

Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Vicerrectorado de  
**INVESTIGACION**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL  
CENTRO POBLADO SUGLLAQUIRO - MOYOBAMBA”**

**TESIS PARA OPTAR  
TITULO PROFESIONAL INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR**

**TAFUR GARAY HUMBERTO**

**ASESOR**

**DR. WALTER J. GÓMEZ LORA**

**JURADO**

**DR. CÉSAR JORGE ARGUEDAS MADRID**

**DR. MIGUEL ALVA VELASQUEZ**

**MG. CARMEN LUZ VENTURA BARRERA**

**MG. GLADYS ROJAS LEÓN**

**LIMA - PERU**

**2019**

## **PENSAMIENTOS**

“El éxito es aprender a ir de fracaso en fracaso sin desesperar”.

Winston Churchill

“Aprendí que el coraje no es la ausencia de miedo, sino el triunfo sobre él. El hombre valiente no es aquel que no siente miedo, sino el que conquista ese miedo”.

Nelson Mandela

“La imaginación lo es todo. Es una visión preliminar de lo que sucederá en tu vida”.

Albert Einstein

“Uno, recuerda mirar hacia las estrellas y no hacia abajo, a tus pies.

Dos, nunca dejes de trabajar. El trabajo le da significado y propósito a la vida y sin ella él está vacía.

Tres, si tienes la suerte de encontrar el amor, recuerda que está ahí y no lo tires a la basura”.

Stephen Hawking

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se le dedico a Dios, quién supo guiarme por el buen camino, darme salud y la fuerza para seguir adelante sin desmayar por los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades conservando mis ideales.

A mis padres, Gladys y Alfredo, por su apoyo incondicional y sacrificio para mostrarme el camino hacia la superación; gracias por enseñarme los valores que reflejan la persona que soy.

A mis hermanos, Fredy, Rosita y Carlos, gracias por su apoyo, cariño y por estar pendiente brindarme sus consejos y aliento constante para poder salir adelante.

A mi tía y abuelita, Delia y Alejandrina, gracias por su apoyo y cuidado, las quiero mucho, sin ustedes esto no hubiera sido posible.

A mis amigos, por los momentos vividos y por permitirme aprender más de la vida a su lado.

Esto es posible gracias a ustedes.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme vida, salud y por ser el soporte espiritual que guio mi camino hacia el cumplimiento de mis metas.

A mis padres, hermanos, tíos, primos y abuelita, por todo el apoyo brindado durante mi formación personal y profesional. Mi agradecimiento eterno.

A la Universidad Nacional Federico Villareal, por la formación académica brindada y contribuir con mi formación profesional.

A mi asesor, Dr. Walter J. Gómez Lora, por su tiempo, dedicación, experiencia y sapiencia compartida en pro del desarrollo académico y personal de los estudiantes.

A todos y cada uno de mis maestros, por sus conocimientos y enseñanzas; los cuales contribuyeron de manera indispensable durante mi desarrollo profesional.

A los informantes de tesis, por sus aportes y recomendaciones, que enriquecieron mi trabajo.

A todos ustedes y a todas las personas que de una u otra forma, me brindaron su apoyo desinteresado, muchísimas gracias, que Dios los bendiga.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Descripción y Formulación del Problema.....</b>	<b>3</b>
1.1.1. Descripción del problema.....	3
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.2.1. Problema general .....	5
1.1.2.2. Problemas específicos.....	5
<b>1.2. Antecedentes .....</b>	<b>6</b>
1.2.1. Antecedentes internacionales .....	6
1.2.2. Antecedentes nacionales.....	9
1.2.3. Antecedentes locales .....	13
<b>1.3. Objetivos .....</b>	<b>15</b>
1.3.1. Objetivo general .....	15
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
<b>1.4. Justificación .....</b>	<b>16</b>
1.4.1. Importancia.....	17
<b>1.5. Hipótesis.....</b>	<b>18</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. Bases Teóricas sobre el Tema de Investigación.....</b>	<b>19</b>
2.1.1. Entidades Competentes del Sector Saneamiento.....	19
2.1.2. Sistemas de Disposición Sanitaria de Excretas .....	20
2.2.1.1. Sistemas sin arrastre hidráulico .....	21
2.2.1.2. Sistemas con arrastre hidráulico .....	27
2.2.1.3. Sistemas complementarios de tratamiento y disposición de efluentes .....	32
2.2.1.4. Algoritmo de selección del sistema de disposición sanitaria de excretas...42	
2.1.3. Sistemas de Alcantarillado .....	52
2.1.3.1. Alcantarillado convencional .....	52
2.1.3.2. Alcantarillado simplificado (RAS).....	53
2.1.3.3. Alcantarillado de pequeño diámetro.....	55
2.1.3.4. Alcantarillado condominial .....	56
2.1.3.5. Parámetros de diseño .....	57

2.1.4.	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.....	65
2.1.4.1.	Tanque séptico.....	65
2.1.4.2.	Tanque imhoff y lecho de secado.....	68
2.1.4.3.	Laguna de Estabilización.....	79
2.1.4.4.	Filtros percoladores.....	86
2.1.5.	Límites Máximos Permisibles (LMP).....	88
2.1.6.	Enfermedades de Origen Hídrico.....	89
2.1.7.	Definición de Términos Básicos.....	92
2.1.8.	Marco Legal.....	99
<b>III.</b>	<b>MÉTODO.....</b>	<b>115</b>
<b>3.1.</b>	<b>Tipo de Investigación.....</b>	<b>115</b>
3.1.1.	Tipo de investigación.....	115
3.1.2.	Nivel de la investigación.....	115
3.1.2.1.	Descriptivo.....	115
3.1.2.2.	Explicativo.....	115
3.1.2.3.	Correlacional.....	116
3.1.3.	Diseño de la investigación.....	116
<b>3.2.</b>	<b>Ámbito Temporal y Espacial.....</b>	<b>116</b>
3.2.1.	Ubicación y localización.....	116
3.2.2.	Acceso al área de estudio.....	117
3.2.3.	Características generales del área de estudio.....	117
3.2.3.1.	Aspectos físicos, naturales y biológicos.....	117
3.2.3.2.	Aspectos socioeconómicos.....	121
<b>3.3.</b>	<b>Variables.....</b>	<b>133</b>
<b>3.4.</b>	<b>Población y Muestra.....</b>	<b>133</b>
3.4.1.	Población.....	133
3.4.2.	Muestra.....	134
<b>3.5.</b>	<b>Instrumentos.....</b>	<b>135</b>
3.5.1.	Observación.....	135
3.5.2.	La entrevista.....	136
3.5.3.	Encuestas.....	136
3.5.4.	Recopilación documental y bibliográfica.....	137
<b>3.6.</b>	<b>Procedimientos.....</b>	<b>137</b>
3.6.1.	Etapa de campo.....	138

3.6.2. Etapa de gabinete.....	138
<b>3.7. Análisis de Datos .....</b>	<b>138</b>
3.7.1. Tasa de infiltración del suelo.....	138
3.7.2. Estudio topográfico .....	141
3.7.3. Selección del sistema de disposición sanitaria de excretas .....	142
3.7.4. Análisis de la demanda del sistema de saneamiento .....	144
3.7.5. Análisis de la oferta del sistema de saneamiento .....	153
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>155</b>
<b>4.1. Diagnóstico del Sistema de Saneamiento .....</b>	<b>155</b>
<b>4.2. Alternativa Propuesta para el Sistema de Saneamiento.....</b>	<b>159</b>
4.2.1. Análisis técnico de la alternativa propuesta .....	160
4.2.1.1. Localización de los componentes .....	160
4.2.1.2. Selección de la tecnología .....	161
4.2.1.3. Selección del tamaño .....	162
4.2.2. Requerimiento de infraestructura por componentes.....	164
4.2.3. Resumen de los componentes del sistema de saneamiento.....	167
<b>4.3. Fortalecimiento Institucional y Educación Sanitaria .....</b>	<b>168</b>
4.3.1. Fortalecimiento institucional.....	168
4.3.2. Educación Sanitaria.....	170
<b>4.4. Costos de inversión del sistema de saneamiento .....</b>	<b>172</b>
<b>V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>175</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>179</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>181</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>182</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>186</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actores involucrados en el sector saneamiento. ....	20
Tabla 2 Opciones tecnológicas para la disposición sanitaria de excretas. ....	21
Tabla 3 Descripción de las opciones tecnológicas para la disposición sanitaria de excretas para el ámbito rural. ....	30
Tabla 4 Tiempo de infiltración según el tipo de filtración del suelo. ....	34

Tabla 5 Descripción de los sistemas complementarios de tratamiento y disposición de efluentes. .....	41
Tabla 6 Dotación de agua según forma de disposición de excretas.....	42
Tabla 7 Dotación de agua por tipo de abastecimiento. ....	43
Tabla 8 Relación de combinaciones entre opciones tecnológicas para la disposición sanitaria de excretas y sistemas complementarios para la disposición de efluentes. ....	47
Tabla 9 Opciones tecnológicas para sistemas de alcantarillado. ....	52
Tabla 10 Consumo promedio diario de agua por individuo. ....	59
Tabla 11 Ingreso y dotación de agua. ....	60
Tabla 12 Valores de infiltración en tuberías. ....	61
Tabla 13 Factor de capacidad relativa según temperatura. ....	73
Tabla 14 Tiempo de digestión del lodo según temperatura. ....	74
Tabla 15 Parámetros de diseño para filtros percoladores. ....	86
Tabla 16 Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR. ....	89
Tabla 17 Principales enfermedades de origen hídrico y agentes responsables.....	90
Tabla 18 Enfermedades de transmisión hídrica consideradas en el presente estudio.....	91
Tabla 19 Marco legal aplicable.....	99
Tabla 20 Ubicación del centro poblado Sugllaquiro.....	117
Tabla 21 Acceso al área de estudio.....	117
Tabla 22 PEA por actividad económica del distrito de Moyobamba. ....	122
Tabla 23 Índice de Desarrollo Humano departamental, provincial y distrital 2012.....	123
Tabla 24 Instituciones educativas del centro poblado Sugllaquiro.....	125
Tabla 25 Morbilidad general por etapas de vida del distrito de Moyobamba - 2016. ....	127
Tabla 26 Morbilidad general por etapas de vida del distrito de Moyobamba - 2017.....	129
Tabla 27 Morbilidad general por etapas de vida del distrito de Moyobamba - 2018.....	130
Tabla 28 Resumen de la morbilidad del distrito de Moyobamba - Periodo 2016-2018.....	132
Tabla 29 Variables e Indicadores.....	133
Tabla 30 Densidad Poblacional por Vivienda. ....	134
Tabla 31 Parámetros de diseño para el cálculo de la muestra.....	134
Tabla 32 Muestra estimada para la aplicación de la encuesta socioeconómica.....	135
Tabla 33 Indicadores Socioeconómicos Considerados en la Encuesta.....	136
Tabla 34 Ubicación de las calicatas para el Test de Percolación.....	139
Tabla 35 Resultados del Test de Percolación en C-01.....	140
Tabla 36 Resultados del Test de Percolación en C-02.....	141

Tabla 37 Ubicación de la Estación de Rastreo Permanente Mo01. ....	142
Tabla 38 Ubicación de los puntos de control SUG-1 y SUG-2. ....	142
Tabla 39 Análisis de los criterios de selección para el sistema de disposición de excretas. .	143
Tabla 40 Tasa de Crecimiento Poblacional. ....	146
Tabla 41 Población actual al año 2019. ....	147
Tabla 42 Datos para la proyección poblacional. ....	147
Tabla 43 Proyección poblacional y de viviendas. ....	148
Tabla 44 Fórmulas - Sistema de Alcantarillado. ....	150
Tabla 45 Parámetros de diseño para la demanda del sistema de alcantarillado. ....	151
Tabla 46 Demanda Proyectada del Sistema de Alcantarillado - Centro Poblado Sugllaquiro. .....	152
Tabla 47 Opciones técnicas de acuerdo a la cantidad de agua utilizada. ....	161
Tabla 48 Parámetros de diseño - Sistema de alcantarillado. ....	163
Tabla 49 Resumen del análisis técnico de la alternativa del sistema de saneamiento. ....	163
Tabla 50 Red de alcantarillado proyectada. ....	165
Tabla 51 Planta de tratamiento de aguas residuales proyectada. ....	165
Tabla 52 Resumen de los componentes del sistema de saneamiento. ....	167
Tabla 53 Metas de capacitación para el fortalecimiento institucional. ....	169
Tabla 54 Metas de capacitación en educación sanitaria. ....	171
Tabla 55 Presupuesto detallado del sistema de saneamiento. ....	172
Tabla 56 Costo de inversión en fortalecimiento institucional. ....	173
Tabla 57 Costo de inversión en educación sanitaria. ....	174

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Planta de la Caseta especial para UBS - HSV. ....	22
Figura 2. Taza especial. ....	22
Figura 3. Caseta para aseo personal. ....	23
Figura 4. Caseta de UBS-COM de mampostería o prefabricada. ....	24
Figura 5. Taza con separador de orina. ....	25
Figura 6. Urinario. ....	25
Figura 7. Perspectiva de cámaras composteras de esta UBS-COM. ....	26
Figura 8. Planta de la Caseta especial para UBS - HSV. ....	28
Figura 9. Curva para determinar la capacidad de percolación del suelo. ....	34

Figura 10. Pozo de Absorción.....	36
Figura 11. Detalle de Zanja de Percolación. ....	37
Figura 12. Detalle del humedal.....	39
Figura 13. Máxima profundidad del nivel freático que define la opción tecnológica de disposición sanitaria de excretas.....	43
Figura 14. Algoritmo de selección de sistemas de disposición sanitaria de excretas para el ámbito rural - 1er Grupo. ....	50
Figura 15. Algoritmo de selección de sistemas de disposición sanitaria de excretas para el ámbito rural - 2do Grupo. ....	51
Figura 16. Esquema de una red de alcantarillado convencional.....	53
Figura 17. Esquema de una red de alcantarillado simplificado. ....	54
Figura 18. Esquema del alcantarillado de pequeño diámetro. ....	56
Figura 19. Esquema de una red de alcantarillado condominial. ....	57
Figura 20. Tanque Imhoff.....	71
Figura 21. Sedimentador del Tanque Imhoff.....	72
Figura 22. Digestor de Lodos del Tanque Imhoff.....	74
Figura 23. Área de ventilación - Tanque Imhoff. ....	76
Figura 24. Lecho de Secado.....	78
Figura 25. Perfil del medio filtrante del lecho de secado. ....	79
Figura 26. Tipos de lagunas de estabilización. ....	80
Figura 27. Estabilización de la materia orgánica - Laguna de estabilización.....	81
Figura 28. Enfermedades de mayor incidencia en niños. ....	126
Figura 29. Enfermedades de mayor incidencia en adultos. ....	126
Figuras 30 y 31. Excavación de la calicata C-01, ubicada en el C.P Sugllaquiro. ....	139
Figura 32. Calicata C-02, ubicada en el terreno donde se proyecta la PTAR.....	140
Figura 33. Análisis oferta optimizada vs demanda - Conexiones de desagüe. ....	153
Figura 34. Análisis oferta optimizada vs demanda - PTAR. ....	154
Figura 35. Letrina del tipo hoyo seco ventilado construida por ADRA.....	155
Figuras 36 y 37. Conglomeración de viviendas en el centro poblado Sugllaquiro.....	156
Figuras 38 y 39. Letrina de tipo hoyo seco.....	157

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis granulométrico del suelo - Sugllaquiro. ....	186
Anexo 2. Formulario de información de la estación GPS permanente. ....	194
Anexo 3. Ficha de los puntos de control SUG-1 y SUG-2 - Levantamiento Topográfico. ....	198
Anexo 4. Memoria de Cálculo del Sistema de Saneamiento. ....	200
Anexo 5. Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAR. ....	228

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1: Ubicación del Centro Poblado Sugllaquiro. ....	252
Plano 2: Sistema de Alcantarillado - Proyectado (1 de 2). ....	253
Plano 3: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Proyectado (1 de 3). ....	255
Plano 4: Caseta de UBS para Viviendas. ....	258
Plano 5: Caseta de UBS para Institución Educativa Nivel Inicial. ....	259
Plano 6: Caseta de UBS para Institución Educativa Nivel Primaria y Secundaria. ....	260

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis, tuvo como objetivo general desarrollar una propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales del centro poblado Sugllaquiro, perteneciente al distrito y provincia de Moyobamba, departamento de San Martín. Localidad que no cuenta con el servicio de alcantarillado, la eliminación de excretas se realiza a través de letrinas del tipo hoyo seco, las cuales se encuentran colmatadas y en mal estado, situación que pone en riesgo la salud de la población y la contaminación del medio ambiente. El tipo de investigación es cualitativa y aplicada, ya que a través de ella se describe y analiza la realidad problemática y se plantea una solución. Los instrumentos usados fueron la observación directa, la entrevista, las encuestas y la revisión documental y bibliográfica. Se plantea como alternativa única de solución, un sistema de saneamiento colectivo compuesto por unidades básicas de saneamiento de tipo arrastre hidráulico (246 UBS-AH) conectadas a una red de alcantarillado convencional (258 conexiones de desagüe, 3,533.42 m de tubería PVC-UF DN 160mm, 3,231.36 m de tubería PVC-UF DN 200mm, 114 buzones tipo I, 06 buzones tipo II y 01 buzóneta) y una PTAR (01 desarenador con sistema de rejillas, 01 tanque Imhoff, 02 filtros biológicos, 01 sistema de cloración y 01 lecho de secado), cuyo efluente final será vertido por un emisor de descarga (750 m de tubería PVC SP Ø= 2" C-10.) hacia un cuerpo receptor. Además, se incluye estrategias para fortalecer las capacidades en gestión, operación y mantenimiento del sistema de saneamiento proyectado (15 talleres dirigidos a los líderes de la localidad, JASS y del ATM) y para incrementar los niveles de educación sanitaria de la población (8 módulos de capacitación dirigidos a los jefes y/o jefas de familia). El costo total de la inversión de dicha alternativa, asciende a S/. 4'328,908.05, lo cual representa una inversión promedio de S/. 3,703.09 por habitante.

**Palabras clave:** Unidades básicas de saneamiento, red de alcantarillado convencional y planta de tratamiento de aguas residuales.

## ABSTRACT

The general objective of this thesis work was to develop a proposal for the design of a sewerage and wastewater treatment system of the Sugllaquiuro populated center, belonging to the district and province of Moyobamba, department of San Martin. Locality that does not have the sewer service, the elimination of excreta is done through dry hole type latrines, which are filled and in bad condition, a situation that puts at risk the health of the population and the contamination of the environment Environment. The type of research is qualitative and applied, since it describes and analyzes the problematic reality and proposes a solution. The instruments used were direct observation, interview, surveys and documentary and bibliographic review.

It is proposed as a single alternative solution, a collective sanitation system composed of basic hydraulic drag type sanitation units (246 UBS-AH) connected to a conventional sewage network (258 drain connections, 3,533.42 m PVC-UF DN 160mm pipe, 3,231.36 m PVC-UF DN 200mm pipe, 114 type I mailboxes, 06 type II and 01 mailboxes) and a PTAR (01 braent with grille system, 01 imhoff tank, 02 biological filters, 01 chlorination system and 01 drying bed), whose final effluent will be discharged by a discharge emitter (750 m of SP PVC pipe 2" C-10.) into a receiving body. In addition, strategies are included to strengthen capacities in the management, operation and maintenance of the projected sanitation system (15 workshops aimed at local leaders, JASS and ATM) and to increase the levels of health education of the population (8 training modules aimed at heads and/or heads of households). The total cost of investing this alternative amounts to S/. 4'328,908.05, which represents an average investment of S/. 3,703.09 per inhabitant.

**Keywords:** Basic sanitation units, conventional sewage network and wastewater treatment silver.

## I. INTRODUCCIÓN

La meta 6.2 y 6.3 de los Objetivos del Desarrollo Sostenible, instan a lograr el acceso a los servicios de saneamiento e higiene adecuados, poner fin a la defecación al aire libre y a mejorar la calidad del agua reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar; exhortando a los países a aumentar la recogida y el tratamiento de las aguas residuales de modo que los efluentes cumplan sistemáticamente las normas nacionales. Para ello, es necesario contar con tecnologías de tratamiento de aguas residuales domésticas que funcionen y se mantengan adecuadamente (OMS y ONU-HABITAT, 2018).

En ese sentido, el objetivo principal del Gobierno del Perú en el sector saneamiento es dotar del acceso a los servicios saneamiento a todos los habitantes de las zonas urbanas al año 2021 y lograr la universalización de estos servicios en forma sostenible antes del año 2030, de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, a los cuales el Perú se ha adherido. Para ellos, se establecieron metas, las cuales están plasmadas en el Plan Bicentenario 2021, la Política Nacional de Saneamiento y el Plan Nacional de Saneamiento, orientadas a reducir la brecha de infraestructura en el sector y asegurar el acceso a los servicios de saneamiento, prioritariamente de la población rural y de escasos recursos.

En la presente investigación, se desarrollará una propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales del centro poblado Sugllaqui, perteneciente al distrito y provincia de Moyobamba, departamento de San Martín; la cual pretende dar solución a la inadecuada disposición sanitaria de excretas y aguas residuales de la localidad de Sugllaqui, a fin de contribuir a la mejora del saneamiento básico y a la mejora de la calidad de vida de la población, la misma que se verá reflejada en la disminución de la incidencia de las enfermedades de transmisión hídrica, la prevención de la contaminación del medio ambiente y la mejora de los hábitos y prácticas de higiene de la población. Para ello,

consideramos que es de suma importancia elaborar una propuesta acorde a la realidad y sostenible en el tiempo, tomando en cuenta el conocimiento generado por las intervenciones de proyectos de saneamiento en el ámbito rural, las normas y las guías técnicas desarrolladas por diferentes organismos, entre ellos el MVCS y CEPIS-OPS.

La estructura de la presente investigación incluye 09 capítulos, en el Capítulo I se describe la problemática y a partir de ella se plantean los objetivos del presente estudio. El Capítulo II, contiene el marco teórico de las diferentes opciones tecnológicas de disposición sanitaria de excretas, sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para zonas rurales; asimismo, incluye los criterios de selección, de diseño, las normas y las guías técnicas a tener en cuenta al momento de realizar el diseño. En el Capítulo III, se detalla el método y la metodología utilizada para la recopilación y análisis de la información. En el Capítulo IV, se presentan los resultados obtenidos, el cual comprende el diagnóstico y el análisis técnico económico de la alternativa propuesta para el sistema de saneamiento. En el Capítulo V, se compara, contrasta y discuten los resultados obtenidos con el marco conceptual y los estudios de referencia. En los Capítulos VI y VII, se concluyen los resultados por objetivos y se realizan recomendaciones para potenciar la investigación. Las fuentes de información utilizada en la presente investigación se detallan en el Capítulo VIII. Por último, en el Capítulo IX, se presenta información complementaria y de soporte, que ayudará a comprender más a fondo el desarrollo y los resultados de la presente investigación.

Por último, con el desarrollo de la alternativa propuesta en el presente estudio, se pretende contribuir con la erradicación de la defecación al aire libre, previniendo de esta manera la contaminación del medio ambiente, reduciendo los riesgos en la salud de la población y contribuyendo a la sostenibilidad del recurso hídrico.

## **1.1. Descripción y Formulación del Problema**

### **1.1.1. Descripción del problema**

El agua no apta para el consumo, el saneamiento en condiciones de riesgo y la falta de higiene siguen siendo los mayores contribuyentes a la mortalidad mundial, dejando un resultado de alrededor de 870.000 muertes en 2016. Estas muertes fueron en su mayoría causadas por enfermedades diarreicas, aunque también se debieron a malnutrición y a infecciones por nematodos intestinales.

El acceso a los servicios básicos no solo es un derecho humano fundamental sino que también es la piedra angular para el desarrollo sostenible. A nivel mundial, se han dado pasos importantes para mejorar la calidad y el acceso a los servicios básicos, al tiempo que se han vuelto más inclusivos. Sin embargo, en algunos países, los pobres y los grupos más vulnerables han quedado rezagados. En 2015, 4500 millones de personas (61% de la población mundial) continuaban sin acceso a servicios de saneamiento gestionados de manera segura y 892 millones de personas (en su mayoría en zonas rurales de Asia meridional y África Subsahariana) practicaban la defecación al aire libre. Sólo el 27% de la población en los países menos adelantados contaba con instalaciones básicas para lavarse las manos (Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2018).

En el Perú los servicios de saneamiento son brindados a la población sin atender condiciones adecuadas de equidad, calidad, oportunidad y continuidad. Las estimaciones de coberturas registradas señalan que, en el ámbito urbano el 94.4 % del total de habitantes cuenta con los servicios de agua potable y el 89.0 % con servicios de saneamiento. Sin embargo, en el ámbito rural, se estima una cobertura de 72.2 % en agua potable y 24.8 % en saneamiento. Según ello, se estima que 3,3 millones de peruanos carecen del servicio de agua potable y 7.9 millones carecen del servicio de saneamiento (INEI-ENAPRES, 2017).

En el Centro Poblado Sugllaquiro, la eliminación de excretas se realiza a través de letrinas del tipo hoyo seco en su mayoría, muchas de ellas sin ventilación ni caseta y totalmente colmatadas. Ante esta situación, parte de la población ha optado por realizar la disposición de excretas al aire libre, con la consiguiente proliferación de malos olores (sobre todo en la época de altas temperaturas), propagación de insectos y roedores; lo que a su vez trae como consecuencia la incidencia de enfermedades gastrointestinales y la contaminación del medio ambiente. Este problema, se agrava aún más, debido los inadecuados hábitos de higiene, la escasa educación sanitaria de la población y el problema de contaminación de suelos y cultivos; los cuales son ingeridos contaminados con coliformes fecales, siendo la causa principal de la alta tasa de enfermedades diarreicas y desnutrición de la localidad.

Como se puede apreciar, las brechas de acceso y calidad de los servicios saneamiento constituyen el problema central que afecta al sector saneamiento, evidenciando la inequidad entre los ámbitos urbano y rural, así como la inequidad existente al interior de cada ámbito, siendo el caso que la población más pobre resulta ser la más afectada. En ese sentido, lograr la mejora de la calidad de la prestación de los servicios de saneamiento, su sostenibilidad y la ampliación de su cobertura, constituye la primera línea de política de acción del gobierno en la lucha contra la pobreza y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

## **1.1.2. Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la propuesta de implementación del sistema de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales del centro poblado Sugllaqui, que permita contribuir a mejorar el saneamiento básico y la calidad de vida de la población?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es el diagnóstico del sistema de saneamiento y su afectación a la población del centro poblado Sugllaqui?
- ¿Cómo se puede contribuir a erradicar la defecación al aire libre y a prevenir la contaminación ambiental por la inadecuada disposición sanitaria de excretas y aguas residuales?
- ¿Cómo se puede fortalecer la capacidad institucional y la educación sanitaria de la población del centro poblado Sugllaqui?

## **1.2. Antecedentes**

### **1.2.1. Antecedentes internacionales**

**Cumbre del Milenio (2000)**, los estados miembros de la Asamblea General de la ONU se comprometieron con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Este compromiso incluye el objetivo de reducir el número de personas sin acceso al agua potable en un 50% al 2015 (Objetivo 7, Meta 7.C).

**Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (2002)**, celebrada en Johannesburgo, los gobiernos participantes renovaron sus compromisos con la Meta 7.C de los ODM, incluso ampliando la meta para también incluir el saneamiento básico. Al respecto, entre 1990 y 2015, la proporción de la población mundial que usa instalaciones sanitarias mejoradas ha aumentado de 54% a 68%; esto significa que 2.100 millones de personas han obtenido acceso a instalaciones sanitarias mejoradas desde 1990, y la proporción de personas que defecan al aire libre a nivel mundial se ha reducido a casi la mitad, de 24% a 13%. Sin embargo, 2.400 millones de personas todavía están utilizando instalaciones sanitarias no mejoradas en 2015, incluyendo las 946 millones de personas que todavía defecan al aire libre (Objetivos del Desarrollo del Milenio - Informe 2015).

**Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible - Río+20 (2012)**, en la cual se gestaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS); cuyo propósito fue crear un conjunto de objetivos mundiales relacionados con los desafíos ambientales, políticos y económicos con que se enfrenta nuestro mundo. Los ODS sustituyen a los ODM, con los que se emprendió en 2000 una iniciativa mundial para abordar la indignidad de la pobreza. Durante 15 años (2000 al 2015) los ODM impulsaron el progreso en varias esferas importantes; entre ellos, el suministrar acceso al agua y el saneamiento tan necesarios. El

legado y los logros de los ODM nos han brindado lecciones y experiencias valiosas para comenzar a trabajar en pos de los nuevos Objetivos.

**La Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible (2015)**, aprobada por la Asamblea General de la ONU, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás. La Agenda plantea 17 Objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Al respecto, en la Meta 6.2 y 6.3 del Objetivo 6, plantea al año 2030 lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre; así como, mejorar la calidad del agua, eliminando los vertimientos y reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar.

**Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2018)**, entre 2000 y 2015, la proporción de población mundial que practicaba la defecación al aire libre disminuyó de 20% a 12%. Sin embargo, será necesario un progreso mayor para terminar con dicha práctica para el año 2030. De los 62 países donde al menos un 5% de la población practicaba la defecación al aire libre en 2015, 18 se encuentran actualmente en vías de cumplir con la meta para 2030, en 36 países el ritmo actual del progreso es demasiado lento para alcanzar la meta y en los 8 países restantes, las tasas de defecación al aire libre de hecho han aumentado desde 2000. Por otro lado, las aguas residuales provenientes de hogares degradan la calidad del agua en general, lo cual representa un riesgo para la salud pública como para el ambiente. Las estimaciones preliminares a partir de datos de hogares en 79 países mayormente de ingresos altos y medio-altos (con excepción de gran parte de África y Asia), muestran que en 22 países, menos del 50% de la totalidad del flujo de aguas residuales provenientes de hogares recibe un tratamiento seguro. Del 59% de los flujos de aguas

residuales que se trata, 76% proviene de hogares con conexión al alcantarillado y 18% se trata en las instalaciones del lugar por ejemplo con un tanque séptico.

**Fewtrell et al., 2005, págs. 42-52**, en su artículo titulado “Water, Sanitation and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis” de la revista *The Lancet Infectious Diseases*, realizaron una revisión sistemática formal y un metanálisis para comparar la evidencia de la efectividad relativa de las intervenciones para reducir enfermedades a través de mejoras en el agua potable, las instalaciones de saneamiento y las prácticas de higiene en los países menos desarrollados. Desarrollaron una estrategia de búsqueda integral diseñada para identificar todos los artículos revisados por pares, en cualquier idioma, que presentaran intervenciones de agua, saneamiento o higiene. Asimismo, examinaron solo aquellos artículos con medición específica de la morbilidad por diarrea como resultado de salud en condiciones sin brotes; seleccionaron los títulos y, cuando fue necesario, los resúmenes de 2120 publicaciones y de estas se consideró que 46 estudios que contenían evidencia relevante. De dicho estudio, hallaron que las intervenciones dirigidas a la suplementación de agua y mejoramiento de la disposición de excretas, disminuyen 25% y 32% el riesgo de las enfermedades diarreicas, respectivamente.

**Cairncross et al., 2010, págs. 193-205**, en su artículo titulado “Water, sanitation and hygiene for the prevention of diarrhea” de la *Revista Internacional de Epidemiología*, realizaron revisiones sistemáticas a fin de determinar el efecto del lavado de manos con jabón, la mejora de la calidad de agua y de eliminación de excretas, sobre la mortalidad por diarrea. Concluyen, que la implementación de medidas para la prevención de las EII, como el lavado de manos, la mejora en la calidad del servicio de agua y desagüe, disminuyen el riesgo en 48%, 17% y 36%, respectivamente.

### **1.2.2. Antecedentes nacionales**

Historicamente en el Perú, se ha entendido por saneamiento básico, a la prestación de los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento, habiéndose definido una división según la atención estuviera dirigida a poblaciones rurales o urbanas. Por un largo tiempo, los ámbitos urbano y rural estuvieron bajo la responsabilidad de diferentes ministerios: las localidades urbanas fueron competencia del Ministerios de Fomento y Obras Públicas (MFOP) primero y de Vivienda después.

Los servicios de agua potable y saneamiento en las áreas rurales hasta finales de la década de los ochenta, estuvieron a cargo del MINSA, a través de la Dirección de Saneamiento Básico Rural (DIBASAR). Según la Ley General de Saneamiento Básico Rural de 1962, la infraestructura construida se entregaba a las juntas administradoras, organizaciones comunales responsables de administrar y operar los sistemas. DISABAR, Organizó sus actividades a través de 17 Oficinas de Saneamiento Básico Rural distribuidas por todo el país, que desarrollaron sus actividades de promoción de la comunidad, construcción de la infraestructura y posterior asesoría técnica y supervisión de las juntas. A fines de los años ochenta, estas oficinas pasaron a depender de las secretarías de asuntos sociales de los gobiernos regionales. Con la aprobación de la Ley General de los Servicios de Saneamiento (1994), se unificó tanto el ámbito rural como el urbano dependiendo ambos del mismo ministerio. Sin embargo, esta norma no definió en la práctica como se atendería la prestación de los servicios en las áreas rurales, que por sus características demandan un tratado diferenciado.

**Fondo Nacional de Compensación para el Desarrollo Social - FONCODES (1991)**, desarrolla una política orientada únicamente a la construcción de la infraestructura, descuidando los aspectos de promoción social de la comunidad y la operación,

administración y mantenimiento de los servicios construidos, lo cual afecta su sostenibilidad. Por lo general, estas instalaciones fueron entregadas a la comunidad que no había sido preparada para operar los sistemas. Al no haber sido involucrada la municipalidad, ni organizada en ella una unidad responsable de brindar asesoría y supervisión que estas juntas requerían, no podían brindar el servicio de calidad requerido. Además, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, creada en 1992) no lograba concretar un modelo de regulación, supervisión y asesoría a las juntas, con lo cual la sostenibilidad de las inversiones realizadas no recibió la atención necesaria. Posteriormente, se retira del ámbito de competencia de la SUNASS a las localidades rurales, y la modificación del reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento (Ley N° 26338) establece que, para el ámbito rural y pequeñas localidades, las municipalidades distritales son responsables de promover el desarrollo de estos servicios. Para ello, deberán planificar su desarrollo, brindando asistencia técnica y supervisar a las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) y a los Operadores Especializados (OE). Sin embargo, este cambio no consideró la capacidad de estos municipios para atender el área rural, por lo que en la práctica no han podido asumir esta labor.

**Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - MVCS (2002)**, con la creación del MVSC se modifica la política de intervención en las localidades rurales, la cual se desarrolló a través de la implementación de diferentes programas de saneamiento rural; tales como, el Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural - PRONASAR (2002 - 2013), el Programa de Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de agua y Saneamiento en Perú - PROCOES (2010-2015) y el Programa de Agua Potable y Saneamiento para la Amazonía Rural - AMAZONÍA RURAL (2012 - 2015).

**Programa Nacional de Saneamiento Rural - PNSR (2012)**, se crea con el objeto de mejorar la calidad, ampliar la cobertura y promover el uso sostenible de los servicios de agua y saneamiento en las poblaciones rurales del país. Con ello, los programas y proyectos de saneamiento rural del MVCS (PRONASAR, PROCOES y AMAZONÍA RURAL, entre otros), pasan a formar parte del PNSR (2013 - 2016). Asimismo, el 12 de setiembre de 2018, la República del Perú ha suscrito el Contrato de Préstamo N°. 4442/OC-PE con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para contribuir a la financiación y ejecución del Programa Integral de Agua y Saneamiento Rural - PIASAR, programa que forma parte del Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y se pretende utilizar parte de los fondos del financiamiento, para contratar Obras de Mejoramiento y Ampliación ubicados en las Regiones de Amazonas, Ayacucho, Cajamarca, Junín, Loreto, Piura, Puno, San Martín y Ucayali.

**Plan Nacional de Saneamiento 2017 - 2021**, el Gobierno del Perú ha priorizado el acceso a servicios públicos básicos en agua y saneamiento, orientado a que más hogares cuenten con un servicio de agua potable y saneamiento, acortando la brecha existente; esto se refleja, en acciones que inciden sobre el saneamiento, así tenemos nuevas normas legales que fortalecen la institucionalidad y las capacidades, con el correspondiente financiamiento para gestionar el saneamiento, liderado desde el MVCS.

**Ávila Trejo & Roncal Linares (2014)**, en su tesis titulada “Modelo de red de saneamiento básico en zonas rurales caso: Centro Poblado Aynaca - Oyón - Lima” de la Universidad de San Martín de Porres, propone un modelo de proyecto de saneamiento rural; a fin de mejorar la calidad de vida de los pobladores del Centro Poblado Aynaca, en el ámbito de la salud y la contaminación ambiental. Para lo cual, en cuanto a la disposición sanitaria de excretas, consideró como alternativa de solución una red de alcantarillado y una planta de tratamiento

de aguas residuales (Tanque Imhoff). Concluyendo que, de ejecutarse la propuesta anteriormente mencionada, se mejorará la calidad de vida de los pobladores de la zona rural en estudio, puesto que se les dotará de agua potable, un sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas residuales. El costo total del proyecto (agua y alcantarillado) asciende a S/. 1 189,943.48, por lo que el monto de la inversión es de S/. 3,012.52 por habitante.

**Rodríguez Jurado (2018)**, en su tesis titulada “Propuesta de diseño del sistema de saneamiento básico en el Caserío de Huayabas - Parcoy - Pataz - La Libertad” de la Universidad Privada del Norte, propone como alternativa de solución la instalación de unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico, con biodigestor y zanjas de infiltración para el tratamiento y disposición de las aguas residuales tratadas; debido a que la ubicación y las características del área de estudio lo permiten. El presupuesto asciende a S/. 634557.06 y beneficiaría a 242 habitantes, obteniendo como costo per cápita S/. 2735.16 por habitante.

**Torres Peñaloza (2005)**, en su tesis titulada “Propuesta de implementación de un sistema de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales para la mejora del saneamiento básico del CCPP de San José de Secce - Santillana - Huanta - Ayacucho” de la Universidad Nacional Federico Villareal, propone la implementación de un sistema de disposición de excretas y de las aguas residuales mediante la construcción de una red de alcantarillado convencional y un sistema de tratamiento de aguas residuales a través de tanques sépticos y la infiltración mediante pozos percoladores, a fin de contribuir a la mejora del saneamiento básico de dicho CCPP.

**Arenas Significación & Gonzales Medina (2011)**, en su artículo titulado “Disminución de enfermedades infecciosas intestinales relacionada al acceso a servicios de agua y desagüe en el Perú (2002-2009)”, realizaron un estudio ecológico de serie de tiempo (periodo 2002 al 2009) a fin de determina la correlación del acceso de agua potable y desagüe con las consultas por enfermedades infecciosas intestinales - EII (con codificaciónn CIE: A00 a A09), a partir de los registros del Ministerio de Salud (MINSA) de las causas de morbilidad en consulta externa y datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). En dicho estudio, concluyen que existe correlación inversa entre el porcentaje de acceso a agua y desagüe y las consultas por EII en el periodo del 2002 al 2009, lo cual constituye un factor importante a considerar en las futuras estrategias preventivas de estas enfermedades.

### **1.2.3. Antecedentes locales**

La población del centro poblado Sugllaqui, viene sufriendo enfermedades de origen hídrico, debido al inadecuado y deficiente servicio de agua y saneamiento. La población se abastece de agua, a través de un sistema por gravedad sin tratamiento (SGST); el cual fue construido por la municipalidad de Moyobamba junto con pobladores en el año 2000, posteriormente fue mejorado en el año 2005 por los propios pobladores. Dicho sistema, está conformado por 01 captación, 01 línea de conducción y 01 reservorio apoyado de 25 m<sup>3</sup> de capacidad que abastece al 86.8% de la población mediante la red de distribución.

Respecto al saneamiento, no cuentan con un sistema adecuado de disposición sanitaria de excretas, se realiza a través de letrinas del tipo hoyo seco en su mayoría, existiendo parte de la población que realiza sus necesidades fisiológicas a campo abierto, lo que favorece la proliferación de patologías contaminantes. En el año 2005, la Agencia Adventista de Desarrollo y Ayuda (ADRA, por sus siglas en inglés) construyó 50 letrinas del tipo hoyo seco ventilado, las cuales se encuentran saturadas y abandonadas; razón los la cual, los

pobladores se vieron obligados a construir sus letrinas del tipo hoyo seco. El número de letrinas del tipo hoyo seco asciende a 225, lo que significa que el 93% utiliza letrinas para la eliminación de sus excretas y 7% restante, realiza la defecación al aire libre; situación que pone en riesgo la salud de la población y la contaminación del medio ambiente, sobre todo en las épocas de altas temperaturas.

Toda la información presentada, los autores mencionados y algunos otros, han contribuido a la elaboración del presente estudio realizado en el centro poblado Sugllaqui. Lo que motivo a realización del presente estudio, se debe a que en la actualidad, las enfermedades cuyo origen proviene de las aguas residuales han tenido una gran acogida como uno de los principales problemas entre la población, en especial las de la zonas rurales, donde el poco conocimiento de los peligros que trae consigo la inadecuada disposición de excretas y agua residual de origen doméstico sin tratamiento a un cuerpo de agua, los hace fácilmente vulnerables a cualquier brote de enfermedades de origen diarreicas, o por cualquier bacteria, parásito, protozoario, etc., que se encuentran en la aguas residuales, además del daño que le hacen al ecosistema del cuerpo de agua donde arrojan el agua residual, alterando la flora y fauna del mismo.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Desarrollar una propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales, como alternativa de solución a la inadecuada disposición sanitaria de excretas y aguas residuales del centro poblado Sugllaquiro, a fin de contribuir a la mejora del saneamiento básico y a la calidad de vida de la población.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar el diagnóstico del sistema de saneamiento y su afectación a la población del centro poblado Sugllaquiro.
- Establecer el diseño de la propuesta del sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento de aguas residuales, considerando unidades básicas de saneamiento para la disposición sanitaria de las excretas.
- Elaborar una propuesta para fortalecer la capacidad institucional y la educación sanitaria del centro poblado Sugllaquiro, que permita brindar un servicio adecuado, eficiente y sostenible en el tiempo.

#### **1.4. Justificación**

Una deficiente calidad de los servicios de saneamiento, así como una inadecuada disposición sanitaria de excretas y aguas residuales, tienen impacto en la salud pública y en el medio ambiente. Las enfermedades que se transmiten por uso y consumo de agua de mala calidad e insuficiente lavado de manos, así como las enfermedades diarreicas agudas son resultado del limitado acceso a agua potable (Hutton, Haller, & WHO, 2004); en ese mismo sentido se afirma que cerca del 10 % de la carga de enfermedades a nivel mundial puede prevenirse mediante intervenciones que mejoren los servicios de saneamiento y la higiene de la población (OECD, 2011).

En el Perú, las enfermedades infecciosas intestinales (EII) constituyen un problema de salud pública, ocupando el 2015 el tercer lugar en las causas de morbilidad específica registradas en consulta externa del MINSA. Siendo el acceso a servicios de agua y saneamiento factor importante en la prevención de dichas enfermedades. En esa línea de ideas, el Perú ha asumido el compromiso de cerrar las brechas de cobertura de saneamiento en el ámbito urbano al año 2021 y en el ámbito rural al año 2030, y de esta manea cumplir con el Objetivo 6 de los ODS.

En el centro poblado Sugllaquiro, la eliminación de excretas se realiza a través de letrinas del tipo hoyo seco, las cuales se encuentran colmatadas y en mal estado; las viviendas que no cuentan con esta infraestructura realizan la defecación al aire libre, situación que, representa un riesgo para la salud de la población y el medio ambiente. Por tal razón, con el presente estudio se pretende desarrollar una propuesta técnica para la disposición de excretas, tomando en cuenta la experiencia y las opciones de solución desarrolladas por los proyectos implementados en el ámbito rural, a fin de revertir la situación actual del saneamiento y mejorar la calidad de vida de la población del centro poblado Sugllaquiro.

### **1.4.1. Importancia**

El acceso adecuado a los servicios de saneamiento impacta directamente en la calidad de vida de las personas, contribuye a mejorar la autoestima y su inclusión en la sociedad, mejora las condiciones de competitividad, disminuye la incidencia de enfermedades de origen hídrico. El agua residual que recibe tratamiento previo antes de ser descargada, reduce la contaminación de los diversos ecosistemas existentes; sobre todo, de las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, evita la proliferación de vectores que causan enfermedades en la población, principalmente en los niños, así como las enfermedades resultantes por el riego de cultivos con aguas contaminadas (PNS, 2017).

La mejora del abastecimiento de agua podría reducir la morbilidad por diarrea en un 21%, mientras que la mejora del servicio de desagüe la reduciría en un 37,5%. Asimismo, el mejoramiento adicional de la calidad del agua de consumo humano, como la desinfección en el punto de consumo, reduciría los casos de diarrea en un 45% y el simple acto de lavarse las manos en momentos críticos, en un 35 % (OMS, 2004). En esa misma línea de ideas, Cairncross et al., 2010, mostraron mediante una revisión sistemática que la implementación de medidas para la prevención de EII, como el lavado de manos, la mejora en la calidad del servicio de agua y desagüe, disminuyen el riesgo en 48%, 17% y 36%, respectivamente.

El presente estudio, pretende contribuir con una propuesta técnica para la disposición sanitaria de excretas y el tratamiento de las aguas residuales domésticas, incluyendo el fortalecimiento de la organización comunitaria y la adopción de prácticas saludables de higiene; la cual permitirá desarrollar condiciones óptimas para un ambiente saludable y adecuado, a fin de disminuir la incidencia de enfermedades de transmisión hídrica y mejorar la calidad de vida de la población del centro poblado Sugllaquiro.

## **1.5. Hipótesis**

La propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado y el tratamiento de aguas residuales domésticas, como alternativa de solución a la inadecuada disposición sanitaria de excretas y aguas residuales del centro poblado Sugllaqui, contribuirá a la mejora del saneamiento básico; previniendo la contaminación del medio ambiente, disminuyendo la incidencia de enfermedades de transmisión hídrica y, consecuentemente, mejorará la calidad de vida de la población.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Bases Teóricas sobre el Tema de Investigación**

#### **2.1.1. Entidades Competentes del Sector Saneamiento**

En el Perú, el MVCS es el Ente Rector en materia de saneamiento; mientras la provisión de los servicios se encuentra a cargo de los prestadores de servicio de saneamiento en el ámbito urbano y rural, los cuales pueden ser empresas prestadoras de servicio de saneamiento público, privado o mixto, municipalidades, organizaciones comunales, operadores especializados.

Por otra parte, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) es el organismo regulador adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM), responsable de regular, supervisar y fiscalizar la prestación de los servicios de saneamiento.

En el año 2013 se creó el Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS) adscrito al MVCS, como respuesta a las deficiencias en la gestión y administración de las empresas prestadoras públicas ya que muchas de ellas han sido llevadas a la insolvencia; en atención a ello, se encargó al OTASS cautelar la ejecución de la política del Ente Rector en materia de administración para la prestación de los servicios de saneamiento. Dicho órgano también se encuentra facultado para intervenir a las empresas prestadoras públicas de accionariado municipal en condición de insolvencia financiera y operativa a fin de mejorar su desempeño.

Las principales competencias y funciones desarrolladas por las entidades con competencias reconocida en materia de saneamiento son: i) rectoría, ii) regulación y fiscalización, iii) prestación de los servicios, iv) gestión y administración, b) proyectos y programas

(complementan a la función de prestación de servicios), v) otras funciones que realizan los sectores involucrados (Plan Nacional de Saneamiento 2017 - 2021).

Tabla 1  
*Actores involucrados en el sector saneamiento.*

FUNCIONES	URBANA	RURAL
Rectoría	MVCS: VMCS: DGPRCS, DGPPCS, DGAA	
Regulación, supervisión y fiscalización	MINSA (DIGESA) - MINAGRI (ANA) SUNASS	
Gestión y administración	OTASS	N.A
Presentación de servicios	Empresas prestadoras: públicas, privadas o mixtas. Municipalidades: UGM, Operadores especializados. PNSU - Programa Agua Segura para Lima y Callao.	Organizaciones Comunales (por ejem. JASS).  PNSR
Formulación y ejecución	Gobierno Regional - Dirección Regional de Vivienda Construcción y Saneamiento Gobierno local.	
Otros actores	Cooperación Internacional, Academia.	

Fuente: Plan Nacional de Saneamiento 2017 - 2021.

### 2.1.2. Sistemas de Disposición Sanitaria de Excretas

Los sistemas de disposición sanitaria de excretas aplicables al ámbito rural, son soluciones técnicas de tipo individual; las cuales tienen que permitir la separación adecuada de la parte sólida y líquida de las aguas residuales generadas por las familias. Dichas opciones tecnológicas operan con arrastre hidráulico y otras en un medio seco.

En la Tabla 2, se presenta las opciones tecnológicas para sistemas disposición sanitaria de excretas, establecidas en la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, aprobada mediante Resolución Ministerial N° 192-2018-VIVIENDA.

