
<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>
<p>El tratamiento final de aguas residuales es el proceso de eliminación de contaminantes restantes de las aguas residuales tratadas. El objetivo del tratamiento final es producir un efluente que cumpla con los requisitos de calidad establecidos para su reutilización o descarga en el medio ambiente. Los objetivos específicos del tratamiento final pueden variar según el uso previsto del efluente. <b>TELWESA, 2021</b></p>	<p>El tratamiento final es necesario para garantizar que las aguas residuales tratadas cumplan con los requisitos de calidad establecidos para su reutilización o descarga en el medio ambiente. La elección del método de tratamiento final adecuado depende de una serie de factores, que incluyen la composición de las aguas residuales, los requisitos de calidad del efluente y el costo del tratamiento. <b>BELZONA, 2010</b></p>	Tratamiento final de aguas residuales	<p>Características fisicoquímicas del agua residual tratada</p> <p>Características fisicoquímicas del agua residual tratada</p> <p>Características fisicoquímicas del agua residual tratada</p>	<p>DQO, QBO</p> <p>ACEITES, GRASAS, METALES</p> <p>Sólidos suspendidos</p>

**Anexo 8***Panel fotográfico del proceso constructivo*

Proceso constructivo del Wetland a nivel experimental con cilindros de PVC



Proceso constructivo de sembrado de plantas de hierba Napier



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD 019-2024-UNSCH-EPG/EGAP

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de Posgrado en segunda instancia para la **Escuela de Posgrado- UNSCH**; en cumplimiento a la Resolución Directoral N° 198-2021-UNSCH-EPG/D, Reglamento de Originalidad de trabajos de Investigación de la UNSCH, otorga lo siguiente:

### **CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD**

AUTOR:	Bach. Wilinthon Raul Zamora Gutierrez
DENOMINACIÓN DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS:	MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
GRADO ACADÉMICO QUE OTORGA:	MAESTRO
DENOMINACIÓN DEL GRADO ACADÉMICO:	MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE
TÍTULO DE TESIS:	Tratamiento final del agua residual mediante el Sistema Wetland en el distrito de Santa Rosa- Ayacucho 2023
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD:	13% de similitud
N° DE TRABAJO:	2286927343
FECHA:	05-feb.-2024

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es procedente otorgar la constancia de originalidad con depósito.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
ESCUELA DE POSGRADO  
Ing. Edith Geovana Asto Peña  
Responsable Área Académica

Ayacucho, 05 de Febrero del 2024.

# Tratamiento final del agua residual mediante el Sistema Wetland en el distrito de Santa Rosa - Ayacucho 2023

*por Wilinthon Raul Zamora Gutierrez*

---

**Fecha de entrega:** 05-feb-2024 08:56a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2286927343

**Nombre del archivo:** Tesis\_Final\_2024\_-5.docx (10.67M)

**Total de palabras:** 24400

**Total de caracteres:** 133063

---

# Tratamiento final del agua residual mediante el Sistema Wetland en el distrito de Santa Rosa - Ayacucho 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>13%</b>	<b>14%</b>	<b>7%</b>	<b>6%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga</b>	<b>3%</b>
	Trabajo del estudiante	
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b>	<b>3%</b>
	Fuente de Internet	
<b>3</b>	<b>cybertesis.uni.edu.pe</b>	<b>2%</b>
	Fuente de Internet	
<b>4</b>	<b>oa.upm.es</b>	<b>1%</b>
	Fuente de Internet	
<b>5</b>	<b>doku.pub</b>	<b>1%</b>
	Fuente de Internet	
<b>6</b>	<b>hispagua.cedex.es</b>	<b>&lt;1%</b>
	Fuente de Internet	
<b>7</b>	<b>repositorio.unfv.edu.pe</b>	<b>&lt;1%</b>
	Fuente de Internet	
<b>8</b>	<b>siar.regionayacucho.gob.pe</b>	<b>&lt;1%</b>
	Fuente de Internet	

9	<a href="http://vdocuments.mx">vdocuments.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://www.ptolomeo.unam.mx:8080">www.ptolomeo.unam.mx:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://pdfcookie.com">pdfcookie.com</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://cdigital.uv.mx">cdigital.uv.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad de Almeria Trabajo del estudiante	<1 %
15	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://apirepositorio.unh.edu.pe">apirepositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://www.digitron.ca">www.digitron.ca</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repositorio.undac.edu.pe">repositorio.undac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	NELSON RODRÍGUEZ VALENCIA. "Estudio de un biosistema integrado para el postratamiento de las aguas residuales del	<1 %

café utilizando macrófitas acuáticas.",  
Universitat Politecnica de Valencia, 2009

Publicación

---

20	<b>Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS</b> Trabajo del estudiante	<1 %
21	<b>Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru</b> Trabajo del estudiante	<1 %
22	<b>Submitted to Ana G. Méndez University</b> Trabajo del estudiante	<1 %

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo





**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR  
AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA. MENCION GERENCIA DE  
PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE  
RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 00006-2024-UNSCH-EPG/D**

Siendo las 4:00 p.m. del 19 de enero de 2024 se reunieron auditorium de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el Jurado Examinador y Calificador de tesis, presidido por el **Mg. Roaldo PINO ANAYA** director (e) de la Escuela de Posgrado, **Dr. ANDRES PORTUGAL PAZ** director (e) de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, e integrado por los siguientes miembros: **Msc. CARLOS AUBERTO PRADO PRADO** y el **Msc. KELVIS BERROCAL ARGUMEDO**; para la sustentación oral y pública de la tesis titulada: **TRATAMIENTO FINAL DEL AGUA RESIDUAL MEDIANTE EL SISTEMA WETLAND EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA- AYACUCHO 2023**. En la Ciudad de Ayacucho del 2024 presentado por el **Bach. Wilinthon Raul ZAMORA GUTIERREZ**. Teniendo como asesor al **Mtro. Jaime Leonardo BENDEZU PRADO**. Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar al Grado Académico de **MAESTRO (A) en CIENCIAS DE LA INGENIERIA, MENCION GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE**. Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por el graduando.

A continuación el Jurado Examinador y Calificador de tesis procedió a la votación, la que dio resultado el siguiente calificativo: *Dieciséis 16* )

CALIFICACION (*)	
Aprobado por unanimidad	✓
Aprobado por Mayoría	
Desaprobada por Unanimidad	
Desaprobada por mayoría	

(\*) Marcar con aspa

Luego, el presidente del Jurado recomienda que la que la Escuela de Posgrado proponga que se le otorgue al **Bach. Wilinthon Raul ZAMORA GUTIERREZ**, el Grado Académico de **MAESTRO (A) en CIENCIAS DE LA INGENIERIA, MENCION GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE** Siendo las *18.00* hrs. Se levanta la sesión.

Se extiende el acta en la ciudad de Ayacucho, a las *18.15* hrs. Del 19 de enero 2024.

*[Signature]*  
.....  
**Mg. Roaldo PINO ANAYA**  
Director (e) de la Escuela de Posgrado

*[Signature]*  
.....  
**Dr. ANDRES PORTUGAL PAZ**  
Director (e) de la Unidad de Posgrado – FIMGC

*[Signature]*  
.....  
**Msc. Carlos Auberto PRADO PRADO**  
Miembro

*[Signature]*  
.....  
**Msc. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO**  
Miembro

*[Signature]*  
.....  
**Dr. Marco Rolando ARONES JARA**  
Secretario Docente

**Observaciones:**

.....

.....