Tabla 2

*Opciones tecnológicas para la disposición sanitaria de excretas.*

Tipo de Solución	Opción Tecnológica	Sistema de Tratamiento y Disposición
<b>Individual</b>	<b>Sistemas Sin Arrastre Hidráulico:</b>	
	✓ UBS de Hoyo Seco Ventilado (UBS-HSV).	
	✓ UBS Compostera de Doble Cámara (UBS-COM).	✓ Zonas de infiltración
	✓ UBS Compostera para Zona Inundable (UBS-ZIN).	- Pozo de absorción
		- Zanja de percolación
	<b>Sistemas Con Arrastre Hidráulico:</b>	
	✓ UBS de Tanque Séptico Mejorado (UBS-TSM)	

Fuente: Elaboración propia.

### **2.2.1.1. Sistemas sin arrastre hidráulico**

#### **2.2.1.1.1. UBS de Hoyo Seco Ventilado (UBS-HSV)**

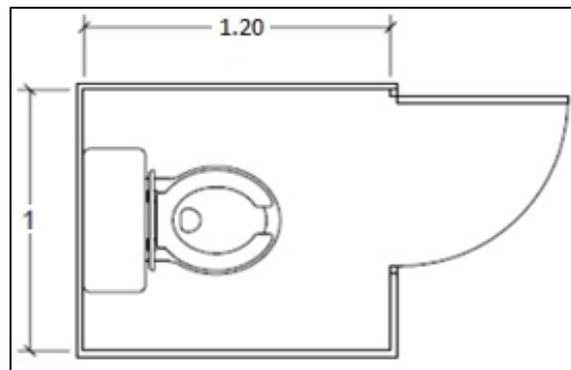
Permite el confinamiento de excretas, orina y papel de limpieza anal en un hoyo ubicado bajo una losa y caseta. Una vez lleno el hoyo, la caseta sobre ella, debe trasladarse a otra ubicación. La taza especial que se utiliza permite que las excretas y orina caigan directamente dentro del hoyo. El material de fabricación de la caseta debe ser liviano y resistente para favorecer su reubicación. Para el aseo personal y de lavado de manos se considera otra caseta separada que incluya una ducha y un lavadero multiusos, este ambiente debe ser fijo ya que no es necesario su reubicación.

La UBS-HSV contempla 2 casetas separadas, una de ellas, la principal, contiene la taza especial y una segunda para el aseo personal, ésta última debe contener un sistema complementario para la disposición de las aguas grises, los componentes son los siguientes:

#### Caseta principal para la taza especial:

De construcción definitiva, resistente y liviana, su instalación es temporal ya que debe reubicarse cuando el hoyo alcanza su altura máxima, se instala sobre una losa o estructura

que sirva de piso y ésta a su vez sobre el hoyo, contiene únicamente la taza especial para la disposición adecuada de excretas y orina. Debe incluirse un sistema que permita separar la losa sin el uso de herramientas o en su defecto poder trasladarse caseta y losa unidos.



**Figura 1.** Planta de la Caseta especial para UBS - HSV.

Fuente: Norma Técnica del MVCS, 2018.

La taza especial es fabricada en losa vitrificada o plástico reforzado, en forma similar a la taza de inodoro, la misma que permite que las excretas y la orina caigan directamente al hoyo debajo de la losa, este aparato incluye un asiento para un cómodo uso y debe ser de un material que no lastime al usuario.

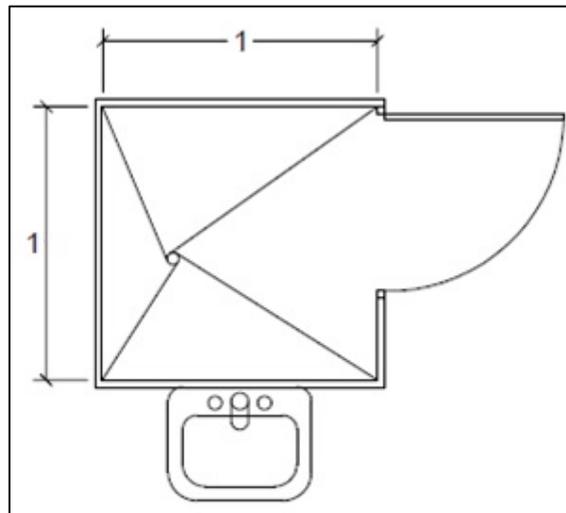


**Figura 2.** Taza especial.

Fuente: Norma Técnica del MVCS, 2018.

### Caseta para el aseo personal:

De construcción definitiva ya que no se reubica, contiene la ducha y externamente un lavadero multiusos, su ubicación debe ser de preferencia anexa a ella.



*Figura 3.* Caseta para aseo personal.

Fuente: Norma Técnica del MVCS, 2018.

### Sistemas complementarios para la disposición final de efluentes:

Compuesto por un sistema de infiltración (Pozo de Absorción o Zanja de Percolación) o de requerirse aprovechar el efluente para regar, este puede tratarse (Humedal o Biojardinera). Para seleccionar uno de los dos (02) tipos de infiltración debe desarrollarse un test de percolación del suelo para determinar el nivel de permeabilidad, al mismo tiempo que se identifica la profundidad del nivel freático de como mínimo cuatro (04) metros de profundidad. El aprovechamiento del efluente se obtiene a partir del diseño de un Humedal, la cual trata las aguas grises, para que posteriormente sean utilizadas en el riego de áreas verdes o zonas agrícolas.

#### **2.2.1.1.2. UBS Compostera de Doble Cámara (UBS-COM)**

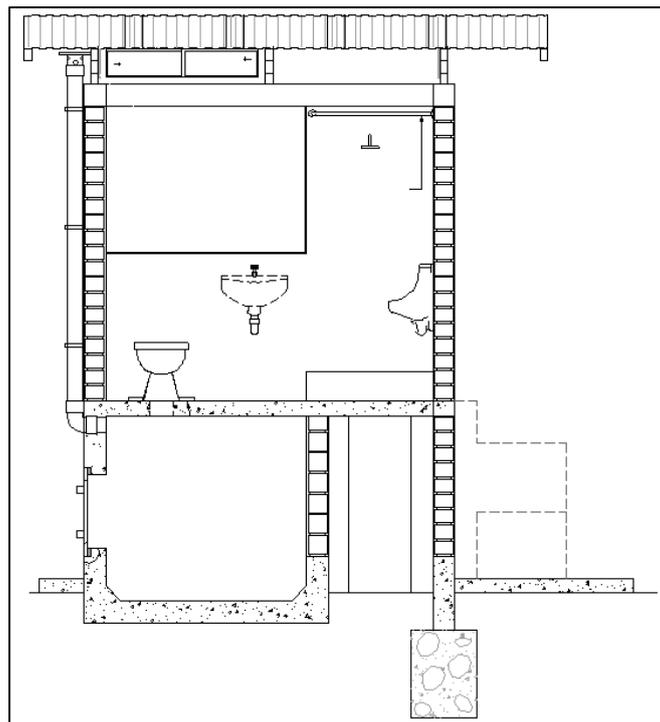
Permite el almacenamiento de las excretas generadas durante su uso, al mismo tiempo que permite eliminar los organismos patógenos por ausencia de humedad, alta

temperatura y ausencia de oxígeno, las excretas adecuadamente secas pueden utilizarse como mejorador de suelos. Por otro lado, la taza especial con separador de orina permite conducir la orina hacia un sistema de almacenamiento, infiltración o tratamiento posterior.

El diseño de la presente UBS-COM debe contemplar los siguientes elementos:

Caseta para la taza especial:

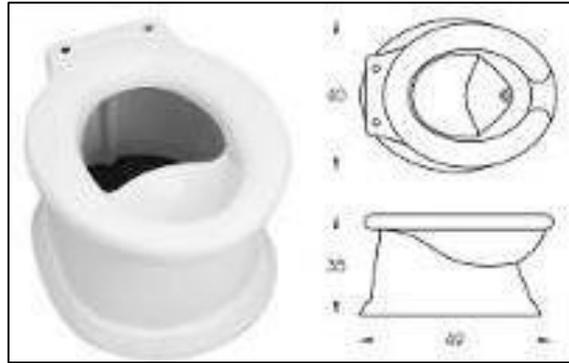
Ambiente que alberga la taza con separador de orina, el urinario, la ducha, lavadero multiusos y el lavatorio, permitiendo el uso de los servicios al mismo tiempo que otorga seguridad, privacidad y comodidad a los usuarios.



**Figura 4.** Caseta de UBS-COM de mampostería o prefabricada.

Fuente: Norma Técnica del MVCS, 2018.

La taza especial con separador de orina es fabricada en losa vitrificada o plástico reforzado, es un aparato sanitario prefabricado que permite separar la orina y las excretas para tratarlos independientemente antes de su aprovechamiento o disposición final.



**Figura 5.** Taza con separador de orina.

Fuente: Norma Técnica del MVCS, 2018.

Los aparatos sanitarios que se incluyen dentro de la caseta son: una ducha, un lavatorio, un lavadero multiusos y un urinario, para el adecuado uso del servicio higiénico.

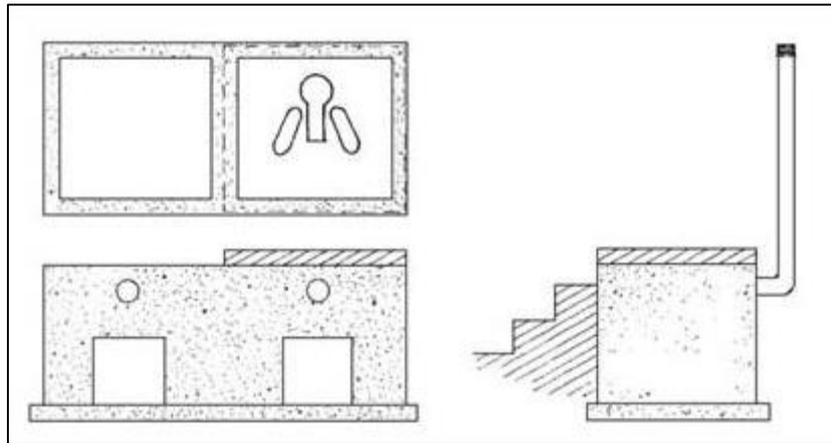


**Figura 6.** Urinario.

Fuente: Norma Técnica del MVCS, 2018.

#### Sistema de tratamiento:

Compuesto por 2 cámaras contiguas e independientes que se utilizan de forma alternada y es en donde se almacenan las excretas sin orina que, gracias al uso de material secante, permite deshidratarlas; cada cámara tiene una abertura para la ventilación, otra abertura para el ingreso de las excretas y una última de mayor tamaño para la extracción de las excretas secas procesadas.



**Figura 7.** Perspectiva de cámaras composteras de esta UBS-COM.

Fuente: Norma Técnica del MVCS, 2018.

#### Sistemas complementarios para la disposición final de líquidos:

Compuesto por 2 formas de infiltración de los líquidos, estos pueden ser Pozo de Absorción o Zanja de Percolación, en ambos casos es obligatorio el desarrollo de un test de percolación del suelo para determinar la permeabilidad de este. En todos los casos el nivel freático debe encontrarse a 4 metros de profundidad.

#### **2.2.1.1.3. UBS Compostera para Zona Inundable (UBS-ZIN)**

Permite el almacenamiento de las excretas generadas durante su uso, al mismo tiempo que permite eliminar los organismos patógenos por ausencia de humedad, alta temperatura y ausencia de oxígeno, las excretas adecuadamente secas pueden utilizarse como mejorador de suelos. Por otro lado, la taza especial con separador de orina permite conducir la orina hacia un sistema de almacenamiento, infiltración o tratamiento posterior. Lo diferente de este sistema con otros similares es que se instala en una comunidad que permanente o temporalmente se encuentra inundada. El diseño de la presente UBS-ZIN debe contemplar los siguientes elementos:

### Caseta para la taza especial:

Ambiente que alberga la taza con separador de orina, el urinario, la ducha, lavadero multiusos y el lavatorio, su fabricación puede ser de material prefabricado, siempre y cuando se cumplan los requisitos exigidos en las especificaciones técnicas en cuanto al material, además de impedir que el agua de la zona inundable ingrese a las cámaras de excretas.

### Sistema de tratamiento:

Compuesto por dos (02) cámaras independientes prefabricadas que se utilizan de forma alternada para el almacenamiento de las excretas para deshidratarlas con material secante; cada cámara tiene ventilación, otra abertura para el ingreso de las excretas y una última de mayor tamaño para la extracción de las excretas secas.

### Sistema complementario de tratamiento:

Compuesto por un Humedal o Biojardinera que permite darle un tratamiento a la orina y aguas grises antes de su eliminación.

## **2.2.1.2. Sistemas con arrastre hidráulico**

### **2.2.1.2.1. UBS de Tanque Séptico Mejorado (UBS-TSM)**

Sistema para la disposición adecuada de excretas con arrastre hidráulico, el mismo que incluye un dispositivo prefabricado para el tratamiento primario, diseñado bajo la norma IS.020 Tanque Séptico, el cual consiste en la separación de los sólidos y líquidos presentes en el agua residual que ingresa a dicha unidad.

El agua residual ingresa a través de una tubería de PVC de 4", los sólidos decantan en el interior almacenándose en el fondo de la unidad, la parte líquida sale nuevamente a través de una tubería de 2" por el lado opuesto de la entrada al dispositivo; los sólidos retenidos

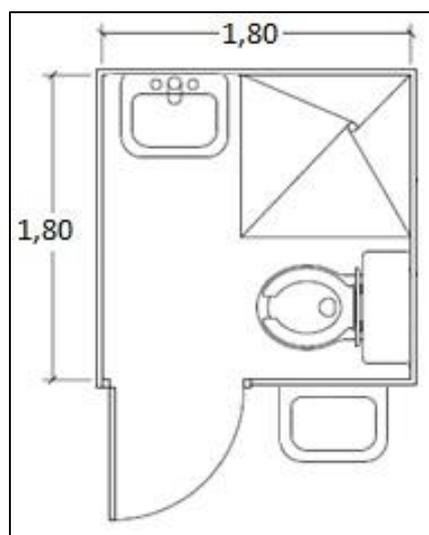
en el fondo se degradan hasta convertirse en líquido al cabo de 18 meses, éstos son extraídos mediante la apertura de una válvula de PVC de 2". La textura del lodo digerido es fluida, tanto que puede filtrarse dentro de una caja habilitada para tal efecto. Los líquidos antes de salir hacia la zona de filtración pasan por un filtro, que permite mejorar aún más su calidad antes de ser filtradas en el suelo.

El efluente tratado debe ser eliminado en una zona de infiltración, previamente evaluada o puede ser aprovechada a través del uso de un Humedal.

La UBS-TSM debe contemplar los siguientes elementos:

Caseta:

Ambiente que alberga los aparatos sanitarios y permite el uso de los servicios de forma segura, privada y cómoda a los usuarios, puede ser construido en mampostería, madera, adobe o material prefabricado. Los aparatos sanitarios instalados en su interior son: una ducha, urinario, inodoro y lavatorio dentro de la caseta y un lavadero multiusos fuera de la caseta para el adecuado uso del servicio higiénico.



**Figura 8.** Planta de la Caseta especial para UBS - HSV.

Fuente: Norma Técnica del MVCS, 2018.

### Tanque séptico mejorado:

Fabricado en material prefabricado y diseñado bajo la Norma IS.020 Tanque Séptico y cuya función es la de separar los líquidos y sólidos de las aguas residuales.

La caja de registro que se instale permite la inspección de la tubería de desagüe, su uso es obligatorio en el caso la distancia entre el tanque séptico y la zona de infiltración sea mayor a los 15 metros o se tuviera que salvar algún cambio de pendiente brusco del terreno, puede ser construida en el lugar o ser prefabricada.

La caja de lodos permite la filtración del lodo tratado del tanque séptico mejorado cuando se realiza el mantenimiento cada 12 a 18 meses, puede ser construido en mampostería o prefabricado.

### Sistemas complementarios para la disposición final de líquidos:

Compuesto por dos tipos de sistemas de infiltración de los efluentes, los tipos de infiltración son Pozo de Absorción (PA) y Zanja de Percolación (ZP), en ambos casos para su selección es obligatorio el desarrollo de un test de percolación del suelo para determinar su permeabilidad.

La Tabla 3, describe las características y principales ventajas y desventajas de las diversas opciones tecnológicas para la disposición sanitaria de excretas que son seleccionables en los proyectos de saneamiento rural.

Tabla 3

*Descripción de las opciones tecnológicas para la disposición sanitaria de excretas para el ámbito rural.*

Opción Tecnológica	Características	Ventajas	Desventajas
<b>Hoyo Seco Ventilado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conformado por dos (02) casetas: i) para la taza especial, y ii) para la ducha y lavadero multiusos.</li> <li>✓ Permite acumular las excretas y orina en un hoyo excavado.</li> <li>✓ El ambiente de contiene la taza especial es desmontable para reubicarse fácilmente en otro lugar cuando el hoyo se llena.</li> <li>✓ El ambiente que contiene la ducha y lavadero multiusos no es reubicable.</li> <li>✓ El ambiente que contiene la taza especial es de material prefabricado, lo que facilita la reubicación.</li> <li>✓ El material de fabricación del ambiente reubicable, es liviano pero a la vez resistente, no es afectado por los rayos solares.</li> <li>✓ El diseño de ambos ambientes, debe permitir adecuada ventilación e iluminación.</li> <li>✓ El ambiente que contiene la ducha y lavadero puede construirse en mampostería o ser prefabricado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Que el ambiente de la taza especial sea reubicable, permite extender la vida útil de la opción tecnológica de disposición sanitaria de excretas.</li> <li>✓ Que el material de fabricación de la caseta reubicable sea prefabricada, pero a la vez liviano y resistente, permite su traslado y reinstalación de forma cómoda.</li> <li>✓ El que exista dos (02) casetas, permite disminuir el costo del ambiente reubicable.</li> <li>✓ En caso la familia no acepte la manipulación de las excretas a través del uso de una UBS del tipo compostera, la opción tecnológica del tipo hoyo seco es la alternativa a escoger.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Al llenarse el hoyo de las excretas, tiene que reubicarse el ambiente que contiene la taza especial.</li> <li>✓ Al mantener humedad en el hoyo, se favorece la presencia de malos olores y mosquitos, el cual se puede controlar con el uso de arena mezclada con cal o el uso de repelentes naturales.</li> <li>✓ La versión en mampostería hace más costosa y larga la construcción por el traslado de materiales y el tiempo de secado del concreto, además de la necesidad de mano de obra calificada.</li> </ul>
<b>Compostera</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Permite acumular las excretas en dos (02) cámaras, las cuáles se usan alternadamente para facilitar su secado. El uso de una taza con separador de orina permite derivar la orina para aprovecharla o eliminarla con las aguas grises.</li> <li>✓ El ambiente considera: dos (02) cámaras para el almacenamiento de las excretas, taza con separador de orina, ducha, urinario y lavadero multiusos.</li> <li>✓ Las cámaras de almacenamiento de las excretas pueden construirse en mampostería o ser prefabricadas.</li> <li>✓ La caseta puede construirse en mampostería o ser prefabricada.</li> <li>✓ Las excretas tratadas adecuadamente pueden ser utilizadas para mejorador de suelos.</li> <li>✓ La orina tratada adecuadamente puede ser utilizada para compost.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Permite transformar las excretas en un mejorador de suelos.</li> <li>✓ De utilizarse adecuadamente, es una opción tecnológica de una larga vida útil.</li> <li>✓ De existir un nivel freático alto, esta opción tecnológica para la disposición de excretas del tipo seco permite dar una solución de saneamiento a la comunidad.</li> <li>✓ Es un sistema definido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El uso inadecuado que permita la humedad en la cámara favorece los malos olores y la presencia de mosquitos.</li> <li>✓ Para evitar la humedad es recomendable el uso de cal viva, pero su uso permanente eleva el costo operativo del sistema, en su reemplazo puede utilizarse hojas secas o arena mezclada con cal o cenizas.</li> <li>✓ La versión en mampostería hace más costosa y larga la construcción por el traslado de materiales y el tiempo de secado del concreto, además de la necesidad de mano de obra calificada.</li> </ul>
<b>Especial para Zona Inundable</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Permite aislar el depósito de almacenamiento de excretas del cuerpo de agua, durante la temporada de inundación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Brinda la solución de disposición sanitaria de excretas en ambientes totalmente inundados, en donde no pueden infiltrarse los líquidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El uso inadecuado que permita la humedad en la cámara, favorece los malos olores y la presencia de mosquitos.</li> </ul>

Opción Tecnológica	Características	Ventajas	Desventajas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fabricada de un material impermeable que permite la estanqueidad de las excretas generadas.</li> <li>✓ El uso de una taza especial con separador de orina, permite derivar la orina para aprovecharla o juntarla con las aguas grises.</li> <li>✓ Los aparatos sanitarios que debe incluir son: taza con separador de orina, ducha, urinario y lavadero multiusos.</li> <li>✓ Las excretas tratadas adecuadamente pueden ser utilizadas como mejorador de suelos.</li> <li>✓ Pueden ser diseñadas para ser de uso familiar o multifamiliar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Permite la disposición sanitaria de excretas en un ambiente seco y aislado de la zona inundada.</li> <li>✓ Permite la disposición adecuada de orina y aguas grises a través del uso de un Humedal.</li> <li>✓ Ante la posibilidad de que no exista la disponibilidad suficiente para soluciones familiares, se puede habilitar una solución multifamiliar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Para evitar la humedad es recomendable el uso de cal viva, pero su uso permanente eleva el costo operativo del sistema, en su reemplazo puede utilizarse hojas secas o arena mezclada con cal o cenizas.</li> <li>✓ El proceso de mantenimiento consiste en el vaciado de la cámara para el almacenamiento de excretas, en caso el mantenimiento se realice en época de avenida, es necesario un transporte náutico acondicionado para dicho fin.</li> <li>✓ Riesgo de que caigan las excretas tratadas en el cuerpo de agua, si es que el mantenimiento ocurre en época de avenida.</li> </ul>
<b>Tanque Séptico Mejorado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fabricada en material prefabricado resistente e impermeable.</li> <li>✓ Diseñado en base a la norma IS.020 Tanque Séptico.</li> <li>✓ Permite la retención de las excretas.</li> <li>✓ Permite la digestión de las excretas y su transformación en líquidos.</li> <li>✓ Separa la parte líquida de las aguas residuales para luego de un tratamiento eliminarlos por infiltración.</li> <li>✓ La Unidad Básica de Saneamiento que se conecta al tanque séptico mejorado incluye: inodoro, ducha y lavadero multiusos.</li> <li>✓ La caseta puede construirse en mampostería o ser prefabricada.</li> <li>✓ De requerirse una mejor calidad del agua residual puede complementarse con un tratamiento posterior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sistema que permite recolectar el 100% de las aguas residuales generadas por la familia.</li> <li>✓ Permite la separación de los sólidos y líquidos de las aguas residuales generadas.</li> <li>✓ Permite disponer adecuadamente la parte líquida de las aguas residuales para infiltración en el suelo.</li> <li>✓ Brinda la sensación de tener conexión de alcantarillado.</li> <li>✓ Permite la degradación de la parte sólida y su transformación en líquido.</li> <li>✓ El mantenimiento es sencillo, al necesitar únicamente abrir una válvula para la purga de los lodos producidos en el interior del Tanque Séptico Mejorado.</li> <li>✓ Permite una gran remoción de organismos patógenos, lo que se traduce en una contaminación del suelo de menor grado por el proceso de infiltración.</li> <li>✓ Fabricado de un material liviano y resistente, capaz de poder reutilizarse al permitir su reinstalación en otra ubicación.</li> <li>✓ El uso de nutrientes para las bacterias anaerobias permite mejorar su eficiencia de tratamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ De utilizarse inadecuadamente los servicios al arrojar objetos en el desagüe, puede generarse atoros.</li> </ul>

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018.

### **2.2.1.3. Sistemas complementarios de tratamiento y disposición de efluentes**

Los efluentes de las opciones tecnológicas para la disposición sanitaria de excretas, deben ser dispuestos adecuadamente en el suelo a través de un proceso de infiltración, para su diseño debe analizarse previamente la capacidad del suelo para infiltrar líquidos (Test de Percolación). En el caso de requerirse aprovechar el efluente para riego de zonas agrícolas o no pueda infiltrarse el agua residual tratada por existir un nivel freático cercano al suelo, debe realizarse un tratamiento adicional con un Humedal para mejorar la calidad del agua residual.

#### **2.2.1.3.1. Zona de infiltración**

Se considera dos (02) formas de eliminación adecuada de efluentes líquidos, las cuales se seleccionan en base a la permeabilidad del suelo, siendo estos Pozo de Absorción (PA) o Zanja de Percolación (ZP). Para determinar el tipo de percolación a utilizar debe desarrollarse previamente lo siguiente:

- De existir un pozo de agua, se debe ubicar la zona de infiltración en una zona por debajo del nivel de la boca del pozo de agua y a 25 metros de distancia como mínimo de éste.
- En la zona de infiltración seleccionada, debe excavarse un hoyo de aproximadamente 2,00 metros de profundidad y 1,00 metro de diámetro (sección circular) o 1,00 metro de lado (sección cuadrada).
- En el fondo del hoyo, debe excavarse un segundo hoyo de 0,30 metros de lado y 0,30 metros de profundidad.
- Debe colocarse 5 cm de grava fina o arena gruesa en el fondo del segundo hoyo excavado.
- Debe llenarse el segundo hoyo con agua limpia y mantenerlo lleno por 4 horas continuas, debiendo realizar esta operación en lo posible de noche.

- Después de 24 horas de haber llenado por 4 horas continuas el segundo hoyo, debe determinarse la tasa de percolación según lo siguiente:
  - Si el agua permanece, en el segundo hoyo después del periodo nocturno de expansión, se ajusta la profundidad aproximadamente a 0,25 metros sobre la grava. Luego, tomando un punto de referencia fijo, se mide el descenso del nivel de agua durante un periodo de 30 minutos. Con el descenso se calcula la tasa de percolación.
  - Si no permanece agua en el segundo hoyo, después del periodo nocturno de expansión, se añade agua hasta lograr una lámina de 0,15 metros por encima de la capa de grava o arena. Luego, con un punto de referencia fijo, se mide el descenso del nivel de agua a intervalos de 30 minutos aproximadamente, durante un periodo de 4 horas. Cuando se estime necesario, nuevamente se añade agua hasta unos 0,15 metros por encima de la capa de grava o arena. El descenso que ocurre durante el periodo final de 30 minutos se usa para para calcular la tasa de percolación. Los datos obtenidos en las primeras horas proporcionan información para posibles modificaciones del procedimiento de acuerdo con las condiciones locales.
  - En suelos arenosos o en los que los primeros 0,15 metros de agua se filtran en menos de 30 minutos después del periodo nocturno de expansión, debe considerarse como intervalo de tiempo entre mediciones unos 10 minutos y la duración de la prueba una hora. El descenso que ocurra en los últimos 10 minutos se usa para calcular la tasa de percolación, en este tipo de terreno no es necesario esperar las 24 horas para realizar el test de percolación.
- Para determinar el tipo de sistema de percolación, ya sea Pozo de Absorción o Zanja de Percolación, debe considerarse la Tabla 4, en donde, en los suelos clasificados

como rápidos o medios se considera el Pozo de Absorción como solución, y en un suelo de filtración lenta se considera Zanja de Percolación.

Tabla 4  
*Tiempo de infiltración según el tipo de filtración del suelo.*

Tipo de Filtración del Suelo	Tiempo de Infiltración para el Descenso de 1 cm
Rápidos	De 0 a 4 minutos
Medios	De 4 a 8 minutos
Lentos	De 8 a 12 minutos

Fuente: Norma Técnica I.S.020 Tanques Sépticos.

El coeficiente de infiltración para el test de percolación se determina con la siguiente ilustración:



Figura 9. Curva para determinar la capacidad de percolación del suelo.

Fuente: Norma Técnica del MVCS, 2018.

Para el diseño de la zona de infiltración, se debe calcular el área útil de las paredes internas del sistema de infiltración, considerando para ello, el fondo y las paredes por debajo del tubo perforado que dispone el agua en esta zona, para ello debe considerarse lo siguiente:

$$A = \frac{Q}{R}$$

Donde:

A = Área de absorción (m<sup>2</sup>).

Q = Caudal promedio efluente de los servicios de ducha y lavadero multiusos (l/d).

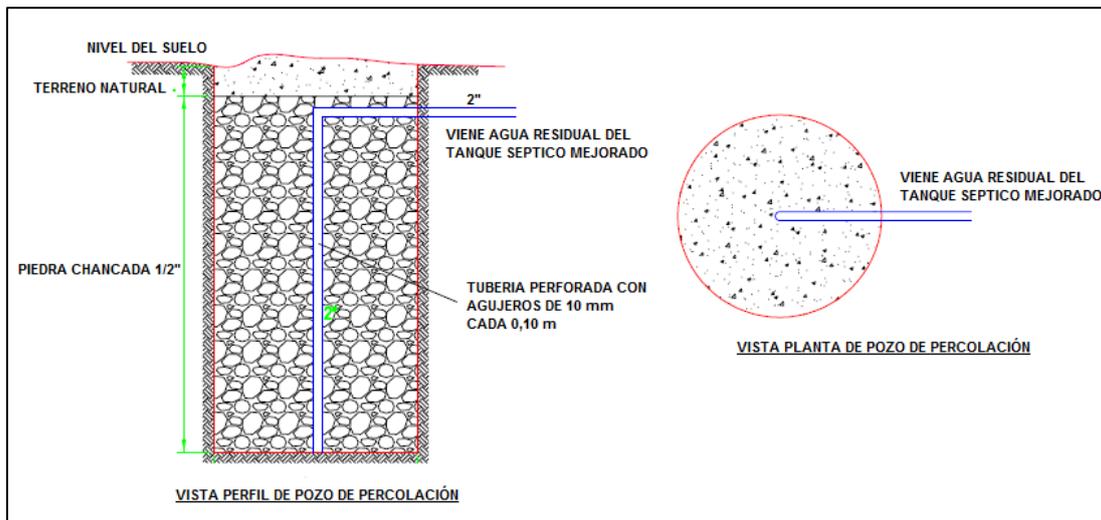
R = Coeficiente de infiltración (l/m<sup>2</sup>.d).

**a. Pozo de absorción (PA)**

De seleccionarse un Pozo de Absorción, debe considerarse lo siguiente:

- Se selecciona cuando no se cuente con área suficiente para una Zanja de Percolación o cuando el suelo sea impermeable dentro del primer metro de profundidad, existiendo estratos favorables de infiltración.
- El área efectiva de filtración comprende el área lateral cilíndrica del hoyo (no se considera el fondo), la altura queda definida por la distancia entre el punto de ingreso de las aguas grises y el fondo del hoyo.
- El diámetro mínimo del pozo debe ser de 1,00 metro y una profundidad como mínimo de 2,00 metros.
- El Pozo de Absorción puede desarrollarse bajo 2 modelos:
  - Modelo formado con paredes de mampostería con juntas laterales separadas, en donde el espacio entre muro y terreno natural se debe rellenar con grava de 2,5 cm y una losa de la tapa con concreto armado, pueden instalarse más de 2 pozos para lo cual debe existir una caja repartidora de caudales que separe el líquido en partes iguales, en todo caso la distancia máxima de distancia entre los ejes de dichos pozos es de 6,00 metros.
  - Modelo bajo los criterios de diseño de la Zanja de Percolación, en este caso no se incluye un muro de mampostería, ya que el hoyo se encuentra lleno de grava,

en el eje del hoyo se prolonga de forma vertical el tubo de salida de líquidos de la caseta de aseo personal, este tubo se encuentra perforado lo que facilita a que el fluido comience a filtrarse desde la parte superior del hoyo hasta el fondo. Los últimos 0,20 metros del hoyo son cubiertos con terreno natural de la zona.



**Figura 10.** Pozo de Absorción.

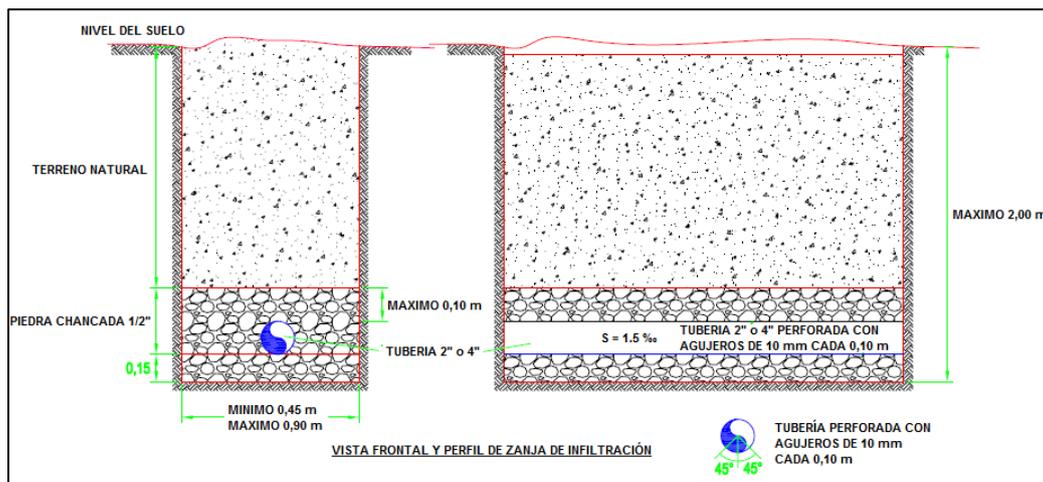
Fuente: Norma Técnica del MVCS, 2018.

**b. Zanja de percolación (ZP)**

De seleccionarse una Zanja de Percolación, debe considerarse lo siguiente:

- Si se determina que un suelo permite una filtración por encima de los 12 minutos, debe considerarse otra solución para la disposición final de los efluentes líquidos.
- La profundidad mínima de las zanjas es de 0,60 metros y la separación mínima de fondo de zanja y nivel freático es de 2,00 metros.
- En ancho de las zanjas debe ser de 0,45 a 0,90 metros.
- La longitud máxima por dren es de 30,00 metros y se debe procurar que todos los drenes tengan la misma longitud.
- Como mínimo debe considerarse 2 drenes y el espaciamiento entre ejes es de 2,00 metros medidos desde el eje de cada dren.

- La pendiente mínima de los drenes es de 1,50 ‰ (1,5 por mil) y un valor máximo de 5,00 ‰ (5 por mil).
- El material filtrante por utilizar dentro de la zanja es grava o piedra triturada con una granulometría de 1,5 a 5 cm y tubería de PVC de 110 mm de diámetros con juntas abiertas o perforaciones que permitan una distribución uniforme del líquido en el fondo de las zanjas.



**Figura 11.** Detalle de Zanja de Percolación.

Fuente: Norma Técnica del MVCS, 2018.

- Caja dren o conjunto de drenes, debe llevar en su inicio una caja de inspección de 0,60 x 0,60 m<sup>2</sup> como mínimo, la función de esta caja es la de permitir regular o inspeccionar el funcionamiento de cada uno de los drenes.
- Debe procurarse que el flujo se reparta uniformemente, esto se obtiene, por medias cañas en el fondo o pantallas distribuidoras de flujo u otros sistemas debidamente justificado.
- Las salidas hacia los drenes en las cajas distribuidoras deben estar al mismo nivel salvo que se utilicen vertederos para el reparto de caudales.
- No se permite que ninguna salida de una caja de distribución se ubique directamente frente a la tubería de ingreso.

### **2.2.1.3.2. Humedal**

Sistema de tratamiento complementario de las aguas residuales tratadas por un tanque séptico mejorado o de las aguas grises provenientes de las instalaciones sanitarias de los sistemas secos de hoyo seco ventilado o compostera. El efluente puede ser utilizado dependiendo de la calidad alcanzada para riego de zonas agrícolas o el vertido directo en un cuerpo receptor.

#### Aplicabilidad

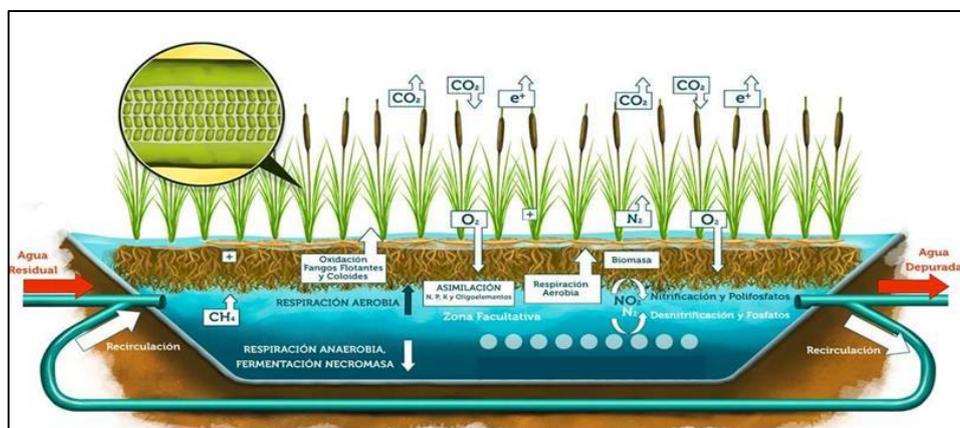
Como un tratamiento complementario de los efluentes tratados del TSM o de las aguas grises provenientes de los sistemas sin arrastre hidráulico, como son: UBS-HSV o UBSCOM cuando se desea aprovechar el efluente en riego.

#### Criterios de Diseño

Para un Humedal, se debe considerar lo siguiente:

- El flujo del agua gris va a ser en un medio subsuperficial, a través de un lecho de filtrado y no un flujo libre.
- Solo debe considerarse las aguas grises provenientes de la ducha y lavadero multiusos, en ningún caso se permite el ingreso de aguas negras o provenientes de un inodoro.
- Si el usuario produce gran cantidad de grasas, en la preparación de alimentos (comedor o restaurante) debe considerarse la instalación de una trampa de grasas a la salida del lavadero multiusos y previo al ingreso al Humedal.
- Es necesario incluir dentro del componente de intervención social una capacitación orientada a las buenas prácticas de higiene y limpieza, donde se priorice el adecuado lavado de utensilios con la eliminación previa de residuos de comida, los cuales tienen que ser eliminados antes del lavado de utensilios, para evitar que ellos puedan llegar al Humedal.

- La zona por seleccionar para la ubicación del Humedal debe ser la que permita que las aguas grises ingresen por gravedad y sea bajo esta misma condición que el efluente tratado siga su curso para su aprovechamiento posterior, evitando en todo momento la necesidad de uso de energía eléctrica para su aprovechamiento.
- La zona circundante al Humedal debe ser protegida para evitar que otros líquidos ingresen al medio filtrante de tal forma que saturen el medio o afecten el proceso de tratamiento que se lleva a cabo.



**Figura 12.** Detalle del humedal.

Fuente: Norma Técnica del MVCS, 2018.

## Beneficios

- No hay generación de olores, los gases que se producen en la parte anaerobia (CH<sub>4</sub> metano, H<sub>2</sub>S ácido sulfhídrico) se oxidan y son emitidos a la atmósfera en formas químicas inodoras.
- No hay producción de lodos. El efecto de tamizado que dan las raíces, espesando el fango procedente de los sólidos en suspensión. Por las condiciones óxicas del filtro, el fango retenido en las raíces se va oxidando poco a poco (no se volatiliza), y la parte decantada alcanza condiciones de ausencia de oxígeno, condiciones en las que fermenta por acción de bacterias anaerobias, las moléculas complejas se degradan en

otras más sencillas que ascienden junto con los gases que se forman llegando a la zona óxica de las raíces, donde se tamiza y oxida.

- Eliminación de nutrientes vegetales, bien por la absorción de las plantas, bien por el ciclo anaerobio-aerobio de las bacterias en el interior de las balsas flotantes.
- Acumulación de metales pesados. En la parte aérea de las plantas, eliminándolos de la línea de agua.
- Eliminación de microorganismos patógenos: a razón de 4 unidades logarítmicas gracias a la presencia de ácidos que favorecen la presencia de bacteriófagos.
- Eliminación de partículas coloidales: que son atraídas por cargas electrostáticas que las fijan al sistema radicular.
- La interacción de los sustratos se da de manera natural debido a la convección que se produce entre los tres sustratos. La recirculación potencia esa convección, facilitando el proceso de nitrificación-desnitrificación necesario para eliminar nutrientes y eliminar así el fenómeno de la eutrofización.

En la Tabla 5, se describen las características, ventajas y desventajas de los sistemas complementarios de tratamiento y disposición final de efluentes.

Tabla 5

*Descripción de los sistemas complementarios de tratamiento y disposición de efluentes.*

<b>Sistema Complementario</b>	<b>Características</b>
<b>Pozo de Absorción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La zona de infiltración para la prueba del sistema de infiltración, debe ubicarse como mínimo a 25 metros de un pozo de agua y 6 metros de una vivienda.</li> <li>✓ Si el tiempo que demora el agua de prueba en bajar un (01) centímetro, es de hasta 4 minutos, se debe diseñar un Pozo de Absorción.</li> <li>✓ El Test de Percolación permite estimar el área de infiltración necesaria.</li> <li>✓ Pueden instalarse 2 o más pozos de infiltración en paralelo, para ello, debe instalarse una caja de derivación de caudal de agua residual que separe en cantidades iguales el agua residual.</li> <li>✓ El Pozo de Absorción al igual que la Zanja de Percolación debe rellenarse con piedra chancada de ½” o ¾” para favorecer que el flujo sea radial de forma horizontal y hacia el fondo del pozo.</li> <li>✓ Por el eje del Pozo de Absorción debe instalarse una extensión de la tubería de salida del efluente tratado, dicho tubo debe ser perforado, para permitir el flujo horizontal.</li> </ul>
<b>Zanja de Percolación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La zona de infiltración para la prueba del sistema de infiltración, debe ubicarse como mínimo a 25 metros de un pozo de agua y 6 metros de una vivienda.</li> <li>✓ Si el tiempo que demora el agua de prueba en bajar un (01) centímetro, es más de 4 minutos y hasta 12 minutos, se debe diseñar una Zanja de Percolación.</li> <li>✓ El Test de Percolación permite estimar el área de infiltración necesaria.</li> <li>✓ La máxima longitud de drenes será de 30 metros, siendo la separación de los ejes de los drenes de 2 metros.</li> <li>✓ Las pendientes de los drenes serán de 1.5‰ a 5‰.</li> <li>✓ La Zanja de Percolación al igual que el Pozo de Absorción debe rellenarse con piedra chancada de ½” o ¾” para favorecer que el flujo sea radial de forma horizontal y hacia el fondo del pozo.</li> <li>✓ Al inicio de cada dren, debe instalarse una caja de inspección para verificar el flujo horizontal.</li> <li>✓ Para la separación equitativa del agua residual por los drenes, debe instalarse una caja repartidora de caudal, cuyo diseño dependerá de la cantidad de drenes a instalar.</li> </ul>
<b>Humedal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es un tratamiento en base a la depuración del agua residual a través de plantas o Fitotratamiento.</li> <li>✓ Es un depósito impermeable, donde se permite el flujo de agua pretratada a través de un sustrato previamente acondicionado.</li> <li>✓ El flujo de agua puede ser horizontal o vertical.</li> <li>✓ El material filtrante es arena o grava.</li> <li>✓ El diseño no permite el afloramiento de agua, lo que evita la presencia de mosquitos o malos olores.</li> <li>✓ El efluente puede ser destinado al riego de áreas verdes o disponerse en el suelo por infiltración.</li> <li>✓ Reduce considerablemente la carga bacteriana que aún queda después del tratamiento primario.</li> </ul>

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018.

## 2.2.1.4. Algoritmo de selección del sistema de disposición sanitaria de excretas

### 2.2.1.4.1. Criterios de selección

#### 1. Disponibilidad de agua para consumo

Este criterio se refiere a la dotación de agua que debe considerarse según la forma seleccionada para la disposición sanitaria de excretas, siendo esta de 30 l/hab.d (agua de lluvia), entre 50 y 70 l/hab.d (opción tecnológica con disposición sanitaria de excretas sin arrastre hidráulico), entre 80 y 100 l/hab.d (opción tecnológica con disposición sanitaria de excretas con arrastre hidráulico), asimismo incluye la posibilidad de que la familia posea un pozo de agua dentro de su propiedad adicional a la forma de abastecimiento determinada por el proyecto de saneamiento rural. Las dotaciones a evaluar se clasifican en dos (02) grupos:

- **1er Grupo:** familias que se abastecen de agua, en la que la dotación se encuentra dentro de los 50 a los 70 l/hab.d ya que la opción tecnológica de disposición sanitaria de excretas no contempla el arrastre hidráulico.
- **2do Grupo:** familias que se abastecen de agua, en la que la dotación es mayor de 80 l/hab.d, pero no sobrepasa los 100 l/hab.d ya que la opción tecnológica de disposición sanitaria de excretas contempla el arrastre hidráulico.

Tabla 6

*Dotación de agua según forma de disposición de excretas.*

<b>Región Geográfica</b>	<b>Dotación - USB Sin Arrastre Hidráulico (l/hab.d)</b>	<b>Dotación - USB Con Arrastre Hidráulico (l/hab.d)</b>
Costa	60	90
Sierra	50	80
Selva	70	100

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018.

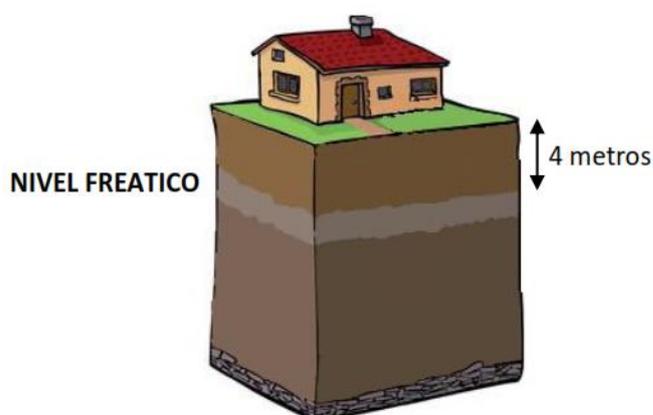
Tabla 7  
*Dotación de agua por tipo de abastecimiento.*

Tecnología No Convencional	Dotación (l/hab.d)
Agua de Lluvia	30

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018.

## 2. Nivel Freático

El tipo de opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas depende de la profundidad a la que se encuentra el nivel del agua subterránea con respecto al nivel del suelo, para aquellas zonas donde esta distancia sea mayor a cuatro (04) metros, puede considerarse soluciones de arrastre hidráulico, caso contrario si la distancia es menor a cuatro (04) metros, la opción tecnológica de disposición sanitaria de excretas será del tipo seca.



*Figura 13.* Máxima profundidad del nivel freático que define la opción tecnológica de disposición sanitaria de excretas.

Fuente: Norma Técnica del MVCS, 2018.

## 3. Pozo de agua para consumo humano

La zona seleccionada para la infiltración de la parte líquida de las aguas residuales tratadas o de las aguas grises, debe ubicarse a una distancia igual o mayor de 25 metros

de un pozo utilizado para el abastecimiento de agua, además de ello, el pozo siempre debe ubicarse por encima de la zona de infiltración; de seleccionarse una zona a menos de 25 metros de un pozo de agua, la opción tecnológica de disposición sanitaria de excretas debe ser del tipo seca.

#### **4. Zona inundable**

Es cuando ocurre un desborde de un cuerpo receptor o cuando la intensidad de lluvia inunda la zona de intervención por un tiempo prolongado menor a un año, o de manera permanente, en dicho caso la opción tecnológica de agua y disposición sanitaria de excretas que se seleccione debe ser posible de operar y mantener en dicho escenario.

#### **5. Disponibilidad de terreno**

Esta condición determina si la opción tecnológica de disposición de excretas a seleccionar será del tipo familiar o multifamiliar o en todo caso, considere que varios sistemas familiares compartan un sistema complementario de infiltración; en ningún caso se permite que un conjunto de sistemas familiares descarguen en una planta de tratamiento de algún tipo, dichos sistemas familiares ya deben incluir el tratamiento de las aguas residuales de forma individual.

#### **6. Suelo expansivo**

Se entiende como el tipo de suelo con bajo grado de saturación que en presencia de humedad aumenta considerablemente su volumen y lo recupera en ausencia de ésta, lo que puede ocasionar serios daños a estructuras enterradas en este tipo de suelo, es por ello que es necesaria la evaluación general de cada una de los terrenos circundantes a las viviendas seleccionadas, porque puede darse que un solo proyecto incluya varias opciones tecnológicas de disposición sanitaria de excretas diferentes. La evaluación

de este tipo de suelo, será en base a la Norma E.050, inclusive de ser poco profundo se puede reemplazar.

#### **7. Facilidad de excavación**

Se entiende como que el tipo de suelo de la zona seleccionada para la instalación de la opción tecnológica de disposición de excretas es rocoso, semirocoso o natural, clasificándolo en un suelo difícil o fácil de excavar. Si un tipo de suelo necesita varios tipos de herramienta o incluso procedimientos alternativos para romper roca, debe seleccionarse una opción tecnológica de disposición de excretas del tipo seca.

#### **8. Suelo fisurado**

Se entiende como el tipo de suelo que contiene grietas profundas, las cuales permiten una rápida infiltración del efluente tratado o aún sin tratamiento de la opción tecnológica de disposición sanitaria de excretas con arrastre hidráulico en el subsuelo, lo que pondría en riesgo la calidad de las aguas subterráneas que vayan a ser consumidas directamente.

#### **9. Suelo permeable**

Se entiende como el tipo de suelo que permite la infiltración de líquidos, en este caso, el efluente de las opciones tecnológicas de disposición sanitaria de excretas con o sin tratamiento, dicha permeabilidad será medida por el tiempo en que se demora bajar 1 centímetro (cm) según el test de percolación que se implemente, si el tiempo de percolación es superior a 12 minutos por centímetro, se debe elegir una opción tecnológica de disposición sanitaria de excretas del tipo seco, el procedimiento a seguir para el test de percolación se encuentra definido en la Norma IS.020 Tanques Sépticos.

#### **10. Vaciado del depósito de excretas**

Se refiere a que el usuario del servicio (adulto), puede vaciar el depósito de almacenamiento de excretas, para posteriormente aprovechar o eliminar las excretas extraídas sin poner en riesgo su salud o el medio ambiente de la comunidad o zonas aledañas. La evaluación de vaciado se realiza a los dos (02) tipos de opciones tecnológicas de disposición sanitaria de excretas, del tipo seco y de arrastre hidráulico.

#### **11. Aprovechamiento de residuos fecales**

Se refiere a que la familia se encuentra dispuesta a aprovechar directa o indirectamente los residuos fecales que se generarán en la opción tecnológica de disposición sanitaria de excretas que ha sido seleccionada. En caso no acepte aprovechar los residuos sólidos generados se seleccionará una opción tecnológica del tipo seca que no permita aprovechar los residuos fecales.

#### **12. Papel blando para limpieza anal**

Se refiere al tipo de papel para la limpieza anal que la familia optará por utilizar y si este es suave o degradable o duro y difícil de eliminar.

#### **13. Costos de mantenimiento**

Se considera si es que la familia es capaz de realizar un adecuado mantenimiento de la opción tecnológica de disposición sanitaria de excretas seleccionada. En el caso de una opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas con arrastre hidráulico, no existe mayor análisis puesto el costo de operación es cero (0) para la única propuesta considerada, sin embargo en el caso de una opción tecnológica del tipo seco, si corresponde un análisis, puesto existen dos (02) opciones.

#### 14. Aceptabilidad de la solución

La sostenibilidad de la opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas depende en mayor grado cuando la familia opera y mantiene la opción tecnológica implementada, es decir, además de los criterios técnicos y económicos a evaluar y que son utilizados para seleccionar la mejor opción tecnológica de disposición de excretas, debe considerarse un criterio basado en las costumbres y hábitos de las familias, es por ello, que en Asamblea la Comunidad debe aprobar la opción tecnológica que considere solución la disposición sanitaria de excretas.

En la Tabla 8, se detallan las combinaciones entre opciones tecnológicas para la disposición sanitaria de excretas y los sistemas complementarios para el tratamiento y disposición de los efluentes.

Tabla 8  
*Relación de combinaciones entre opciones tecnológicas para la disposición sanitaria de excretas y sistemas complementarios para la disposición de efluentes.*

Ítem	Código	Solución	Sistema complementario	Descripción
SS-01	UBS COM <sup>1</sup> - ZIN <sup>2</sup>	Del tipo Compostera de doble cámara	Zona de Infiltración	UBS Compostera (UBS COM) con disposición de aguas grises en Pozo de Absorción (PA) o Zanja de Percolación (ZP).
SS-02	UBS HSV <sup>3</sup> - ZIN	Del tipo Hoyo Seco Ventilado	Zona de Infiltración	UBS de Hoyo Seco Ventilado (UBS HSV) con disposición de aguas grises en PA o ZP.
SS-03	UBS COM - BJ	Del tipo Compostera de doble cámara	Humedal	UBS COM con disposición de aguas grises en el Humedal (BJ).
SS-04	UBS HSV – BJ	Del tipo Hoyo Seco Ventilado	Humedal	UBS HSV con disposición de aguas grises en BJ.
SS-05	UBS COM - ZIN <sup>2</sup> <sup>4</sup>	Del tipo Compostera de doble cámara	Zona de Infiltración	UBS COM con disposición de aguas grises en PA o ZP, incluyendo un tratamiento del suelo por suelo fisurado.
SS-06	UBS HSV - ZIN <sup>2</sup>	Del tipo Hoyo Seco Ventilado	Zona de Infiltración	UBS HSV con disposición de aguas grises en PA o ZP, incluyendo un tratamiento del suelo por suelo fisurado.
SS-07	UBS COM - BJ <sup>2</sup> <sup>5</sup>	Del tipo Compostera de doble cámara	Humedal	UBS COM con disposición de aguas grises en BJ, incluyendo un tratamiento del suelo por suelo fisurado.

<sup>1</sup> USB COM – Tecnología de saneamiento del tipo compostera de doble cámara.

<sup>2</sup> ZIN - Zona de infiltración, dependiendo del test de percolación puede ser un Pozo de Absorción (PA) o una Zanja de Percolación (ZI).

<sup>3</sup> USB HSV - Tecnología del tipo de Hoyo Seco Ventilado.

<sup>4</sup> ZIN2 - Zona de infiltración habilitada en un suelo fisurado previamente acondicionado.

<sup>5</sup> BJ2 - Humedal habilitada en un suelo fisurado previamente acondicionado.

Ítem	Código	Solución	Sistema complementario	Descripción
SS-08	UBS HSV - BJ2	Del tipo Hoyo Seco Ventilado	Humedal	UBS HSV con disposición de aguas grises en BJ, incluyendo un tratamiento del suelo por suelo fisurado.
SS-09	UBS COM - ZIN <sup>3</sup> <sup>6</sup>	Del tipo Compostera de doble cámara	Zona de Infiltración	UBS COM con disposición de aguas grises en PA o ZP, incluyendo una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.
SS-10	UBS HSV - ZIN <sup>3</sup>	Del tipo Hoyo Seco Ventilado	Zona de Infiltración	UBS HSV con disposición de aguas grises en PA o ZP, incluyendo una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.
SS-11	UBS COM - BJ <sup>3</sup> <sup>7</sup>	Del tipo Compostera de doble cámara	Humedal	UBS COM con disposición de aguas grises en BJ, incluyendo una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.
SS-12	UBS HSV - BJ3	Del tipo Hoyo Seco Ventilado	Humedal	UBS de HSV con disposición de aguas grises en BJ, incluyendo una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.
SS-13	UBS COM - ZIN <sup>4</sup> <sup>8</sup>	Del tipo Compostera de doble cámara	Zona de Infiltración	UBS COM con disposición de aguas grises en PA o ZP, incluyendo un tratamiento del suelo por suelo fisurado y una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.
SS-14	UBS HSV - ZIN <sup>4</sup>	Del tipo Hoyo Seco Ventilado	Zona de Infiltración	UBS HSV con disposición de aguas grises en PA o ZP, incluyendo un tratamiento del suelo por suelo fisurado y una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.
SS-15	UBS COM - BJ <sup>4</sup> <sup>9</sup>	Del tipo Compostera	Humedal	UBS COM con disposición de aguas grises en BJ, incluyendo un tratamiento del suelo por suelo fisurado y una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.
SS-16	UBS HSV - BJ4	Del tipo Hoyo Seco Ventilado	Humedal	UBS HSV con disposición de aguas grises en BJ, incluyendo un tratamiento del suelo por suelo fisurado y una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.
SS-17	UBS COM <sup>2</sup> <sup>10</sup> - BJ <sup>5</sup> <sup>11</sup>	Del tipo Compostera de doble cámara	Humedal	UBS COM familiar flotante con disposición de aguas grises en BJ del tipo familiar y flotante.
SS-18	UBS COM <sup>3</sup> <sup>12</sup> - BJ <sup>6</sup> <sup>13</sup>	Del tipo Compostera de doble cámara	Humedal	UBS COM multifamiliar flotante con disposición de aguas grises en BJ del tipo multifamiliar y flotante.
SS-19	UBS TSM <sup>14</sup> - ZIN	Del tipo Tanque Séptico Mejorado	Zona de infiltración	UBS con Tanque Séptico Mejorado (UBS TSM) con disposición de aguas grises en PA o ZP.

<sup>6</sup> ZIN3 - Zona de infiltración habilitada para recibir el efluente de varias unidades de soluciones de saneamiento del tipo compostera o de hoyo seco ventilado.

<sup>7</sup> BJ3 - Humedal habilitada para recibir el efluente de varias unidades de soluciones de saneamiento del tipo compostera o de hoyo seco ventilado.

<sup>8</sup> ZIN4 - Zona de infiltración habilitada en un suelo fisurado previamente acondicionado y para recibir el efluente de varias unidades de soluciones de saneamiento del tipo compostera o de hoyo seco ventilado.

<sup>9</sup> BJ4 - Humedal habilitada en un suelo fisurado previamente acondicionado y para recibir el efluente de varias unidades de soluciones de saneamiento del tipo compostera o de hoyo seco ventilado.

<sup>10</sup> UBS COM2 - UBS COM del modelo flotante para zonas inundables para la atención de una sola familia.

<sup>11</sup> BJ5 - Humedal del modelo flotante para atención de sólo una unidad de UBS COM.

<sup>12</sup> UBS COM3 - UBS COM del modelo flotante para zonas inundables para la atención de varias familias.

<sup>13</sup> BJ6 - Humedal del modelo flotante para atención de varias unidades de UBS COM.

<sup>14</sup> UBS TSM en base al uso de un producto prefabricado en polietileno y diseñado en base a la Norma IS.020 Tanques Sépticos.

Ítem	Código	Solución	Sistema complementario	Descripción
SS-20	UBS TSM - ZIN2	Del tipo Tanque Séptico Mejorado	Zona de infiltración	UBS TSM con disposición de aguas grises en PA o ZP, incluyendo un tratamiento del suelo por suelo fisurado.
SS-21	UBS HSV2 <sup>15</sup> - ZIN2	Del tipo Hoyo Seco Ventilado	Zona de infiltración	UBS HSV con disposición de aguas grises en PA o ZP, incluyendo un tratamiento del suelo por suelo fisurado y una zona de filtración
SS-22	UBS TSM - ZIN3	Del tipo Tanque Séptico Mejorado	Zona de infiltración	UBS TSM con disposición de aguas grises en PA o ZP, incluyendo una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.
SS-23	UBS TSM - ZIN4	Del tipo Tanque Séptico Mejorado	Zona de infiltración	UBS TSM con disposición de aguas grises en PA o ZP, incluyendo un tratamiento del suelo por suelo fisurado y una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.
SS-24	UBS COM - ZIN4	Del tipo Compostera	Zona de infiltración	USB COM con disposición de aguas grises en PA o ZP, incluyendo un tratamiento del suelo por suelo fisurado y una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.
SS-25	UBS HSV2 - ZIN4	Del tipo Hoyo Seco Ventilado	Zona de infiltración	USB HSV con tratamiento del suelo por suelo fisurado, con disposición de aguas grises en PA o ZIN incluyendo un tratamiento del suelo por suelo fisurado y una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.
SS-26	UBS COM2 <sup>16</sup> - BJ3	Del tipo Hoyo Seco Ventilado	Humedal	UBS COM del tipo flotante familiar, con disposición de aguas grises en BJ, incluyendo una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.
SS-27	UBS COM3 <sup>17</sup> - BJ3	Del tipo Hoyo Seco Ventilado	Humedal	UBS COM del tipo flotante familiar, con disposición de aguas grises en BJ, incluyendo una zona de filtración compartida para varias unidades de opciones tecnológicas.

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018.

#### 2.2.1.4.2. Algoritmo de selección

Para seleccionar el sistema de disposición sanitaria de excretas, según la disponibilidad de agua para consumo (1er Grupo o 2do Grupo), se utiliza los algoritmos establecidos en la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018.

<sup>15</sup> UBS HSV2 - Tecnología del tipo de hoyo seco ventilado, pero con tratamiento del suelo por fisuras.

<sup>16</sup> UBS COM2 - Tecnología del tipo compostera adaptada para una zona inundable para atención de una familia.

<sup>17</sup> UBS COM3 - Tecnología del tipo compostera adaptada para una zona inundable para atención de varias familias.

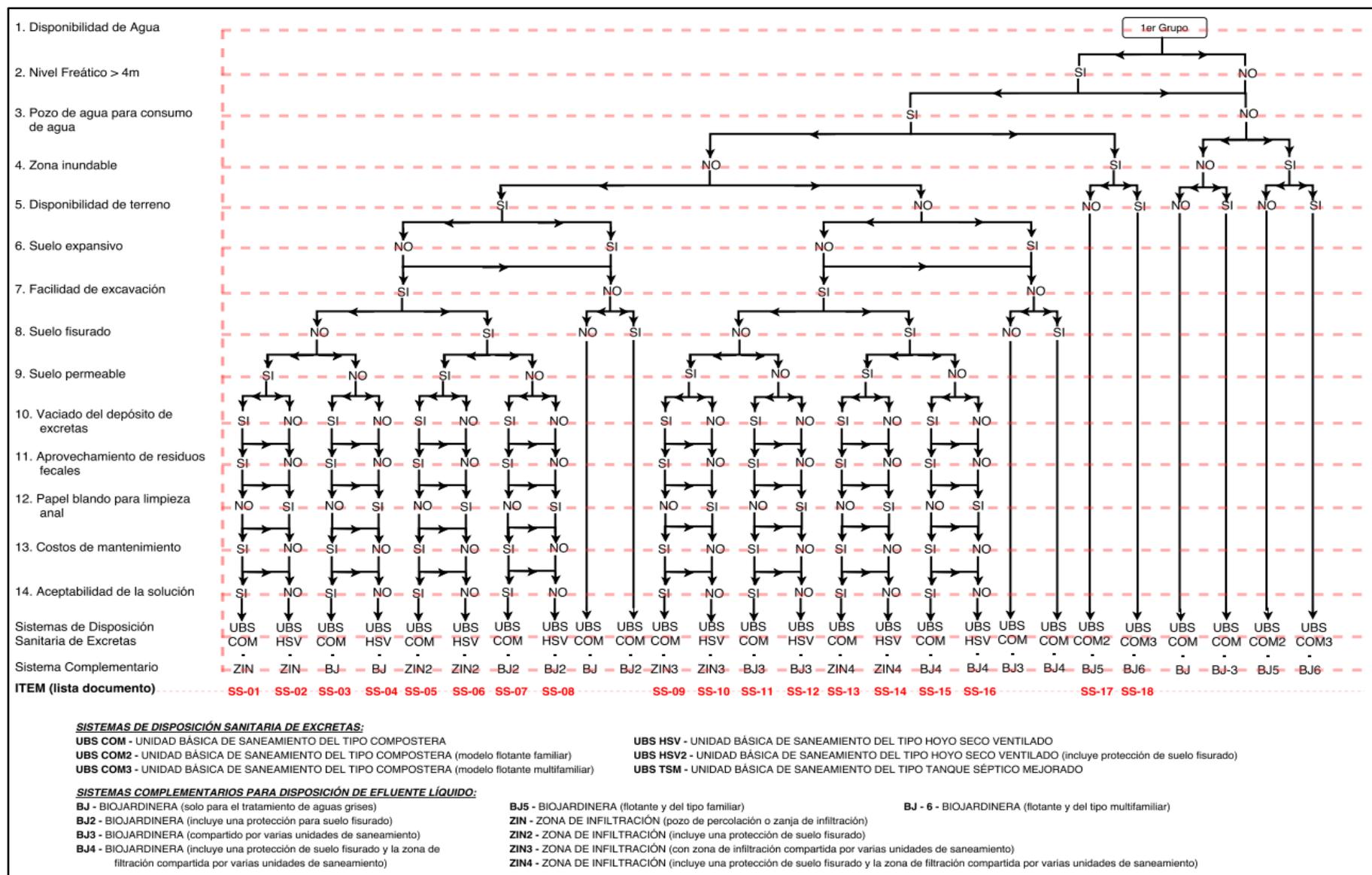


Figura 14. Algoritmo de selección de sistemas de disposición sanitaria de excretas para el ámbito rural - 1er Grupo.

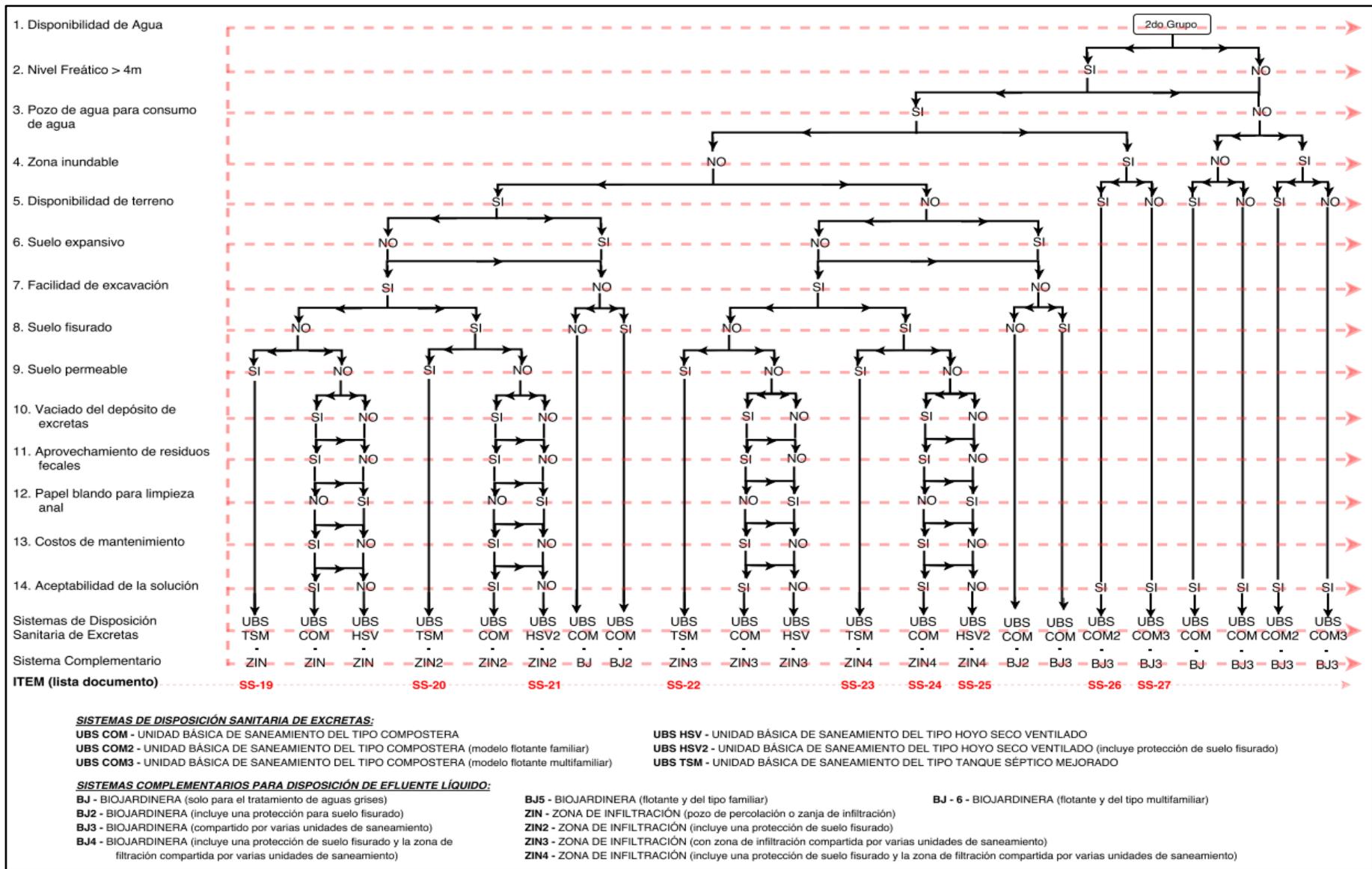


Figura 15. Algoritmo de selección de sistemas de disposición sanitaria de excretas para el ámbito rural - 2do Grupo.

### 2.1.3. Sistemas de Alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado aplicables al medio rural, son soluciones técnicas de tipo colectivo, los cuales recolectan y transportan las aguas residuales hasta una unidad de tratamiento. A continuación se detallan dichos sistemas, los cuales están contenidos en la Guía para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado (OPS/CEPIS/05.169/UNATSABAR, 2005).

Tabla 9  
*Opciones tecnológicas para sistemas de alcantarillado.*

<b>Tipo de Solución</b>	<b>Opción Tecnológica</b>	<b>Sistema de Tratamiento y Disposición</b>
Colectivo	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Alcantarillado convencional.</li><li>✓ Alcantarillado simplificado (RAS).</li><li>✓ Alcantarillado de pequeño diámetro.</li><li>✓ Alcantarillado condominial.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)</li></ul>

Fuente: Elaboración propia.

#### 2.1.3.1. Alcantarillado convencional

Los sistemas convencionales de alcantarillado son el método más popular para la recolección y conducción de las aguas residuales. Está constituido por redes colectoras que son construidas, generalmente, en la parte central de calles y avenidas e instaladas en pendiente, permitiendo que se establezca un flujo por gravedad desde las viviendas hasta la planta de tratamiento (Figura 16), están compuestos por los siguientes componentes:

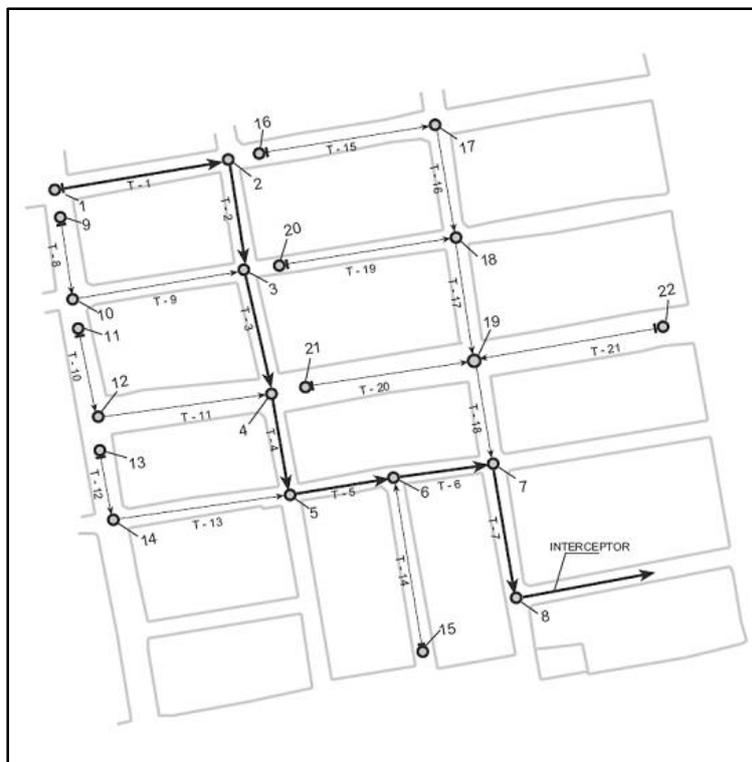
Conexiones domiciliarias: se conecta con la red de desagüe de las viviendas, con la finalidad de transportar las aguas residuales desde ellas a las alcantarillas más cercanas.

Buzones de inspección: son el componente complementario más importante, se ubican principalmente en la intersección de colectores, en el comienzo de todo colector, en los

tramos rectos de colectores a una distancia hasta de 250 m. La principal función de estas cámaras es la limpieza de los colectores para evitar su obstrucción.

Colectores: son generalmente de 200 mm o de mayor diámetro, siendo excepcionales los de 150 mm, y son normalmente instalados a una profundidad mínima de 1 m.

La profundidad de los buzones y de los colectores, dependerá de la topografía del área de intervención, lo cual influirá en los costos de su implementación.



**Figura 16.** Esquema de una red de alcantarillado convencional.

Fuente: OPS/CEPIS/05.169/UNATSABAR, 2005.

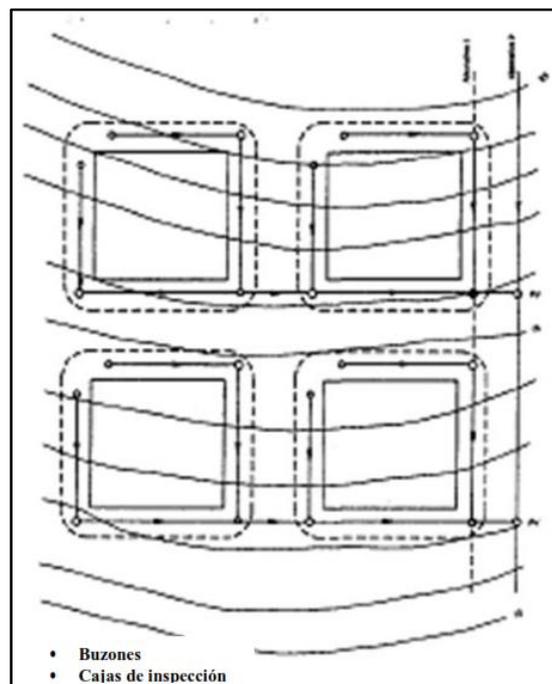
### 2.1.3.2. Alcantarillado simplificado (RAS)

Las redes de alcantarillado simplificado (RAS) están formadas por un conjunto de tuberías y accesorios que tienen la finalidad de coleccionar y transportar los desechos, bajo condiciones técnicas y sanitarias adecuadas, y a un costo accesible a las poblaciones de bajos ingresos, que normalmente son las beneficiarias del sistema.

Las RAS, se diseñan bajo los mismos criterios hidráulicos que las redes convencionales, sólo se diferencian de ellas en la simplificación y minimización del uso de materiales y de los criterios constructivos. La principal ventaja del alcantarillado simplificado, es la reducción de los costos de construcción, principalmente, a través de la minimización de la profundidad de las excavaciones para los colectores y el empleo de dispositivos simplificados de inspección.

Las aguas residuales recolectadas y transportadas por redes simplificadas deberán ser conectadas a una red de alcantarillado convencional, para su conducción hasta el punto de disposición final. Asimismo, la aplicación de este sistema de alcantarillado se recomienda para poblaciones que tengan una densidad poblacional mayor a 150 hab/ha y un consumo de agua per cápita de por lo menos 60 l/hab/día.

Los costos de construcción del alcantarillado de redes simplificadas son 20% a 30% inferiores a los costos de un alcantarillado convencional.



**Figura 17.** Esquema de una red de alcantarillado simplificado.

Fuente: OPS/CEPIS/05.169/UNATSABAR, 2005.

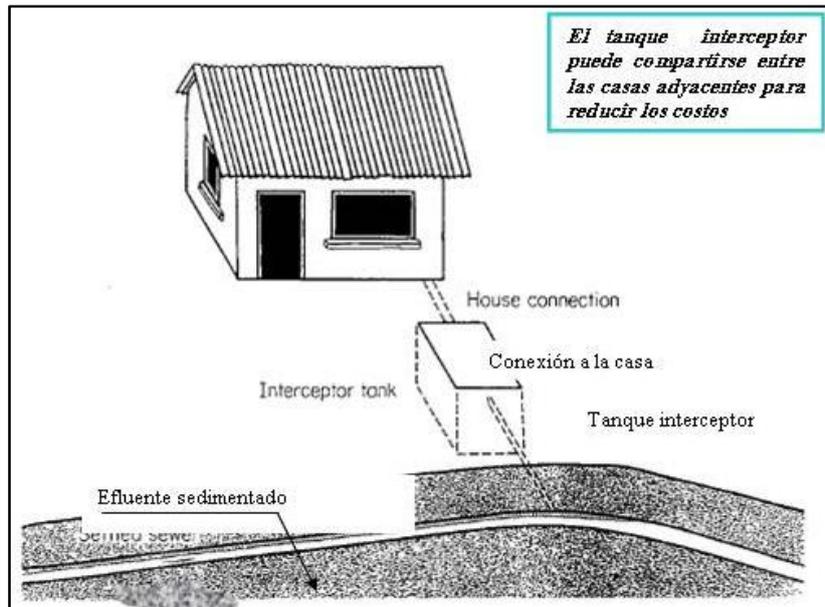
### **2.1.3.3. Alcantarillado de pequeño diámetro**

Los sistemas de alcantarillados de pequeño diámetro, están diseñados a fin de que los colectores sólo reciban la porción líquida de las aguas residuales domésticas para su disposición y tratamiento. La arena, grasa y otros sólidos que podrían obstruir los tubos son separados del flujo de desechos en tanques interceptores instalados aguas arriba de cada conexión a los colectores; los sólidos que se acumulan en los tanques se extraen periódicamente para su disposición segura (Figura 18).

El sistema de alcantarillado de pequeño diámetro es un sistema que se adapta mejor para pequeñas comunidades, zonas periféricas, poblados costeros, etc. Se ha aplicado a lugares de baja densidad demográfica, a grandes terrenos en donde el suelo tiene bajos coeficientes de infiltración. El sistema también es apropiado para un grupo aislado de casas y asentamiento rurales. En los Estados Unidos existen ejemplos corrientes que están prestando servicios de 10 a 100 casas.

Además, estos sistemas son más eficientes en cuanto al costo cuando la densidad de las viviendas es reducida, el terreno presenta ondulaciones de magnitud moderada, y la elevación final del sistema es menor a toda o casi toda el área de servicio. Los sistemas también pueden ser efectivos en donde el terreno es demasiado plano para instalar alcantarillados convencionales sin que se requieran excavaciones profundas, en donde el suelo es rocoso o inestable o en donde el nivel freático es elevado.

Este sistema es apropiado para que las comunidades tengan un bajo consumo de agua, quizás menores a 30 l/hab/día.



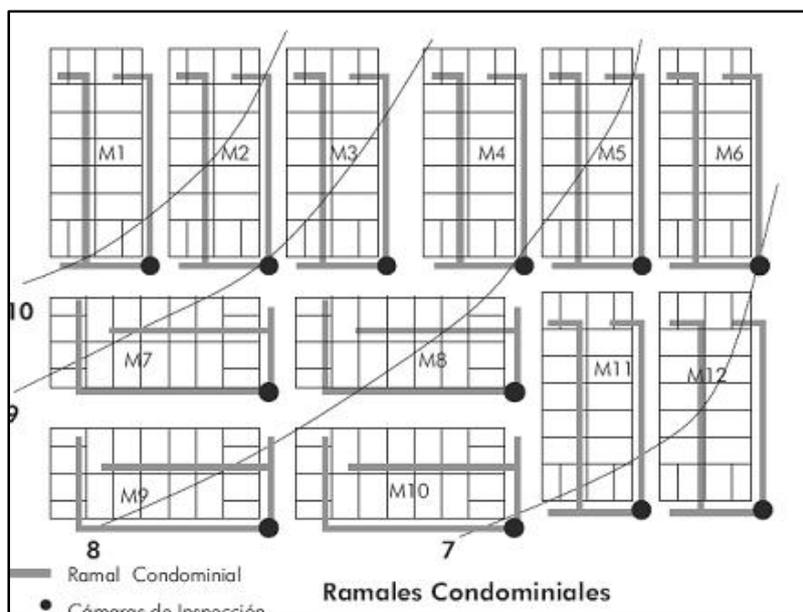
**Figura 18.** Esquema del alcantarillado de pequeño diámetro.

Fuente: OPS/CEPIS/05.169/UNATSABAR, 2005.

#### **2.1.3.4. Alcantarillado condominial**

El sistema de alcantarillado condominial se origina en Brasil en la década de los años 80 como una alternativa de menor costo al sistema convencional. En este sistema, los colectores frecuentemente son tendidos interiormente a las viviendas, partiendo de las instalaciones sanitarias del lote, siguiendo el recorrido más favorable de acuerdo a la pendiente del terreno y evitando excavaciones profundas. Las redes también podrán ser trazadas exteriormente a las viviendas, a través de jardines y veredas, como en el alcantarillado simplificado. De esta manera es posible obtener ahorros sustanciales en cuanto a la longitud, el diámetro y la profundidad de las tuberías empleadas.

Las aguas residuales recolectadas y transportadas por las redes condominiales serán descargadas a una red principal, la cual podrá ser diseñada bajo los criterios de una red convencional (Figura 19). Por otro lado, al igual que el sistema simplificado, el alcantarillado condominial será apropiado para zonas de alta densidad poblacional y donde el consumo de agua sea por lo menos 60 l/hab/día.



**Figura 19.** Esquema de una red de alcantarillado condominial.

Fuente: OPS/CEPIS/05.169/UNATSABAR, 2005.

### 2.1.3.5. Parámetros de diseño

#### 2.1.3.5.1. Periodo de diseño

Para sistemas de alcantarillado en el medio rural se recomienda asumir periodos de diseño relativamente cortos, del orden de 20 años, considerando la construcción por etapas, con el fin que se reduzca al mínimo y se puedan ajustar los posibles errores en las estimaciones de crecimiento de población y su consumo de agua.

Otro criterio que podría considerarse, es el que relaciona el periodo de diseño con el tamaño de la población del proyecto, tal como se muestra a continuación:

- Localidades de 1 000 a 15 000 habitantes: 10 a 15 años.
- Localidades de 15 000 a 50 000 habitantes: 15 a 20 años.

#### 2.1.3.5.2. Población beneficiaria

La cantidad de alcantarillado sanitario que se construirá en una comunidad depende de la población beneficiada y de su distribución espacial. Los tipos de población que normalmente se toman en cuenta son:

Población actual: es la población existente en el momento de la elaboración de los diseños de ingeniería.

Población al inicio del proyecto: es la población que va a existir en el área estudiada al inicio del funcionamiento de las redes. Cabe observar que entre la población actual y esta población puede haber una diferencia significativa, en función del tiempo de implantación de las obras.

Población al fin del proyecto: es la población que va a contribuir para el sistema de alcantarillado, al final del período de diseño.

Para estimar estas poblaciones, serán necesarios, por lo menos, los dos estudios que se explican a continuación. Los resultados de ambos deberán evaluarse y definir la opción más probable:

El primer estudio pondrá énfasis en la población futura, resultante de la ocupación total del área de acuerdo al plan maestro de desarrollo urbano o plan regulador de uso de suelo establecido por el municipio. El resultado será la población de saturación, producto del número de viviendas por la densidad de ocupación prevista; pero sin referencia temporal.

El segundo estudio se relaciona con el crecimiento de la población en función del tiempo, a partir de la población verificada al inicio mediante datos censales en el área de estudio y tasas de crecimiento anual, sin considerar las limitaciones del plan regulador. El especialista deberá tener cierta precaución en utilizar la tasa promedio más representativa del crecimiento de la población en base a datos censales otorgadas por el organismo oficial que regula estos indicadores.

### 2.1.3.5.3. Dotación

Los estimados de los flujos de aguas residuales provenientes de las viviendas se basan comúnmente en el consumo de agua de la familia. Por esto, para diseñar el sistema de alcantarillado, habrá que definir la dotación de agua potable por habitante. La dotación, a su vez, dependerá del clima, el tamaño de la población, características económicas, culturales, información sobre el consumo medido en la zona, etc.

El agua que se consume en las casas de bajos ingresos lo es sustancialmente para fines higiénicos y alimenticios. Existe en la literatura brasileña un estudio publicado en 1905, que estableció el consumo promedio diario por individuo (Tabla 10) y que está muy próximo a los consumos actualmente observados empíricamente en las áreas pobres del Brasil, pudiendo admitirse como referencia en los cálculos de las redes de alcantarillado. De cualquier modo, siempre que fuera posible, se deberá emplear datos que se puedan obtener en la misma área de estudio.

Tabla 10  
*Consumo promedio diario de agua por individuo.*

<b>Naturaleza</b>	<b>Consumo (l/hab/día)</b>
Bebida	2
Preparación de alimentos	6
Lavado de utensilios	2 – 9
Lavado de manos y cara	5
Baño	10 – 30
Lavado de ropa	1 -15
Limpieza de recipientes sanitarios	9 - 10
Pérdidas eventuales	6 – 13
<b>Total</b>	<b>50 - 90</b>

Fuente: OPS/CEPIS/05.169/UNATSABAR, 2005.

Quizás uno de los factores que más influye en el consumo de agua de una población sea su nivel de ingresos, en la Tabla 11 se muestra, como referencia, niveles de ingreso y su respectivo consumo de agua.

Tabla 11  
*Ingreso y dotación de agua.*

<b>Tipo de área a ser atendida según nivel de ingresos</b>	<b>Dotación per cápita (l/hab/día)</b>
Alto	250 - 180
Medio	180- 120
Bajo	120 - 80

Fuente: OPS/CEPIS/05.169/UNATSABAR, 2005.

No se deben considerar factibles los flujos que excedan los 120 l/hab/día en las comunidades de bajos ingresos, ya que indican un fuerte derroche de agua, suponer valores mayores de consumo son injustificados y conducirá a soluciones excesivamente costosas y, por consiguiente, inalcanzables.

#### **2.1.3.5.4. Caudal de aguas residuales**

Para determinar el caudal de aguas residuales que se utilizará en el diseño de los sistemas de alcantarillado, se debe considera los siguientes factores:

##### **Factor de retorno (C)**

La cantidad de aguas residuales generada por una comunidad es menor a la cantidad de agua potable que se le suministra, debido a que existen pérdidas a través del riego de jardines, abrevado de animales, limpieza de viviendas y otros usos externos. El porcentaje de agua distribuida que se pierde y no ingresa a las redes de alcantarillado, depende de diversos factores, entre los cuales están: los hábitos y valores de la población, las características de la comunidad, la dotación de agua, y las variaciones del consumo según las estaciones climáticas de la población. En áreas áridas de Estados Unidos, por ejemplo, el factor de retorno es tan pequeño como 0.4, mientras que en las zonas peri urbanas de Brasil es mayor, 0.8, sin embargo, en los proyectos se han empleados valores más bajos, 0.65. Es recomendable estimar este factor en base a información y estudios

locales, sin embargo, cuando no puedan ser realizados es recomendable asumir valores entre 0.80 a 0.85.

### Caudal de infiltración (Qi)

El caudal de infiltración incluye el agua del subsuelo que penetra las redes de alcantarillado, a través de las paredes de tuberías defectuosas, uniones de tuberías, conexiones, y las estructuras de los pozos de visita, cajas de paso, terminales de limpieza, etc.

El caudal de infiltración se determinará considerando los siguientes aspectos:

- Altura del nivel freático sobre el fondo del colector.
- Permeabilidad del suelo y cantidad de precipitación anual.
- Dimensiones, estado y tipo de alcantarillas, y cuidado en la construcción de cámaras de inspección.
- Material de la tubería y tipo de unión.

En la Tabla 12, se recomienda tasas de infiltración en base al tipo de tubería, al tipo de unión y la situación de la tubería respecto a las aguas subterráneas.

Tabla 12  
*Valores de infiltración en tuberías.*

Unión	Caudales de Infiltración (l/s/km)							
	Tubo de cemento		Tubo de arcilla		Tubo de arcilla vitrificada		Tubo de PVC	
	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma
Nivel Freático bajo	0.5	0.2	0.5	0.1	0.2	0.1	0.1	<b>0.05</b>
Nivel Freático alto	0.8	0.2	0.7	0.1	0.3	0.1	0.15	0.5

Fuente: OPS/CEPIS/05.169/UNATSABAR, 2005.

### **Caudal por conexiones erradas ( $Q_e$ )**

Se deben considerar los caudales provenientes de malas conexiones o conexiones erradas, así como las conexiones clandestinas de patios domiciliarios que incorporan al sistema aguas pluviales. El caudal por conexiones erradas puede ser del 5% al 10% del caudal máximo horario de aguas residuales.

### **Caudales concentrados ( $Q_c$ )**

Son contribuciones debido a instalaciones no habitacionales que presentan un consumo bastante superior al doméstico, son caudales sobre todo correspondientes a descargas de industrias pequeñas o de establecimientos comerciales.

### **Coefficiente de flujo máximo ( $K$ )**

La relación entre el caudal medio diario y el caudal máximo horario se denomina “coeficiente de flujo máximo”. Este coeficiente varía de acuerdo a los mismos factores que influye en la variación de los caudales de abastecimiento de agua (clima, patrón de vida, hábitos, etc.), pero es afectado en menor intensidad, en función al porcentaje de agua suministrada que retorna a las alcantarillas y al efecto regulador del flujo a lo largo de los conductos de alcantarillado, que tiende a disminuir los caudales máximos y a elevar los mínimos.

El coeficiente de flujo máximo podrá ser obtenido mediante las siguientes ecuaciones, es importante observar que este coeficiente tiene una relación inversa con el tamaño de la población:

$$K = \frac{Q_{max}}{Q_{med}} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (\text{Harmon})$$

$$K = \frac{Q_{max}}{Q_{med}} = \frac{5}{P^{0.2}} \quad (\text{Babbit})$$

$$K = \frac{Q_{max}}{Q_{med}} = \frac{7}{p^{0.1}} \quad (\text{Flores})$$

$$K = K_1 \times K_2$$

Donde:

P = Población en millares de habitantes.

p = Población en habitantes.

K1 = Relación entre caudal máximo diario y el caudal medio diario, igual a 1,2.

K2 = Relación entre caudal máximo horario y el caudal medio horario, igual a 1,5.

### Caudal de diseño

Los caudales que discurrirán a través de las redes de alcantarilla para el inicio y fin del proyecto se calculan de la siguiente manera:

#### ✓ Caudal medio

$$Q_{med} = \frac{C \times P \times \text{Dot}}{86400}$$

Donde:

Q = Caudal medio.

C = Coeficiente de retorno (0.80)

P = Población que puede ser de acuerdo al cálculo del caudal máximo o mínimo.

Pi = Población al iniciar el funcionamiento del sistema.

Pf = Población para el alcance del proyecto.

Dot = Consumo promedio de agua, en litros por persona por día.

#### ✓ Caudal máximo horario

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

Donde:

$Q_{mh}$  = Caudal máximo horario

$K$  = Coeficiente de flujo máximo

✓ Caudal de diseño

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

Donde:

$Q_{mh}$  = Caudal máximo horario.

$Q_i$  = Caudal de infiltración.

$Q_e$  = Caudal por conexiones erradas.

$Q_c$  = Caudal concentrado en un punto de las redes.

✓ Caudal por tramos en la red

Para el cálculo del caudal en cada tramo de la red, se debe tomar el caudal máximo de contribución ( $Q_{mh}$ ), luego dividirla por el tamaño total de la red, obteniendo el caudal unitario ( $Q_u$ ), en L/s.km de red:

$$Q_u = \frac{Q_{mh}}{L}$$

Donde:

$L$  = Tamaño de la red.

Para el cálculo de la contribución de desagües en un tramo, basta multiplicar el tamaño de la red aguas arriba, incluyendo el tramo en cálculo, por el caudal unitario y por la tasa de infiltración ( $Q_i$ ), sumando a continuación los caudales concentrados que han sido descargados en la red:

$$Q = (Q_u + T_i)L_m + Q_c$$

Donde:

$L_m$  = Tamaño de la red aguas arriba, que incluye el tramo en cálculo.

Existe otro método para el cálculo de caudales en cada tramo de la red, en el cual los caudales para el diseño de cada tramo serán obtenidos en función a su área tributaria. Para la delimitación de áreas se tomará en cuenta el trazado de colectores, asignando áreas proporcionales de acuerdo a las figuras geométricas que el trazado configura, la unidad de medida será la hectárea (Ha).

El caudal de diseño será el que resulte de multiplicar el caudal unitario (l/s/Ha) por su área correspondiente. El tramo podrá recibir caudales adicionales de aporte no doméstico (industria, comercio y público) como descarga concentrada.

#### **2.1.4. Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales**

Las unidades que se emplean para tratar las aguas residuales son muchas, hay de todo tipo, de toda clase y de todo costo. Sin embargo, en zonas rurales, el uso de tecnologías avanzadas no es factible por diferentes motivos.

A continuación, se detallan los sistemas de tratamiento de aguas residuales para zonas rurales contenidos en la Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización (OPS/CEPIS/05.163/UNATSABAR, 2005) y la Norma OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, 2006.

##### **2.1.4.1. Tanque séptico**

Los tanques sépticos se utilizarán por lo común para el tratamiento de las aguas residuales de familias que habitan en localidades que no cuentan con servicios de alcantarillado o

que la conexión al sistema de alcantarillado les resulta costosa por su lejanía. El uso de tanques sépticos se permitirá en localidades rurales, urbanas y urbano-marginales.

Las aguas residuales pueden proceder exclusivamente de las letrinas con arrastre hidráulico o incluir también las aguas grises domésticas (generadas en duchas, lavaderos, etc.).

El tanque séptico con su sistema de eliminación de efluentes (sistema de infiltración), presenta muchas de las ventajas del alcantarillado tradicional. No obstante, es más costoso que la mayor parte de los sistemas de saneamiento in situ. También requiere agua corriente en cantidad suficiente para que arrastre todos los desechos a través de los desagües hasta el tanque.

Los desechos de las letrinas con arrastre hidráulico, y quizás también de las cocinas y de los baños, llegan a través de desagües a un tanque séptico estanco y herméticamente cerrado, donde son sometidos a tratamiento parcial. Tras un cierto tiempo, habitualmente de 1 a 3 días, el líquido parcialmente tratado sale del tanque séptico y se elimina, a menudo en el suelo, a través de pozos de percolación o de zanjas de infiltración. Muchos de los problemas que plantean los tanques sépticos se deben a que no se tiene suficientemente en cuenta la eliminación del efluente procedente del tanque séptico.

El material sedimentado forma en la parte inferior del tanque séptico una capa de lodo, que debe extraerse periódicamente. La eficiencia de la eliminación de los sólidos por sedimentación puede ser grande, Majumder y sus colaboradores (1960) informaron de la eliminación del 80% de los sólidos en suspensión en tres tanques sépticos de Bengala occidental, y se han descrito tasas de eliminación similares en un solo tanque cerca de Bombay. Sin embargo, los resultados dependen en gran medida del tiempo de retención, los dispositivos de entrada y salida y la frecuencia de extracción de lodos (período de

limpieza del tanque séptico). Si llegan repentinamente al tanque grandes cantidades de líquido, la concentración de sólidos en suspensión en el efluente puede aumentar temporalmente, debido a la agitación de los sólidos ya sedimentados.

El líquido contenido en el tanque séptico experimenta transformaciones bioquímicas, pero se tiene pocos datos sobre la destrucción de los agentes patógenos. Tanto Majumber y sus colaboradores (1960) hallaron que, aunque los tanques sépticos estudiados habían destruidos del 80% al 90% de los huevos de anquilostomas y Áscaris, en términos absolutos el efluente aun contenía grandes cantidades de huevos viables, que estaban presentes en el 90% de las muestras.

#### **Ventajas:**

- Apropiado para comunidades rurales, edificaciones, condominios, hospitales, etc.
- Su limpieza no es frecuente.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Mínimo grado de dificultad en operación y mantenimiento si se cuenta con infraestructura de remoción de lodos.

#### **Desventajas:**

- De uso limitado para un máximo de 350 habitantes.
- También de uso limitado a la capacidad de infiltración del terreno que permita disponer adecuadamente los efluentes en el suelo.
- Requiere facilidades para la remoción de lodos (bombas, camiones con bombas de vacío, etc.).

#### **2.1.4.2. Tanque imhoff y lecho de secado**

El tanque imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos.

Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y a digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara.

Los tanques imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena.

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

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas.

Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de la sedimentación. Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación.

Los lodos acumulados en el digestor se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secado, en donde el contenido de humedad se reduce por infiltración, después de lo cual se retiran y dispone de ellos enterrándolos o pueden ser utilizados para mejoramiento de los suelos.

### **Ventajas:**

- Contribuye a la digestión de lodo, mejor que en un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características.
- No descargan lodo en el líquido efluente, salvo en casos excepcionales.
- El lodo se seca y se evacúa con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad.
- Las aguas servidas que se introducen en los tanques imhoff, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenillas.
- El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Para su construcción se necesita poco terreno en comparación con las lagunas de estabilización.
- Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos para evitar la contaminación de las corrientes.

### **Desventajas:**

- Son estructuras profundas (>6m).

- Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando esté vacío.
- El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto.

Conocidas las ventajas y desventajas del tanque imhoff, quedará a criterio del especialista evaluar si es conveniente emplear esta unidad, en la localidad donde se desea tratar las aguas residuales de uso doméstico.

Cabe resaltar que esta alternativa resulta adecuada en caso no se cuente con grandes áreas de terreno para poder construir un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, como es el caso de las lagunas de estabilización, además de que el tanque imhoff deberá estar instalado alejado de la población, debido a que produce malos olores.

El tanque imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 35%. Los lodos acumulados en el digester del tanque imhoff se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secados.

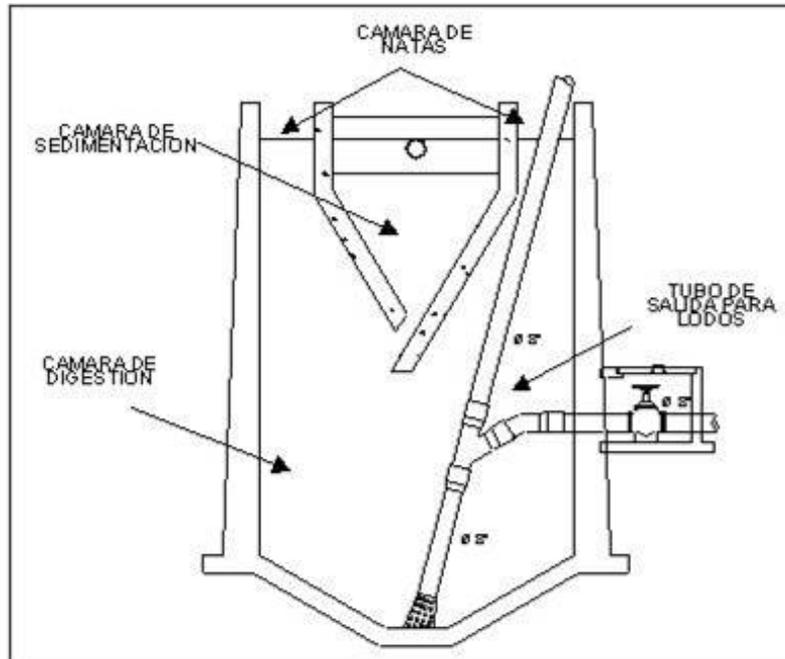
Debido a esta baja remoción de la DBO y coliformes, lo que se recomendaría es enviar el efluente hacia una laguna facultativa para que haya una buena remoción de microorganismos en el efluente.

### **Diseño de tanque imhoff**

Para el dimensionamiento de tanque imhoff se tomarán en consideración los criterios de la Norma OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, RNE (2006).

El tanque imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos:

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



**Figura 20.** Tanque Imhoff.

Fuente: OPS/CEPIS/05.163/UNATSABAR, 2005.

Además de estos compartimientos se tendrá que diseñar el lecho de secados de lodos.

**a) Diseño del sedimentador**

- ✓ Caudal de diseño, m<sup>3</sup>/hora

$$Qp = \frac{Población \times Dotación}{1000} \times \% \text{ontribución}$$

Dotación, en litro/hab/día.

- ✓ Área del sedimentador (As, en m<sup>2</sup>)

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

Donde:

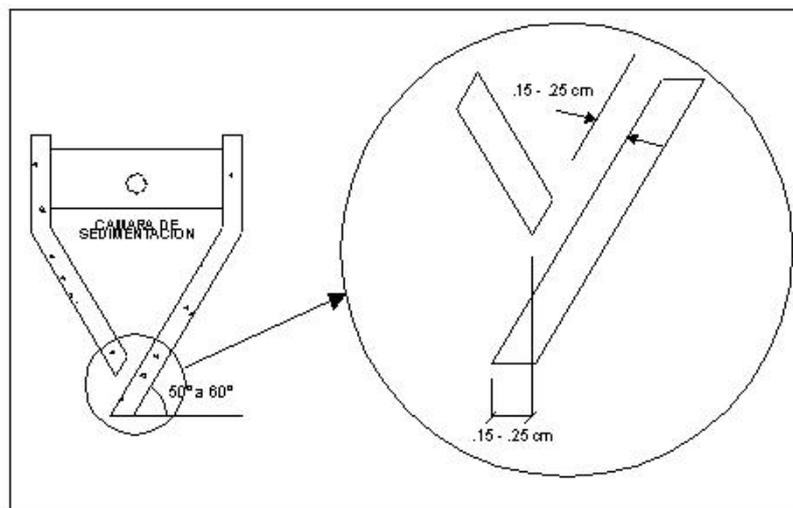
Cs = Carga superficial, igual a  $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{hora})$ .

✓ Volumen del sedimentador (Vs, en m<sup>3</sup>).

$$V_s = Q_p \times R$$

R: Periodo de retención hidráulica, entre 1,5 a 2,5 horas (recomendable 2 horas).

- El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá de 50° a 60°.
- En la arista central se debe dejar una abertura para paso de los sólidos removidos hacia el digestor, esta abertura será de 0,15 a 0,20 m.
- Uno de los lados deberá prolongarse, de 15 a 20 cm, de modo que impida el paso de gases y sólidos desprendidos del digestor hacia el sedimentador, situación que reducirá la capacidad de remoción de sólidos en suspensión de esta unidad de tratamiento.



**Figura 21.** Sedimentador del Tanque Imhoff.

Fuente: OPS/CEPIS/05.163/UNATSABAR, 2005.

✓ Longitud mínima del vertedero de salida (Lv, en m).

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

Donde:

Qmax = Caudal máximo diario de diseño, en m<sup>3</sup>/día.

Chv = Carga hidráulica sobre el vertedero, estará entre 125 a 500 m<sup>3</sup>/(m\*día),  
(recomendable 250).

### b) Diseño del digestor

#### ✓ Volumen de almacenamiento y digestión (Vd, en m<sup>3</sup>)

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tendrá en cuenta la siguiente tabla:

$$Vd = \frac{70xPx fcr}{1000}$$

Donde:

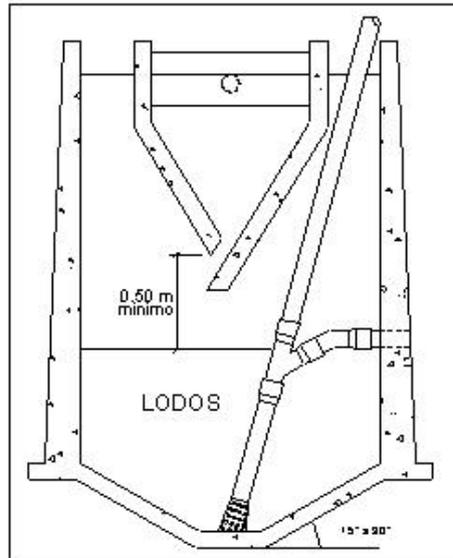
Fcr = factor de capacidad relativa, ver Tabla 13.

P = Población.

Tabla 13  
*Factor de capacidad relativa según temperatura.*

Temperatura °C	Factor de capacidad relativa (fcr)
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
>25	0,5

Fuente: OPS/CEPIS/05.163/UNATSABAR, 2005.



**Figura 22.** Digestor de Lodos del Tanque Imhoff.  
Fuente: OPS/CEPIS/05.163/UNATSABAR, 2005.

- El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos.
- Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal.
- La altura máxima de los lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador.

✓ Tiempo requerido para digestión de lodos

El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura, para esto se empleará la Tabla 14.

Tabla 14  
*Tiempo de digestión del lodo según temperatura.*

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: OPS/CEPIS/05.163/UNATSABAR, 2005.

✓ Frecuencia del retiro de lodos

Los lodos digeridos deberán retirarse periódicamente, para estimar la frecuencia de retiros de lodos se usarán los valores consignados en la Tabla 14.

La frecuencia de remoción de lodos deberá calcularse en base a estos tiempos referenciales, considerando que existirá una mezcla de lodos frescos y lodos digeridos; estos últimos ubicados al fondo del digestor. De este modo el intervalo de tiempo entre extracciones de lodos sucesivas deberá ser por lo menos el tiempo de digestión a excepción de la primera extracción en la que se deberá esperar el doble de tiempo de digestión.

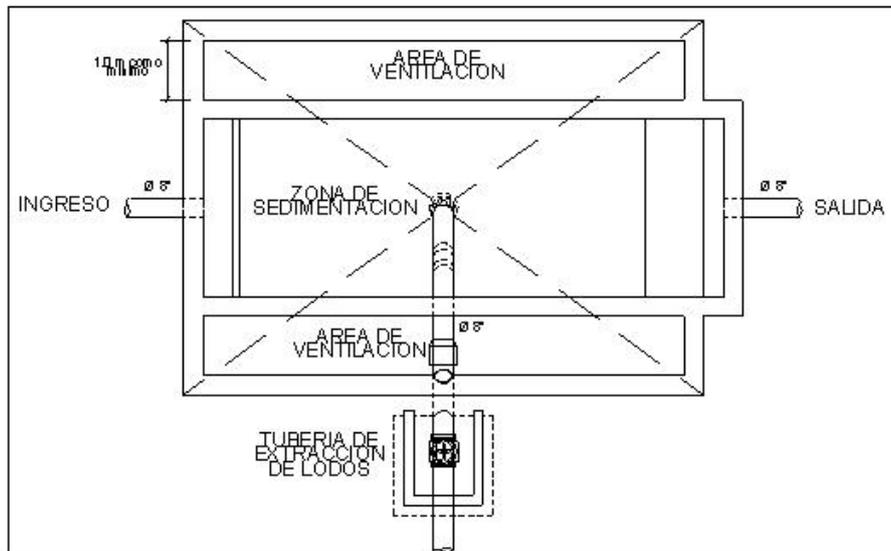
**c) Extracción de lodos**

- El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicado 15 cm por encima del fondo del tanque.
- Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1,80 m.

**d) Área de ventilación y cámara de natas**

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador (zona de espuma o natas) se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- El espaciamiento libre será de 1,0 m como mínimo.
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.
- El borde libre será como mínimo de 0,30 cm.



**Figura 23.** Área de ventilación - Tanque Imhoff.  
Fuente: OPS/CEPIS/05.163/UNATSABAR, 2005.

**e) Lechos de secados de lodos**

Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos), lo cual resulta lo ideal para pequeñas comunidades.

- ✓ Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (C, en Kg de SS/día).

$$C = Q \times SS \times 0.0864$$

Donde:

SS = Sólidos en suspensión en el agua residual cruda, en mg/l.

Q = Caudal promedio de aguas residuales.

A nivel de proyecto se puede estimar la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión, de la siguiente manera:

$$C = \frac{\text{Población} \times \text{Contribución per cápita} (\text{grSS/hab} \times \text{día})}{1000}$$

En las localidades que cuentan con el servicio de alcantarillado, la contribución per cápita se determina en base a una caracterización de las aguas residuales.

Cuando la localidad no cuenta con alcantarillado se utiliza una contribución per cápita promedio de 90 gr.SS/ (hab\*día).

- ✓ Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd, en Kg SS/día).

$$Msd = (0,5x0,7x0,5xC) + (0,5x0,3xC)$$

- ✓ Volumen diario de lodos digeridos (Vld, en litros/día).

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo}(\% \text{ de sólidos}/100)}$$

Donde:

$\rho_{lodo}$  = Densidad de los lodos, igual a 1,04 Kg/l.

% de sólidos: % de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 a 12%.

- ✓ Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel, en m<sup>3</sup>)

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

Donde:

Td = Tiempo de digestión, en días (Ver Tabla 14).

- ✓ Área del lecho de secado (Als, en m<sup>2</sup>)

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

Donde:

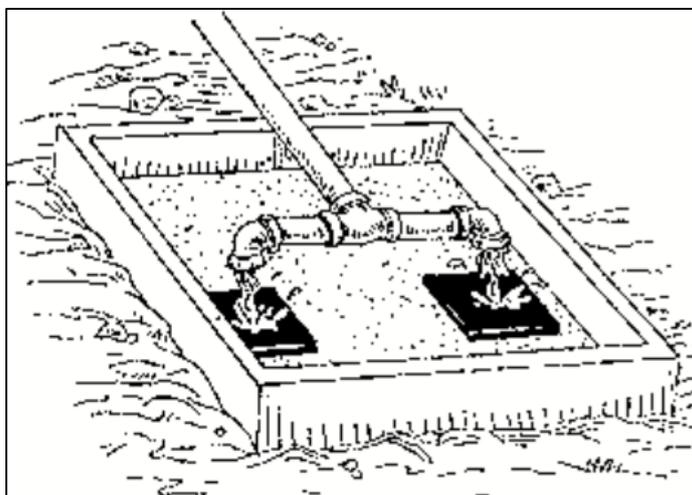
Ha: Profundidad de aplicación, entre 0,20 a 0,40m.

- El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 m., pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m.

Alternativamente se puede emplear la siguiente expresión para obtener las dimensiones unitarias de un lecho de secado:

$$\frac{\text{Rendimiento volumétrico del digester}(\text{m}^3/\#\text{personas})}{\text{Número de aplicaciones}(\text{años})\times\text{profundidad de inundación}(\text{m})} = \frac{\text{m}^2 \text{ de lecho}}{\text{habitante}}$$

Considerando el número de aplicaciones al año, verificar que la carga superficial de sólidos aplicado al lecho de secado se encuentre entre 120 a 200 Kg de sólidos/(m<sup>2</sup>.año).



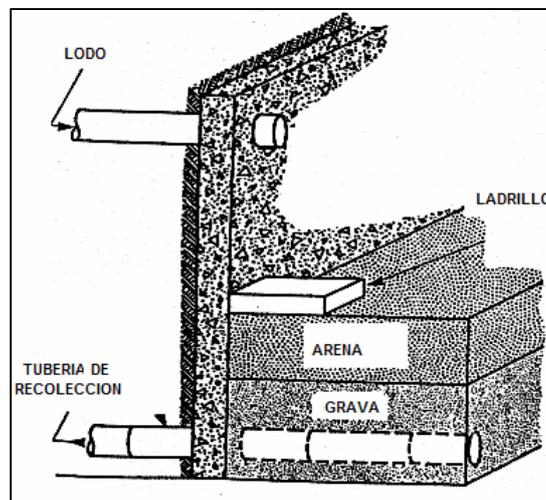
**Figura 24.** Lecho de Secado.

Fuente: OPS/CEPIS/05.163/UNATSABAR, 2005.

#### **f) Medio de Drenaje**

El medio de drenaje es generalmente de 0,30 de espesor y debe tener los siguientes componentes:

- El medio de soporte recomendado está constituido por una capa de 15 cm. Formada por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 2 a 3 cm. llena de arena.
- La arena es el medio filtrante y debe tener un tamaño efectivo de 0,3 a 1,3 mm., y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5.
- Debajo de la arena se deberá colocar un estrato de grava graduada entre 1,6 y 51 mm (1/6" y 2") de 0,20 m de espesor.



**Figura 25.** Perfil del medio filtrante del lecho de secado.

Fuente: OPS/CEPIS/05.163/UNATSABAR, 2005.

### 2.1.4.3. Laguna de Estabilización

Una laguna de estabilización es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias. Las lagunas de estabilización se construyen de poca profundidad (2 a 4 m) y con períodos de retención relativamente grandes (por lo general de varios días).

Cuando las aguas residuales son descargadas en lagunas de estabilización se realizarán en las mismas, en forma espontánea, un proceso conocido como autodepuración o estabilización natural, en el que ocurren fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico

y biológico. Este proceso se lleva a cabo en casi todas las aguas estancadas con alto contenido de materia orgánica putrescible o biodegradable.

Los parámetros más utilizados para evaluar el comportamiento de las lagunas de estabilización de aguas residuales y la calidad de sus efluentes son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que caracteriza la carga orgánica; y el número más probable de coliformes fecales (NMP CF/100ml), que caracteriza la contaminación microbiológica.

Además tienen importancia los sólidos totales sedimentables, en suspensión y disueltos.



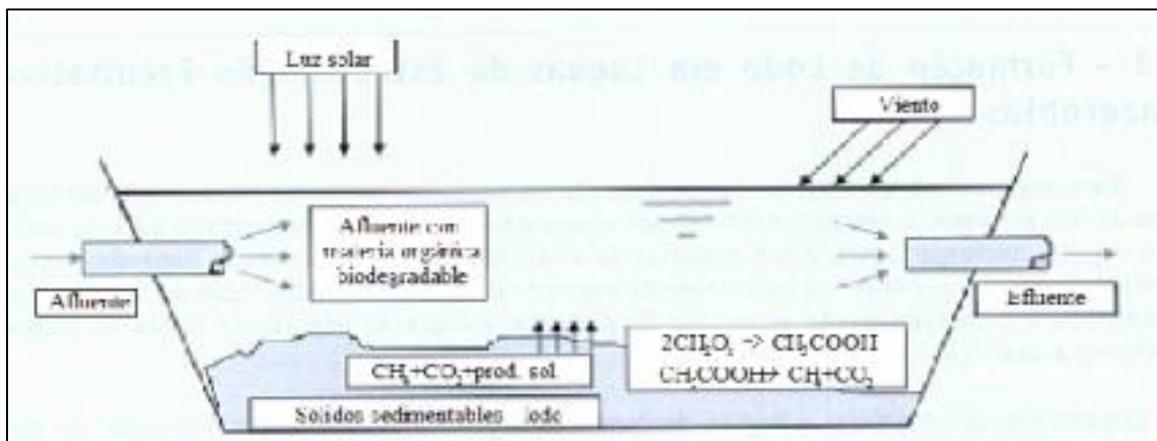
**Figura 26.** Tipos de lagunas de estabilización.

Fuente: OPS/CEPIS/05.163/UNATSABAR, 2005.

Las lagunas que reciben agua residual cruda son lagunas primarias. Las lagunas que reciben el efluente de una primaria se llaman secundarias; y así sucesivamente las lagunas de estabilización se pueden llamar terciarias, cuaternarias, quinquenarias, etc. A las lagunas de grado más allá del segundo también se les suele llamar lagunas de acabado, maduración o pulimento. Siempre se deben construir por lo menos dos lagunas primarias (en paralelo) con el objeto de que una se mantenga en operación mientras se hace la limpieza de los lodos de la otra.

El proceso que se lleva a cabo en las lagunas facultativas es diferente del que ocurre en las lagunas anaerobias. Sin embargo, ambos son útiles y efectivos en la estabilización de la materia orgánica y en la reducción de los organismos patógenos originalmente presentes en las aguas residuales. La estabilización de la materia orgánica se llevará a cabo a través de la acción de organismos aerobios cuando hay oxígeno disuelto; éstos últimos aprovechan el oxígeno originalmente presente en las moléculas de la materia orgánica que están degradando. Existen algunos organismos con capacidad de adaptación a ambos ambientes, los cuales reciben el nombre de facultativos.

La estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales se puede realizar en forma aeróbica o anaeróbica según haya o no la presencia de oxígeno disuelto en el agua.



**Figura 27.** Estabilización de la materia orgánica - Laguna de estabilización.

Fuente: OPS/CEPIS/05.163/UNATSABAR, 2005.

### ❖ Proceso aerobio

El proceso aerobio se caracteriza porque la descomposición de la materia orgánica se llevará a cabo en una masa de agua que contiene oxígeno disuelto. En este proceso, en el que participan bacterias aerobias o facultativas, se originan compuestos inorgánicos que sirven de nutrientes a las algas, las cuales a su vez producen más

oxígeno que facilita la actividad de las bacterias aerobias. Existe pues una simbiosis entre bacteria y algas que facilita la estabilización aerobia de la materia orgánica. El desdoblamiento de la materia orgánica se lleva a cabo con intervención de enzimas producidas por las bacterias en sus procesos vitales.

A través de estos procesos bioquímicos en presencia de oxígeno disuelto las bacterias logran el desdoblamiento aerobio de la materia orgánica. El oxígeno consumido es parte de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Las algas logran, a través de procesos inversos a los anteriores, en presencia de la luz solar, utilizar los compuestos inorgánicos para sintetizar materia orgánica que incorporan a su protoplasma. A través de este proceso, conocido como fotosíntesis, las algas generan gran cantidad de oxígeno disuelto.

Como resultado final, en el estrado aerobio de una laguna facultativa se lleva a cabo la estabilización de la materia orgánica putrescible (muerta) originalmente presente en las aguas residuales, la cual se transforma en materia orgánica (viva) incorporada protoplasma de las algas. En las lagunas de estabilización el agua residual no se clarifica como en las plantas de tratamiento convencional pero se estabiliza, pues las algas son materia orgánica viva que no ejerce DBO.

#### ❖ **Proceso anaerobio**

Las reacciones anaerobias son más lentas y los productos pueden originar malos olores. Las condiciones anaerobias se establecen cuando el consumo de oxígeno disuelto es mayor que la incorporación del mismo a la masa de agua por la fotosíntesis de las algas y el oxígeno disuelto y que la laguna se torne de color gris oscuro. El desdoblamiento de la materia orgánica sucede en una forma más lenta y se generan

malos olores por la producción de sulfuro de hidrógeno. En la etapa final del proceso anaerobio se presentan las cinéticas conocidas como acetogénica y metanogénica.

#### ❖ **Procesos en las lagunas de estabilización facultativas**

Las capas de la laguna facultativa (aerobia y anaerobia) no son constantes, estas interactúan entre sí, dependen de la radiación solar. Durante el día la capa aerobia es la que predomina en la laguna y durante la noche la capa anaerobia.

Las algas tienen un rol sumamente importante en el proceso biológico de las lagunas de estabilización, pues son los organismos responsables de la producción de oxígeno molecular, elemento vital para las bacterias que participan en la oxidación bioquímica de la materia orgánica.

La presencia de las algas en niveles adecuados, asegura el funcionamiento de la fase aerobia de las lagunas, cuando se pierde el equilibrio ecológico se corre con el riesgo de producir el predominio de la fase anaerobia, que trae como consecuencia una reducción de la eficiencia del sistema.

En las lagunas primarias facultativas predominan las algas flageladas, (*Euglena*, *Pyrobotrys*, *Chlamydomonas*), en lagunas secundarias se incrementa el número de géneros y la densidad de algas, predominan las algas verdes (*Chlorella*, *Scenedesmus*). En lagunas terciarias se presenta un mayor número de géneros de algas, entre las cuales predominan las algas verdes (*Chlorella*, *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, *Microactiniums*). En muchos casos, se ha observado la predominancia de algas verdes-azules (Rao, 1980, Uhlman 1971). La predominancia de géneros varía según la temperatura estacional.

El zooplancton de las lagunas de estabilización está conformado por cuatro Grupos Mayores; ciliados, rotíferos, copépodos, y cladóceros. Ocasionalmente se presentan amebas de vida libre, ostrácodos, ácaros, turbelarios, larvas y pupas de dípteros. La mayoría de individuos de estos grupos sólo están en las lagunas de estabilización durante algún estadio evolutivo, raramente tienen importancia cualitativa.

Los rotíferos predominan durante los meses de verano, dentro de este grupo, el género *Brachionus* se presenta con mayor frecuencia, siendo el más resistente aún en condiciones extremas. Cuando el número de rotíferos se incrementa a niveles superiores a los normales se observa un efecto negativo en la calidad del agua, ocasionando un aumento de los niveles de amonio, ortofosfato soluble, nitratos, y nitritos. Asimismo, la presencia de un gran número de estos organismos, que consumen algas, disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua a niveles de riesgo. Los géneros predominantes de cladóceros son *Moína* y *Daphnia* y en los ciliados son *Pleuronema* y *Vorticella*.

#### ❖ Factores determinantes en el tratamiento biológico

- **Temperatura:** A mayor temperatura, mayor será el crecimiento de microorganismos y viceversa.
- **pH:** A pH en un rango bajo, es decir ácido, va traer como consecuencia que los microorganismos no sobrevivan.
- **Coordinación microorganismos-materia orgánica:** Se tiene que cuidar el exceso de carga (DBO), porque originaría un mal funcionamiento de la laguna.
- **Inhibidores:** Presencia de metales pesados, sulfatos, pesticidas, etc., ocasionan un decrecimiento de bacterias.

- **Nutrientes:** Principales nutrientes son el nitrógeno y el fósforo. Cuidar que no estén en exceso porque puede producir la eutrofización.

### **Ventajas:**

- Pueden recibir y retener grandes cantidades de agua residual, soportando sobrecargas hidráulicas y orgánicas con mayor flexibilidad, comparativamente con otros tratamientos.
- Formación de biomasa más efectiva y variada que en los procesos de tratamiento con tanque séptico y tanque imhoff.
- No requieren de instalaciones complementarias para la producción de oxígeno. El mismo se produce en forma natural dentro del sistema.
- Debido a los tiempos de retención prolongados y a los mecanismos del proceso, son sistemas altamente eficaces para la remoción de bacterias, virus y parásitos, comparativamente con otros tratamientos.
- En las lagunas no hay necesidad de desinfección con cloro. Aquí la desinfección es natural.
- Mínimo mantenimiento.
- No requiere de personal calificado.

### **Desventajas:**

- Requieren de grandes áreas de terreno para su implantación.
- Es un sistema sensible a las condiciones climáticas.
- Puede producir vectores.
- No permite modificaciones en las condiciones de proceso.

#### 2.1.4.4. Filtros percoladores

El filtro consta de un tanque que contiene un lecho filtrante compuesto generalmente, de materiales sintéticos o diferentes tamaños de piedras y con una alta relación área / volumen. Sobre el lecho es aplicada el agua residual y distribuida por brazos fijos o móviles, este procedimiento causa la formación de una capa bacteriana que descompone las aguas residuales en su paso por el filtro.

Los filtros percoladores deberán diseñarse de modo que se reduzca al mínimo la utilización de equipo mecánico. Para ello se preferirá las siguientes opciones: lechos de piedra, distribución del efluente primario (tratado en tanques Imhoff) por medio de boquillas o mecanismos de brazo giratorios autopropulsados, sedimentadores secundarios sin mecanismos de barrido (con tolvas de lodos) y retorno del lodo secundario al tratamiento primario. El tratamiento previo a los filtros percoladores será: cribas, desarenadores y sedimentación primaria.

Los filtros podrán ser de alta o baja carga, para lo cual se tendrán en consideración los siguientes parámetros de diseño:

Tabla 15  
*Parámetros de diseño para filtros percoladores.*

Parámetro	Tipo de Carga	
	Baja	Alta
Carga hidráulica, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d	1,00 - 4,00	8,00 - 40, 00
Carga orgánica, kg DBO/m <sup>3</sup> /d	0,08 - 0, 40	0,40 - 4,80
Profundidad (lecho de piedra), m	1,50 - 3,00	1,00 - 2,00
(medio plástico), m	Hasta 12 m	-
Razón de circulación	0	1,00 - 2,00

Fuente: Norma OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, 2006.

En los filtros de baja carga la dosificación debe efectuarse por medio de sifones, con un intervalo de 5 minutos. Para los filtros de alta carga la dosificación es continua por efecto

de la recirculación y en caso de usarse sifones, el intervalo de dosificación será inferior de 15 segundos.

Se utilizará cualquier sistema de distribución que garantice la repartición uniforme del efluente primario sobre la superficie del medio de contacto.

Cuando se usen boquillas fijas, se las ubicará en los vértices de triángulos equiláteros que cubran toda la superficie del filtro. El dimensionamiento de las tuberías dependerá de la distribución, la que puede ser intermitente o continua.

Se permitirá cualquier medio de contacto que promueva el desarrollo de la mayor cantidad de Biopelícula y que permita la libre circulación del líquido y del aire, sin producir obstrucciones. Cuando se utilicen piedras pequeñas, el tamaño mínimo será de 25 mm y el máximo de 75 mm. Para piedras grandes, su tamaño oscilará entre 10 y 12 cm.

Se diseñará un sistema de ventilación de modo que exista una circulación natural del aire, por diferencia de temperatura, a través del sistema de drenaje y a través del lecho de contacto.

El sistema de drenaje debe cumplir con los siguientes objetivos:

- Proveer un soporte físico al medio de contacto;
- Recolectar el líquido, para lo cual el fondo debe tener una pendiente entre 1 y 2%.
- Permitir una recirculación adecuada de aire.

El sistema de drenaje deberá cumplir con las siguientes recomendaciones:

- Los canales de recolección de agua deberán trabajar con un tirante máximo de 50% con relación a su máxima capacidad de conducción, y para tirantes mínimos deberá asegurar velocidades de arrastre.
- Deben ubicarse pozos de ventilación en los extremos del canal central de ventilación.
- En caso de filtros de gran superficie deben diseñarse pozos de ventilación en la periferia de la unidad. La superficie abierta de estos pozos será de 1 m<sup>2</sup> por cada 250 m<sup>2</sup> de superficie de lecho.
- El falso fondo del sistema de drenaje tendrá un área de orificios no menor a 15% del área total del filtro.
- En filtros de baja carga sin recirculación, el sistema de drenaje deberá diseñarse de modo que se pueda inundar el lecho para controlar el desarrollo de insectos.

Se deben diseñar instalaciones de sedimentación secundaria. El propósito de estas unidades es separar la biomasa en exceso producida en el filtro. El diseño podrá ser similar al de los sedimentadores primarios con la condición de que la carga de diseño se base en el flujo de la planta más el flujo de recirculación. La carga superficial no debe exceder de 48 m<sup>3</sup>/m/d basada en el caudal máximo.

### **2.1.5. Límites Máximos Permisibles (LMP)**

Es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

El numeral 4.1 del artículo 4 del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM que aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - PTAR, establece que los titulares de las PTAR están

obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA.

Los LMP de efluentes de PTAR, previa a su disposición final, deberán cumplir las concentraciones establecidas para los siguientes parámetros:

Tabla 16  
*Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LMP de Efluentes para Vertidos a Cuerpos de Agua</b>
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200
pH	unidad	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en Suspensión (SST)	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

### **2.1.6. Enfermedades de Origen Hídrico**

La disposición inadecuada de las excretas genera problemas frecuentes de contaminación en la vivienda y de enfermedad en la familia o comunidad. Las excretas al aire libre facilitan la presencia y propagación de vectores como moscas, cucarachas y roedores que transmiten enfermedades, además contaminan el suelo, el agua y los alimentos especialmente cuando no existe la costumbre del lavado de manos después de ir al baño y de preparar o consumir los alimentos. Por ello es necesario que comprendamos la importancia del manejo adecuado de las excretas y de los hábitos higiénicos en la prevención de enfermedades.

Entre las enfermedades generadas por el manejo y disposición inadecuados de las excretas están: las infecciones parasitarias, áscaris lumbricoides, oxiuros y otras. Las enfermedades diarreicas agudas como el cólera, las infecciones gastrointestinales, amebiasis y disentería.

Tabla 17

*Principales enfermedades de origen hídrico y agentes responsables.*

Nº	Clasificación	Definición	Ejemplo
1	Enfermedades transmitidas por el agua	Las enfermedades diarreicas encabezan las enfermedades transmitidas por el agua. Son producidas por el “agua sucia” que se ha contaminado con desechos humanos, animales o químicos.	Son enfermedades transmitidas por el agua: el cólera, fiebre tifoidea, shigella, salmonella, giardiasis, amebiasis, poliomiелitis, meningitis y hepatitis A y E, helmintiasis. Los seres humanos y los animales pueden actuar de huéspedes de bacterias, virus o protozoos que causan estas enfermedades.
2	Enfermedades con base en el agua	En las enfermedades con base en el agua, los causantes son organismos acuáticos que pasan parte de su ciclo vital en el agua y otra parte como parásitos de animales. Estos organismos pueden prosperar tanto en aguas contaminadas como no contaminadas. Como parásitos, generalmente toman forma de gusanos y se valen de vectores de animales intermediarios, como los caracoles, para prosperar; luego infectan directamente al ser humano, penetrando a través de la piel o al ser ingeridos.	Por penetración en la piel (esquistosomiasis), por ingestión (fasciolosis y otras infecciones por helmintos). Los causantes de estas enfermedades son una variedad de gusanos, tenias, vermes cilíndricos y nematodos vermiformes, denominados colectivamente helmintos, que infectan a las personas. Aunque estas enfermedades generalmente no son mortales, pueden ser extremadamente dolorosas e impiden trabajar a quienes las padecen e incluso, a veces, inmovilizan a las personas.
3	Enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua	El mal almacenamiento del agua o las aguas estancadas, favorecen el crecimiento de insectos como moscos y zancudos que se crían y viven cerca de aguas contaminadas y no contaminadas.	Malaria, dengue, fiebre amarilla, fiebre Chikungunya.
4	Enfermedades vinculadas a la escasez de agua	Cuando no se cuenta con agua suficiente en los hogares o llega por corto tiempo, se dificultan las prácticas higiénicas. Las infecciones se transmiten cuando se dispone de muy poca agua para lavarse las manos.	Pediculosis (piojos), conjuntivitis, sarna y otras enfermedades de la piel, parásitos y lombrices. Se considera que muchas otras enfermedades están vinculadas a la escasez de agua (también conocidas como enfermedades vinculadas a la falta de higiene), porque prosperan en condiciones de escasez de agua y saneamiento deficiente.

Fuente: Elaboración propia, adaptada del: PROAPAC, BMZ, & GTZ (2009) y MINSA & INS (2018).

En el presente estudio, para la variable incidencia de enfermedades de transmisión hídrica, se agruparon en 3 grupos de enfermedades: enfermedades infecciosas intestinales,

helmintiasis y enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo; cuya codificación según la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE), se detalla en la Tabla 18.

Tabla 18

*Enfermedades de transmisión hídrica consideradas en el presente estudio.*

Enfermedades de Transmisión Hídrica	CIE	Detalle
Enfermedades infecciosas intestinales	A00 - A09	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A00: En este grupo se incluyó al cólera.</li> <li>- A01: Fiebre tifoidea y paratifoidea.</li> <li>- A02: Otras infecciones debidas a Salmonella.</li> <li>- A03: Shigellosis.</li> <li>- A04: Otras infecciones intestinales bacterianas.</li> <li>- A05: Otras intoxicaciones alimentarias bacterianas, no clasificadas en otra parte.</li> <li>- A06: Amebiasis.</li> <li>- A07: Otras enfermedades intestinales debidas a protozoarios.</li> <li>- A08: Enfermedades intestinales debidas a virus y otros organismos especificados.</li> <li>- A09: Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso.</li> </ul>
Helmintiasis	B65 - B83	<ul style="list-style-type: none"> <li>- B65: Esquistosomiasis [bilharziasis].</li> <li>- B66: Otras infecciones debidas a trematodos.</li> <li>- B67: Equinococosis.</li> <li>- B68: Teniasis.</li> <li>- B69: Cisticercosis.</li> <li>- B70: Difilobotriasis y esparganosis.</li> <li>- B71: Otras infecciones debidas a cestodos.</li> <li>- B72: Dracontiasis.</li> <li>- B73: Oncocercosis.</li> <li>- B74: Filariasis.</li> <li>- B75: Triquinosis.</li> <li>- B76: Anquilostomiasis y necatoriasis.</li> <li>- B77: Ascariasis.</li> <li>- B78: Estrongiloidiasis.</li> <li>- B79: Tricuriasis.</li> <li>- B80: Enterobiasis.</li> <li>- B81: Otras helmintiasis intestinales, no clasificadas en otra parte.</li> <li>- B82: Parasitosis intestinales, sin otra especificación</li> <li>- B83: Otras helmintiasis.</li> </ul>
Enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo	L00 - L08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L00: Síndrome estafilocócico de la piel escaldada.</li> <li>- L01: Impétigo.</li> <li>- L02: Absceso cutáneo, furúnculo y carbunco.</li> <li>- L03: Celulitis.</li> <li>- L04: Linfadenitis aguda.</li> <li>- L05: Quiste pilonidal.</li> <li>- L08: Otras infecciones locales de la piel y del tejido subcutáneo.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, según la CIE.

El único modo de combatir estas enfermedades, es mejorar las conductas y hábitos higiénicos de las personas, proporcionando necesidades básicas: agua potable, servicios de lavado, de baño y saneamiento. El agua limpia y disposición segura de heces es un requisito fundamental para la reducción de enfermedades transmitidas por el agua (PROAPAC, BMZ, & GTZ, 2009).

### **2.1.7. Definición de Términos Básicos**

Las definiciones que a continuación se presentan, fueron extraídas de documentos técnicos y normativos, entre ellos: Decreto Legislativo N° 1280 - Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento, Decreto Supremo N° 019-2017-VIVIENDA - Reglamento del D.L. N° 1280, Resolución de Consejo Directivo N° 028-2018-SUNASS-CD - Metodología para la fijación del valor de la cuota familiar por la prestación de los servicios de saneamiento brindados por organizaciones comunales, Resolución Ministerial N° 128-2017-VIVIENDA - Condiciones Mínimas de Manejo de Lodos y las Instalaciones para su Disposición Final, Decreto Supremo N° 015-2017-VIVIENDA - Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090 - Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.070 - Redes de Aguas Residuales, entre otros. A continuación se definen los términos básicos empleados en el presente estudio:

**Agua residual:** Desecho líquido proveniente de las descargas por el uso del agua en actividades domésticas o no domésticas.

**Aguas grises:** Son las aguas residuales provenientes, de duchas, lavatorios y lavaplatos, sin contenido de material fecal.

**Aguas negras:** Parte de las aguas residuales que contienen heces (material fecal).

**Afluyente:** Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.

**Aerobio:** Condición en la cual hay presencia de oxígeno.

**Anaerobio:** Condición en la cual no hay presencia de oxígeno.

**Acondicionador de suelo:** Es toda sustancia cuya acción fundamental consiste en el mejoramiento de las características físicas, químicas y/o biológicas del suelo.

**Ámbito rural del Perú:** Son el conjunto de centros poblados que no sobrepasan los dos mil (2 000) habitantes independientemente.

**Biosólido:** Es el subproducto resultante de la estabilización de la fracción orgánica de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales, con características físicas, químicas y microbiológicas que permiten su reaprovechamiento como acondicionador del suelo. No son biosólidos las cenizas producto de la incineración de lodos.

**Caseta de la UBS:** ambiente que alberga los siguientes aparatos sanitarios, la ducha, el inodoro o la taza especial y el urinario y que su modelo varía dependiendo del tipo de sistema de disposición de las excretas.

**Cuota familiar:** Pago realizado al prestador en el ámbito rural correspondiente a los servicios de saneamiento que brinda. La cuota familiar es aprobada por el prestador del servicio conforme a la metodología establecida por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass).

**Conexión domiciliar de alcantarillado:** Conjunto de elementos sanitarios instalados con la finalidad de permitir la evacuación del agua residual proveniente de cada lote.

**Caudal:** Volumen de agua que pasa por un punto dado por unidad de tiempo. Se expresa normalmente en l/seg o m<sup>3</sup>/seg.

**Caudal máximo diario:** Caudal de agua del día de máximo consumo en el año.

**Caudal máximo horario:** Caudal de agua de la hora de máximo consumo en el día de máximo consumo en el año.

**Caudal promedio diario anual:** Caudal de agua que se estima consume, en promedio, un habitante durante un año.

**Caudal pico:** Caudal máximo en un intervalo dado.

**Coliformes:** Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 +/- 0,5 °C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44.5 +/- 0,2 °C en 24 horas se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes).

**Cámara de digestión:** Unidad de los tanques imhoff, donde se almacenan y digieren los lodos.

**Cámara de sedimentación:** Unidad del tanque imhoff, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables.

**Disposición Sanitaria de Excretas:** Infraestructura cuyas instalaciones permiten el tratamiento de las excretas, ya sea en un medio seco o con agua, de modo que no represente riesgo para la salud y el medio ambiente.

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C).

**Demanda química de oxígeno (DQO):** Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

**Desarenadores:** Cámara diseñada para reducir la velocidad del agua residual y permitir la remoción de sólidos minerales (arena y otros), por sedimentación.

**Digestión:** Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo que produce una mineralización, licuefacción y gasificación parcial.

**Eficiencia del tratamiento:** Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje.

**Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

**Efluente final:** Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.

**Emisor:** Canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado hasta una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento hasta un punto de disposición final.

**Filtro biológico:** Sinónimo de “filtro percolador”, “lecho bacteriano de contacto” o “biofiltro”.

**Filtro percolador:** Sistema en el que se aplica el agua residual sedimentada sobre un medio filtrante de piedra gruesa o material sintético. La película de microorganismos que se desarrolla sobre el medio filtrante estabiliza la materia orgánica del agua residual.

**Infiltración:** Efecto de penetración o introducción del agua en el suelo.

**Índice de Morbilidad:** Se denomina así, a la proporción de personas enfermas en un lugar y tiempo determinado con respecto a la población total. Generalmente se utiliza una medida que expresa la incidencia de enfermos por cada mil personas en la población.

**Lodos:** Son residuos sólidos provenientes de procesos de tratamiento de aguas residuales que cuentan con alta concentración de materia orgánica, característica que se aplica principalmente a los lodos obtenidos en el tratamiento primario y tratamiento secundario así como a las excretas de instalaciones sanitarias in situ.

**Lecho de secado:** Tanques de profundidad reducida con arena y grava sobre drenes, destinado a la deshidratación de lodos por filtración y evaporación.

**Lavadero Multiusos:** aparato sanitario que permite el lavado de utensilios y ropa, construido en concreto armado o material prefabricado, siempre y cuando sea de un material resistente a la intemperie y resista por lo menos 40 kg de peso.

**Medio filtrante:** Material granular a través del cual pasa el agua residual con el propósito de purificación, tratamiento o acondicionamiento.

**Opciones Tecnológicas Convencionales:** Soluciones de saneamiento seleccionadas a partir de condiciones técnicas, económicas y sociales, que atienden a un gran número de familias agrupadas en localidades o ciudades.

**Opciones Tecnológicas No Convencionales:** Soluciones de saneamiento seleccionadas a partir de condiciones técnicas, económicas y sociales, que atienden a pocas familias agrupadas en grandes extensiones de territorio.

**Oxígeno disuelto:** Concentración de oxígeno solubilizado en un líquido.

**Período de diseño:** Tiempo durante el cual la infraestructura deberá cumplir su función satisfactoriamente. Se fijará según normatividad vigente dada por las autoridades Normativas del Sector.

**Parásito:** Organismo protozoario o nematodo que habitando en el ser humano puede causar enfermedades.

**Planta de tratamiento:** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales.

**Pretratamiento:** Procesos que acondicionan las aguas residuales para su tratamiento posterior.

**Proceso biológico:** Asimilación por bacterias y otros microorganismos de la materia orgánica del desecho, para su estabilización.

**Reúso de aguas residuales:** Utilización de aguas residuales debidamente tratadas para un propósito específico.

**Saneamiento:** Se define como las intervenciones para reducir la exposición de la población a enfermedades mediante la provisión de un ambiente limpio donde vivir; medidas para interrumpir el ciclo de la enfermedad. Generalmente, incluye la disposición o manejo higiénico de excrementos humanos y animales, residuos sólidos y aguas residuales, control

de enfermedades transmitidas por vectores y provisión de instalaciones para la higiene personal y de la vivienda. El saneamiento incluye compartimientos e instalaciones que conjuntamente posibilitan un ambiente higiénico (Simpson-Hébert & Wood, 1998).

**Saneamiento básico:** Es la tecnología de más bajo costo que permite eliminar higiénicamente las excretas y aguas residuales y tener un medio ambiente limpio y sano tanto en la vivienda como en las proximidades de los usuarios. El acceso al saneamiento básico comprende seguridad y privacidad en el uso de estos servicios. La cobertura se refiere al porcentaje de personas que utilizan mejores servicios de saneamiento, a saber: conexión a alcantarillas públicas; conexión a sistemas sépticos; letrina de sifón; letrina de pozo sencilla; letrina de pozo con ventilación mejorada (OMS).

**Servicios de Saneamiento:** Conformados por sistemas y procesos, incluye el servicio de agua potable, el servicio de alcantarillado sanitario, el servicio de tratamiento de aguas residuales para disposición final o reúso y el servicio de disposición sanitaria de excretas.

**Sistema individual de tratamiento:** Sistema de tratamiento para una vivienda o un número reducido de viviendas.

**Sólido sedimentable:** Partícula presente en el agua residual, que tiene la propiedad de precipitar fácilmente.

**Tanque séptico:** Sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas que combina la sedimentación y la digestión. El efluente es dispuesto por percolación en el terreno y los sólidos sedimentados y acumulados son removidos periódicamente en forma manual o mecánica.

**Tratamiento primario:** Remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta.

**Tratamiento secundario:** Nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de materia orgánica biodegradable y sólidos en suspensión.

**UBS - Unidad Básica de Saneamiento:** Conjunto de componentes que permiten brindar el acceso a agua potable y la disposición sanitaria de excretas a una familia, el diseño final dependerá de la opción tecnológica no convencional seleccionada.

**Vectores:** Son los organismos capaces de transportar y transmitir agentes infecciosos, tales como roedores, moscas, mosquitos, entre otros.

**Zanja de Percolación:** permite infiltrar el efluente líquido de la UBS instalada a través de drenes horizontales instalados en un medio filtrante dentro de zanjas.

**Zona de infiltración:** es aquella zona seleccionada para eliminar por infiltración el efluente líquido de la UBS instalada, por presentar características permeables ideales.

### 2.1.8. Marco Legal

La elaboración del presente estudio, se enmarca en la siguiente normatividad vigente:

Tabla 19  
*Marco legal aplicable.*

Año	Fecha de Publicación	Norma	Disposición que Regula	Entidad que Emite la Norma
1993	29.12.1993	Carta Magna	Constitución Política del Perú	Congreso de la República
2001	23.04.2001	Ley N° 27446	Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental	Congreso de la República
2002	11.07.2002	Ley N° 27779	Ley Orgánica que Modifica la Organización y Funciones de los Ministerios.	Congreso de la República
2005	15.10.2005	Ley N° 28611	Ley General del Ambiente	Congreso de la República

<b>Año</b>	<b>Fecha de Publicación</b>	<b>Norma</b>	<b>Disposición que Regula</b>	<b>Entidad que Emite la Norma</b>
2009	30.03.2009	Ley N° 29338	Ley de Recursos Hídrico	Congreso de la República
2010	17.03.2010	Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM	Aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.	MINAM
2010	24.03.2010	Decreto Supremo N° 001-2010-AG	Aprueban Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.	Presidencia de Consejos de Ministros / MINAGRI
2011	23.06.2011	Decreto Supremo N° 054-2011-PCM.	Decreto Supremo que aprueba el Plan Bicentenario: el Perú hacia el 2021.	Presidencia de Consejos de Ministros
2012	07.01.2012	Decreto Supremo N° 002-2012-VIVIENDA.	Crean el Programa Nacional de Saneamiento Rural en el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Criterios y Metodología de Focalización de las Intervenciones que el Programa Nacional de Saneamiento Rural realice en los Centros Poblados Rurales y Listado de Centros Poblados Rurales Focalizados donde intervendrá el Programa Nacional de Saneamiento Rural - Periodo 2012 - 2013.	MVCS
2012	09.08.2012	Resolución Ministerial N° 161-2012-VIVIENDA	Aprueba el Plan de mediano plazo: 2013 - 2016 del PNSR	MVCS
2013	04.03.2013	Resolución Ministerial N° 031-2013-IVIENDA	Decreto Supremo que modifica el Decreto Supremo N° 002-2012-VIVIENDA que crea el Programa Nacional de Saneamiento Rural en el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.	MVCS
2013	16.04.2013	Decreto Supremo N° 007-2013-VIVIENDA	Aprueba el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales-PTAR	MVCS
2013	30.10.2013	Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA	Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.	Congreso de la República
2014	19.01.2014	Ley N° 30156	Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.	MVCS
2014	19.06.2014	Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA.	Decreto Supremo que modifica el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.	MVCS
2015	04.03.2015	Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA.	Decreto Supremo que modifica el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda,	MVCS

<b>Año</b>	<b>Fecha de Publicación</b>	<b>Norma</b>	<b>Disposición que Regula</b>	<b>Entidad que Emite la Norma</b>
2015	31.12.2015	Resolución Ministerial N° 354-2015-VIVIENDA	Construcción y Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA. Aprueban el “Plan Estratégico Sectorial Multianual (PESEM) 2016 - 2021 del Sector Vivienda, Construcción y Saneamiento”.	MVCS
2016	01.12.2016	Decreto Legislativo N° 1252	Decreto Legislativo que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones y Deroga la Ley N° 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública.	Presidencia de Consejos de Ministros / Ministerio de Economía y Finanzas
2016	23.12.2016	Decreto Legislativo N° 1278	Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Presidencia de Consejos de Ministros
2016	29.12.2016	Decreto Legislativo N° 1280	Decreto Legislativo que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento	Presidencia de Consejos de Ministros
2016	29.12.2016	Decreto Legislativo N° 1285	Decreto Legislativo que Modifica el Artículo 79 de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y Establece Disposiciones para la Adecuación Progresiva a la Autorización de Vertimientos y a los Instrumentos de Gestión Ambiental	Presidencia de Consejos de Ministros
2017	01.02.2017	Resolución Ministerial N° 036-2017-VIVIENDA	Aprueban Ficha Técnica Ambiental (FTA) para los proyectos de inversión del Subsector Saneamiento, no comprendidos en el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.	MVCS
2017	30.03.2017	Decreto Supremo N° 007-2017-VIVIENDA.	Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional de Saneamiento.	MVCS
2017	06.04.2017	Resolución Ministerial N° 128-2017-VIVIENDA	Aprueban Condiciones Mínimas de Manejo de Lodos y las Instalaciones para su Disposición Final.	MVCS
2017	07.06.2017	Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias	MINAM
2017	22.06.2017	Decreto Supremo N° 006-2017-AG	Modifica el Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG	MINAGRI

Año	Fecha de Publicación	Norma	Disposición que Regula	Entidad que Emite la Norma
2017	22.06.2017	Decreto Supremo N° 015-2017-VIVIENDA.	Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.	MVCS
2017	25.06.2017	Decreto Supremo N° 018-2017-VIVIENDA.	Decreto Supremo que aprueba el Plan Nacional de Saneamiento 2017 - 2021.	MVCS
2017	26.06.2017	Decreto Supremo N° 019-2017-VIVIENDA.	Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1280, Decreto Legislativo que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento.	MVCS
2018	14.03.2018	Resolución Ministerial N° 093-2018-VIVIENDA	Aprueban el Protocolo de Monitoreo de Biosólidos.	
2018	17.05.2018	Resolución Ministerial N° 192-2018-VIVIENDA	Aprueban la “Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural”.	MVCS
2018	14.07.2018	Resolución de Consejo Directivo N° 028-2018-SUNASS-CD	Aprueban “Metodología para la fijación del valor de la cuota familiar por la prestación de los servicios de saneamiento brindado por organizaciones comunales”.	SUNASS
2018	09.12.2018	Decreto Supremo N° 284-2018-EF	Aprueban el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1252, Decreto Legislativo que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.	Ministerio de Economía y Finanzas
2019	11.03.2019	Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA	Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.	MVCS

Fuente: Elaboración propia.

En base al soporte normativo detallado en la Tabla 19, se realizó el análisis legal del marco normativo más pertinente aplicable al ámbito rural del sector saneamiento, de acuerdo al contenido de las disposiciones establecidas en las políticas y las estrategias que han ido desarrollando las autoridades nacionales y sectoriales, las cuales se fundamentan de la siguiente manera:

- **Constitución Política del Perú (29.12.1993)**

El artículo 1 de la Constitución Política del Perú establece que la defensa de la persona humana y el respeto de su dignidad son el fin supremo de la sociedad y del Estado. En esa misma línea, el artículo 44 dispone que el Estado tiene como deber primordial garantizar la plena vigencia de los derechos humanos y promover el bienestar general, el cual se fundamenta en la justicia y en el desarrollo integral y equilibrado de la Nación.

El Tribunal Constitucional ha reconocido el acceso al agua potable como un derecho fundamental no numerado, de conformidad con lo establecido en el artículo 3 de la Constitución Política del Perú. Así también, ha señalado que corresponde al Estado, dentro de su inobjetable rol social y en razón de su objetivo primordial de protección del ser humano y su dignidad, fomentar que el agua potable se constituya no solo en un derecho de permanente goce y disfrute, sino a la par, en un elemento al servicio de un interminable repertorio de derechos, todos ellos de pareja trascendencia para la realización plena del individuo. En atención a lo previamente señalado, es deber del Estado brindar a la persona humana el acceso al agua potable y saneamiento, protegiendo y garantizando su derecho a la vida, salud y el respeto de su dignidad.

Asimismo, según el numeral 22 del artículo 2, toda persona tiene derecho a la paz, la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

- **Ley N° 27779, Ley Orgánica que Modifica la Organización y Función de los Ministerios (11.07.2002)**

El Gobierno Promulgó la Ley N° 27779, mediante la cual crea el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, con el objetivo de formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo,

construcción y saneamiento. A tal efecto dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento. Su competencia se extiende a las personas naturales y jurídicas que realizan actividades vinculadas a los subsectores, vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento.

- **Ley N° 28611, Ley General del Ambiente (15.10.2005)**

Según el artículo 120, el Estado, a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país y de promover el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reúso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.

- **Ley N° 29388, Ley de Recursos Hídricos, Reglamento y Modificatorias (30.03.2009)**

El artículo 79, establece que la Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. Asimismo, el artículo 80 establece que todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva.

- **Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (17.03.2010)**

La presente norma establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), que son aplicables a nivel nacional. Asimismo, en su artículo 4 señala que los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de los efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el MVCS.

- **Decreto Supremo N° 054-2011-PCM, Plan Bicentenario: el Perú hacia el 2021 (23.06.2011)**

El Plan Bicentenario: el Perú hacia el 2021, señala que para garantizar los derechos fundamentales a todos los peruanos se requiere de políticas que busquen lograr la equidad social, lo que implica asegurar la igualdad de oportunidades para todos y el acceso universal a los servicios básicos. Asimismo, el Plan Bicentenario señala que el crecimiento con democratización que el Perú se compromete a lograr para el 2021 incluye el acceso equitativo a servicios fundamentales de calidad como es el agua y saneamiento. La meta al 2021, en cuanto al alcantarillado es alcanzar una cobertura del 79%.

- **Decreto Supremo N° 002-2012-VIVIENDA, Crean el Programa Nacional de Saneamiento Rural - PNSR (07.01.2012)**

Se crea el PNSR, con el objeto de mejorar la calidad, ampliar la cobertura y promover el uso sostenible de los servicios de agua y saneamiento en las poblaciones rurales del país; a su vez, en el mismo dispositivo legal se dispuso que el Programa “Agua para Todos” se denomine PNSU, restringiendo su ámbito de intervención a las áreas urbanas a nivel nacional.

La Segunda Disposición Complementaria Final, dispone que los programas y proyectos de saneamiento rural del MVCS, tales como el PRONASAR, el PROCOES y AMAZONÍA RURAL, entre otros, pasan a formar parte del PNSR.

- **Resolución Ministerial N° 161-2012VIVIENDA, Criterios y Metodología de Focalización de las Intervenciones que el PNSR realice en los Centros Poblados Rurales y Listado de Centros Poblados Rurales Focalizados donde intervendrá el PNSR - Periodo 2012 - 2013. (09.08.2012)**

El artículo 1 del presente dispositivo legal, aprueba los “Criterios y Metodología de Focalización de las Intervenciones que el Programa Nacional de Saneamiento Rural realice en los Centros Poblados Rurales”; según el cual, las intervenciones focalizadas que realice el PNSR se efectuarán considerando como unidad territorial los centros poblados rurales que no sobrepasen los dos mil (2,000) habitantes.

Asimismo, con el artículo 2, se aprueba el “Listado de Centros Poblados Rurales Focalizados donde intervendrá el Programa Nacional de Saneamiento Rural - Periodo 2012-2013”, en cuya lista se incluye al Centro Poblado Sugllaquiro.

- **Resolución Ministerial N° 031-2013-VIVIENDA, Plan de mediano plazo: 2013 - 2016 del PNSR (04.03.2013)**

El cual tiene como objetivo establecer los lineamientos, objetivos, estrategias y acciones que guiarán la intervención del PNSR en los próximos 04 años. Cuyo plan, establece como objetivo que para el año 2016 menos 75% de los hogares rurales cuenten con servicio de agua por red pública, al menos 39% con saneamiento y el 40% lleve a cabo prácticas sanitarias adecuadas.

- **Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA, Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales-PTAR (30.10.2013)**

El Protocolo de Monitoreo es un instrumento de gestión ambiental de cumplimiento obligatorio para efectuar el monitoreo, supervisión y fiscalización ambiental, así como para la verificación del cumplimiento de los LMP y de los Instrumentos de Gestión Ambiental aprobados, de conformidad con lo establecido en el Artículo 4 del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

- **Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (19.01.2014) y su Reglamento**

Deroga la Ley 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y define la naturaleza jurídica y regula el ámbito de competencia, la rectoría, las funciones y la estructura orgánica básica del MVCS y sus relaciones con otras entidades. El Reglamento de la presente Ley, fue publicado en El Peruano el 19.06.2014 mediante Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA y modificado por el Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA el 04.03.2015.

- **Resolución Ministerial N° 354-2015-VIVIENDA, Plan Estratégico Sectorial Multianual (PESEM) 2016 - 2021 del Sector Vivienda, Construcción y Saneamiento (31.12.2015)**

El Objetivo Estratégico 5 (OE 5) del PESEM 2016 - 2021, se orienta a lograr que la población rural pueda acceder a servicios de agua y saneamiento, que les permita mejorar su calidad de vida y reducir la prevalencia de enfermedades derivadas del consumo de agua no apta para la salud. La meta del Sector para el ámbito rural considera, ampliar la cobertura de acceso al servicio de agua por red pública de 67.3% en el 2014 a 80.5% en

el 2021 y la cobertura de acceso al servicio de saneamiento de 19.1% en el 2014 a 57.1% en el 2021.

- **Decreto Legislativo N° 1252, Crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones (01.12.2016)**

El artículo 1 del presente dispositivo legal, crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones como sistema administrativo del Estado, con la finalidad de orientar el uso de los recursos públicos destinados a la inversión para la efectiva prestación de servicios y la provisión de la infraestructura necesaria para el desarrollo del país y deroga la Ley N° 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública y la Primera Disposición Complementaria Final del Decreto Legislativo N° 1224, Decreto Legislativo del Marco de Promoción de la Inversión Privada mediante Asociaciones Público Privadas y Proyectos en Activos.

- **Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (23.12.2016)**

Según la Quinta Disposición Complementaria Final, los lodos generados por las plantas de tratamiento de agua para consumo humano, las plantas de tratamiento de aguas residuales y otros sistemas vinculados a la prestación de los servicios de saneamiento, son manejados como residuos sólidos no peligrosos, salvo en los casos que el MVCS determine lo contrario. En ningún caso los lodos provenientes de los mencionados sistemas son utilizados sin considerar condiciones sanitarias y ambientales mínimas apropiadas, conforme lo dispone el MVCS.

- **Decreto Legislativo N° 1280, Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento (29.12.2016)**

El Artículo 5 de dicho dispositivo legal, señala que el Gobierno Nacional a través del MVCS, es el Ente Rector en materia de saneamiento, y en atención a ello, le corresponde planificar, diseñar, normar y ejecutar las políticas nacionales y sectoriales dentro de su ámbito de competencia, las cuales son de obligatorio cumplimiento por los tres niveles de gobierno en el marco del proceso de descentralización y en todo el territorio nacional. Asimismo, su inciso 2 indica que, el MVCS tiene como función, entre otras, aprobar, cada cinco (05) años mediante Decreto Supremo, el Plan Nacional de Saneamiento como principal instrumento de política pública sectorial, con el objetivo de alcanzar la cobertura universal de los servicios de saneamiento de forma sostenible.

- **Decreto Legislativo N° 1285, Modifica el Artículo 79 de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y Establece Disposiciones para la Adecuación Progresiva a la Autorización de Vertimientos y a los Instrumentos de Gestión Ambiental (29.12.2016)**

El presente Decreto Legislativo tiene por objeto modificar el artículo 79 de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos (LRH) y establecer un plazo de adecuación progresiva de los prestadores de servicios de saneamiento a lo establecido en los artículos 79, 80, 81 y 82 de la LRH, con la finalidad de simplificar el procedimiento de otorgamiento de las autorizaciones de vertimiento de aguas residuales tratadas a los recursos hídricos del país. Asimismo, que los prestadores de servicios de saneamiento cumplan con las normas ambientales y sanitarias vigentes.

- **Decreto Supremo N° 007-2017-VIVIENDA, Política Nacional de Saneamiento (30.03.2017)**

El artículo 1 del presente dispositivo legal, aprueba la Política Nacional de Saneamiento, la cual se encuentra alineada con el logro del Objetivo 6 del Desarrollo Sostenible de la

Organización de las Naciones Unidas (ONU) “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”. El objetivo principal de la PNS, es dotar del acceso a los servicios saneamiento a todos los habitantes de las zonas urbanas al año 2021 y lograr la universalización de estos servicios en forma sostenible antes del año 2030.

- **Resolución Ministerial N° 128-2017-VIVIENDA, Condiciones Mínimas de Manejo de Lodos y las Instalaciones para su Disposición Final (06.04.2017)**

Según el artículo 15, los lodos generados en las PTAR deben ser sometidos a procesos de estabilización y deshidratación como parte de los procesos de tratamiento de la línea de lodos siendo un requisito para su transporte, disposición final o reaprovechamiento. Se consideran lodos estabilizados o con reducción del potencial de atracción de vectores cuando la relación de SV a ST es menor o igual que 60 % (0,6). Asimismo, en concordancia con el artículo 21 de la presente norma, los lodos estabilizados y deshidratados de PTAR y los provenientes del servicio de disposición sanitaria de excretas, se dispondrán en un relleno sanitario cuando no tengan posibilidad de reaprovechamiento.

Por otro lado, la Tercera Disposición Complementaria Final, establece que los residuos sólidos del servicio de alcantarillado sanitario, así como del pretratamiento aplicado en una PTAP y PTAR, son dispuestos en un relleno sanitario en tanto el MVCS apruebe el reglamento para la gestión y manejo de residuos sólidos del sector saneamiento.

- **Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias (07.06.2017)**

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y

el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos derogados.

- **Decreto Supremo N° 015-2017-VIVIENDA, Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (22.06.2017)**

El presente reglamento tiene por objeto establecer las disposiciones para determinar las características de los lodos; así como la clasificación, los parámetros para la producción y el control de la aplicación de los biosólidos provenientes de la estabilización de lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) domésticas o municipales.

- **Decreto Supremo N° 018-2017-VIVIENDA, Plan Nacional de Saneamiento 2017 - 2021 (25.06.2017)**

El Plan Nacional de Saneamiento es el instrumento que desarrolla el Objetivo Principal, los Objetivos Específicos y los Ejes de Política aprobados en la Política Nacional de Saneamiento, con una visión integral para la provisión de los servicios saneamiento, orientada al desarrollo de las acciones estratégicas por los prestadores y actores involucrados. Asimismo, establece metas para alcanzar los objetivos específicos, define los indicadores de los lineamientos de política para su evaluación y corrección o reformulación según las condiciones del entorno (interno como externo) varíen.

- **Decreto Supremo N° 019-2017-VIVIENDA, Reglamento del D.L N° 1280 (14.03.2018)**

El presente Reglamento, regula la prestación de los servicios de saneamiento en el ámbito urbano y rural, as funciones, responsabilidades, derechos y obligaciones de las entidades con competencias reconocidas por el ordenamiento legal en materia de saneamiento, así como los derechos y obligaciones de los usuarios y de los prestadores de servicios. Asimismo, regula la organización y gestión eficiente de los prestadores de servicios de saneamiento, la política de integración, la regulación económica, la promoción en la protección del ambiente, la gestión del riesgo de desastres e inclusión social, así como la promoción de la inversión pública y privada orientada al incremento de la cobertura, con la finalidad de asegurar la calidad, la eficiencia y la sostenibilidad de la prestación de los servicios de saneamiento, para el logro del acceso universal.

- **Resolución Ministerial N° 093-2018-VIVIENDA, Protocolo de Monitoreo de Biosólidos (14.03.2018)**

El artículo 1, aprueba el Protocolo de Monitoreo de Biosólidos, el cual determina el procedimiento y el criterio técnico para la toma, manejo y análisis de las muestras, para evaluar si el lodo o sustrato de lodo producido en un PTAR cumple con los criterios para ser calificado como biosólidos.

- **Resolución Ministerial N° 192-2018-VIVIENDA, Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (17.05.2018).**

En su artículo 2, establézcase que la presente norma es de aplicación para la formulación y elaboración de los proyectos de los sistemas de saneamiento en el ámbito rural, en los centros poblados rurales que no sobrepasen de dos mil (2,000) habitantes.

Asimismo, según la Única Disposición Complementaria Transitoria, los proyectos a que se refiere el artículo 2 de la presente Resolución Ministerial, que a la fecha de entrada en

vigencia de la presente norma se encuentran en la fase de ejecución del Ciclo de Inversión del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, se rigen por las normas vigentes a la fecha de su presentación, no siendo aplicable a estos la norma aprobada en el artículo 1 de la presente Resolución Ministerial. La presente norma es de aplicación inmediata para los proyectos que no han iniciado la fase de formulación a nivel de expediente técnico.

- **Decreto Supremo N° 284-2018-EF, Reglamento del D.L N° 1252, Decreto Legislativo que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones (09.12.2018)**

El presente Reglamento tiene por objeto establecer las disposiciones reglamentarias para la aplicación del Decreto Legislativo N° 1252. Asimismo, la Única Disposición Complementaria Transitoria, establece que los proyectos y programas de inversión que se encuentren en la fase de preinversión aplicando los contenidos mínimos de los estudios de preinversión respectivos del Sistema Nacional de Inversión Pública, de acuerdo a lo previsto en el artículo 15 del presente Reglamento, aprobado por el Decreto Supremo N° 027-2017-EF, continúan aplicando dichos contenidos hasta la declaración de viabilidad correspondiente. Para las demás fases se aplica la normativa del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

- **Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (Pub. 11.03.2019)**

El presente Reglamento tiene por objeto establecer los parámetros de los Valores Máximos Admisibles (VMA) y regular el procedimiento para controlar las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, con la finalidad

de preservar las instalaciones, la infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos de los servicios de alcantarillado sanitario e incentivar el tratamiento de las aguas residuales para disposición o reúso, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales; así como, la disminución del riesgo sobre el personal del prestador de los servicios de saneamiento que tenga contacto con las descargas de aguas residuales no domésticas.

## **III.MÉTODO**

### **3.1. Tipo de Investigación**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

El presente trabajo de investigación, según su enfoque y propósito, es una investigación CUALITATIVA y APLICADA; ya que a través de ella, se describe y analiza la realidad problemática, y se plantea una alternativa a solución que permita mejorar la calidad de vida de la población del centro poblado Sugllaqui.

En una investigación cualitativa la inmersión en el campo se refiere a ubicarse en el lugar donde se efectuará el estudio y comenzar a recolectar datos, observando, entrevistando, interactuando, etc. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

#### **3.1.2. Nivel de la investigación**

Los estudios descriptivos por lo general fundamentan las investigaciones correlacionales, las cuales a su vez proporcionan información para llevar a cabo estudios explicativos que generan un sentido de entendimiento y son altamente estructurados (Hernández et al., 2010).

##### **3.1.2.1. Descriptivo**

Este nivel de investigación, permite describir la realidad problemática, es decir desarrollar y plasmar el tema de investigación de acuerdo a la información recopilada en campo.

##### **3.1.2.2. Explicativo**

En el presente nivel de investigación, se realiza un análisis del efecto de la inadecuada disposición de excretas y aguas residuales, sobre la incidencia de enfermedades de transmisión hídrica y la contaminación del ambiente del área en estudio.

### **3.1.2.3. Correlacional**

En este nivel de investigación he realizado una síntesis, entre el nivel descriptivo y explicativo, el cual me lleva a plantear una alternativa de solución adecuada a la realidad problemática; y así mismo, formular mis conclusiones y recomendaciones.

### **3.1.3. Diseño de la investigación**

La presente investigación es NO EXPERIMENTAL y TRANSVERSAL, ya que se recolectan datos y se analiza las relaciones de las variables en un momento y tiempo determinado.

## **3.2. Ámbito Temporal y Espacial**

La temporalidad de la investigación desarrollada es transversal, se utiliza la información secundaria recopilada en campo en los años 2013 y 2015. Así como, información obtenida de diferentes estudios; entre ellos, los resultados definitivos de los Censos Nacionales de los años 1993, 2007 y 2017 e información estadística del MINSA, referida a la morbilidad general por etapas de vida según categorías del distrito de Moyobamba, correspondiente a los años 2016, 2017 y 2018.

Respecto al ámbito espacial, el presente estudio se realizó en el centro poblado Sugllaqui., cuya ubicación, localización, acceso y características generales se detallan a continuación:

### **3.2.1. Ubicación y localización**

El presente estudio se realizó en el centro poblado Sugllaqui, el cual pertenece al distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, departamento de San Martín. Se ubica a 47.1 Km de la ciudad de Moyobamba, a una altura aproximada de 1,045.5 msnm y en las coordenadas UTM WGS85 E: 0288150 y N: 9341436 (Ver Plano 1).

Tabla 20  
Ubicación del centro poblado Sugllaquiro.

Centro Poblado	Coordenadas UTM WGS 84 - 18 Sur		Altitud (msnm)
	Este (m)	Norte (m)	
Sugllaquiro	288150	9341436	1,045.5

Fuente: Trabajo de Campo - Consultor de estudio PNSR.

### 3.2.2. Acceso al área de estudio

Para acceder al centro poblado Sugllaquiro desde el distrito de Moyobamba, se utiliza la carretera vecinal asfaltada que conduce a la localidad de Yántalo, desde aquí se toma el desvío que cruza el río Mayo a través de un puente colgante; luego prosiguiendo por una carretera afirmada por partes y partes trocha que conduce a los poblados de la margen derecha de la cuenca media del río Mayo, entre ellos Los Ángeles, Playa Hermosa y Quilloallpa, hasta llegar a Sugllaquiro. En la Tabla 21, se detallan las características de distancias, tiempos, tipos de vías, para poder llegar a Sugllaquiro. 32.94 km

Tabla 21  
Acceso al área de estudio.

De	A	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo (Horas)
Moyobamba	Yántalo	Carretera Asfaltada	9.96	0.33
Yántalo	Puerto Los Ángeles	Afirmado	3.75	0.25
Puerto Los Ángeles	Playa Hermosa	Afirmado	5.9	0.42
Playa Hermosa	Quilloallpa	Trocha car rozable	8.93	1.33
Quilloallpa	Sugllaquiro	Trocha car rozable	4.4	0.58

Fuente: Adaptado del Plan Estratégico de Desarrollo Concertado de la Provincia Moyobamba 2012-2021.

### 3.2.3. Características generales del área de estudio

#### 3.2.3.1. Aspectos físicos, naturales y biológicos

La información que a continuación se presenta fue tomada del “Plan Estratégico de Desarrollo Concertado de la Provincia Moyobamba 2012-2021”, información obtenida

de la Dirección Regional SENAMHI- San Martín - Setiembre del 2012 e información recopilada en campo.

- **Clima**

El clima de la provincia Moyobamba, se caracteriza por tener un clima templado subtropical húmedo. Según los datos de la Estación CO “Moyobamba”, durante el período 1975 - 2005, Moyobamba presenta:

Temperatura: la temperatura media anual fue 23.1°C, con una temperatura máxima fue de 25.3°C y una mínima fue de 21.2°C. El mes que tuvo la temperatura más baja julio con 22.7°C, y el mes que tuvo la temperatura más alta es, fue mes de noviembre, con 23.6°C.

Humedad relativa: cuenta con promedios de humedad relativa entre 70% y 90%, la humedad relativa media fue 83.3 %, la máxima fue de 89.0 % y mínima 70.0 %.

Precipitación: la precipitación total mensual en Moyobamba, ha mostrado una tendencia significativa, el mismo que presentó una precipitación media de 104.1 mm, la precipitación máxima fue 357.4 mm y la mínima fue 5.9mm; siendo la precipitación total máxima registrada 1,646 mm (1993). Asimismo, según el Proyecto Especial Alto Mayo (2010), la precipitación promedio anual para Moyobamba es de 1,512 mm, la precipitación pluvial se presenta todos los meses del año, distinguiéndose tres periodos con diferencias marcadas: un periodo lluvioso (octubre a abril), un periodo de lluvias moderadas (junio a agosto) y algunos meses de transición (mayo y setiembre).

- **Topografía**

La provincia de Moyobamba está ubicada en la cuenca alta del río Mayo. La topografía del territorio provincial es típica de montaña o selva alta. El 74% de dicho territorio tiene pendientes mayores del 25% y el 26% restante, ubicado mayormente en la margen derecha del río mayo tiene una pendiente del 5% (relativamente suave y ondulada) característica determinante para que la ciudad capital ubiquen en esta zona. Tiene un rango altitudinal que va de 1,466 m.s.n.m (Distrito Jepelacio) a 843 m.s.n.m (Distrito Habana), encontrándose el río Mayo (tomando como referencia el punto en el tramo de la ciudad de Moyobamba) a 800 m.s.n.m. que dan forma al valle del Alto Mayo, produciendo caídas y saltos de agua.

- **Geomorfología**

El área de estudio esta predominado por laderas de baja pendiente. Estas laderas de común ocurrencia en estas áreas son paso transicional hacia las lomadas, o montañas. Esta unidad geomorfológica tiene superficie con moderada a baja pendiente y sin rasgos fisiográficos importantes, gran parte está cubierta de vegetación exuberante y/o áreas cultivadas.

- **Hidrografía**

El Centro Poblado se encuentra dentro de la cuenca media del río Mayo, se ubica en la margen izquierda del valle de Sugllaquiro, cuyo cauce principal no tiene nombre según la cartografía del Instituto Geográfico Nacional de carácter permanente que aguas abajo del valle confluye con el río Huasca yacu que a su vez confluye en el río Mayo; sin embargo está flanqueada por dos quebradas de carácter estacional de bajo caudal. La cuenca del río Mayo es una cuenca de nivel 5 ya que pertenece a la Región Hidrográfica del Amazonas, que tienen como nivel 2 a la cuenca hidrográfica del Alto

Amazonas, como nivel 3 a la cuenca del Marañón y como nivel 4 la cuenca del Río Huallaga.

- **Suelo**

La actividad biótica ha contribuido con la capa de materia orgánica superficial, en ella se desarrollan bien los cultivos de café, cacao, pastos y de pan llevar. Según el reporte de ensayos emitido por el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (Ver Anexo 1), el tipo de suelo presente en el área de estudios varía entre grava arcillosa, arcilla de alta plasticidad, limos de alta plasticidad y arcilla de baja plasticidad. La coloración del mismo, varía entre un pardo amarillento y un marrón en tonos rojizos.

- **Ecología**

El área de estudio pertenece a la zona de vida bosque muy húmedo pre montano tropical (bmh-PT). La temperatura media anual varía de 18 a 25 °C. La biotemperatura media anual máxima es de 25.6° C. El promedio máximo de precipitaciones es de 3 000 ms. El promedio de evapotranspiración potencial total por año variable entre la cuarta parte (0.25) y la mitad (0.50) del promedio de precipitación total por año, lo que ubica a estas zonas de vida en la provincia de humedad: Perhúmedo.

- **Flora**

La formación vegetal natural es un Bosque Nuboso en el cual se pueden encontrar diversos tipos de especies representativas de flora: como el Cedro (*Cedrela odorata*), Moena (*Amiba amazónica*), Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*), Cético (*Cecropia cético*), Shimbillo (*Inga sp*), Cumula (*Virola sp*), etc., asociadas con palmeras Huasaí (*Euterpe precatória*), Chambira (*Astrocaryum Chambira*), Huacrapona (*Iriartea deltoidea*) y helecho gigante (*Cyathea sp*). Se verifica una alta diversidad de epífitas,

entre ellas especies de orquídeas, bromelias y helechos. Estos bosques son importantes porque atrapan la neblina y condensan el agua infiltrándola al suelo, que luego pasa a incrementar el caudal de los ríos. Este bosque constituye el hábitat de especies de fauna.

Su principal característica es ser un bosque siempre verde, alto y tupido, que contiene volúmenes apreciables de madera para usos diversos. Asimismo, el área de la vegetación natural está limitada a una zona de alta pendiente ya que han sido desplazados por cultivos de café, pastos o pan llevar.

- **Fauna**

Algunas de las especies representativas de fauna silvestre de acuerdo a declaraciones de los pobladores son el Leoncito (*Cebuella pygmaea*), Pichico (*Saguinus sp*), Mono de cola amarilla (*Lagothrix flavicauda*), Añuje (*Dasyprocta variegata*). Sin embargo, éstas se limitan a las escasas áreas de bosque natural que existe en el área ya que han sido reducidas por las áreas de cultivo. También se verificó presencia de fauna doméstica como vacas, mulos, caballos, cerdos y aves menores.

### **3.2.3.2. Aspectos socioeconómicos**

- **Población Económicamente Activa (PEA)**

A nivel distrital, la PEA según actividad económica, se distribuye de la siguiente manera: el 37.1% de la PEA se dedica a la agricultura, ganadería, caza y silvicultura, el 14.4% se dedica al comercio, el 4.5% se dedica a la construcción, el 7.3 % se dedica al transporte y comunicaciones, el 3.9% a las industrias manufactureras y el 3.9% a hoteles y restaurantes (Tabla 22).

Tabla 22  
*PEA por actividad económica del distrito de Moyobamba.*

N°	Actividades Económicas	Total	%
		24042	100.0
1	Agricultura., ganadería, caza y silvicultura	8923	37.1
2	Pesca	15	0.1
3	Explotación de minas y canteras	11	0.0
4	Industrias manufactureras	944	3.9
5	Suministro de electricidad, gas y agua	81	0.3
6	Construcción	1088	4.5
7	Comercio, vehículo automotriz	3451	14.4
8	Hoteles y restaurantes	948	3.9
9	Transporte y comunicaciones	1749	7.3
10	Intermediación financiera	118	0.5
11	Actividad inmobiliaria., empresas y de alquiler	739	3.1
12	Administración pública y defensa; p. seguro social	968	4.0
13	Enseñanza	1859	7.7
14	Servicios sociales y de salud	424	1.8
15	Otras actividades: servicios comunal, social y personales	444	1.8
16	Hogares privados con servicio doméstico	963	4.0
17	Actividad económica no especificada	745	3.1
18	Desocupado	572	2.4

Fuente: INEI IV Censo de Población y Vivienda - 2007.

En el centro poblado Sugllaqui, las principales fuentes de ingreso de la población, son a través de la agricultura y la ganadería.

Agricultura: se desarrolla de manera artesanal; sin embargo, se utilizan algunos productos químicos para mejorar la producción, entre las principales especies cultivadas se encuentran: café, maíz, frijol, cacao, yuca; también destacan las especies frutales como: plátano, aguaje, papaya, naranja entre otros.

Ganadería: se lleva a cabo la crianza de ganado vacuno, ovino, porcino, equino y aves de corral; el ganado equino es utilizado como bestia de carga en la actividad comercial y de intercambio de productos con otros centros poblados, el ganado vacuno, ovino, porcino y las aves de corral, son utilizados por su carne y productos derivados.

- **Indicadores de Desarrollo Humano (IDH)**

El distrito de Moyobamba presenta un IDH de 0.425, lo que significa que los pobladores se encuentran en un nivel bajo de desarrollo. Sin embargo, la población cuenta con una esperanza de vida del 73.72 % y un nivel de educación secundaria del 48.51%. Respecto al ingreso familiar per cápita, para el distrito de Moyobamba al año 2012, fue de S/. 547.1 soles al mes.

Los principales indicadores de desarrollo a nivel de departamento, provincia y distrito, se detallan en la Tabla 23:

Tabla 23  
*Índice de Desarrollo Humano departamental, provincial y distrital 2012.*

Departamento	Población		Índice de Desarrollo Humano		Esperanza de vida al nacer		Población con Educ. secundaria completa		Años de educación (Poblac. 25 y más)		Ingreso familiar per cápita	
Provincia	Hab.	R.	IDH	R	Años	R	%	R	Años	R	N.S. mes	R
Perú	<b>30,135,875</b>		0.506		<b>74.31</b>		<b>67.87</b>		<b>9.00</b>		<b>696.9</b>	<b>87*</b>
San Martín	806,452	13	0.441	13	73.82	12	60.58	14	7.80	17	548.0	11
Moyobamba	136,414	44	0.383	78	74.57	71	41.66	109	6.99	97	463.4	76
Moyobamba	76,915	74	0.425	446	73.72	867	48.51	804	7.89	524	547.1	409
Calzada	4,266	954	0.436	417	75.97	535	48.90	798	6.70	852	619.7	317
Habana	1,915	1376	0.379	589	76.13	507	30.12	1290	6.04	1081	558.7	394
Jepelacio	20,393	271	0.297	1000	75.88	548	28.08	1343	5.23	1380	327.9	891
Soritor	29,746	181	0.303	965	74.58	741	27.65	1357	6.03	1087	325.2	898
Yantalo	3,179	1110	0.308	931	75.73	570	33.69	1191	5.22	1382	333.7	874

Fuente: INEI. Censo de Población y Vivienda 2007. ENAHO y ENAPRES) / Re-Calculado según la nueva metodología, PNUD (2010).

(\*) PNUD, 2016 / R: Ranking.

Respecto al ingreso familiar per cápita, para el distrito de Moyobamba al año 2012, fue de S/. 547.1 soles al mes. Asimismo, el ingreso económico mensual del centro poblado Sugllaquiro según las encuestas, el 38% de los entrevistados declaró percibir entre 101 a 200 soles mensuales, el 25% entre 0 a 100 y en el mismo porcentaje entre 201 a 300, el 9% declaro percibir entre 301 a 400 y un 3% entre 500 a 600 soles mensuales; según ello, el ingreso promedio asciende a S/. 182 mensuales.

- **Abastecimiento de agua**

El 86.8% de la población de la localidad de Sugllaquiرو se abastece de agua que proviene de un sistema por gravedad sin tratamiento (SGST). La población que no se encuentran conectadas al sistema de agua, se abastecen acarreado agua de manantiales, de un vecino o juntando agua de lluvia.

- **Saneamiento**

El 93% de las familias cuenta con letrinas del tipo hoyo seco y el 7% realiza sus necesidades fisiológicas a campo abierto, lo que favorece la proliferación de patologías concomitantes. Las letrinas del tipo hoyo seco existentes fueron construidas por los propios pobladores sin asistencia técnica alguna.

- **Energía eléctrica**

La mayoría de las viviendas de la localidad de Sugllaquiرو cuenta con el servicio de energía eléctrica, el resto de las familias emplean velas y/o linternas a pilas para el alumbrado en sus domicilios. Según las encuestas socioeconómicas, el 94% de las viviendas cuenta con el servicio y el 6% no lo cuenta.

- **Telefonía**

Existe señal de telefonía celular Movistar, sin embargo la señal de telefonía celular Claro sólo puede captarse en las zonas más elevadas.

- **Educación**

En la localidad de Sugllaquiرو existen 3 instituciones educativas, 1 de nivel inicial, 1 de nivel primario y 1 de nivel secundario, las que se denominan I.E. N° 00206, I.E. N° 00496 y C.N. Sugllaquiرو, el detalle de dichas instituciones se presenta en la Tabla 24.

Tabla 24  
*Instituciones educativas del centro poblado Sugllaquiro.*

<b>Institución Educativa</b>	<b>Nivel</b>	<b>Tipo de Enseñanza</b>	<b>N° Alumnos</b>	<b>Alimentación</b>
I.E. N° 00206	Inicial	Multigrado	46	QaliWarma
I.E. N° 00496	Primaria	Polidocente	152	-
C.N. Sugllaquiro	Secundaria	Polidocente	140	-

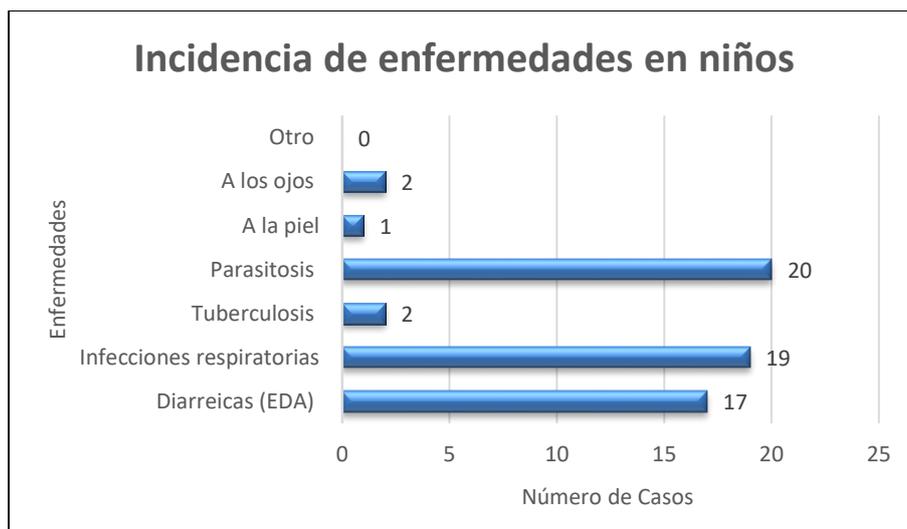
Fuente: Adaptado del Informe de Intervención Social del C.P. Sugllaquiro - PNSR.

Referente al grado de instrucción en la localidad de Sugllaquiro, el 56% de la población encuestada cuenta con nivel de instrucción primario, el 21% con secundario, el 5% con inicial, el 1% con nivel universitario y 16% restante, no presenta ningún nivel de instrucción educativa.

- **Salud**

El Centro Poblado Sugllaquiro cuenta con un establecimiento de salud, en su jurisdicción territorial, aunque en algunas oportunidades la población va a atenderse a Moyobamba en casos de emergencia. El Puesto de Salud Sugllaquiro, atiende diariamente en el horario de 8 am a 6 pm, es un establecimiento de categoría I-2 que brinda el servicio de consulta externa, sin internamiento.

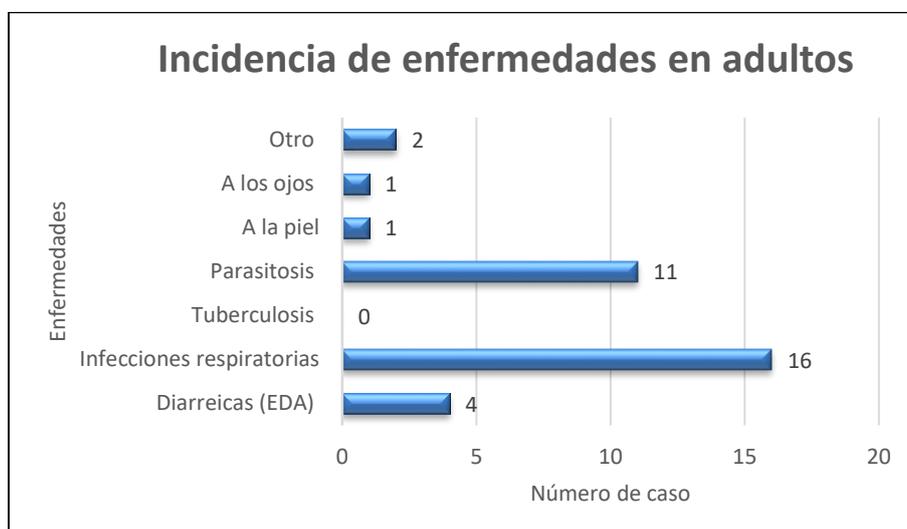
Según la encuesta socioeconómica, las enfermedades que afectan con mayor incidencia a los niños son, la parasitosis en primer lugar, seguido de las infecciones respiratorias y de las enfermedades diarreicas (EDA).



**Figura 28.** Enfermedades de mayor incidencia en niños.

Fuente: Encuestas socioeconómicas.

En adultos, las enfermedades que afectan con mayor incidencia son, las infecciones respiratorias en primer lugar, seguido por la parasitosis y por último las enfermedades diarreicas (EDA).



**Figura 29.** Enfermedades de mayor incidencia en adultos.

Fuente: Encuestas socioeconómicas.

Por otro lado, según el reporte estadístico proporcionado por MINSA, sobre la morbilidad general por etapas de vida del distrito de Moyobamba para el periodo 2016 - 2018, las enfermedades de origen hídrico (helminthiasis, enfermedades infecciosas

intestinales e infecciones de la piel y del tejido subcutáneo) son las que se ubican en tercer lugar luego de las infecciones respiratorias y de las enfermedades de la cavidad bucal, alcanzando en el 2018 el 7.56% (3.63% para helmintiasis, 2.84% para enfermedades infecciosas intestinales y 1.10% para infecciones de la piel), situación que guarda relación con los resultados obtenidos en las encuestas socioeconómicas. Los factores determinantes para estas incidencias, son el consumo de agua no potable, inadecuada disposición de excretas y los escasos hábitos y prácticas de higiene.

En las Tablas 25, 26 y 27, se detalla la información estadística del distrito de Moyobamba del periodo 2016 - 2018, proporcionado por el MINSA.

Tabla 25  
*Morbilidad general por etapas de vida del distrito de Moyobamba - 2016.*

CAUSAS DE MORBILIDAD	AÑO 2016					TOTAL	
	00a-11a	12a-17a	18a-29a	30a-59a	60a >	N°	%
Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (J00 - J06)	8,099	914	1,674	2,438	656	13,781	15.25%
Enfermedades de la cavidad bucal, de las glándulas salivales y de los maxilares (K00 - K14)	4,219	1,841	3,492	2,669	221	12,442	13.77%
Otras enfermedades del sistema urinario (N30 - N39)	750	345	1,424	1,990	543	5,052	5.59%
Helmintiasis (B65 - B83)	2,702	534	569	831	199	4,835	5.35%
Dorsopatias (M40 - M54)	80	145	692	1,880	760	3,557	3.94%
Micosis (B35 - B49)	1,031	332	737	991	183	3,274	3.62%
Enfermedades infecciosas intestinales (A00 - A09)	1,504	251	394	618	204	2,971	3.29%
Enfermedades del esófago, del estómago y del duodeno (K20 - K31)	104	226	738	1,400	485	2,953	3.27%
Trastornos episódicos y paroxísticos (G40 - G47)	181	198	723	855	172	2,129	2.36%
Obesidad y otros de hiperalimentación (E65 - E68)	1,348	33	189	231	12	1,813	2.01%
Artropatias (M00 - M25)	72	44	159	795	667	1,737	1.92%
Infecciones de la piel y del tejido subcutáneo (L00 - L08)	747	120	154	303	96	1,420	1.57%
Anemias nutricionales (D50 - D53)	863	90	122	217	83	1,375	1.52%
Dermatitis y eczema (L20 - L30)	731	87	187	232	55	1,292	1.43%
Enfermedades hipertensivas (I10 - I15)	3	4	15	252	749	1,023	1.13%

CAUSAS DE MORBILIDAD	AÑO 2016					TOTAL	
	00a-11a	12a-17a	18a-29a	30a-59a	60a >	N°	%
Desnutrición (E40 - E46)	946	32	4	1	1	984	1.09%
Trastornos de los tejidos blandos (M60 - M79)	52	65	197	472	185	971	1.07%
Otros trastornos maternos relacionados principalmente con el embarazo (O20 - O29)	0	98	508	272	0	878	0.97%
Infecciones con modo de transmisión predominantemente sexual (A50 - A64)	16	45	406	370	19	856	0.95%
Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (J40 - J47)	207	20	48	111	130	516	0.57%
Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (J20 - J22)	332	9	0	1	1	343	0.38%
Otras causas	5,840	2,382	5,279	9,108	3,577	26,186	28.97%
<b>TOTAL</b>	<b>29,827</b>	<b>7,815</b>	<b>17,711</b>	<b>26,037</b>	<b>8,998</b>	<b>90,388</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Información adaptada del SAIP-MINSA.

En el 2016 se observa que se han presentado 4,835 casos de helmintiasis (enfermedades parasitarias producidas por helmintos) que representa el 5.35% de todas las atenciones del año, 2,971 casos de enfermedades infecciosas intestinales (causadas por bacterias, virus y parásitos que dañan la mucosa intestinal) que representan el 3.29% de las atenciones y 1,420 casos de infecciones de la piel y del tejido subcutáneo que representa el 1.57% de todos los casos atendidos. Sin embargo, éstas presenta una mayor incidencia en los niños cuyas edades fluctúan entre los 0 y 11 años, observándose 4,953 casos; de los cuales el 54.55% corresponde a helmintiasis, el 30.37% a enfermedades infecciosas intestinales y el 15.08% restante a infecciones de la piel y del tejido subcutáneo.

Tabla 26

*Morbilidad general por etapas de vida del distrito de Moyobamba - 2017.*

CAUSAS DE MORBILIDAD	AÑO 2017					TOTAL	
	00a-11a	12a-17a	18a-29a	30a-59a	60a >	N°	%
Enfermedades de la cavidad bucal, de las glándulas salivales y de los maxilares (K00 - K14)	4,790	1,752	4,010	3,001	302	13,855	17.30%
Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (J00 - J06)	7,062	805	1,477	1,955	530	11,829	14.77%
Otras enfermedades del sistema urinario (N30 - N39)	575	343	1,339	1,820	431	4,508	5.63%
Helminthiasis (B65 - B83)	1,823	333	431	626	198	3,411	4.26%
Dorsopatias (M40 - M54)	79	152	646	1,744	721	3,342	4.17%
Enfermedades del esófago, del estómago y del duodeno (K20 - K31)	90	195	618	1,206	538	2,647	3.31%
Micosis (B35 - B49)	797	284	598	768	166	2,613	3.26%
Enfermedades infecciosas intestinales (A00 - A09)	1,235	185	255	446	113	2,234	2.79%
Trastornos episódicos y paroxísticos (G40 - G47)	105	165	477	677	177	1,601	2.00%
Artropatias (M00 - M25)	63	35	142	619	489	1,348	1.68%
Dermatitis y eczema (L20 - L30)	642	103	160	230	49	1,184	1.48%
Infecciones de la piel y del tejido subcutáneo (L00 - L08)	632	96	137	202	69	1,136	1.42%
Infecciones con modo de transmisión predominantemente sexual (A50 - A64)	10	56	508	548	10	1,132	1.41%
Otros trastornos maternos relacionados principalmente con el embarazo (O20 - O29)	0	137	647	297	0	1,081	1.35%
Anemias nutricionales (D50 - D53)	607	91	126	149	71	1,044	1.30%
Trastornos de los tejidos blandos (M60 - M79)	50	42	193	474	216	975	1.22%
Enfermedades hipertensivas (I10 - I15)	3	7	17	229	642	898	1.12%
Obesidad y otros de hiperalimentación (E65 - E68)	166	27	206	215	10	624	0.78%
Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (J40 - J47)	167	29	47	139	128	510	0.64%
Desnutrición (E40 - E46)	341	4	5	0	5	355	0.44%
Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (J20 - J22)	237	10	3	3	1	254	0.32%
Otras causas	4,932	2,008	4,853	8,107	3,587	23,487	29.33%
<b>TOTAL</b>	<b>24,406</b>	<b>6,859</b>	<b>16,895</b>	<b>23,455</b>	<b>8,453</b>	<b>80,068</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Información adaptada del SAIP-MINSA.

En el 2017 se observa que se han presentado 3,411 de helmintiasis que representa el 4.26% de todas las atenciones, 2,234 casos de enfermedades infecciosas intestinales que representan el 2.79% de las atenciones y 1,136 casos de infecciones de la piel y del tejido subcutáneo que representa el 1.42% de todos los casos atendidos. En los niños cuyas edades fluctúan entre los 0 y 11 años, se observa el mayor número de casos 3,690; de los cuales el 49.40% corresponde a helmintiasis, el 33.47% a enfermedades infecciosas intestinales y el 17.13% restante a infecciones de la piel y del tejido subcutáneo.

Tabla 27

*Morbilidad general por etapas de vida del distrito de Moyobamba - 2018.*

CAUSAS DE MORBILIDAD	AÑO 2018					TOTAL	
	00a-11a	12a-17a	18a-29a	30a-59a	60a >	Nº	%
Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (J00 - J06)	8,732	996	1,432	2,396	623	14,179	16.81%
Enfermedades de la cavidad bucal, de las glándulas salivales y de los maxilares (K00 - K14)	4,199	2,665	3,605	2,723	721	13,913	16.49%
Otras enfermedades del sistema urinario (N30 - N39)	545	336	1,171	1,852	421	4,325	5.13%
Dorsopatias (M40 - M54)	64	150	630	1,837	960	3,641	4.32%
Helmintiasis (B65 - B83)	1,705	293	317	549	197	3,061	3.63%
Micosis (B35 - B49)	954	289	525	857	168	2,793	3.31%
Enfermedades del esófago, del estómago y del duodeno (K20 - K31)	98	207	603	1,225	648	2,781	3.30%
Enfermedades infecciosas intestinales (A00 - A09)	1,467	168	258	364	136	2,393	2.84%
Trastornos episódicos y paroxísticos (G40 - G47)	119	162	405	733	206	1,625	1.93%
Anemias nutricionales (D50 - D53)	1,253	65	85	110	87	1,600	1.90%
Artropatias (M00 - M25)	95	51	131	640	567	1,484	1.76%
Otros trastornos maternos relacionados principalmente con el embarazo (O20 - O29)	0	149	824	330	3	1,306	1.55%
Infecciones con modo de transmisión predominantemente sexual (A50 - A64)	11	69	558	604	5	1,247	1.48%
Trastornos de los tejidos blandos (M60 - M79)	132	51	176	504	233	1,096	1.30%
Dermatitis y eczema (L20 - L30)	620	86	122	179	55	1,062	1.26%

CAUSAS DE MORBILIDAD	AÑO 2018					TOTAL	
	00a-11a	12a-17a	18a-29a	30a-59a	60a >	N°	%
Obesidad y otros de hiperalimentación (E65 - E68)	49	24	416	488	37	1,014	1.20%
Enfermedades hipertensivas (I10 - I15)	2	5	9	206	714	936	1.11%
Infecciones de la piel y del tejido subcutáneo (L00 - L08)	475	77	103	198	71	924	1.10%
Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (J40 - J47)	241	40	39	103	168	591	0.70%
Desnutrición (E40 - E46)	267	10	4	5	4	290	0.34%
Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (J20 - J22)	173	8	3	5	5	194	0.23%
Otras causas	5,177	2,060	4,674	8,155	3,833	23,899	28.33%
<b>TOTAL</b>	<b>26,378</b>	<b>7,961</b>	<b>16,090</b>	<b>24,063</b>	<b>9,862</b>	<b>84,354</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Información adaptada del SAIP-MINSA.

En el 2018, se presentaron 3,061 casos de helmintiasis que representa el 3.63% de todas las atenciones, 2,393 casos de enfermedades infecciosas intestinales que representan el 2.84% de las atenciones y 924 casos de infecciones de la piel y del tejido subcutáneo que representa el 1.10% de todos los casos atendidos. Sin embargo, al igual que en los años 2016 y 2017, la mayor incidencia de enfermedades de origen hídrico se presenta en los niños cuyas edades fluctúan entre 0 a 11 años.

Estas enfermedades, representan las principales causas de morbilidad, originadas por el consumo de agua no potable, inadecuada disposición de excretas y aguas residuales; sumado a ello, los escasos hábitos de higiene de la población.

Del análisis de la información estadística proporcionada por el MINSA, respecto a las causas de morbilidad del distrito de Moyobamba para los años 2016, 2017 y 2018, se observa la tendencia de disminución de la incidencia de las enfermedades de origen hídrico, ello debido a los diferentes esfuerzos del estado peruano, entre ellos, con proyectos de agua y saneamiento. Dicha disminución se detalla en la Tabla 28:

Tabla 28

*Resumen de la morbilidad del distrito de Moyobamba - Periodo 2016-2018.*

CAUSAS DE MORBILIDAD	2016		2017		2018	
	Casos	%	Casos	%	Casos	%
Helminthiasis	4,835	5.35%	3,411	4.26%	3,061	3.63%
Enfermedades infecciosas intestinales	2,971	3.29%	2,234	2.79%	2,393	2.84%
Infecciones de la piel y del tejido subcutáneo	1,420	1.57%	1,136	1.42%	924	1.10%

Fuente: Información adaptada del SAIP-MINSA.

- **Instituciones sociales y públicas**

El centro poblado Sugllaquiرو cuenta 12 instituciones sociales y 4 instituciones públicas, las mismas que se detallan a continuación:

Instituciones Sociales: 01 local municipal, 01 local comunal, 01 puesto policial, 01 local de club de madres, 01 local de comité de cafetaleros y 07 iglesias (01 iglesia católica, 01 iglesia cristiana evangélica, 01 iglesia evangélica “Las asambleas de Dios del Perú”, 01 iglesia evangélica “Manantial de vida”, 01 iglesia adventista del séptimo día, 01 iglesia pentecostés “Movimiento misionero mundial” y 01 iglesia reformista).

Instituciones Estatales: 03 instituciones educativas de nivel inicial, primaria y secundaria (I.E. N° 00206, I.E. N° 00496 y C.N. Sugllaquiرو) y 01 centro de salud.

La presencia de estas instituciones sociales y estatales, demuestran el desarrollo urbano del Centro Poblado. Por otro lado, se puede apreciar que las viviendas se encuentran consolidadas; de modo que existe la necesidad de plantear servicios de saneamiento básico como para las áreas urbanas; a ello se suma la falta de terrenos aparentes como para instalar una UBS con sistema de tratamiento individual, con las características que proponen el MVCS en la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018.

### 3.3. Variables

Una variable puede ser el resultado de una fuerza o ser una fuerza que causa un cambio en otra variable. Las variables que se usaran en el presente estudio se detallan en la Tabla 29.

Tabla 29  
*Variables e Indicadores.*

<b>Tipo de Variable</b>	<b>Nombre</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>
<b>Independiente</b>	Sistema de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales	Cobertura del servicio de saneamiento	%
		Conexiones domiciliarias de desagüe	Número de conexiones
		Caudal de diseño	L/s
<b>Dependiente</b>	Defecación al aire libre	Población que realiza la defecación al aire libre	%
		Enfermedades infecciosas intestinales	%
	Incidencia de enfermedades de transmisión hídrica	Helminthiasis	%
		Enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo	%
	Hábitos y prácticas de higiene	Familias capacitadas en educación sanitaria	%

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Población y Muestra

#### 3.4.1. Población

Según la información primaria recogida en octubre del 2013, el número de viviendas con población presente fue 242, en las que residían 990 habitantes; lo que significa que la densidad poblacional por vivienda es 4.09 hab/viv. En agosto del 2015, se realizó una segunda visita con el objetivo de verificar la información recabada anteriormente, se elaboró el listado de beneficiarios y el plano de lotes definitivo. Así mismo, se verificó la existencia de 3 instituciones educativas, 1 centro de salud y 12 locales sociales.

Tabla 30  
*Densidad Poblacional por Vivienda.*

Centro Poblado	Año	Viviendas	Población	Densidad (hab/viv)
Sugllaquiro	2013	242	990	4.09
	2015	242	1048	4.33

Fuente: Trabajo de campo 2013 y 2015 - Consultor de estudio PNSR.

### 3.4.2. Muestra

El tamaño de la muestra representativa del centro poblado Sugllaquiro, ha sido definido a partir de la aplicación de la siguiente fórmula estadística, la cual es recomendada en el Anexo K2-Guía de Intervención Social para los Proyectos de Agua Potable y Saneamiento del Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR):

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + z^2 * p * q}$$

Para aplicar la fórmula, se ha asumido un grado de confiabilidad del 90 %, un margen de error del 10%, y unos valores de 20% y 80% para los valores de p y q respectivamente, que corresponden a la proporción de población con conocimiento y sin conocimiento de prácticas de educación sanitaria respectivamente; situación que está relacionada al no contar con abastecimiento de agua potable a nivel de conexiones en el domicilio.

Tabla 31  
*Parámetros de diseño para el cálculo de la muestra.*

Símbolo	Descripción	Valor
N	Viviendas	242
z	Constante	1.65
e	Error	10%
p	Con conocimiento	0.20
q	Sin conocimiento	0.80
I	Intervalo	2

Fuente: Elaboración propia - Trabajo de gabinete.

Aplicando la formula, se obtiene una muestra de 37 encuestas, las cuales se aplicaron en base a la cobertura del servicio de agua. En el centro poblado Sugllaquiro se identificaron un total de 242 viviendas, de las cuales 32 sin conexión domiciliaria y 210 con conexión domiciliaria, lo que representa un 13% y 87% respectivamente; por lo tanto se procedió a aplicar 5 encuestas a viviendas sin conexión domiciliaria y 32 encuestas a viviendas con conexión domiciliaria. Aplicando los datos obtenidos en el trabajo de campo, nos permite estratificar la muestra del siguiente modo:

Tabla 32  
*Muestra estimada para la aplicación de la encuesta socioeconómica.*

Universo (Viv)	Muestra	Viviendas C/Conexión	Viviendas S/Conexión	% Viviendas C/C	% Viviendas S/C	Muestras a aplicar	
						C/C	S/C
242	37	210	32	87%	13%	32	5

Fuente: Elaboración propia - Trabajo de gabinete.

### 3.5. Instrumentos

En la presente investigación, los instrumentos utilizados para la recopilación de información, son los siguientes:

#### 3.5.1. Observación

Nos permite percibir directamente, sin intermediarios que deformen la percepción, los hechos de la realidad objetiva, con lo cual se eliminan las deformaciones subjetivas propias de otras técnicas indirectas. Es instrumento, se desarrolló en las visitas de campo en marco del proyecto del PNSR, del cual fui partícipe; en ellas se realizó el reconocimiento del lugar, la identificación de las viviendas y el registro fotográfico del estado situacional de la infraestructura de disposición sanitaria de excretas del centro poblado Sugllaquiro.

### 3.5.2. La entrevista

Este tipo de instrumento, se basa en hacer preguntas a alguien con el propósito de obtener información específica. En la presente investigación, se realizaron entrevistas estructuradas a través de fichas y cuestionarios elaborados previamente, los cuales fueron aplicados a las autoridades, instituciones públicas y población del centro poblado Sugllaquiuro, durante el desarrollo de las encuestas.

### 3.5.3. Encuestas

La encuesta, incluye la observación, entrevista personal y la aplicación de un cuestionario a nivel de una población dispersa y representativa (muestra). En el presente estudio, se utilizaran los resultados de la encuesta aplicada en campo por el consultor del proyecto que viene realizando el PNSR. Para la aplicación de éstas, se utilizaron dos cuestionarios elaborados y recomendados por el PNSR, el Cuestionario N° 1 orientado a las viviendas que cuentan con conexión domiciliaria de agua y el Cuestionario N° 2, aplicado a viviendas sin conexión domiciliaria.

Tabla 33  
*Indicadores Socioeconómicos Considerados en la Encuesta.*

<b>Módulo</b>	<b>Indicadores</b>
Módulo A Datos Generales	Identificación del Centro Poblado Identificación de la Vivienda Identificación del Entrevistado
Módulo B Información sobre la Vivienda	Tiempo de ocupación de la vivienda Sexo
Módulo C Información sobre la Familia	Grado de Instrucción Ingreso Económico Personas que viven en la vivienda
Módulo D Información sobre el Abastecimiento de Agua	Sobre el servicio de agua Sobre Otras Fuentes de Abastecimiento Sobre la Posibilidad de Mejora del Servicio de Agua Sobre el Operador del Sistema de Agua
Módulo E Información sobre el Saneamiento	Disponibilidad de Servicio Higiénico Tipo de Disposición de Excretas Estado físico de la UBS
Módulo F	Disposición de Pago por el Servicio de Conexión Domiciliaria

<b>Módulo</b>	<b>Indicadores</b>
Información General y Otros Servicios de la Vivienda	Hábitos de Limpieza Tipos y Frecuencias de Enfermedades en el Centro Poblado Disposición de Residuos Sólidos
Módulo G Organizaciones de la Sociedad Civil	Organizaciones sociales en el Centro Poblado Instituciones Públicas y Privadas en el Centro Poblado
Módulo H Conciencia Ambiental	Escases del Agua Importancia del Agua para Vivir Consecuencias de una mala disposición de Residuos Sólidos.

Fuente: Adaptado de las encuestas del PNSR.

### **3.5.4. Recopilación documental y bibliográfica**

Se recopiló información de diferentes fuentes de información secundaria, obtenida a través de documentos, libros, informes, datos estadísticos, estudios e investigaciones, entre otros; lo cuales fueron utilizados preliminarmente en el proceso de elaboración de los antecedentes y del marco teórico de la investigación, ya que por medio de ella se logró reunir la información pertinente sobre el problema formulado. La recopilación documentaria y bibliográfica es imprescindible, ya que sin su ayuda sería imposible conocer las diversas teorías que existen sobre el tema, por otros investigadores o instituciones.

### **3.6. Procedimientos**

La información utilizada en el presente estudio, corresponde a la información obtenida en el marco de la elaboración de los estudios de Pre inversión e Inversión realizado por el PNSR durante los años 2013 y 2015, estudios en los cuales fui partícipe, la cual se considera como línea base para el presente estudio. Cabe precisar que, dicha información fue actualizada al 2019, complementada y mejorada con información secundaria obtenida de diferentes instituciones, entre ellas el INEI y el MINSA. El recojo de información, incluyó una etapa de campo y una de gabinete, a continuación se detalla las actividades realizadas en ambas etapas:

### **3.6.1. Etapa de campo**

En esta etapa se realizaron dos visitas; una en el año 2013 y otra en el año 2015; en la primera visita, se recopiló información primaria referente al estado de los servicios, se elaboró el padrón de viviendas, se realizaron talleres, encuestas, el levantamiento topográfico, entre otras. En la segunda visita realizada el año 2015, en la cual fui participe, se ratificó el padrón de viviendas, se identificando los titulares de las mismas, se realizó el test de percolación y el registro fotográfico del estado de la infraestructura de saneamiento (letrinas).

### **3.6.2. Etapa de gabinete**

En esta etapa, se procesó la información recogida en campo, se complementó y actualizó la información secundaria con información estadística del INEI, MINSA (a nivel local, distrital, regional, según corresponda) y con información de la ONU y de la OMS. Posterior a ello, se realizó el análisis de la oferta y demanda del sistema de saneamiento; por último, con ayuda de los programas SewerCAD y AutoCAD, se diseñó las redes alcantarillado y la planta de tratamiento de aguas residuales.

## **3.7. Análisis de Datos**

### **3.7.1. Tasa de infiltración del suelo**

El cálculo de la velocidad de infiltración del suelo, se realizó a través del Test de Percolación, según el procedimiento establecido en la Norma Técnica I.S.020 Tanques Sépticos. Con ello, se determina las condiciones de permeabilidad del suelo y se evalúa si dicho suelo es apto para realizar una zanja de infiltración o zanja de percolación.

Al respecto, se realizaron las excavaciones y acondicionamiento de las calicatas, para el inicio del test de percolación, de la siguiente manera:

- Se excavaron 02 calicata de dimensiones 1.00 x 1.00 m y profundidad de 1.00 m.
- Preparación del cubeto de 0.30 x 0.30 x 0.35 m en el fondo de cada calicata.
- Se procedió a perfilar las paredes del cubeto con la finalidad de evitar la erosión, ello se logró con maderas adaptadas al cubeto, lo cual permitió dar la forma requerida para la prueba.
- Se colocó una capa de grava de 0.05 m de espesor, en el fondo del cubeto.
- La saturación y expansión del suelo se efectuó cuidadosamente, adicionando agua limpia el cubeto acondicionado hasta una altura de 0.30 m sobre la capa de grava y se mantuvo esta altura por un periodo mínimo de 4 horas.

Tabla 34  
*Ubicación de las calicatas para el Test de Percolación.*

N°	Código de Calicata	Coordenadas UTM Zona 18		Altitud m.s.n.m
		Este	Norte	
01	C-01	288368	9341644	1021
02	C-02	288809	9342340	932

Fuente: Trabajo de campo, 2015.



**Figuras 30 y 31.** Excavación de la calicata C-01, ubicada en el C.P Sugllaqui.

Fuente: Visita de campo, 2015.



**Figura 32.** Calicata C-02, ubicada en el terreno donde se proyecta la PTAR.

Fuente: Visita de campo, 2015.

La determinación de la tasa de percolación, se realiza bajo los criterios establecidos en la Norma Técnica I.S.020 Tanques Sépticos y detallados en el ítem 2.2.3.1 del presente documento. Los resultados del Test de Percolación se detallan en la Tabla 35 y 36.

**Tabla 35**  
*Resultados del Test de Percolación en C-01.*

Registro N°	Tiempo (hr/m/seg)			Alturas (cm)		
	Inicial	Final	Intervalo	Inicial	Final	Intervalo
1	09:00:00	09:05:00	00:05:00	30	29.4	0.6
2	09:05:00	09:10:00	00:05:00	29.4	28.8	0.6
3	09:10:00	09:15:00	00:05:00	28.8	28.3	0.5
4	09:15:00	09:20:00	00:05:00	28.3	27.8	0.5
5	09:20:00	09:25:00	00:05:00	27.8	27.3	0.5
6	09:25:00	09:30:00	00:05:00	27.3	27	0.3
<b>Total</b>			<b>00:30:00</b>			<b>3</b>
<b>Tasa de Infiltración</b>				<b>10.00</b>	<b>min/cm</b>	
<b>Clase de terreno, según Norma Técnica I.S.020</b>					<b>Lentos</b>	

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

Tabla 36  
*Resultados del Test de Percolación en C-02.*

Registro N°	Tiempo (hr/m/seg)			Alturas (cm)		
	Inicial	Final	Intervalo	Inicial	Final	Intervalo
1	11:10:00	11:15:00	00:05:00	30	29.45	0.55
2	11:15:00	11:20:00	00:05:00	29.45	29	0.45
3	11:20:00	11:25:00	00:05:00	29	28.6	0.4
4	11:25:00	11:30:00	00:05:00	28.6	28.22	0.38
5	11:30:00	11:35:00	00:05:00	28.22	27.92	0.3
6	11:35:00	11:40:00	00:05:00	27.92	27.67	0.25
<b>Total</b>			<b>00:30:00</b>			<b>2.33</b>
<b>Tasa de Infiltración</b>				<b>12.88</b>	<b>min/cm</b>	
<b>Clase de terreno, según Norma Técnica I.S.020</b>						<b>-</b>

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

En el presente estudio, se va a considerar el test de percolación más desfavorable, por lo que se concluye que el tiempo de infiltración para el descenso del nivel de agua en un centímetro es de 12.88 minutos, este valor supera al tiempo de 12 minutos establecidos en la Norma Técnica I.S.020 Tanques Sépticos; lo cual indica que el terreno permite una filtración muy lenta, debiendo considerarse otra alternativa como método de disposición final.

### 3.7.2. Estudio topográfico

Con el propósito de representar los diferentes rasgos naturales y artificiales de la zona; para la presente investigación se utilizaron los datos obtenidos del levantamiento topográfico realizado por el PNSR el año 2013. Para la georeferenciación se utilizó el método de posicionamiento diferencial estático, el cual consiste en tomar datos en un punto base de coordenadas previamente conocidas, se empleó la Estación de Rastreo Permanente **Mo01** de Orden “0” establecido por el IGN, ubicada en el distrito Moyobamba, provincia Moyobamba, departamento San Martín, el formulario de información de la estación GPS del punto base se muestra en el Anexo 2.

Tabla 37  
Ubicación de la Estación de Rastreo Permanente Mo01.

Código	Coordenadas UTM Zona 18 Sur		Altitud m.s.n.m
	Este	Norte	
Mo01	279948	9333957	<b>869</b>

Fuente: Informe Técnico de Topografía, octubre 2013.

En el levantamiento topográfico se han registrado 698 puntos topográficos y se han establecido 02 Puntos de control Horizontal y Vertical (BMs) denominados **SUG-1** y **SUG-2** que corresponde a poligonal de apoyo y que se encuentran ubicados dentro del área de interés, estos BMs se han ubicado en hitos o estructuras existente de concreto cuyas coordenadas se muestra en la Tabla 38. Las tarjetas de descripción de los dos puntos georeferenciados se presentan en el Anexo 3.

Tabla 38  
Ubicación de los puntos de control SUG-1 y SUG-2.

Punto	Coordenadas UTM Zona 18 Sur		Altitud m.s.n.m
	Este	Norte	
SUG-1	288149	9341436	1045
SUG-2	287920	9341639	1045

Fuente: Informe Técnico de Topografía, octubre 2013.

### 3.7.3. Selección del sistema de disposición sanitaria de excretas

Para la selección de la alternativa de disposición sanitaria de excretas, el algoritmo de selección de la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018, la cual se fue detallada en el capítulo de marco teórico.

Tabla 39

*Análisis de los criterios de selección para el sistema de disposición de excretas.*

N°	Criterio de Selección	Detalle
1	Disponibilidad de agua para consumo.	Para el presente estudio, la prioridad de la alternativa a considerar es un sistema con arrastre hidráulico (2do Grupo); correspondiéndole una dotación agua de 100 l/hab.día, para la región geográfica de selva (Ver Tabla 6).
2	Nivel freático	El nivel freático del área de estudio se encuentra a una profundidad mayor de 4m.
3	Pozo de agua para consumo humano	El 86.8% de la población del centro poblado Sugllaquiuro, cuenta con el servicio de Agua. Según las encuestas, de la población que no cuenta con el servicio, el 60% manifestó abastecerse de manantial, y el 20% de un pozo y el porcentaje restante del vecino. De éstos, el 25% manifestó recorrer entre 1 a 50m a la fuente de agua.
4	Zona inundable	El área de estudio no se encuentra en una zona inundable.
5	Disponibilidad de terreno	Las viviendas se encuentran consolidadas; de modo que existe la necesidad de plantear servicios de saneamiento básico como para las áreas urbanas; a ello se suma la falta de terrenos aparentes como para instalar una UBS con sistema de tratamiento individual
6	Suelo expansivo	El suelo está referido a suelos residuales arcillosos húmedos, con consistencia de suelos cohesivos de tipo compacto.
7	Facilidad de excavación	El tipo de suelo presente en el área de estudios varía entre grava arcillosa, arcilla de alta plasticidad, limos de alta plasticidad y arcilla de baja plasticidad, según ello los suelos son de fácil excavación.
8	Suelo fisurado	Suelos arcillosos de consistencia compacta.
9	Suelo permeable	Según el test de percolación, la tasa de infiltración es de 12.88 min/cm, lo que indica que el terreno permite una filtración muy lenta.
10	Vaciado del depósito de excretas	La eliminación de excretas se realiza a través de letrinas del tipo hoyo seco en su mayoría (cobertura 93%), estas letrinas se encuentran saturadas y en mal estado. Culminado su periodo de vida útil (cuando el hoyo se llena), son abandonadas; razón por la cual, no se realiza el vaciado de las excretas.
11	Aprovechamiento de residuos fecales	Las familias se encuentran dispuestas a aprovechar los residuos fecales (lodos), como acondicionadores de suelos.
12	Papel blando para limpieza anal	Las familias utilizan papel blando para la limpieza anal, en su mayoría.
13	Costos de mantenimiento	Las familias no cuentan con el conocimiento y la capacitación necesaria para realizar el mantenimiento de las letrinas de tipo hoyo seco existentes.
14	Aceptabilidad de la solución	Las familias aceptan la opción tecnológica planteada.

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando los criterios y el algoritmo de selección del sistema de disposición sanitaria de excretas - 2do Grupo (Figura 15), se obtiene como alternativa la Unidad Básica de Saneamiento de Tipo Compostera de Doble Cámara (UBS COM - ZIN3), con zona de infiltración para la disposición de aguas grises en PA o ZP, incluyendo una zona de filtración

compartida para varias unidades de opciones tecnológicas. Sin embargo, debido a la tasa de infiltración de 12.88 min/cm, terrenos muy lentos, no es posible optar por la disposición de las aguas residuales por zonas de infiltración (PA o ZP), evidenciándose la necesidad de optar por otros sistema de tratamiento y disposición final, en concordancia con la Norma Técnica I.S.020 Tanques Sépticos.

Al respecto, debido a que el centro poblado Sugllaquiuro presenta un desarrollo de tipo urbano con viviendas e instituciones consolidadas y calles definidas, existe la necesidad de plantear servicios de saneamiento básico como para las áreas urbanas; a ello se suma la falta de terrenos aparentes como para instalar UBS con sistema de tratamiento individual. Todo ello conlleva a plantear como alternativa un sistema colectivo, que permita recolectar, transportar y tratar las aguas residuales, a través de UBS conectadas a un sistema de alcantarillado convencional y una planta de tratamiento de aguas residuales.

#### **3.7.4. Análisis de la demanda del sistema de saneamiento**

La demanda de saneamiento está conformada por la demanda de recolección de aguas servidas, la misma que está determinada por el caudal de contribución al desagüe y la contribución por infiltración. La contribución al desagüe se obtendrá a partir de todos los consumos obtenidos según la dotación de agua, mientras que la contribución por infiltración dependerá de las condiciones meteorológicas del lugar. Para estimar la demanda de alcantarillado, se ha asumido una cobertura del 100% en el primer año de operación (2020), y se mantendrá constante en el horizonte de diseño.

Los parámetros asumidos para calcular el número de baños dignos así como la instalación del sistema de alcantarillado, son:

- Cada vivienda, demanda una (1) caseta de baño, con: 1 inodoro, 1 ducha, 1 lavatorio y 1 lavadero multiusos.

- Cada I.E. Inicial, demanda una (1) caseta de baño, con: 3 inodoros, 1 urinario, 1 lavatorio y 1 lavadero multiusos. Con ambientes separados, para profesores, hombres y mujeres.
- Cada I.E. Primaria-Secundaria y establecimiento de salud, demanda una (1) caseta de baño, con: 5 inodoros, 1 urinario, 1 lavatorio y 1 lavadero multiusos. Con ambientes separados, tanto para profesores, hombres y mujeres.

#### ❖ **Periodo de diseño**

Según recomendación de la Guía para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado (2005), para proyectos de alcantarillado en el ámbito rural, se ha fijado como periodo de diseño 20 años; tiempo que se sustenta porque el periodo óptimo de diseño de las estructuras de saneamiento oscila entre 10 y 20 años. Asimismo, con periodos de diseño largos (>20 años), el flujo en las alcantarillas estaría por muchos años debajo del caudal de diseño, por lo cual las velocidades serán menores a las previstas y el desempeño del sistema será menor al esperado.

#### ❖ **Población beneficiaria**

##### Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento poblacional se obtuvo a partir de la población censal de la localidad o del distrito correspondiente a los años 1993, 2007 y 2017 (se considerará la población del padrón de viviendas 2013, de ser necesario), aplicando un crecimiento aritmético:

$$Pf = Po \times (1 + \Delta t \times T)$$

Dónde:

- Pf: Población final.

- Po: Población inicial.
- T: Tasa de crecimiento poblacional.
- $\Delta t$ : Variación de tiempo en años.

Para el centro poblado Sugllaqui, la tasa de crecimiento poblacional calculada en el periodo 1993-2007 resulta ser 2.90%, mientras que para el periodo 2007-2017 es -0.06% y para el periodo 2007-2013 es 4.22%. En la Tabla 40, se muestra las tasas de crecimiento calculadas:

Tabla 40  
*Tasa de Crecimiento Poblacional.*

Lugar (Ámbito Rural)	Población (Hab)				Tasa de Crecimiento Aritmético		
	INEI 1993	INEI 2007	INEI 2017	Padrón 2013	1993-2007	2007-2017	2007-2013
Centro Poblado Sugllaqui	562	790	785	990	<b>2.90%</b>	-0.06%	4.22%
Distrito de Moyobamba	14,080	22,358	18,601	-	4.20%	-1.68%	-
Provincia de Moyobamba	29,927	46,983	36,144	-	4.07%	-2.31%	-
Departamento de San Martín	216,445	256,053	259,302	-	1.31%	0.13%	-

Fuente: Elaboración propia - Trabajo de gabinete.

La tasa de crecimiento anual seleccionada para el centro poblado Sugllaqui es 2.90%, correspondiente al periodo 1993-2007; ésta será utilizada en los cálculos de población y demanda del presente estudio.

### Población actual

Para obtener la población actual, población existente en el momento de la elaboración de los diseños de ingeniería, se proyecta la población del año base (agosto 2015) utilizando la tasa de crecimiento anual seleccionada de 2.90%. Según ello, la población actual del

centro poblado Sugllaquiro al año 2019 asciende a 1169 habitantes, tal como se aprecia en la Tabla 41.

Tabla 41  
*Población actual al año 2019.*

<b>Centro Poblado</b>	<b>Población</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Densidad (hab/viv)</b>
Sugllaquiro	1169	270	4.33

Fuente: Elaboración propia.

### Población futura estimada

Para el cálculo de población futura se ha utilizado el método aritmético, por ser el método que más se ajusta para zonas rurales, utilizando la siguiente expresión.

$$Pf = Po \times (1 + \Delta t \times T)$$

Además, para la estimación de las viviendas a lo largo del periodo de diseño, se está considerando constante la densidad poblacional por vivienda, obtenida a partir del recojo de información primaria (agosto 2015).

Tabla 42  
*Datos para la proyección poblacional.*

<b>Datos del Centro Poblado (Año Base)</b>	
Año base	2015
Nº viviendas del CP	242
D. viv.	4.33
Población total	1048
<b>Datos para la Proyección</b>	
Tasa de crecimiento	2.90%
Periodo de diseño	20

Fuente: Elaboración propia a partir de la visita de campo.

La proyección poblacional, para el periodo de diseño de 20 años, se estima a partir de la población del año base (2015) y la tasa de crecimiento anual (2.90%), el cálculo de la proyección poblacional se presenta en la Tabla 43.

Tabla 43  
*Proyección poblacional y de viviendas.*

Nº	Año	Proyección Poblacional	Proyección de Viviendas
Base	2015	1048	242
0	2019	1169	270
1	2020	1200	277
2	2021	1230	284
3	2022	1261	291
4	2023	1291	298
5	2024	1321	305
6	2025	1352	312
7	2026	1382	319
8	2027	1412	326
9	2028	1443	333
10	2029	1473	340
11	2030	1504	347
12	2031	1534	354
13	2032	1564	361
14	2033	1595	368
15	2034	1625	375
16	2035	1655	382
17	2036	1686	389
18	2037	1716	396
19	2038	1746	403
20	2039	1777	410

Fuente: Elaboración propia.

#### ❖ Dotación

De acuerdo a las características demográficas, culturales, y condiciones técnicas se propone la implementación de un sistema de alcantarillado convencional (UBS con arrastre hidráulico conectadas a redes colectores y PTAR), por lo que el consumo promedio doméstico será 100 L/hab/día. Asimismo, el consumo estatal a emplear será 20 L/alumno/día para las instituciones educativas de nivel inicial y primario y 25 L/alumno/día para la institución de nivel secundario. El consumo para el puesto de salud

e instituciones sociales será el estipulado para una vivienda (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018).

#### ❖ **Caudales de aguas residuales**

##### Coeficiente de contribución al desagüe

El coeficiente de contribución al desagüe; se debe estimar, en base a información y estudios locales; sin embargo, cuando estos estudios no puedan ser realizados, como en este caso, se asume el indicador de 0,80. El caudal promedio de contribución al desagüe ( $Q_{pcd}$ ), será calculado a partir de los consumos del tipo doméstico, estatal y social, según la dotación de agua.

$$Q_{pcd} = (Cons. \text{ doméstico} + Cons. \text{ estatal} + Cons. \text{ Social}) \times C$$

##### Tasa de contribución de infiltración

Debido a que el nivel freático del área de estudio es bajo y la tubería a utilizar en las redes colectoras de alcantarillado serán de PVC, el coeficiente de infiltración en tuberías a utilizar será 0.05 L/s.km (Ver Tabla 12). Según el Manual Práctico de Saneamiento en Poblaciones Rurales (2009), elaborado por el Fondo Perú - Alemania, para determinar el ingreso de escorrentía de lluvias a los buzones, se recomienda un valor de infiltración en buzones equivalente a 0.004 L/s por buzón.

##### Fórmulas

Para el diseño del sistema de alcantarillado convencional, se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

Tabla 44  
 Fórmulas - Sistema de Alcantarillado.

Componente	Q de Diseño	Fórmula	Definiciones
Colectores			$Q_{cd}$ = Caudal de contribución al desagüe (L/s) $Q_i$ : Caudal de infiltración (L/s) $Q_{pcd}$ : Caudal promedio de contribución al desagüe (L/s)
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Q: Caudal total de alcantarillado (L/s)	$Q = Q_{cd} + Q_i$ $Q_{cd} = K_2 \times Q_{pcd}$ $Q_i = Q_t + Q_b$ $Q_t = t \times L$ $Q_b = b \times \text{Buzones}$ $Q_{pcd} = C \times Q_T$	Factor de variación máximo horario: $K_2 = 2.0$ Tasa de infiltración en tuberías (t): 0.05 - 0.80 (L/s.km) Tasa de infiltración en buzones (b): 0.004 (L/s. Buzón) Tasa de infiltración (i) L: Longitud de colectores (km) $Q_T$ : Consumo total de agua (L/s) Coeficiente de contribución de desagüe: $C = 80\%$

Fuente: Guía para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado - OPS/CEPIS.

A continuación, se presentan los parámetros utilizados para calcular la demanda de alcantarillado proyectada:

Tabla 45

*Parámetros de diseño para la demanda del sistema de alcantarillado.*

<b>Datos Técnicos</b>	<b>Año Base</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>
Población total	1048	1169	1200
Número de viviendas	242	270	277
Densidad poblacional (hab/viv)		4.33	
Cobertura de agua	86.8%	77.8%	100%
Cobertura de Saneamiento	0%	0%	100%
Número de viviendas con conexión domiciliaria	210	210	277
Número de lotes de I.E. Inicial y Primaria con conexión	2	2	2
Número de lotes de I.E. Secundaria con conexión	1	1	1
Número de centros de salud con conexión	1	1	1
Otras instituciones (sociales) con conexión	12	12	12
Población escolar Inicial y Primaria (capacidad máxima)	195	195	195
Población escolar Secundaria (capacidad máxima)	163	163	163
Número de UBS de I.E. Inicial y Primaria	0	0	2
Número de UBS de I.E. Secundaria	0	0	1
Número de UBS de Centros de Salud	0	0	1
Número de UBS Otros Usos	0	0	0
N° de UBS totales para instituciones	0	0	4
Dotación de agua por conexión domiciliaria (L/h/d)	50	50	100
Dotación de agua por pileta publica (L/h/d)	-	-	40
Dotación de agua instituciones educativas Inicial y Primaria (l/h/d):	20	20	20
Dotación de agua instituciones educativas Secundaria (L/h/d):	25	25	25
Dotación de agua centros de salud (L/d):	216.5	216.5	433.1
Consumo otros (L/d):	216.5	216.5	433.1
Factor máximo diario	-	-	1.3
Factor máximo Horario [1.8-2.5]	-	-	2.0
% de Contribución al desagüe	0%	0%	80%
Coficiente por Infiltración en tuberías (L/s.km)	0.05	0.05	0.05
Longitud de Tuberías (km)	0	0	6.80
Caudal de infiltración en tuberías (L/s)	0.00	0.00	0.34
Coficiente por Infiltración en buzones (L/s.Bz)	0.004	0.004	0.004
Número de Buzones	0	0	121
Caudal de infiltración en Buzones (L/s)	0.00	0.00	0.48

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46

*Demanda Proyectada del Sistema de Alcantarillado - Centro Poblado Sugllaqui.*

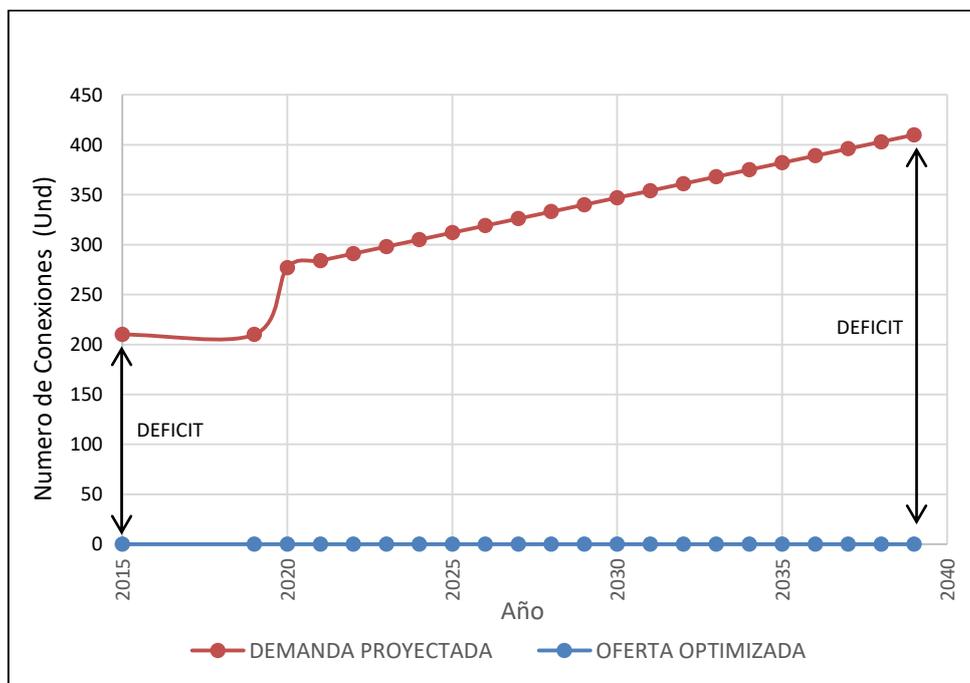
Año	Población total	Cobertura (%)	Pob. Con conexión domiciliaria	Flujos promedio de desagüe (L/s)					Flujo máximo diario de desagüe (L/s)	Flujo máximo horario de desagüe (L/s)	Caudal de infiltración en tuberías (L/s)	Caudal de infiltración en Buzones (L/s)	Q diseño máx diario de desagüe (L/s)	Q diseño máx horario de desagüe (L/s)	
				Doméstico (L/s)	I.E. (L/s)	Centro de Salud (L/s)	Otras conex (L/s)	Total (L/s)							
<b>Base</b>	2015	1048	87%	910	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>0</b>	2019	1169	78%	910	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>1</b>	2020	1200	100%	1200	1.11	0.07	0.004	0.05	1.24	1.61	2.47	0.34	0.48	2.43	3.30
<b>2</b>	2021	1230	100%	1230	1.14	0.07	0.004	0.05	1.26	1.64	2.53	0.34	0.48	2.47	3.35
<b>3</b>	2022	1261	100%	1261	1.17	0.07	0.004	0.05	1.29	1.68	2.59	0.34	0.48	2.51	3.41
<b>4</b>	2023	1291	100%	1291	1.20	0.07	0.004	0.05	1.32	1.72	2.64	0.34	0.48	2.54	3.47
<b>5</b>	2024	1321	100%	1321	1.22	0.07	0.004	0.05	1.35	1.75	2.70	0.34	0.48	2.58	3.52
<b>6</b>	2025	1352	100%	1352	1.25	0.07	0.004	0.05	1.38	1.79	2.76	0.34	0.48	2.62	3.58
<b>7</b>	2026	1382	100%	1382	1.28	0.07	0.004	0.05	1.41	1.83	2.81	0.34	0.48	2.65	3.64
<b>8</b>	2027	1412	100%	1412	1.31	0.07	0.004	0.05	1.43	1.86	2.87	0.34	0.48	2.69	3.69
<b>9</b>	2028	1443	100%	1443	1.34	0.07	0.004	0.05	1.46	1.90	2.92	0.34	0.48	2.72	3.75
<b>10</b>	2029	1473	100%	1473	1.36	0.07	0.004	0.05	1.49	1.94	2.98	0.34	0.48	2.76	3.80
<b>11</b>	2030	1504	100%	1504	1.39	0.07	0.004	0.05	1.52	1.97	3.04	0.34	0.48	2.80	3.86
<b>12</b>	2031	1534	100%	1534	1.42	0.07	0.004	0.05	1.55	2.01	3.09	0.34	0.48	2.83	3.92
<b>13</b>	2032	1564	100%	1564	1.45	0.07	0.004	0.05	1.57	2.05	3.15	0.34	0.48	2.87	3.97
<b>14</b>	2033	1595	100%	1595	1.48	0.07	0.004	0.05	1.60	2.08	3.21	0.34	0.48	2.91	4.03
<b>15</b>	2034	1625	100%	1625	1.50	0.07	0.004	0.05	1.63	2.12	3.26	0.34	0.48	2.94	4.09
<b>16</b>	2035	1655	100%	1655	1.53	0.07	0.004	0.05	1.66	2.16	3.32	0.34	0.48	2.98	4.14
<b>17</b>	2036	1686	100%	1686	1.56	0.07	0.004	0.05	1.69	2.19	3.37	0.34	0.48	3.02	4.20
<b>18</b>	2037	1716	100%	1716	1.59	0.07	0.004	0.05	1.71	2.23	3.43	0.34	0.48	3.05	4.25
<b>19</b>	2038	1746	100%	1746	1.62	0.07	0.004	0.05	1.74	2.27	3.49	0.34	0.48	3.09	4.31
<b>20</b>	2039	1777	100%	1777	1.65	0.07	0.004	0.05	1.77	2.30	3.54	0.34	0.48	3.13	<b>4.37</b>

Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo de la demanda proyectada del sistema de alcantarillado (Tabla 46), el caudal de desagüe máximo horario ( $Q_{mh}$ ) es 4.37 L/s, dicho caudal servirá para dimensionar las redes de alcantarillado y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas (PTAR).

### 3.7.5. Análisis de la oferta del sistema de saneamiento

En el centro poblado Sugllaqui, existen letrinas del tipo hoyo seco que fueron construidas por los mismos pobladores, las mismas que se encuentran colmatadas y en mal estado. Sin embargo, a pesar del crecimiento ordenado de las viviendas, definición de calles y la presencia de instituciones públicas y sociales, el centro poblado Sugllaqui no cuenta con un sistema colectivo que recolecte, transporte y trate las aguas residuales domésticas que genera. No existe conexiones domésticas de desagüe ni planta de tratamiento de aguas residuales, es por ello que la oferta optimizada para ambos componentes es cero (0), en las siguientes figuras se representa el déficit del sistema de saneamiento:



**Figura 33.** Análisis oferta optimizada vs demanda - Conexiones de desagüe.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 34.** Análisis oferta optimizada vs demanda - PTAR.

Fuente: Elaboración propia.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Diagnóstico del Sistema de Saneamiento

#### a) Situación del servicio

En el centro poblado Sugllaquiro, no existe el servicio de alcantarillado, la eliminación de excretas se realiza a través de letrinas del tipo hoyo seco en su mayoría, estas letrinas fueron construidas por los mismos pobladores. En el año 2005, ADRA construyó 50 letrinas del tipo hoyo seco ventilado, pero la mayoría de estas ya se encuentran saturadas y no las usan, los pobladores se vieron obligados a construir sus letrinas del tipo hoyo seco. Las viviendas que no cuentan con letrina eliminan sus excretas al aire libre, situación que pone en riesgo la salud de la población, debido a la proliferación de malos olores (sobre todo en la época de altas temperaturas), la propagación de insectos y roedores; y por último, la contaminación del medio ambiente (agua, suelos, cultivos, etc.).



*Figura 35.* Letrina del tipo hoyo seco ventilado construida por ADRA.

Fuente: Visita de campo 2015, letrinas en mal estado y en desuso.

El centro poblado Sugllaquiro presenta una tendencia de crecimiento urbano a futuro, ya que se aprecia distribución ordenada de las viviendas, gran cantidad de población, existencia

de diversas instituciones y definición de calles; a pesar de ello no existe un sistema de alcantarillado.

Según las encuestas socioeconómicas, el 50% de las familias arrojan las aguas grises a la acequia, el 38% las arrojan a la calle y el 12% a otros lugares, constituyéndose éste en un serio problema, por la contaminación del ambiente y la formación de focos infecciosos.

La mayoría de viviendas del centro poblado Sugllaquiro se encuentran conglomeradas, por ello no cuenta con espacio suficiente para poder instalar sistemas de tratamiento individuales para las aguas residuales, lo que pone en manifiesto la necesidad de instalar un sistema colectivo para la recolección de las aguas residuales y su posterior tratamiento.



*Figuras 36 y 37.* Conglomeración de viviendas en el centro poblado Sugllaquiro.

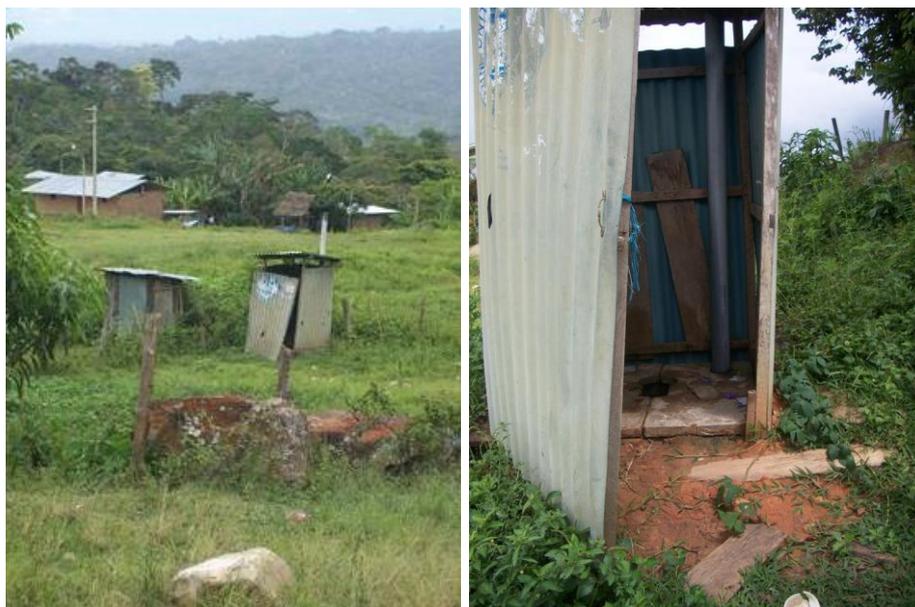
Fuente: Visita de campo, 2015.

#### **b) Situación de la infraestructura**

Existen 225 letrinas del tipo hoyo seco de las 242 viviendas existentes, lo que significa que la cobertura asciende a 93%. Las letrinas existentes fueron construidas con recursos propios de los pobladores; las familias que no cuentan con letrina realizan la eliminación de excretas a aire libre.

La mayoría de las letrinas existentes se encuentran en mal estado de conservación, las familias no realizan el mantenimiento, debido a la poca educación sanitaria de las mismas, manifiestan que no han recibido capacitación al respecto. Estas letrinas cuentan con las siguientes características:

- Tipo: Letrina familiar del tipo hoyo seco.
- Materiales: Caseta de madera y techo de calamina.
- Condición: En mal estado, no se realiza mantenimiento.
- Vida útil estimada: De 03 a 04 años.
- Confiabilidad: Baja.



**Figuras 38 y 39.** Letrina de tipo hoyo seco.

Fuente: Visita de campo al centro poblado Sugllaqui, 2015.

En centros poblados cercanos, con características similares al centro poblado Sugllaqui, se ha verificado que la vida útil de este tipo de letrinas es de 03 a 04 años, debido a que las condiciones climatológicas del lugar (lluvias intensas) y el tipo de suelo, hacen que este tipo de letrinas se saturen rápidamente.

**c) Situación de la gestión administrativa**

En el año 2014, se reactivó el Consejo Directivo de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) en el Centro Poblado, fortaleciendo así la gestión de los servicios de saneamiento, el que se encuentra inscrito en el libro de organizaciones comunales encargadas de los servicios de saneamiento, y cuenta con el reconocimiento de la Municipalidad Provincial de Moyobamba a través de Resolución de Alcaldía N° 236-2014 MDM, a la fecha dicho consejo se encuentra inactivo y se deben renovar los cargos de los directivos de la JASS.

La JASS, viene administrando el servicio de agua, cuentan con un padrón de usuarios de agua potable y realizan la cobranza de S/. 2.00 por usuario; los ingresos que se recaudan se utilizan en la operación y el mantenimiento del sistema de agua y en las reparaciones que sean necesarias. Respecto al mantenimiento de las letrinas existentes, debe ser realizado por cada familia, pero esto no sucede debido a la poca educación sanitaria de las mismas, según manifiestan no han recibido capacitación al respecto.

Cabe precisar que, a nivel municipal, con Resolución de Alcaldía N° 732-2013-MPM se creó el Área Técnica Municipal (ATM), cuya función principal es la de asesoramiento técnico de las JASS y la supervisión, y monitoreo de la administración, operación y mantenimiento de los servicios de agua potable y saneamiento de las localidades bajo su jurisdicción.

## 4.2. Alternativa Propuesta para el Sistema de Saneamiento

Los niveles de servicio utilizados en los sistemas de saneamiento para zonas rurales, se han caracterizado por implementar soluciones de bajo costo, en particular en la instalación de letrinas de hoyo seco. La experiencia ha demostrado que existe rechazo de la población por dichas soluciones. Además cuando cumplen con su periodo de diseño, las letrinas de hoyo seco no son reemplazadas por el usuario, generando focos infecciosos que ponen en riesgo la salud de la población y la contaminación del ambiente.

La Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018), establecen tecnologías de tratamiento individual a través de tanques sépticos, zonas de infiltración y humedales; los cuales no son aplicables al área de estudio, debido a que los terrenos presentan velocidades de infiltración muy lentas ( $>12$  min/cm) y las viviendas se encuentran conglomeradas y sin espacios para implementar dichas alternativas individuales. Sin embargo, para el diseño de las casetas de las UBS, se considerarán los modelos propuestos en la guía antes mencionada.

Es por ello que, entre los sistemas de saneamiento colectivo, se propone como alternativa única la implementación de un sistema de alcantarillado convencional que recolectará las aguas residuales de las UBS o baños dignos y las transportará hacia una planta de tratamiento, cuyo efluente será descargado hacia una quebrada cercana; además, cada UBS contará con inodoro, ducha y lavatorio; mejorando de esta manera la calidad de vida del usuario. Dicha alternativa, se sustenta en primer lugar en la existencia de un sistema de abastecimiento de agua potable, con suficiente producción de agua (oferta hídrica de la fuente es 145.56 L/s) que permita el arrastre de sólidos; sumado a ello, las viviendas se encuentran conglomeradas, ordenadas y con calles definidas, situación que permite proyectar un sistemas de saneamiento colectivo.

A continuación se detallan los aspectos técnicos utilizados en el planteamiento de la propuesta.

#### **4.2.1. Análisis técnico de la alternativa propuesta**

##### **4.2.1.1. Localización de los componentes**

###### **❖ Baños dignos**

La ubicación de las UBS o baños dignos será en el interior de cada vivienda.

###### **❖ Sistema de alcantarillado**

Para el sistema de alcantarillado se ha tomado en cuenta la localización de los principales componentes:

###### **Emisor**

El factor considerado para la localización del emisor es el siguiente:

###### Recorrido mínimo:

La selección de la localización del emisor se basó en el recorrido mínimo del centro poblado a la planta de tratamiento de aguas residuales para abaratar los costos de instalación.

###### **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)**

Para la ubicación de la PTAR sólo se tiene una alternativa de localización, el que se encuentra ubicado en la cota 934 msnm y en las coordenadas UTM: 288803 Este y 9342335 Norte.

Los factores más importantes que se han tomado en cuenta para la localización de la PTAR son los siguientes:

### Características del terreno, suelos y topografía:

Según el estudio de suelos realizado, la capacidad portante del terreno garantiza la estabilidad de las unidades de tratamiento.

### Ubicación de la población objetivo:

La localización seleccionada se basó en el principio de energía, ya que es necesario ubicar la PTAR a una cota menor que la población y así garantizar el flujo de agua residual por gravedad.

- Cota centro poblado Sugllaquiro : 1,030 msnm
- Cota PTAR : 934 msnm
- Diferencia de cota : 96 metros.

#### **4.2.1.2. Selección de la tecnología**

Para la selección de las opciones técnicas de saneamiento, se ha tomado en consideración una serie de factores; de tal forma, que su interrelación permita la selección de la opción técnica adecuada a las necesidades y expectativas de la población beneficiada. Los factores técnicos usados son:

### Cantidad de agua utilizada

Se clasifican de acuerdo a la cantidad de agua que se requiere para la descarga.

Tabla 47

*Opciones técnicas de acuerdo a la cantidad de agua utilizada.*

<b>Alcantarillado</b>	<b>UBS tipo arrastre hidráulico</b>	<b>UBS tipo ecológica, compostaje continuo y hoyo seco ventilado</b>
Se requiere el uso de agua para el arrastre de las excretas.		No se requiere el uso de agua para el arrastre de las excretas

Fuente: Opciones Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento para Centros Poblados del Ámbito Rural - PNSR.

#### Permeabilidad del suelo:

El resultado del Test de Percolación, reporta como resultado una tasa de infiltración muy lenta (12,88 min/cm).

#### Cuerpo receptor:

Se cuenta con una quebrada cercana a la planta de tratamiento de aguas residuales proyectada.

En base al análisis de los factores descritos, la opción técnica seleccionada es la siguiente:

Alcantarillado convencional: que consta de baño digno completo (inodoro, lavatorio y ducha) conectado a la red de alcantarillado, la que recolectará y transportará las aguas residuales hacia una planta de tratamiento, cuyo efluente será descargado hacia una quebrada cercana (disposición final). Aplicado a zonas con servicio de agua y con tendencia futura a crecimiento urbano. Las ventajas que refuerzan la selección de este sistema de disposición sanitaria de excretas son las siguientes:

- Excretas no expuesta directamente al ambiente.
- Mínima generación de olores.
- Vida útil de larga duración.

#### **4.2.1.3. Selección del tamaño**

Con la propuesta planteada, no necesariamente se tiene que cubrir el 100% de la brecha por factores técnicos, financieros, entre otros; sin embargo, el presente estudio se enmarca dentro de los objetivos del PNSR, el cual establece una cobertura del 100%, razón por la cual se tiene una sola alternativa de tamaño para cada uno de los componentes del sistema.

Para la determinación del tamaño también se ha tomado en cuenta la brecha, y las normas o criterios aplicados por los diferentes sectores, según tipologías de proyecto. Los parámetros empleados son los siguientes:

Tabla 48  
*Parámetros de diseño - Sistema de alcantarillado.*

Nombre del parámetro	Valor
Factores de variaciones de consumo:	
- Máximo anual de la demanda diaria	1.3
- Máximo anual de la demanda horaria	2
% de contribución al desagüe	80%
Coefficiente de infiltración en tuberías	0.05 L/s.km
Coefficiente por infiltración en buzones	0.004 L/s.Bz
Velocidad máxima	5 m/s
Tensión tractiva mínima	1 Pa

Fuente: OPS/CEPIS/05.169/UNATSABAR, 2005 y Normas Técnicas del RNE.

El tamaño del sistema de alcantarillado es 377,281.20 litros de aguas residuales producidas por día (Q<sub>mh</sub> de desagüe: 4.37 L/s) para el centro poblado en estudio. En la Tabla 49, se muestra un resumen del análisis técnico para los componentes más importantes del sistema.

Tabla 49  
*Resumen del análisis técnico de la alternativa del sistema de saneamiento.*

Alternativa de Solución	Alternativas Técnicas			
	Localización	Tecnología	Tamaño	Decisión final
Baños Dignos (UBS)	Interior de cada vivienda.	UBS tipo arrastre hidráulico (UBS-AH)	246 UBS-AH	UBS-AH para la disposición sanitaria de excretas
Alcantarillado Convencional	Calles definidas y terrenos	Alcantarillado convencional	Q <sub>mh</sub> de desagüe: 4.37 L/s	Sistema de alcantarillado convencional
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)	Coordenadas UTM 288803 E y 9342335 N	Tanque Imhoff	Caudal de diseño: 4.37 L/s	PTAR para el tratamiento de las aguas residuales

Fuente: Elaboración propia - Trabajo de gabinete.

#### **4.2.2. Requerimiento de infraestructura por componentes**

Se plantea mejorar el servicio de saneamiento mediante la instalación de casetas de baños conectadas a un sistema de alcantarillado que recolectará las aguas residuales para tratarlas en un PTAR y disponerlas finalmente en un cuerpo receptor. El dimensionamiento del sistema de alcantarillado y la PTAR, se detallan en el Anexo 4.

El estudio contempla los siguientes componentes para el sistema de saneamiento:

- Caseta de baños (UBS)
- Conexiones domiciliarias de desagüe.
- Red de alcantarillado.
- Emisor.
- Planta de tratamiento de aguas residuales.

##### **❖ Caseta de baño**

Se instalarán casetas de baños de similares características a las UBS-AH, 242 se instalarán en viviendas, 03 serán para las instituciones educativas y 01 será para el puesto de salud. Las instituciones sociales ya cuentan con baños, por lo cual no se considera UBS.AH para ellas.

Las casetas de baño se construirán con muros de ladrillo King Kong asentado con mortero de concreto, cobertura de calamina y tubo de ventilación de PVC 63mm.

##### **❖ Conexiones domiciliarias de desagüe**

Instalación de 258 conexiones domiciliarias de desagüe (242 conexiones domésticas, 04 conexiones estatales y 12 conexiones sociales).

Cada conexión será de tubería de PVC de Ø4" y contarán con 01 caja de registro, que será de concreto de 0.60 x 0.30 m, donde se colocará 01 tapa metálica.

### ❖ Red de Alcantarillado

Para la red de alcantarillado, se plantea el suministro e instalación de 3,533.42 m de tubería PVC-UF DN 160mm (Ø6") y 3,231.36 m de tubería PVC-UF DN 200mm (Ø8"). Toda la red se instalará a una profundidad mínima por encima de la clave del tubo de 0.80 a 1.00 m y contará con cama de apoyo de e=10 cm. Se realizará la prueba hidráulica de toda la red de alcantarillado (Ver Plano 2).

Tabla 50  
*Red de alcantarillado proyectada*

<b>Red de Alcantarillado</b>	<b>DN (mm)</b>	<b>Longitud de tubería (m)</b>
Suministro e Instalación de tubería PVC-UF	160	3,533.42
Suministro e Instalación de tubería PVC-UF	200	3,231.36
<b>TOTAL</b>		<b>6,764.78</b>

Fuente: Elaboración propia - Trabajo de gabinete.

En la red de alcantarillado se instalarán 01 buzoneta, 114 buzones de tipo I y 06 buzones de tipo II, éstos tendrán 0.60 m de diámetro para la buzoneta, 1.20 m de diámetro para buzones de profundidades menores a 3 metros y para buzones de mayor profundidad el diámetro será de 1.50 m.

### ❖ Planta de tratamiento de aguas residuales

Para tratar el agua residual generada por la población, se plantea la construcción de 01 planta de tratamiento de aguas residuales (Ver Plano 3).

Tabla 51  
*Planta de tratamiento de aguas residuales proyectada.*

<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Coordenadas UTM</b>	
01	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	934.00	288803	9342335

Fuente: Elaboración propia - Trabajo de gabinete.

La PTAR estará constituida por 01 desarenador con sistema de rejas, 01 tanque Imhoff, 02 filtros percoladores, 01 sedimentador tipo Dormunt, 01 lecho de secado y una cámara de contacto; las estructuras serán de concreto armado de  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y estarán protegidas por 01 cerco perimétrico constituido por muretes de concreto y alambres de púas. Para cada unidad, el tarrajeo interior se realizará con impermeabilizante, mezcla 1:2,  $e=1.5 \text{ cm}$ ; el tarrajeo exterior, con mortero 1:4,  $e=2 \text{ cm}$ .

El desarenador con sistema de rejas constituirá el pre tratamiento, y tendrá 2.20 m de largo, 1.60 m de ancho, 1.45 m de alto y 0.20 m de espesor; las rejas serán de acero inoxidable de  $\frac{1}{4}$ " de espesor y se colocarán cada 20 mm entre sí. La zona de entrada estará constituida por 01 estructura hidráulica de transición que permita una distribución uniforme del flujo en toda la sección de la unidad. La zona de salida estará constituida 01 vertedero tipo Parshall, que tiene la finalidad de actuar como medidor de caudal y recolectar el efluente, sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas. La zona de recolección de lodos estará constituida por 01 tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados con tubería y válvulas para su evacuación periódica.

El tanque imhoff constituye la unidad de tratamiento primario, y tendrá 9.50 m de largo, 3.80 m de ancho, 7.10 m de profundidad y 0.20 m de espesor. El tanque está compuesto por 01 compartimiento superior, 01 inferior y 02 tolva de lodos; en el compartimiento superior se desarrolla la sedimentación, mientras que en el inferior se desarrolla la digestión y en la tolva se acumulan los lodos, los sólidos digeridos se extraen bajo carga estática por las válvulas de lodos a través de los tubos laterales.

Los filtros percoladores constituyen la unidad de tratamiento secundario; el filtro 01 tendrá 02 compartimiento, cada uno de 10.50 m de largo, 5.00 m de ancho, 2.00 m de profundidad y 0.20 m de espesor; el filtro 02 tendrá 02 compartimiento; cada uno de 4.50

m de largo, 2.00 m de ancho, 2.00 m de profundidad y 0.20 m de espesor El ingreso se realiza por la parte superior y luego de superar el filtro de grava dispuesta en forma progresiva descendente de menor a mayor diámetro, sale por la parte inferior para luego a través del emisor, conducir las aguas residuales ya tratadas hacia el cuerpo receptor.

El sedimentador Dormunt se proyectará para recolectar las partículas que sedimenten provenientes del filtro percolador. Esta estructura será de forma cuadrada dividido en cuatro tolvas cuyas paredes tendrá una inclinación de 60° con respecto a la horizontal. El largo y ancho total será de 5.00 m.

El lecho de secado servirá para la disposición final de los lodos acumulados en la tolva de lodos del tanque Imhoff; después del periodo de secado y digestión, los lodos podrán ser usados como enriquecedores de suelos. Las dimensiones del lecho de secado será de 8.00 m de ancho y 15.00 m de largo.

El emisor de descarga, constará de 750 ml de tubería PVC SP de 2” C-10.

#### 4.2.3. Resumen de los componentes del sistema de saneamiento

En la Tabla 52, se presenta el resumen de los componentes del sistema se saneamiento propuesto en presente estudio.

Tabla 52  
*Resumen de los componentes del sistema de saneamiento.*

COMPONENTES	DETALLE
Baños Dignos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 242 UBS-AH para viviendas.</li> <li>• 03 UBS-AH para las instituciones educativas.</li> <li>• 01 UBS-AH para el centro de salud.</li> </ul>
Conexiones Domiciliarias de Desagüe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 242 conexiones domésticas.</li> <li>• 04 conexiones estatales.</li> <li>• 12 conexiones sociales.</li> </ul>
Redes de Alcantarillado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3,533.42 m de tubería PVC-UF DN 160mm (Ø6”).</li> <li>• 3,231.36 m de tubería PVC-UF DN 200mm (Ø8”).</li> <li>• 114 buzones tipo I.</li> <li>• 06 buzones tipo II.</li> <li>• 01 buzóneta.</li> </ul>

COMPONENTES	DETALLE
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 01 desarenador con sistema de rejillas.</li> <li>• 01 tanque Imhoff.</li> <li>• 02 filtros biológicos.</li> <li>• 01 sistema de cloración.</li> <li>• 01 lecho de secado.</li> </ul>
Emisor de descarga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 750 m de tubería PVC SP Ø= 2" C-10.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia - Trabajo de gabinete.

### 4.3. Fortalecimiento Institucional y Educación Sanitaria

#### 4.3.1. Fortalecimiento institucional

La población objetivo a la cual está dirigido esta propuesta de fortalecimiento de capacidades, está considerando las autoridades municipales, miembros directivos de la JASS y líderes de la comunidad. Capacitaciones que se realizarán durante las fases de ejecución de obra (Infraestructura) y post ejecución de obra (Social).

De acuerdo a los datos obtenidos del diagnóstico y al análisis de los resultados, en el centro poblado Sugllaqui existe una JASS que se clasifica como “Localidad con antecedente de JASS - Muy grave”, el cual hace necesario realizar 11 talleres de capacitación para la JASS, sub divididos en dos fases: fase de ejecución de obra 06 talleres y fase de post ejecución de obra 05 talleres, y 04 talleres de capacitación para el ATM subdivididos en dos fases: fase de ejecución de obra 03 talleres y fase de post ejecución de obra 01 taller.

Las metas para el fortalecimiento institucional son: 14 beneficiarios capacitados y 15 talleres realizados en módulos, tanto para la JASS como para la ATM. En la Tabla 53, se detallan los talleres a realizar y a continuación se presentan a los beneficiarios:

- 01 Alcalde, como elemento clave y fundamental en la toma de decisiones.
- 01 Regidor que represente al Consejo Municipal.
- 01 Funcionario de la gerencia de obras encargado del ATM.
- 01 Operario del servicio de agua y saneamiento.

- 05 miembros de la JASS.
- 01 Fiscal de la JASS.
- 04 Líderes de la comunidad en la medida en que sirva para suplir a algunos miembros que dejan el cargo o renuncian.

Sumado a ello, se elaboró el Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAR proyectada, el cual incluye las actividades a realizar para la correcta operación y mantenimiento de todos sus componentes (Ver Anexo 5).

Tabla 53  
*Metas de capacitación para el fortalecimiento institucional.*

Módulo	Actividades y/o temas	Meta	Und.	Etapas y tiempo de duración (meses)																			
				Ejecución de obra				Post ejecución															
				1	2	3	4	1	2	3	4	5	6										
<b>1</b>	<b>Administración Responsabilidades y Funciones</b>																						
1.1	Administración, responsabilidades y funciones de la JASS (marco legal, estatutos, reglamentos)	1	Taller	x																			
1.2	Liderazgo y gestión	1	Taller	x																			
1.3	Plan anual de AOM	1	Taller		x																		
1.4	Instrumentos de gestión (padrón de usuarios, padrón de recaudo, libro de caja, libro inventario)	2	Taller		x	x																	
1.5	Emisión de recibos y control de cobranzas	1	Taller				x																
<b>2</b>	<b>Operación y Mantenimiento de los Servicios</b>																						
2.1	Sistema de saneamiento de la comunidad	1	Taller						x														
2.2	Desinfección y cloración	1	Taller								x												
2.3	O y M de los componentes del sistema de saneamiento	1	Taller										x										
2.4	Gasfitería	1	Taller																		x		
2.5	Operación y mantenimiento de las UBS	1	Taller																				x
<b>Sub Total de talleres - JASS</b>		<b>11</b>																					
<b>3</b>	<b>Fortalecimiento de la Área Técnica Municipal - ATM</b>																						
3.1	Marco Legal en Saneamiento Básico	1	Taller	x																			
3.2	Formulación del POA de la Área Técnica Municipal	3	Taller	x	x								x										
<b>Sub Total de talleres - ATM</b>		<b>4</b>																					
<b>Total de Talleres</b>		<b>11</b>																					

Fuente: Trabajo de gabinete - Elaboración propia.

### **4.3.2. Educación Sanitaria**

El reto de lograr la sostenibilidad de los proyectos saneamiento en el ámbito rural, ha propiciado que se busque cada vez más fortalecer el componente social a través de la educación sanitaria. Ésta, es transversal a todo el ciclo del proyecto, debe entenderse como un proceso formativo orientado a fomentar el aprendizaje democrático y participativo, relacionando la teoría y la práctica, la acción-reflexión-acción y el protagonismo local.

La presente propuesta se sustenta en información pertinente y suficiente sobre la población, obtenida de la encuesta realizada a las familias de la localidad, a la observación participante y vivencial durante el diagnóstico, con el fin de regular y dirigir nuestra intervención social de manera integral con criterios de calidad, accesibilidad y eficiencia, contribuyendo en la mejora de la calidad de vida de las personas, familias, comunidad y su entorno, promoviendo para ello prácticas saludables de higiene, para la prevención de enfermedades, protección de la salud, la valoración y el uso adecuado de los servicios, así como la concientización e interiorización de la responsabilidad ambiental de parte de los mismos.

Con ello, se pretende contribuir a la sostenibilidad e impacto de la alternativa de solución planteada, mediante el fortalecimiento de capacidades y el empoderamiento local, a través del mejoramiento de prácticas de higiene y salud mediante el desarrollo de competencias claves, orientadas a que la población beneficiaria modifique sus actitudes, comportamiento, hábitos y estilos de vida de manera positiva, a través de conocimiento e identificación de las 8 prácticas claves de educación sanitaria, como son: lavado de manos en los 5 momentos críticos; almacenamiento adecuado de agua en recipientes limpios y con tapa; manipulación adecuada del agua, uso de vasijas con asa de mango largo para retirar el agua del recipiente; uso adecuado de UBS, UBS limpias sin heces ni papeles alrededor, sin restos de orina u olor

fuerte; disposición adecuada de residuos sólidos; aguas grises, higiene personal y de la vivienda, e higiene de los alimentos y utensilios.

La meta en educación sanitaria es:

- 277 jefas y/o jefes de familia capacitados (al año 1).
- 08 módulos de capacitación en educación sanitaria que incluyen talleres teóricos prácticos.
- 32 talleres de capacitación en la fase de ejecución de obra y 20 talleres en la etapa de post ejecución de obra.

Tabla 54  
*Metas de capacitación en educación sanitaria.*

Módulo	Actividades y/o Temas	Metas	Und.	Etapas y tiempo de duración (meses)												
				Ejecución de Obra				Post ejecución								
				1	2	3	4	1	2	3	4	5	6			
1	Sensibilización para implementación del plan	4	Taller	x	x	x	x									
2	Manejo de agua potable en el hogar	6	Taller	x	x	x	x		x	x						
3	Lavado de manos	6	Taller	x	x	x	x		x	x						
4	Disposición adecuada de excretas UBS	6	Taller	x	x	x	x		x	x						
5	Disposición final de residuos sólidos	8	Taller	x	x	x	x		x	x	x	x				
6	Importancia de la disponibilidad final de aguas grises	8	Taller	x	x	x	x			x	x	x	x			
7	Higiene personal y de la vivienda	6	Taller	x	x	x	x							x	x	
8	Higiene de los alimentos y utensilios	8	Taller	x	x	x	x			x	x	x	x			
<b>Total de Talleres</b>		<b>52</b>														

Fuente: Trabajo de gabinete - Elaboración propia.

#### 4.4. Costos de inversión del sistema de saneamiento

Los costos de inversión para la implementación de la alternativa propuesta, compuesta por UBS con arrastre hidráulico, redes de alcantarillado, PTAR, fortalecimiento institucional y educación sanitaria, asciende a S/. 4'328,908.05; de los cuales S/. 4'253,964.11 corresponden al sistema de saneamiento y S/. 74,943.94 al fortalecimiento institucional y la educación sanitaria. Según ello, el costo de inversión per cápita es S/. 3,703.09 por habitante.

##### **Costos de inversión - Sistema de saneamiento:**

Los costos de inversión para la instalación de UBS con arrastre hidráulico con sistema de alcantarillado y PTAR, asciende a S/. 4'253,964.11.

Tabla 55  
*Presupuesto detallado del sistema de saneamiento.*

Ítem	Componentes	Parcial (S/.)
<b>1</b>	<b>Caseta de Baños (UBS.AH)</b>	<b>1,665,934.44</b>
1.01	Casetas de baño domiciliario, conectadas a red de alcantarillado (242 Und.)	1,576,447.52
1.02	Casetas de baño en instituciones educativas, conectadas a red de alcantarillado (3 Und.)	77,913.91
1.03	Casetas de baño para centro médico, conectadas a red de alcantarillado (1 Und.)	11,573.01
<b>2</b>	<b>Sistema de Alcantarillado</b>	<b>1,865,836.68</b>
2.01	Conexiones domiciliarias de desagüe	173,253.02
2.02	Red de alcantarillado	729,464.94
2.03	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	932,347.99
2.04	Emisor de descarga	26,365.92
2.05	Descarga de aguas residuales	4,404.81
<b>3</b>	<b>Flete</b>	<b>722,192.99</b>
<b>Total Costo Directo</b>		<b>4,253,964.11</b>

Fuente: Elaboración propia.

### **Costos de inversión - Fortalecimiento institucional:**

Los costos de inversión para el fortalecimiento institucional de la JASS, ATM y autoridades del centro poblado Sugllaqui, asciende a S/. 23,806.45.

Tabla 56  
*Costo de inversión en fortalecimiento institucional.*

<b>N° Partida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Und. S/.</b>	<b>Costo Total S/.</b>
<b>1</b>	<b>Administración responsabilidades y funciones</b>				3,809.58
1.1	Administración, responsabilidades y funciones de la JASS (marco legal, estatutos, reglamentos)	Taller	1	634.93	634.93
1.2	Liderazgo y gestión	Taller	1	634.93	634.93
1.3	Plan anual de AOM	Taller	1	634.93	634.93
1.4	Instrumentos de gestión (padrón de usuarios, padrón de recaudo, libro de caja, libro inventario)	Taller	2	634.93	1,269.86
1.5	Emisión de recibos y control de cobranzas	Taller	1	634.93	634.93
<b>2</b>	<b>Operación y mantenimiento de los servicios</b>				3,174.65
2.1	Sistema de saneamiento de la comunidad	Taller	1	634.93	634.93
2.2	Desinfección y cloración	Taller	1	634.93	634.93
2.3	O y M de los componentes del sistema de saneamiento	Taller	1	634.93	634.93
2.4	Gasfitería	Taller	1	634.93	634.93
2.5	Operación y mantenimiento de las UBS	Taller	1	634.93	634.93
<b>3</b>	<b>Fortalecimiento de la Área Técnica Municipal - ATM</b>				2,539.72
3.1	Marco Legal en Saneamiento Básico	Taller	1	634.93	634.93
3.2	Formulación del POA de la Área Técnica Municipal	Taller	3	634.93	1,904.79
<b>4</b>	<b>Gastos administrativos</b>				14,282.50
4.1	Preparación de Módulos, Manuales y Afiches	Glb.	1	11,455.00	11,455.00
4.2	Mobiliario	Glb.	1	870.00	870.00
4.3	Equipamiento	Glb.	1	1,957.50	1,957.50
<b>Total Costo Directo</b>					<b>23,806.45</b>

Fuente: Trabajo de gabinete - Elaboración propia.

### **Costos de inversión - Educación sanitaria:**

Los costos de inversión para la educación sanitaria a los jefes y/o jefas de familia del centro poblado Sugllaquiro, asciende a S/. 51,137.49.

Tabla 57  
*Costo de inversión en educación sanitaria.*

<b>N° Partida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Und. S/.</b>	<b>Costo Total S/.</b>
<b>1</b>	<b>Talleres - Materiales y Accesorios</b>				<b>4,556.64</b>
1.1	Sensibilización para implementación del Plan	Taller	2	142.40	284.79
1.2	Manejo de agua potable en el hogar	Taller	2	142.40	284.79
1.3	Lavado de manos	Taller	6	142.40	854.37
1.4	Disposición adecuada de excretas UBS	Taller	6	142.40	854.37
1.5	Disposición final de residuos sólidos	Taller	4	142.40	569.58
1.6	Importancia de la disponibilidad final de aguas grises	Taller	4	142.40	569.58
1.7	Higiene personal y de la vivienda	Taller	4	142.40	569.58
1.8	Higiene de los alimentos y utensilios	Taller	4	142.40	569.58
<b>2</b>	<b>Gastos administrativos y profesionales</b>				<b>46,580.85</b>
2.1	Preparación de módulos, manuales y afiches	Glb.	1	24,800.85	24,800.85
2.2	Especialista para capacitación (Inc./movilidad y viáticos)	Glb.	1	21,780.00	21,780.00
<b>Total Costo Directo</b>					<b>51,137.49</b>

Fuente: Trabajo de gabinete - Elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El centro poblado Sugllaquiuro no cuenta con el servicio de alcantarillado, la eliminación de excretas se realiza a través de letrinas del tipo hoyo seco en su mayoría, las cuales se encuentran colmatadas y en mal estado, debido a que las familias no realizan el mantenimiento de las mismas. Del total de viviendas existentes (242) sólo 225 cuentan con letrinas, lo cual representa una cobertura del 93%, las viviendas que no cuentan con letrinas (7%) realizan la defecación al aire libre; situación que pone en riesgo la salud de la población, debido a la proliferación de malos olores (sobre todo en la época de altas temperaturas), la propagación de insectos y roedores; y por último, la contaminación del medio ambiente (agua, suelos, cultivos, etc.). Sumado a ello, según las encuestas, el 50% de las familias arrojan las aguas grises a la acequia, el 38% las arrojan a la calle y el 12% a otros lugares, constituyéndose éste en un serio problema, por la contaminación ambiental y la formación de focos infecciosos que favorecen la presencia de enfermedades de transmisión hídricas.

Para revertir la situación actual del sistema de saneamiento, se plantea como alternativa única un sistema colectivo, que permita recolectar, transportar y tratar las aguas residuales, a través de unidades básicas de saneamiento conectadas a un sistema de alcantarillado convencional y una planta de tratamiento de aguas residuales. Dicha propuesta, guarda relación con lo planteado por Ávila Trejo & Roncal Linares (2014) en su tesis titulada: “Modelo de Red de Saneamiento Básico en Zonas Rurales Caso: Centro Poblado Aynaca - Oyón - Lima”, quienes proponen un modelo de proyecto de saneamiento rural a través de una red de alcantarillado y una PTAR. Sin embargo, difiere con lo propuesto por Torres P. (2005) y Rodríguez J. (2018), quienes en sus tesis de investigación; la primera plantea como alternativa redes de alcantarillado, tanques sépticos y pozos de percolación, la segunda UBS

con biodigestor y zanjas de infiltración; estas alternativas son viables debido a que las condiciones del terreno (permeabilidad) otorgan la funcionalidad técnica a sus propuestas, situación que no sucede en el centro poblado Sugllaquiro.

En lo que respecta a la opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas, aplicando los criterios y el algoritmo de selección detallado en la Figura 15, se obtiene como alternativa a la Unidad Básica de Saneamiento de Tipo Compostera de Doble Cámara (UBS COM - ZIN3), con zona de infiltración para la disposición de las aguas grises en PA o ZP. Sin embargo, debido a la tasa de infiltración de 12.88 min/cm, terrenos muy lentos, no es posible optar por la disposición de las aguas residuales por zonas de infiltración (PA O ZP), evidenciándose la necesidad de optar por otros sistema de tratamiento y disposición final, en concordancia con la Norma Técnica I.S.020 Tanques Sépticos. Sumado ello, el centro poblado presenta un desarrollo de tipo urbano con viviendas e instituciones consolidadas, calles definidas y la ausencia de espacios en las viviendas como para instalar UBS con sistemas de tratamiento individuales. Por esta razón, se propone como opción tecnológica un sistema colectivo compuesto por Unidades Básicas de Saneamiento de tipo Arrastre Hidráulico (UBS-AH) conectadas a una red de alcantarillado convencional y una planta de tratamiento de aguas residuales. Las UBS-AH o baños dignos, contarán con aparatos sanitarios: inodoro, urinario, lavatorio y ducha dentro del ambiente y un lavadero multiusos fuera de la caseta; cuyo diseño fue elaborado tomando como base los modelos recomendados por el MVCS. Con ello, se contribuirá a la erradicación de la defecación al aire libre y a la disminución de la incidencia de enfermedades de transmisión hídrica; afirmación que guarda relación con Arenas & Gonzales (2011) en su artículo titulado “Disminución de enfermedades infecciosas intestinales relacionada al acceso a servicios de agua y desagüe en el Perú, periodo 2002-2009”, quienes a partir de un estudio ecológico de series de tiempo determinaron que existe una correlación inversa entre el porcentaje de

acceso a agua y desagüe y las consultas por enfermedades infecciosas intestinales. De igual modo, Fewtrell et al. (2005) y Cairncross et al. (2010), a partir de revisiones sistemáticas de la evidencia de la disminución de la morbilidad por diarreas, hallaron que las intervenciones en agua reducen entre 17% y 25% el riesgo de contraer enfermedades diarreas, las intervenciones de desagüe entre 32% a 36% y el lavado de manos en un 48%; según estos hallazgos, de llegar a implementarse la propuesta, se reduciría las enfermedades infecciones intestinales de 2.84% en 2018 a 1.87% en el primer año de operación del sistema, la helmintiasis de 3.63% a 2.40% y las infecciones de la piel y del tejido subcutáneo de 1.10% a 0.73%.

Para la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales, se optó por un sistema de alcantarillado convencional y una planta de tratamiento de aguas residuales, cuyo diseño fue desarrollado tomando en cuenta las normas técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS). Además, el sistema propuesto concuerda con lo planteado por Avila Trejo & Roncal Linares (2014), quienes proponen un modelo de proyecto de saneamiento rural a través de una red de alcantarillado y una PTAR (Tanque Imhoff). Con ello, se logrará ajustar los parámetros de calidad de las aguas residuales de acuerdo a las exigencias normativas actuales (LMP) y su posterior vertimiento a un cuerpo receptor, previniendo de esta manera la contaminación del medio ambiente, reduciendo los riesgos en la salud de la población y contribuyendo a la sostenibilidad del recurso hídrico (reúso).

Del mismo modo, la presente investigación, incluye estrategias para fortalecer las capacidades en gestión, operación y mantenimiento de sistema de saneamiento proyectado, de las organizaciones comunales (JASS) y las entidades locales que brindan soporte técnico a dichas organizaciones (ATM); a fin de brindar un servicio adecuado, eficiente y sostenible

en el tiempo. Asimismo, incluye estrategias para incrementar los niveles de educación sanitaria de la población, orientadas a mejorar los hábitos y prácticas de higiene y el uso adecuado de los servicios de saneamiento. Todo ello, concuerda con Mejía et al. (2016) en su estudio titulado: “Agua potable y saneamiento en la nueva ruralidad de América Latina”, en el cual explica la importancia de involucrar a las comunidades beneficiarias en todas las fases del proyecto, con especial énfasis en la posconstrucción. Además, detalla que para asegurar la sostenibilidad de los servicios y fortalecer su impacto positivo en el bienestar de las familias, es indispensable fortalecer las comunidades en el manejo de la infraestructura y la educación en aspectos relativos a la salud y la higiene; así como, la asistencia técnica permanente que deben recibir los operadores comunitarios (JASS) por parte de los gobiernos locales (ATM).

Por lo expuesto, de llegar a implementarse la alternativa de solución propuesta, se contribuirá a la mejora del saneamiento básico, lo cual se verá reflejado en la disminución de la incidencia de enfermedades de transmisión hídrica, la prevención de contaminación del medio ambiente por excretas y agua residuales, el incremento de los niveles de educación sanitaria de la población y finalmente, en la mejora de la calidad de vida de la población del centro poblado Sugllaquiro. De esta manera, se da por aceptada la hipótesis planteada.

Por último, indirectamente, se espera coadyuvar al cumplimiento del objetivo principal del Gobierno del Perú en el sector saneamiento, el cual es dotar del acceso a los servicios de saneamiento a todos los habitantes de las zonas urbanas al año 2021 y lograr la universalización de estos servicios en forma sostenible antes del año 2030, en concordancia con los ODS de las ONU, a los cuales el Perú se ha adherido.

## VI. CONCLUSIONES

- El centro poblado Sugllaquiro no cuenta con el servicio de alcantarillado, la eliminación de excretas se realiza a través de letrinas del tipo hoyo seco en su mayoría (225 letrinas), las cuales se encuentran colmatadas y en mal estado, las viviendas que no cuentan con letrinas realizan la defecación al aire libre (17 viviendas.). Además, las familias arrojan las aguas grises a las calles y acequias, constituyéndose éste en un serio problema por la contaminación ambiental y la formación de focos infecciosos que favorecen la presencia de enfermedades de transmisión hídricas.
- Como opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas, se propone Unidades Básicas de Saneamiento de tipo Arrastre Hidráulico (UBS-AH) o baños dignos: 242 en viviendas y 03 en las instituciones educativas y 01 en el puesto de salud, los cuales contarán con inodoro, urinario, lavatorio y ducha dentro del ambiente y un lavadero multiusos fuera de la caseta. Para la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales, se diseñó un sistema de alcantarillado convencional y una planta de tratamiento de aguas residuales, cuyo efluente final será vertido hacia un cuerpo receptor, previo cumplimiento de los LMP. Con ello, se espera contribuir con la erradicación de la defecación al aire libre, la salud de la población, la prevención de la contaminación ambiental y la sostenibilidad del recurso hídrico; lo cual se verá reflejado en la mejora del saneamiento básico y la calidad de vida de la población del centro poblado Sugllaquiro.

- Para el fortalecimiento de las capacidades en gestión, operación y mantenimiento del sistema de saneamiento proyectado, se plantean 15 talleres dirigidos a los líderes de la comunidad y a los miembros directivos de la JASS y del ATM; sumado a ello, se desarrolló el Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAR, elaborado específicamente para la tecnología propuesta. Asimismo, para incrementar los niveles de educación sanitaria, se plantea 8 módulos de capacitación que incluyen talleres teóricos y prácticos dirigidos a los jefes y/o jefas de familia. Dichos talleres, serán desarrollados durante la etapa de ejecución de obra y post ejecución; con ello se espera fortalecer y mejorar las capacidades, hábitos y prácticas de higiene y el uso adecuado de la infraestructura de saneamiento, a fin de asegurar la sostenibilidad del servicio y su impacto positivo en el bienestar de las familias.

## VII. RECOMENDACIONES

- Para etapa de construcción, previamente se debe hacer un replanteo de todos los componentes del sistema, en especial de la ubicación de los buzones; ya que muchas veces, debido a las condiciones encontradas en campo es necesario reubicarlos.
- El ATM de la provincia de Moyobamba, debe asesorar, capacitar y supervisar a la JASS, a fin de asegurar y lograr la sostenibilidad del servicio; ya que el simple hecho de que la infraestructura este bien construida, no es suficiente para asegura su operatividad.
- Los lodos generados en la PTAR, podrían ser reaprovechados como acondicionadores de suelos; para ello, se deberá estabilizar la fracción orgánica de los lodos hasta transformarlos en biosólidos, cuyas características deberán cumplir con los parámetros de estabilización, toxicidad química e higienización establecidos en el “Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las PTARs”, aprobado mediante Decreto Supremo N° 015-2017-VIVIENDA.
- Habiendo a la fecha un convenio de cooperación interinstitucional, entre el PNSR y la Municipalidad Provincial de Moyobamba, que asegura el financiamiento de proyectos de saneamiento; se recomienda a las autoridades locales realizar el seguimiento y exigir su cumplimiento, a fin de que se desembolse la inversión para la implementación del sistema de saneamiento del centro poblado Sugllaquiro, considerando como alternativa la propuesta planteada.
- Las estrategias y la planificación de futuras inversiones en saneamiento, deberán tener en cuenta las particularidades de los territorios rurales y las poblaciones que los habitan, a fin de diseñar propuestas eficientes, que respondan a las demandas y posibilidades reales de las familias y a las exigencias actuales de sostenibilidad económica y ambiental.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2017). *Informe Perú para el 8° Foro Mundial del Agua: Compartiendo Agua*. Lima-Perú.
- Arenas Significación, F., & Gonzales Medina, C. (2011). *Disminución de enfermedades infecciosas intestinales relacionada al acceso a servicios de agua y desagüe en el Perú, 2002-2009*. Lima- Perú.
- Avila Trejo, C. M., & Roncal Linares, A. G. (2014). *Modelo de Red de Saneamiento Básico en Zonas Rurales Caso: Centro Poblado Aynaca - Oyón - Lima*. Lima - Perú.
- Cabrera, M. d. (2010). *Construcción y Optimización del Sistema Condominial de Alcantarillado*. Lima - Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cairncross, S., Hunt, C., Boisson, S., Bostoen, K., Curtis, V., CH Fung, I., & Schmidt, W.-P. (2010). Water, sanitation and hygiene for the prevention of diarrhea. *Internat J Epidemiol*, Vol. 39, 193-205.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Cooperación Técnica Alemana (GTZ) y Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ). (2010). *Servicio de Agua Potable y Saneamiento en el Perú: beneficios potenciales y determinantes de éxito*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Defensoría del Pueblo. (2005). *Informe Defensorial N° 94 - Ciudadanos Sin Agua: Análisis de un Derecho Vulnerado*. Lima.
- Fondo Perú - Alemania, (s.f.). *Manual Práctico de Saneamiento en Poblaciones Rurales*.
- Fewtrell, L., Kaufmann, R. B., Kay, D., Enanoria, W., Haller, L., & Colford, J. M. (2005). Water, Sanitation and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Infectious Diseases*, Vol 5, 42-52.
- Garcia Trisolini, E. (2009). *Manual Práctico de Saneamiento en Poblaciones Rurales*. Lima: FPA - Fondo Perú - Alemania.
- Hutton, G., Haller, L., & WHO, W. H. (2004). *Water, Sanitation and Health Protection of the Human Environment: Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level*. Ginebra.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México.

- INEI. (2018). *Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017*. Lima - Perú.
- INEI-ENAPRES. (2017). *Sistema de Monitoreo y Seguimiento de los Indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Perú.
- Mejía, A., Castillo, O., Vera, R., & Arrollo, V. (2016). *Agua potable y saneamiento en la nueva ruralidad de América Latina*. Bogotá: CAF-Banco de Desarrollo de América Latina.
- MINSA & INS. (2018). *Programa de entrenamiento en salud pública dirigido al personal del servicio militar voluntario: Unidad Temática N° 3 "Vigilancia y Control de la Calidad del Agua"*. Lima.
- Municipalidad Provincial de Moyobamba & PEAM. (Agosto 2012). *Plan Estratégico de Desarrollo Concertado de la Provincia Moyobamba 2012-2021*. Moyobamba - Perú.
- MVCS. (2017). *Plan Nacional de Saneamiento 2017 - 2021*. Lima - Perú.
- MVCS. (2017). *Política Nacional de Saneamiento*. Lima-Perú.
- MVCS. (2018). *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*. Lima-Perú: Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento.
- Organización Mundial de Salud. (2015). *Programa de Agua, saneamiento y salud (ASS)*.
- ONU. (2015). *Objetivos del Desarrollo del Milenio - Informe 2015*. Nueva York.
- ONU. (2018). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Nueva York.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). (2011). *Benefits of Investing in Water in Sanitation: An OECD Perspective*. OECD Publishing.
- OMS y ONU-HABITAT. (2018). *Progresos en el tratamiento y el uso de las aguas residuales de manera adecuada: Prueba piloto de la metodología de monitoreo y primeras constataciones sobre el indicador 6.3.1 de los ODS*. Ginebra.
- OMS, Organización Mundial de la Salud/Consejo Colaborador de Abastecimiento de Agua y Saneamiento. (1998). *Promoción del Saneamiento (Grupo de Trabajo para la Promoción del Saneamiento del CCAAS)*. Ginebra: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, OPS/OMS.

- OMS. (2004). *Water, Sanitation and Hygiene Links to Health. FACTS AND FIGURES* – updated November 2004.
- OMS & UNICEF. (2014). *Progreso en Materia de Agua Potable y Saneamiento* . Luxemburgo: OMS.
- OPS/CEPIS/05.163/UNATSABAR, Organización Panamericana de la Salud-OPS/Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental-OMS/Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales-CEPIS. (2005). *Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización*. Lima: COSUDE.
- OPS/CEPIS/05.169/UNATSABAR, Organización Panamericana de la Salud-OPS/Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental-OMS/Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales-CEPIS. (2005). *Guía para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado*. Lima: COSUDE.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), (2016). *Informe sobre Desarrollo Humano 2016*. Nueva York.
- PROAPAC, BMZ, & GTZ (Programa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en Pequeñas y Medianas Ciudades, Ministerio Federal Aleman de Cooperación Económica y Desarrollo & Cooperación Técnica Alemana). (2009). *Compendio informativo sobre enfermedades hídricas*. La Paz - Bolivia.
- RNE. (2006). *OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Lima - Perú: RNE.
- RNE. (2009). *OS.070 Redes de Aguas Residuales*. Lima - Perú: RNE.
- RNE. (s.f.). *Norma A.040 Educación*. Lima.
- RNE. (s.f.). *Norma Técnica I.S.020 Tanques Sépticos*. Lima.
- Rodriguez Jurado, I. Y. (2018). *Propuesta de Diseño del Sistema de Saneamiento Básico en el Caserío de Huayabas - Parcoy - Pataz - La Libertad*. Trujillo - Perú.
- Simpson-Hébert, M., & Wood, S. (1998). *Promoción del Saneamiento*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud/Consejo Colaborador de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (Grupo de Trabajo para la Promoción del Saneamiento del CCAAS).
- Torres Peñaloza, D. Y. (2005). *Propuesta de Implementación de un Sistema de Alcantarillado y Tratamiento de las Aguas Residuales para la Mejora del Saneamiento Básico del CCPP de San José de Secce - Santillana - Huanta - Ayacucho*. Lima-Perú.

UNICEF & OMS. (2008). *Progress on Drinking Water and Sanitation - Joint Monitoring Programme - Special focus on sanitation*. United States of America: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.

# IX. ANEXOS

## Anexo 1.

### Análisis granulométrico del suelo - Sugllaqui.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil

### Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax 381-3842    Central Telefónica 481-1070    Anexo 308

**INFORME N° S13-861**

**SOLICITANTE :** CONSORCIO AGUA SELVA  
**PROYECTO :** MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL CENTRO POBLADO - SUGLLAQUIRO  
**UBICACIÓN :** SUGLLAQUIRO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**FECHA :** 14 DE NOVIEMBRE, 2013

---

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : SU    C - 01  
 Muestra : \*\*\*  
 Prof. (m.) : \*\*\*

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422**

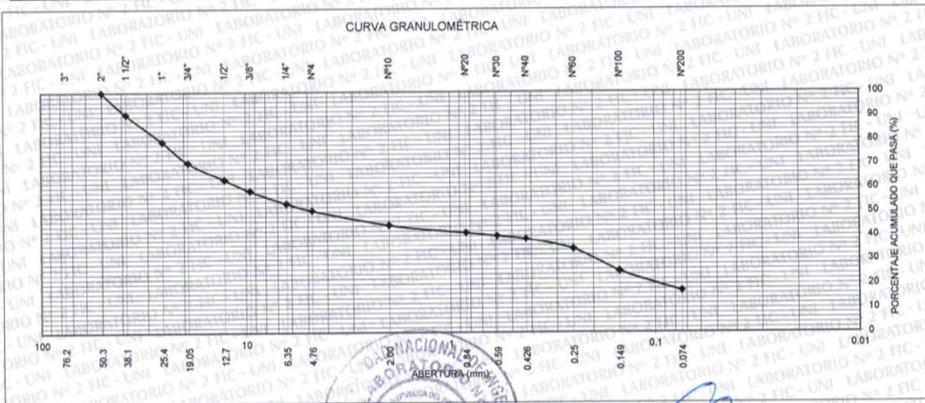
Tamiz	Abertura (mm)	Análisis		Pasa
		(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado Retenido	
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	100.0
1 1/2"	38.100	9.2	9.2	90.8
1"	25.400	11.4	20.6	79.4
3/4"	19.050	8.9	29.5	70.5
1/2"	12.700	7.1	36.6	63.4
3/8"	9.525	4.8	41.4	58.6
1/4"	6.350	5.1	46.5	53.5
N°4	4.760	3.0	49.5	50.5
N°10	2.000	6.1	55.6	44.4
N°20	0.840	3.1	58.7	41.3
N°30	0.590	1.4	60.1	39.9
N°40	0.426	1.3	61.4	38.6
N°60	0.250	4.2	65.6	34.4
N°100	0.149	9.2	74.8	25.2
N°200	0.074	8.1	82.9	17.1
- N°200		17.1		

% grava :	49.5
% arena :	33.4
% finos :	17.1

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Límite Líquido (%) :	26.00
Límite plástico (%) :	18.47
Índice Plástico (%) :	7.53

Clasificación SUCS ASTM D2487 : **GC**  
 Contenido de Humedad ASTM D2216 : **7.52%**

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Nota: Muestra remitida e identificada por el Solicitante  
 Ejecución : Téc. T. Callupe S.  
 Revisión : Ing. L. Chang Chang

  
**Ing. LUIS ANTONIO CHANG CHANG**  
 Jefe (e) Laboratorio N° 02  
 Mecánica de Suelos y Pavimentos - UNI - FIC



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax 381-3842    Central Telefónica 481-1070    Anexo 308

### INFORME N° S13-861

**SOLICITANTE :** CONSORCIO AGUA SELVA  
**PROYECTO :** MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL CENTRO POBLADO - SUGLLAQUIRO  
**UBICACIÓN :** SUGLLAQUIRO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**FECHA :** 14 DE NOVIEMBRE, 2013

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : SU C - 02  
 Muestra : \*\*\*  
 Prof. (m) : \*\*\*

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado Retenido	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	
1"	25.400	-	-	
3/4"	19.050	-	-	
1/2"	12.700	-	-	
3/8"	9.525	-	-	
1/4"	6.350	-	-	
N°4	4.760	0.0	0.0	100.0
N°10	2.000	0.7	0.7	99.3
N°20	0.840	1.2	1.9	98.1
N°30	0.590	0.8	2.7	97.3
N°40	0.426	1.1	3.8	96.2
N°60	0.250	2.7	6.5	93.5
N°100	0.149	3.0	9.5	90.5
N°200	0.074	4.0	13.5	86.5
- N°200		86.5		

% grava	: 0.0
% arena	: 13.5
% finos	: 86.5

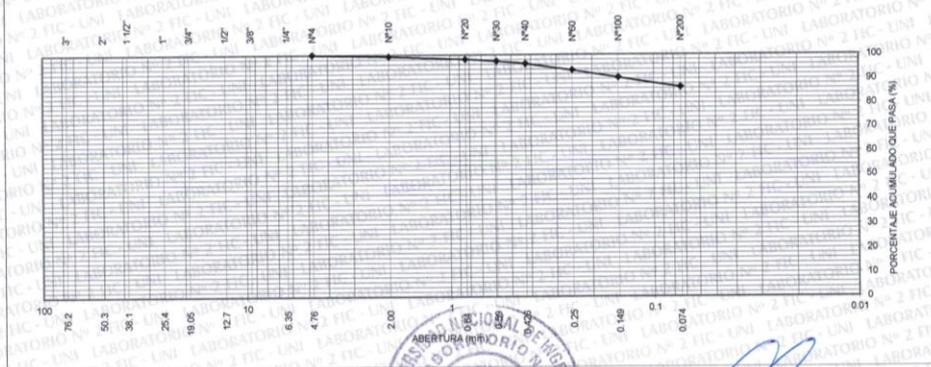
### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

Límite Líquido (%)	: 61.0
Límite plástico (%)	: 26.4
Índice Plástico (%)	: 34.6

Clasificación SUCS ASTM D2487 : CH

Contenido de Humedad ASTM D2216 : 26.92 %

CURVA GRANULOMÉTRICA



Nota. Muestra remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución : Téc. T. Callupe S.

Revisión : Ing. L. Chang Chang



Ing. LUIS ANTONIO CHANG CHANG  
Jefe (e) Laboratorio N° 02

Mecánica de Suelos y Pavimentos - UNL - FIC



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax 381-3842    Central Telefónica 481-1070    Anexo 308

### INFORME N° S13-861

**SOLICITANTE :** CONSORCIO AGUA SELVA  
**PROYECTO :** MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO  
**UBICACIÓN :** CENTRO POBLADO - SUGLLAQUIRO  
**FECHA :** 14 DE NOVIEMBRE, 2013

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

**Estado :** Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
**Calicata :** SU C - 02  
**Muestra :** \*\*\*  
**Prof. (m.) :** \*\*\*

Especimen N°	I	II	III
Lado del molde (cm)	5.97	5.97	5.97
Altura Inicial de muestra (cm)	1.96	1.96	1.96
Densidad húmeda inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.720	1.720	1.720
Densidad seca inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.353	1.353	1.353
Cont. de humedad inicial (%)	27.1	27.1	27.1
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.912	1.877	1.834
Altura final de muestra (cm)	1.876	1.836	1.800
Densidad húmeda final (gr/cm <sup>3</sup> )	2.007	2.034	2.066
Densidad seca final (gr/cm <sup>3</sup> )	1.413	1.444	1.473
Cont. de humedad final (%)	42.0	40.8	40.2
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.304	0.447	0.616
Angulo de friccion interna :	17.3 °		
Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> ) :	0.14		

Muestra remitida e identificada por el solicitante

Realizado por: Tec. T. Callupe S.

Revisado por: Ing. L. Chang Chang



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú Telefex 381-3842 Central Telefónica 481-1070 Anexo 308

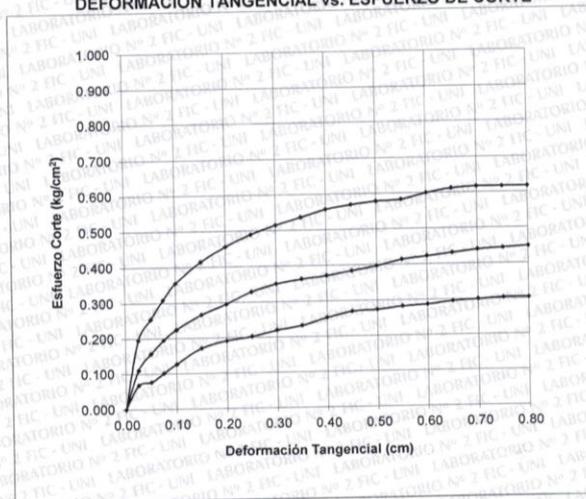
INFORME N° S13-861

SOLICITADO : CONSORCIO AGUA SELVA  
PROYECTO : MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL CENTRO POBLADO - SUGLLAQUIRO  
UBICACION : SUGLLAQUIRO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
FECHA : 14 DE NOVIEMBRE, 2013

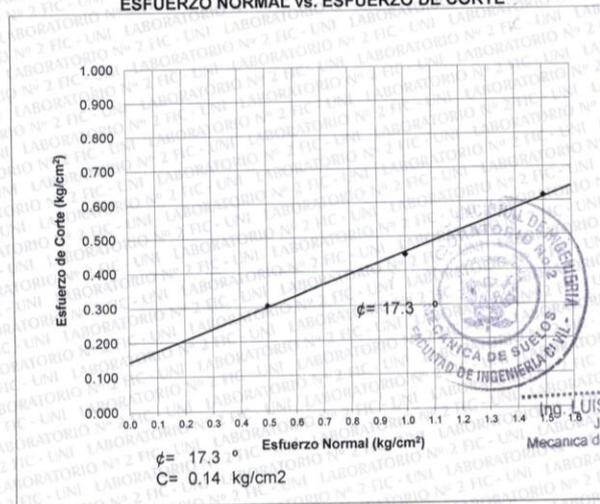
### ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Calicata : SU C-02  
Muestra : \*\*\*  
Prof. (m.) : \*\*\*

### DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



### ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



LUIS ANTONIO CHANG CHANG  
Jefe (e) Laboratorio N° 02  
Mecánica de Suelos y Pavimentos - UNI - FIG



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax 381-3842    Central Telefónica 481-1070    Anexo 308

### INFORME N° S13-861

**SOLICITANTE :** CONSORCIO AGUA SELVA  
**PROYECTO :** MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL CENTRO POBLADO - SUGLLAQUIRO  
**UBICACION :** SUGLLAQUIRO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**FECHA :** 14 DE NOVIEMBRE, 2013

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : SU C - 03  
Muestra : \*\*\*  
Prof. (m.) : \*\*\*

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

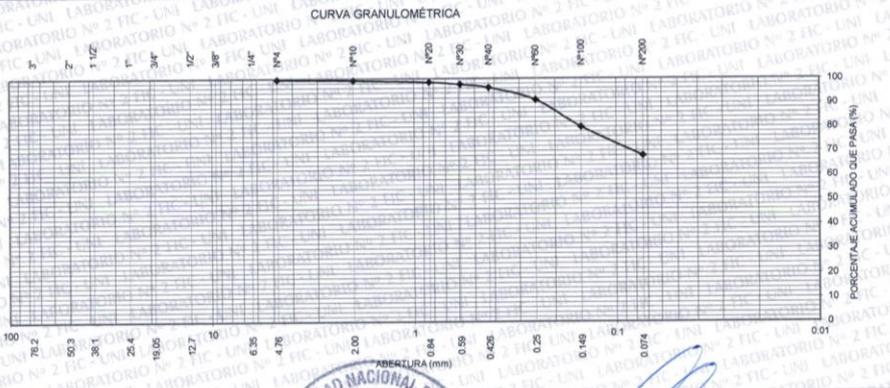
Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado	
			Retenido	Pasa
3"	76.200	-	-	-
2"	50.300	-	-	-
1 1/2"	38.100	-	-	-
1"	25.400	-	-	-
3/4"	19.050	-	-	-
1/2"	12.700	-	-	-
3/8"	9.525	-	-	-
1/4"	6.350	0.2	0.2	-
Nº4	4.760	0.1	0.3	99.7
Nº10	2.000	0.4	0.7	99.3
Nº20	0.840	0.8	1.5	98.5
Nº30	0.590	0.9	2.4	97.6
Nº40	0.426	1.4	3.8	96.2
Nº60	0.250	5.0	8.8	91.2
Nº100	0.149	11.3	20.1	79.9
Nº200	0.074	11.9	32.0	68.0
- Nº200			68.0	

% grava	: 0.3
% arena	: 31.6
% finos	: 68.0

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Límite Líquido (%)	: 63.2
Límite plástico (%)	: 36.7
Índice Plástico (%)	: 26.5

Clasificación SUCS ASTM D2487 : MH

Contenido de Humedad ASTM D2216 : 26.92 %



Nota. Muestra remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución : Téc. T. Callupe S.  
Revisión : Ing. L. Chang Chang



Ing. LUIS ANTONIO CHANG CHANG  
Jefe (e) Laboratorio N° 02



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax 381-3842    Central Telefónica 481-1070    Anexo 308

### INFORME N° S13-861

SOLICITANTE : CONSORCIO AGUA SELVA  
 PROYECTO : MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO  
 CENTRO POBLADO - SUGLLAQUIRO  
 UBICACION : SUGLLAQUIRO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
 FECHA : 14 DE NOVIEMBRE, 2013

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
 Calicata : SU C-03  
 Muestra : \*\*\*  
 Prof. (m) : \*\*\*

Especimen N°	I	II	III
Lado del molde (cm)	5.97	5.97	5.97
Altura Inicial de muestra (cm)	1.96	1.96	1.96
Densidad húmeda inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.510	1.510	1.510
Densidad seca inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	0.982	0.982	0.982
Cont. de humedad inicial (%)	53.8	53.8	53.8
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.885	1.843	1.806
Altura final de muestra (cm)	1.838	1.806	1.771
Densidad húmeda final (gr/cm <sup>3</sup> )	1.872	1.888	1.942
Densidad seca final (gr/cm <sup>3</sup> )	1.047	1.066	1.087
Cont. de humedad final (%)	78.7	77.1	78.7
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.300	0.436	0.633

Angulo de friccion interna : 18.4 °  
 Cohesion (Kg/cm<sup>2</sup>) : 0.12

Muestra remitida e identificada por el solicitante

Realizado por : Téc. T. Callupe S.  
 Revisado por : Ing. L. Chang Chang



  
 Ing. LUIS ANTONIO CHANG CHANG  
 Jefe (e) Laboratorio N° 02  
 Mecánica de Suelos y Pavimentos - UNI - FIC



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax 381-3842    Central Telefónica 481-1070    Anexo 308

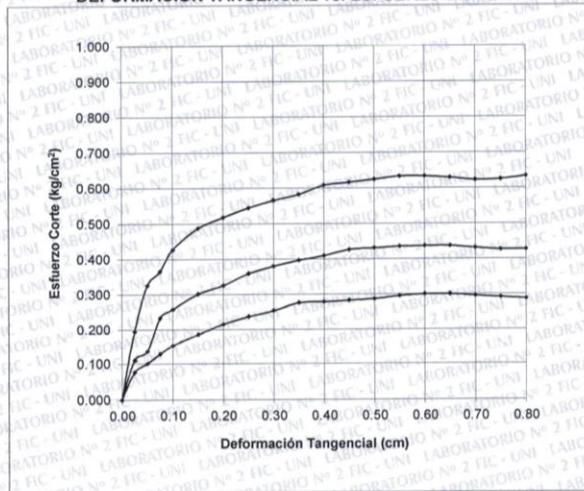
INFORME N° S13-861

SOLICITADO : CONSORCIO AGUA SELVA  
 PROYECTO : MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL CENTRO POBLADO - SUGLLAQUIRO  
 UBICACIÓN : SUGLLAQUIRO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
 FECHA : 14 DE NOVIEMBRE, 2013

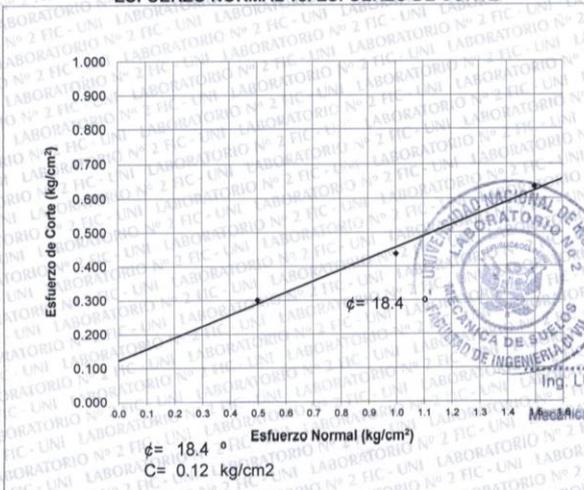
### ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
 Calicata : SU C-03  
 Muestra : \*\*\*  
 Prof. (m.) : \*\*\*

### DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



### ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



*[Signature]*



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax 381-3842    Central Telefónica 481-1070    Anexo 308

### INFORME N° S13-861

**SOLICITANTE :** CONSORCIO AGUA SELVA  
**PROYECTO :** MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL CENTRO POBLADO - SUGLLAQUIRO  
**UBICACIÓN :** SUGLLAQUIRO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN  
**FECHA :** 14 DE NOVIEMBRE, 2013

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : SU C - 04  
Muestra : \*\*\*  
Prof. (m.) : \*\*\*

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

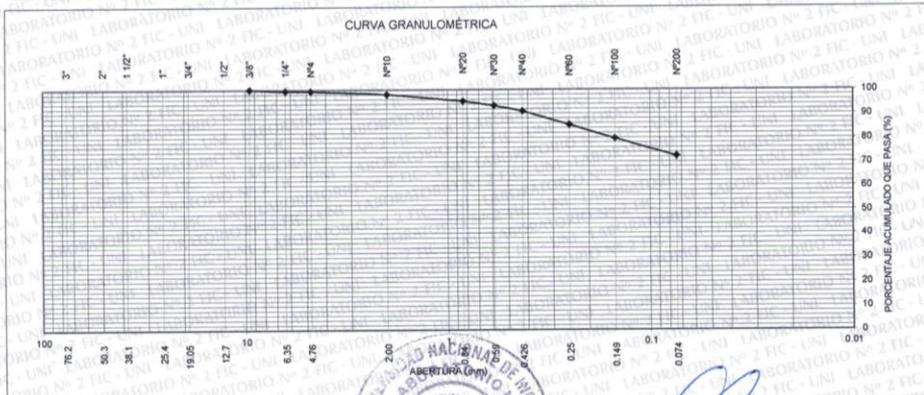
Tamiz	Abertura (mm)	Parcial Retenido		Acumulado	
		Retenido	Pasa	Retenido	Pasa
3"	76.200	-	-	-	-
2"	50.300	-	-	-	-
1 1/2"	38.100	-	-	-	-
1"	25.400	-	-	-	-
3/4"	19.050	-	-	-	-
1/2"	12.700	-	-	-	-
3/8"	9.525	-	-	-	100.0
1/4"	6.350	0.5	0.5	99.5	-
N°4	4.760	0.1	0.7	99.3	-
N°10	2.000	1.2	1.9	98.1	-
N°20	0.840	2.9	4.8	95.2	-
N°30	0.590	1.9	6.7	93.3	-
N°40	0.426	2.3	9.1	90.9	-
N°60	0.250	5.6	14.7	85.3	-
N°100	0.149	5.6	20.3	79.7	-
N°200	0.074	7.4	27.6	72.4	-
- N°200		72.4			

% grava	: 0.7
% arena	: 26.9
% finos	: 72.4

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Límite Líquido (%)	: 33.60
Límite plástico (%)	: 21.37
Índice Plástico (%)	: 12.23

Clasificación SUCS ASTM D2487 : CL

Contenido de Humedad ASTM D2216 : 29.91%



Nota: Muestra remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución : Téc. T. Callupe S.  
Revisión : Ing. L. Chang Chang



Ing. **LUIS ANTONIO CHANG CHANG**  
Jefe (e) Laboratorio N° 02  
Mecánica de Suelos y Pavimentos - UNI - FIC

**Anexo 2.**  
**Formulario de información de la estación GPS permanente.**



INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL  
DIRECCION DE GEODESIA

**FORMULARIO DE INFORMACION DE LA ESTACION GPS PERMANENTE**

**0. FORMULARIO**

Preparado por	<i>Instituto Geográfico Nacional – Dirección de Geodesia</i>
Creado	<i>02 de Agosto del 2010</i>
Actualizado	

**1. INFORMACION DE LA ESTACION GPS**

Nombre de la Estación	<i>Moyobamba</i>
Código de Identificación	<i>Mo01</i>
Código Internacional	
Inscripción del monumento	<i>Sin inscripción</i>
Institución a cargo del mantenimiento	<i>Instituto Geográfico Nacional</i>
Responsable del mantenimiento	<i>Dirección de Geodesia</i>
e-mail	<i>geodesia@ign.gob.pe</i>
Institución propietaria del instrumento	<i>Instituto Geográfico Nacional</i>
Orden de la Estación	<i>0</i>
Información adicional	<i>Esta estación forma parte de la Red Geocéntrica Nacional, a cargo del Instituto Geográfico Nacional, Dirección de Geodesia</i>

**2. INFORMACION SOBRE LA LOCALIZACION**

Localidad	<i>Moyobamba</i>
Provincia	<i>Moyobamba</i>
Departamento	<i>San Martín</i>
Información sobre el monumento	<i>La antena se encuentra sobre un monumento de concreto de 3.00 m de alto, 40 cm x 40 cm de ancho de color blanco. El monumento se encuentra en las instalaciones del Gobierno Regional de San Martín, en la ciudad de Moyobamba.</i>
Información sobre el receptor	<i>El receptor se encuentra en la Oficina de Cooperación Alemana GTZ de la mencionada institución, dentro de una caja metálica empotrada a la pared, de color blanco humo.</i>

### 3. COORDENADAS DE LA ESTACION

#### A. Coordenadas Geodésicas

A.1. Sistema utilizado:

ITRF 2000

A.2. Latitud (S)

°	min	s
6	1	19.3658

A.3. Longitud (O)

°	min	s
76	59	16.98443

A.4. Altura Elipsoidal

Altura (m)
884.982

A.5. Factor de escala planimétrico

Factor
1.00019908

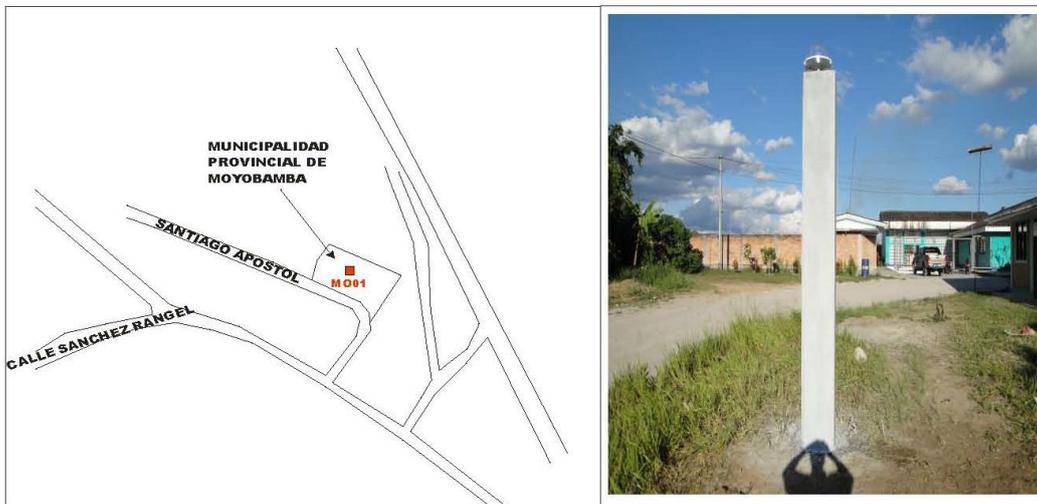
#### B. Coordenadas Cartesianas

X (m)	Y (m)	Z (m)
1428390.64850	-6181158.25190	-64775.39230

#### C. Coordenadas UTM

Norte (m)	Este (m)	Zona
9333957.77488972	279948.87107527	18 Sur

### 4. CROQUIS DE LA ESTACION



### 5. INFORMACION SOBRE EL EQUIPAMIENTO GPS

A. Receptor

Tipo	Trimble Net R8
Nº de serie	4906K34433
Versión del Firmware	3.80

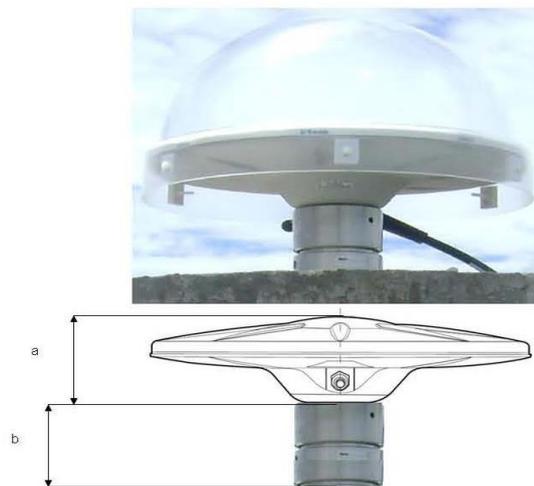
Fecha de Instalación	Abril del 2010
----------------------	----------------

B. Antena

Tipo	Antena Zephyr Geodetic 2
Nº de serie	1440925212
Altura (m)	0.1204
Método de medición de la Antena	Base de soporte de la antena
Fecha de la instalación	Abril del 2010

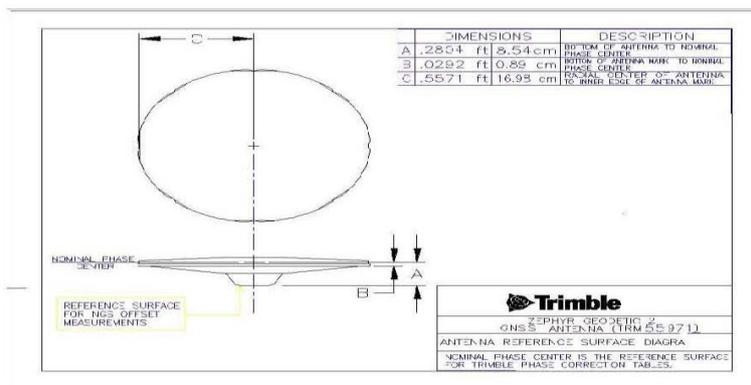
6. ESQUEMA DE LA ANTENA

A. Esquema de altura de antena



<b>a</b>	<b>Distancia de compensación de centro de fase (Phase center Offset).</b> <b>a = 8.54 cm</b>
<b>b</b>	<b>Distancia entre la base de soporte de la antena y el límite superior del monumento.</b> <b>b = 3.5 cm</b>

B. Esquema de antena en uso



## 7. INFORMACION COMPLEMENTARIA

Observables	L1, C1, L2, P2
Intervalo de registro	5 segundos
Angulo de mascara	10°
Archivamiento diario	Si
Formato de archivo en crudo	*.T01, *.dat
Servidor de búsqueda	

INFORMACION SOBRE EL PROCESAMIENTO	
Periodo de toma de datos para el procesamiento	09 al 14 de Julio del 2010
Software utilizado	Gamit/GlobK v. 10.35
Formato de archivo procesado	Rinex

## 8. INFORMACION ADICIONAL

### Contacto:

Nombre	Dirección de Geodesia
Dirección	Av. Aramburú 1190 Surquillo, Lima 34, Perú.
Teléfono	(51) 1 4753030
Fax	(51) 1 4753075
e-mail	geodesia@ign.gob.pe

**Anexo 3.**  
**Ficha de los puntos de control SUG-1 y SUG-2 - Levantamiento Topográfico.**

**DESCRIPCION MONOGRAFICA – ESTACIÓN SUG-1**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACIÓN</b> SUG-1	<b>NUMERO</b> 0001	<b>LOCALIDAD</b> SUGLLAAQUIRO	<b>ESTABLECIDO POR:</b> CONSORCIO AGUA SELVA	
<b>UBICACIÓN:</b> SUGYAQUIRO			<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA:</b> Disco de bronce	
<b>LATITUD ( S )</b> 5°57'16.91059"	<b>LONGITUD ( W )</b> 76°54'49.51404"		<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 1059.202	<b>ELEV. GEOIDAL (EGM-96)</b> 1045.458
<b>NORTE ( Y )</b> 9341436.131	<b>ESTE ( X )</b> 288149.712		<b>ZONA UTM</b> 18 S	<b>ORDEN</b> C
<b>IMAGEN SATELITAL</b>				
				
<p><b>DESCRIPCIÓN:</b>  Hito de concreto de forma rectangular, en su centro lleva incrustado un disco de bronce, con la inscripción “PNSR BM CONSORCIO AGUA SELVA-2013”, el nombre del punto está inscrito en bajo relieve en la loza de concreto del hito.  El monumento lleva grabada la siguiente inscripción: " SUG-1"</p> <p><b>UBICACION:</b>  El punto se sitúa en el centro poblado Sugllaquiro distrito y provincia Moyobamba departamento San Martin.</p>				
<b>DESCRITA POR:</b>	R. OLIVAR Y.		<b>FECHA:</b>	OCT-2013

**DESCRIPCION MONOGRAFICA – ESTACIÓN SUG-2**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACIÓN</b> SUG-2	<b>NUMERO</b> 0002	<b>LOCALIDAD</b> SUGLLAQUIRO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> CONSORCIO AGUA SELVA	
<b>UBICACIÓN:</b> SUGYAQUIRO			<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA:</b> Disco de bronce	
<b>LATITUD ( S )</b> 5°57'10.26660"	<b>LONGITUD ( W )</b> 76°54'56.94817"		<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 1059.204	<b>ELEV. GEOIDAL (EGM-96)</b> 1045.459
<b>NORTE ( Y )</b> 9341639.461	<b>ESTE ( X )</b> 287920.323		<b>ZONA UTM</b> 18 S	<b>ORDEN</b> C
<b>IMAGEN SATELITAL</b>				
				
<b>DESCRIPCIÓN:</b>				
<p>Hito de concreto de forma rectangular, en su centro lleva incrustado un disco de bronce, con la inscripción “PNSR BM CONSORCIO AGUA SELVA-2013”, el nombre del punto está inscrito en bajo relieve en la loza de concreto del hito.          El monumento lleva grabada la siguiente inscripción: " SUG-2"</p>				
<b>UBICACION:</b>				
<p>El punto se sitúa en el centro poblado Sugllaquiro distrito y provincia Moyobamba departamento San Martin.</p>				
<b>DESCRITA POR:</b>	R. GARCIA S.		<b>FECHA:</b>	OCT-2013

## **Anexo 4.**

### **Memoria de Cálculo del Sistema de Saneamiento.**

#### **1. Alcance**

La presente memoria de cálculo desarrolla la justificación del dimensionamiento de los componentes del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales propuesto en el centro poblado Sugllaqui. La distribución y dimensiones de los componentes se verifican en los planos correspondientes.

#### **2. Normas, Guías y Bibliografía**

Para el dimensionamiento de los componentes del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, se tendrán en cuenta las siguientes normas, guías y bibliografía:

- Norma IS.070 Red de alcantarillado del Reglamento Nacional de Edificaciones (Enero 2007).
- Norma IS.020 Tanques sépticos del Reglamento Nacional de Edificaciones (Enero 2007).
- Norma OS.100 Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria (Junio 2006).
- Especificaciones técnicas – Diseño de pruebas de infiltración (OPS/CEPIS/03.82).
- Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS).
- Guía de opciones técnicas para el abastecimiento de agua potable y saneamiento para centros poblados del ámbito rural.
- Domestic Wastewater Treatment in development countries; Duncan Mara; 2003.
- Small Decentralized Wastewater Treatment Systems for Crites y Tchobanoglous.

### 3. Descripción del Estudio

Se plantea mejorar el servicio de saneamiento básico a través de una propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas residuales.

La zona de intervención tiene definida, topográficamente, una única área de drenaje. La propuesta contempla los siguientes componentes:

- Red de alcantarillado.
- Emisor.
- Planta de tratamiento de aguas residuales.

### 4. Diseño de la Red de Alcantarillado

El tendido de la red de alcantarillado en centro poblado de Sugllaquiro, es un diseño acorde a la norma OS.070 del reglamento nacional de edificaciones. Para el cálculo hidráulico de las redes de alcantarillado se empleó el programa SEWERCAD, se tendrá las siguientes consideraciones:

#### a) Caudal de contribución de alcantarillado

80% del caudal de agua potable consumida.

#### b) Caudal de diseño:

Se determinará para el final del periodo de diseño, el valor será del caudal máximo horario.

#### c) Dimensionamiento hidráulico

Se considera como valor mínimo un caudal de 1.5 lps. Las pendientes en las tuberías deben cumplir con el criterio de tensión tractiva cuyo valor mínimo admisible es de 1 Pa.

$$\sigma_t = \rho \cdot g \cdot R_h \cdot S$$

Donde:

- $\sigma$ : Tensión Tractiva (Pa)
- $\rho$ : Densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>)
- $g$ : Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s<sup>2</sup>
- $S$ : Pendiente (m/m)
- $R_h$ : Radio Hidráulico (m)

#### d) Velocidad

Se considerará como velocidad máxima 5m/s.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Donde:

- $V$ : Velocidad (m/s)
- $n$ : Coeficiente de Manning, 0.009 para PVC
- $S$ : Pendiente (m/m)
- $R_h$ : Radio Hidráulico (m)

#### e) Velocidad crítica

Cuando la velocidad final sea superior a la velocidad crítica, la mayor altura de agua admisible debe ser 50% del diámetro del colector. La Velocidad crítica es definida por la siguiente expresión.

$$V_c = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_h}$$

Donde:

- $V_c$ : Velocidad crítica, m/s
- $g$ : Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s<sup>2</sup>
- $R_h$ : Radio Hidráulico (m)

#### f) Diámetro de la tubería

Los diámetros nominales de las tuberías no deben ser menores de 100 mm. Las tuberías principales que recolectan las aguas residuales de un ramal colector tendrán como diámetro mínimo 160 mm.

#### 4.1. Resultados del modelamiento

En la siguiente tabla se detalla el modelamiento de la red de alcantarillado.

Tabla 1  
*Reporte de la altura de buzones.*

Label	Elevation (m)	Depth (m)	Flow (L/s)
Bz-01	1070.01	4.0	1.5
Bz-02	1003.94	1.2	1.5
Bz-03	1054.86	1.2	1.5
Bz-04	1071.28	0.9	1.5
Bz-05	1071.46	1.8	1.5
Bz-06	1068.29	1.2	1.5
Bz-07	1070.34	3.8	1.5
Bz-08	1070.01	4.0	1.5
Bz-09	1067.45	1.9	1.5
Bz-10	1065.79	1.2	1.5
Bz-11	1064.32	1.2	1.5
Bz-12	1055.94	1.2	1.5
Bz-13	1052.23	1.2	1.5
Bz-14	1056.76	1.6	1.5
Bz-15	1057.44	1.7	1.5
Bz-16	1057.41	1.2	1.5
Bz-16a	1057.41	1.2	1.5
Bz-17	1061.55	1.2	1.5
Bz-18	1032.79	1.2	1.5
Bz-19	1041.57	1.2	1.5
Bz-20	1049.81	1.2	1.5
Bz-20a	1049.81	1.2	1.5
Bz-21	1026.96	1.2	1.5
Bz-22	1045.08	1.2	1.5
Bz-22a	1045.08	1.2	1.5
Bz-23	1046.40	1.2	1.5
Bz-23a	1046.40	1.2	1.5
Bz-23b	1046.40	1.2	1.5
Bz-24	1044.27	1.2	1.5
Bz-25	1044.80	2.2	1.5
Bz-25a	1044.80	2.2	1.5
Bz-26	1052.47	1.2	1.5

<b>Label</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Depth (m)</b>	<b>Flow (L/s)</b>
<b>Bz-27</b>	1040.04	1.2	1.5
<b>Bz-28</b>	1045.11	1.2	1.5
<b>Bz-29</b>	1046.55	1.2	1.5
<b>Bz-30</b>	1049.19	1.2	1.5
<b>Bz-31</b>	1025.87	1.2	1.5
<b>Bz-31a</b>	1025.87	1.2	1.5
<b>Bz-31b</b>	1025.87	1.2	1.5
<b>Bz-32</b>	1050.64	1.2	1.5
<b>Bz-33</b>	1030.30	2.4	1.5
<b>Bz-34</b>	1039.98	1.2	1.5
<b>Bz-35</b>	1032.68	5.3	1.5
<b>Bz-36</b>	1042.61	1.2	1.5
<b>Bz-36a</b>	1042.61	1.2	1.5
<b>Bz-37</b>	1041.68	1.2	1.5
<b>Bz-37a</b>	1041.68	1.2	1.5
<b>Bz-38</b>	1038.48	1.2	1.5
<b>Bz-38a</b>	1038.48	1.2	1.5
<b>Bz-39</b>	1034.27	1.2	1.5
<b>Bz-40</b>	1034.25	1.6	1.5
<b>Bz-40a</b>	1034.25	1.6	1.5
<b>Bz-41</b>	1030.37	1.2	1.5
<b>Bz-42</b>	1034.66	1.2	1.5
<b>Bz-43</b>	1035.47	1.2	1.5
<b>Bz-44</b>	1036.59	1.2	1.5
<b>Bz-45</b>	1037.39	1.2	1.5
<b>Bz-46</b>	1047.39	1.2	1.5
<b>Bz-47</b>	1047.71	1.2	1.5
<b>Bz-48</b>	1030.23	3.6	1.5
<b>Bz-49</b>	1029.24	2.9	1.5
<b>Bz-50</b>	1032.75	1.2	1.5
<b>Bz-51</b>	1035.19	1.2	1.5
<b>Bz-51a</b>	1035.19	1.2	1.5
<b>Bz-51b</b>	1035.19	1.2	1.5
<b>Bz-52</b>	1030.38	1.2	1.5
<b>Bz-52a</b>	1030.38	1.2	1.5
<b>Bz-53</b>	1026.74	1.2	1.5
<b>Bz-54</b>	1003.48	1.8	1.5
<b>Bz-55</b>	1022.91	1.2	1.5
<b>Bz-56</b>	1020.19	1.2	1.5
<b>Bz-57</b>	1018.47	1.2	1.5
<b>Bz-58</b>	1015.74	1.2	1.5
<b>Bz-58a</b>	1015.74	1.2	1.5
<b>Bz-59</b>	1016.14	1.2	1.5
<b>Bz-60</b>	1007.22	1.2	1.5
<b>Bz-61</b>	1003.30	1.2	1.5
<b>Bz-62</b>	1022.10	1.2	1.5
<b>Bz-63</b>	987.75	1.2	3.88

<b>Label</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Depth (m)</b>	<b>Flow (L/s)</b>
<b>Bz-64</b>	1024.26	1.2	1.5
<b>Bz-64a</b>	1024.26	1.2	1.5
<b>Bz-65</b>	1020.49	1.2	1.5
<b>Bz-66</b>	1010.57	1.2	1.5
<b>Bz-67</b>	1006.99	1.2	1.5
<b>Bz-68</b>	1011.21	1.2	1.5
<b>Bz-69</b>	1016.22	1.2	1.5
<b>Bz-70</b>	1021.24	4.2	1.5
<b>Bz-71</b>	1018.64	1.2	1.5
<b>Bz-72</b>	1009.14	1.2	1.5
<b>Bz-73</b>	1004.49	1.2	1.5
<b>Bz-74</b>	1000.02	1.5	1.88
<b>Bz-75</b>	1000.64	1.7	1.5
<b>Bz-76</b>	1000.56	1.2	1.5
<b>Bz-77</b>	1005.08	1.2	1.5
<b>Bz-78</b>	999.19	1.2	1.88
<b>Bz-79</b>	999.28	1.8	2.32
<b>Bz-80</b>	1013.35	1.2	1.5
<b>Bz-80a</b>	1013.35	1.2	1.5
<b>Bz-81</b>	1020.25	1.2	1.5
<b>Bz-82</b>	1022.02	1.2	1.5
<b>Bz-82a</b>	1022.02	1.2	1.5
<b>Bz-83</b>	999.34	1.2	1.5
<b>Bz-84</b>	1004.66	1.2	1.5
<b>Bz-85</b>	1010.91	1.2	1.5
<b>Bz-86</b>	994.51	1.2	1.56
<b>Bz-87</b>	990.68	1.2	1.56
<b>Bz-88</b>	990.16	1.3	1.56
<b>Bz-89</b>	993.25	1.2	2.32
<b>Bz-90</b>	992.19	1.2	2.32
<b>Bz-91</b>	985.11	1.2	3.88
<b>Bz-92</b>	974.52	1.2	3.88
<b>Bz-93</b>	960.86	1.2	3.88
<b>Bz-94</b>	949.40	1.2	3.88
<b>Bz-95</b>	942.45	1.2	3.88
<b>Bz-96</b>	1027.42	1.2	1.5
<b>Bz-97</b>	1033.13	1.2	1.5
<b>Bz-98</b>	1031.37	1.2	1.5
<b>Bz-99</b>	1027.17	1.2	1.5
<b>Bz-100</b>	1039.32	1.2	1.5
<b>Bz-101</b>	1038.73	1.2	1.5
<b>Bz-102</b>	1029.41	1.2	1.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2

*Reporte de la tensión tractiva y velocidad en las tuberías de alcantarillado.*

Label	Start Node	Stop Node	Material	Manning's n	Flow (L/s)	Diameter (mm)	Length (m)	Slope (m/km)	Velocity (Average) (m/s)	Depth (Normal) / Rise (%)	Tractive Stress (Calculated) (Pascals)
<b>Tub-28</b>	Bz-01	Bz-09	PVC	0.009	1.5	160	54.84	8.384	0.66	17	1.367
<b>Tub-30</b>	Bz-10	Bz-11	PVC	0.009	1.5	160	55.08	26.645	1	12.8	3.355
<b>Tub-104</b>	Bz-100	Bz-50	PVC	0.009	1.5	160	64.88	101.198	1.6	9.3	9.392
<b>Tub-56</b>	Bz-101	Bz-51	PVC	0.009	1.5	200	45.38	77.947	1.4	7.5	7.382
<b>Tub-37</b>	Bz-102	Bz-33	PVC	0.009	1.5	160	31.89	9.686	0.7	16.4	1.53
<b>Tub-50</b>	Bz-16a	Bz-15	PVC	0.009	1.5	160	58.07	8.073	0.65	17.1	1.327
<b>Tub-53</b>	Bz-20a	Bz-22	PVC	0.009	1.5	160	68.66	68.971	1.39	10.2	7.015
<b>Tub-91</b>	Bz-22a	Bz-34	PVC	0.009	1.5	160	48.11	105.901	1.6	9.3	9.816
<b>Tub-103</b>	Bz-36a	Bz-35	PVC	0.009	1.5	160	73.25	191.792	1.99	8	15.413
<b>Tub-101</b>	Bz-37a	Bz-38	PVC	0.009	1.5	160	66.24	48.381	1.23	11.1	5.332
<b>Tub-106</b>	Bz-51a	Bz-50	PVC	0.009	1.5	160	52.2	46.814	1.21	11.2	5.198
<b>Tub-107</b>	Bz-51b	Bz-52	PVC	0.009	1.5	160	70.63	68.021	1.38	10.3	6.94
<b>Tub-31</b>	Bz-11	Bz-12	PVC	0.009	1.5	160	58	144.702	1.8	8.6	12.426
<b>Tub-116</b>	Bz-31a	Bz-62	PVC	0.009	1.5	160	48.13	78.283	1.45	9.9	7.737
<b>Tub-115</b>	Bz-31b	Bz-64	PVC	0.009	1.5	160	70.04	22.966	0.95	13.3	2.991
<b>Tub-119</b>	Bz-82a	Bz-81	PVC	0.009	1.5	160	70.23	25.248	0.98	13	3.218
<b>Tub-90</b>	Bz-23a	Bz-22	PVC	0.009	1.5	160	67.27	19.596	0.89	13.9	2.653
<b>Tub-89</b>	Bz-23b	Bz-24	PVC	0.009	1.5	160	49.38	43.137	1.18	11.4	4.879
<b>Tub-100</b>	Bz-38a	Bz-39	PVC	0.009	1.5	160	46.92	89.69	1.53	9.6	8.557
<b>Tub-108</b>	Bz-52a	Bz-53	PVC	0.009	1.5	160	45.52	80.149	1.46	9.9	7.881
<b>Tub-114</b>	Bz-64a	Bz-65	PVC	0.009	1.5	160	48.09	78.283	1.45	9.9	7.737
<b>Tub-120</b>	Bz-80a	Bz-85	PVC	0.009	1.5	160	70.5	34.655	1.09	12	4.109
<b>Tub-87</b>	Bz-25a	Bz-27	PVC	0.009	1.5	160	63.33	59.307	1.32	10.6	6.242
<b>Tub-32</b>	Bz-12	Bz-13	PVC	0.009	1.5	160	44.67	82.802	1.48	9.8	8.093
<b>Tub-98</b>	Bz-40a	Bz-41	PVC	0.009	1.5	160	65.6	53.104	1.27	10.9	5.731
<b>Tub-112</b>	Bz-58a	Bz-66	PVC	0.009	1.5	160	42.27	122.028	1.7	8.9	10.901
<b>Tub-33</b>	Bz-13	Bz-20	PVC	0.009	1.5	160	31.15	77.84	1.45	9.9	7.703

Label	Start Node	Stop Node	Material	Manning's n	Flow (L/s)	Diameter (mm)	Length (m)	Slope (m/km)	Velocity (Average) (m/s)	Depth (Normal) / Rise (%)	Tractive Stress (Calculated) (Pascals)
<b>Tub-52</b>	Bz-14	Bz-13	PVC	0.009	1.5	160	49.21	84.161	1.48	9.8	8.201
<b>Tub-51</b>	Bz-15	Bz-14	PVC	0.009	1.5	160	60	9.659	0.7	16.4	1.527
<b>Tub-14</b>	Bz-16	Bz-26	PVC	0.009	1.5	160	49.59	99.432	1.57	9.4	9.318
<b>Tub-13</b>	Bz-17	Bz-16	PVC	0.009	1.5	160	41.69	99.144	1.57	9.4	9.291
<b>Tub-36</b>	Bz-18	Bz-102	PVC	0.009	1.5	160	36.41	93.187	1.55	9.5	8.828
<b>Tub-35</b>	Bz-19	Bz-18	PVC	0.009	1.5	160	44.33	198.661	2.02	7.9	15.833
<b>Tub-118</b>	Bz-02	Bz-61	PVC	0.009	1.5	160	24.06	26.579	1	12.8	3.348
<b>Tub-34</b>	Bz-20	Bz-19	PVC	0.009	1.5	160	53	155.369	1.85	8.4	13.121
<b>Tub-18</b>	Bz-21	Bz-55	PVC	0.009	1.5	200	47.54	85.176	1.44	7.4	7.911
<b>Tub-54</b>	Bz-22	Bz-37	PVC	0.009	1.5	200	70.75	48.081	1.19	8.4	5.055
<b>Tub-64</b>	Bz-23	Bz-38	PVC	0.009	1.5	200	70.8	112.001	1.58	6.9	9.779
<b>Tub-88</b>	Bz-24	Bz-25	PVC	0.009	1.5	160	50	9.402	0.69	16.5	1.495
<b>Tub-16</b>	Bz-25	Bz-40	PVC	0.009	1.5	200	69.95	142.552	1.72	6.5	11.78
<b>Tub-15</b>	Bz-26	Bz-25	PVC	0.009	1.5	160	49.65	174.508	1.93	8.2	14.341
<b>Tub-72</b>	Bz-27	Bz-41	PVC	0.009	1.5	200	71.82	134.431	1.69	6.6	11.259
<b>Tub-86</b>	Bz-28	Bz-27	PVC	0.009	1.5	160	75	67.617	1.38	10.3	6.908
<b>Tub-85</b>	Bz-29	Bz-28	PVC	0.009	1.5	160	75	19.205	0.89	13.8	2.597
<b>Tub-63</b>	Bz-03	Bz-23	PVC	0.009	1.5	160	74.82	113.289	1.65	9.1	10.295
<b>Tub-84</b>	Bz-30	Bz-29	PVC	0.009	1.5	160	75	35.209	1.1	12	4.16
<b>Tub-59</b>	Bz-31	Bz-82	PVC	0.009	1.5	200	46.58	82.557	1.42	7.4	7.721
<b>Tub-83</b>	Bz-32	Bz-30	PVC	0.009	1.5	160	58.04	25.038	0.97	13	3.197
<b>Tub-38</b>	Bz-33	Bz-35	PVC	0.009	1.5	200	67.4	7.72	0.63	13	1.228
<b>Tub-92</b>	Bz-34	Bz-33	PVC	0.009	1.5	160	50.47	215.033	2.08	7.8	16.819
<b>Tub-39</b>	Bz-35	Bz-48	PVC	0.009	1.5	200	83.41	8.98	0.66	12.5	1.381
<b>Tub-102</b>	Bz-36	Bz-37	PVC	0.009	1.5	160	30	31.135	1.05	12.3	3.783
<b>Tub-55</b>	Bz-37	Bz-101	PVC	0.009	1.5	200	54.13	54.373	1.24	8.1	5.554
<b>Tub-65</b>	Bz-38	Bz-97	PVC	0.009	1.5	200	55.54	96.442	1.5	7.2	8.71
<b>Tub-99</b>	Bz-39	Bz-40	PVC	0.009	1.5	160	50	8.402	0.66	17	1.369
<b>Tub-08</b>	Bz-04	Bz-05	PVC	0.009	1.5	160	75	9.602	0.7	16.4	1.52

Label	Start Node	Stop Node	Material	Manning's n	Flow (L/s)	Diameter (mm)	Length (m)	Slope (m/km)	Velocity (Average) (m/s)	Depth (Normal) / Rise (%)	Tractive Stress (Calculated) (Pascals)
<b>Tub-17</b>	Bz-40	Bz-21	PVC	0.009	1.5	200	54.94	125.583	1.65	6.7	10.683
<b>Tub-73</b>	Bz-41	Bz-96	PVC	0.009	1.5	200	33.47	87.986	1.46	7.3	8.112
<b>Tub-97</b>	Bz-42	Bz-41	PVC	0.009	1.5	160	74.47	57.684	1.3	10.7	6.109
<b>Tub-96</b>	Bz-43	Bz-42	PVC	0.009	1.5	160	75	10.803	0.72	16	1.666
<b>Tub-95</b>	Bz-44	Bz-43	PVC	0.009	1.5	160	75	14.937	0.81	14.8	2.144
<b>Tub-94</b>	Bz-45	Bz-44	PVC	0.009	1.5	160	77.94	10.253	0.71	16.2	1.599
<b>Tub-07</b>	Bz-46	Bz-45	PVC	0.009	1.5	160	53.85	185.358	1.97	8.1	15.017
<b>Tub-93</b>	Bz-47	Bz-46	PVC	0.009	1.5	160	39.88	8.014	0.65	17.2	1.32
<b>Tub-40</b>	Bz-48	Bz-49	PVC	0.009	1.5	200	28.53	10.122	0.69	12.1	1.514
<b>Tub-41</b>	Bz-49	Bz-59	PVC	0.009	1.5	200	50	228.058	2.03	5.8	16.91
<b>Tub-09</b>	Bz-05	Bz-06	PVC	0.009	1.5	160	74.72	34.415	1.09	12	4.087
<b>Tub-105</b>	Bz-50	Bz-49	PVC	0.009	1.5	160	47.86	108.874	1.62	9.2	10.008
<b>Tub-57</b>	Bz-51	Bz-98	PVC	0.009	1.5	200	54.02	70.807	1.35	7.7	6.859
<b>Tub-67</b>	Bz-52	Bz-99	PVC	0.009	1.5	200	55.4	57.865	1.27	8	5.824
<b>Tub-109</b>	Bz-53	Bz-55	PVC	0.009	1.5	160	50	76.62	1.44	10	7.609
<b>Tub-45</b>	Bz-54	Bz-83	PVC	0.009	1.5	200	60.55	58.363	1.28	8	5.862
<b>Tub-19</b>	Bz-55	Bz-57	PVC	0.009	1.5	200	48.66	91.043	1.47	7.2	8.33
<b>Tub-110</b>	Bz-56	Bz-71	PVC	0.009	1.5	160	67.77	22.907	0.94	13.3	2.985
<b>Tub-20</b>	Bz-57	Bz-58	PVC	0.009	1.5	200	48.63	55.979	1.26	8.1	5.679
<b>Tub-21</b>	Bz-58	Bz-72	PVC	0.009	1.5	200	61.73	106.668	1.56	7	9.417
<b>Tub-42</b>	Bz-59	Bz-60	PVC	0.009	1.5	200	52.85	169.162	1.83	6.3	13.44
<b>Tub-10</b>	Bz-06	Bz-07	PVC	0.009	1.5	160	75.47	7.276	0.63	17.6	1.224
<b>Tub-43</b>	Bz-60	Bz-61	PVC	0.009	1.5	200	19.38	200.951	1.94	6	15.343
<b>Tub-44</b>	Bz-61	Bz-54	PVC	0.009	1.5	200	52.87	7.965	0.63	12.9	1.258
<b>Tub-117</b>	Bz-62	Bz-60	PVC	0.009	1.5	160	50.68	294.09	2.29	7.3	21.611
<b>Tub-01</b>	Bz-63	Bz-91	PVC	0.009	3.88	200	75	35.209	1.42	14.2	6.099
<b>Tub-69</b>	Bz-64	Bz-81	PVC	0.009	1.5	200	45.76	87.708	1.45	7.3	8.092
<b>Tub-113</b>	Bz-65	Bz-58	PVC	0.009	1.5	160	49.99	95.024	1.55	9.5	8.991
<b>Tub-111</b>	Bz-66	Bz-67	PVC	0.009	1.5	160	50	71.618	1.41	10.1	7.222

Label	Start Node	Stop Node	Material	Manning's n	Flow (L/s)	Diameter (mm)	Length (m)	Slope (m/km)	Velocity (Average) (m/s)	Depth (Normal) / Rise (%)	Tractive Stress (Calculated) (Pascals)
<b>Tub-79</b>	Bz-67	Bz-77	PVC	0.009	1.5	200	40	47.835	1.19	8.4	5.036
<b>Tub-78</b>	Bz-68	Bz-67	PVC	0.009	1.5	200	46.35	91.086	1.47	7.2	8.333
<b>Tub-77</b>	Bz-69	Bz-68	PVC	0.009	1.5	200	47.61	105.365	1.55	7	9.328
<b>Tub-11</b>	Bz-07	Bz-08	PVC	0.009	1.5	160	67.39	7.868	0.65	17.2	1.301
<b>Tub-76</b>	Bz-70	Bz-69	PVC	0.009	1.5	200	47.32	42.757	1.14	8.6	4.621
<b>Tub-75</b>	Bz-71	Bz-70	PVC	0.009	1.5	200	50.23	7.954	0.63	12.9	1.257
<b>Tub-22</b>	Bz-72	Bz-73	PVC	0.01	1.5	200	38.29	121.079	1.51	7.1	10.894
<b>Tub-121</b>	Bz-73	Bz-74	PVC	0.009	1.5	200	25.56	186.305	1.89	6.1	14.476
<b>Tub-23</b>	Bz-74	Bz-78	PVC	0.009	1.88	200	50	10.603	0.75	13.4	1.739
<b>Tub-82</b>	Bz-75	Bz-74	PVC	0.009	1.5	200	52.52	8.011	0.64	12.9	1.264
<b>Tub-81</b>	Bz-76	Bz-75	PVC	0.009	1.5	200	50	8.402	0.65	12.7	1.311
<b>Tub-80</b>	Bz-77	Bz-76	PVC	0.009	1.5	200	43.62	103.702	1.54	7	9.213
<b>Tub-24</b>	Bz-78	Bz-79	PVC	0.009	1.88	200	55.08	9.244	0.71	13.9	1.568
<b>Tub-25</b>	Bz-79	Bz-89	PVC	0.009	2.32	200	75	72.419	1.56	9.4	8.483
<b>Tub-12</b>	Bz-08	Bz-17	PVC	0.009	1.5	160	59.18	95.719	1.55	9.5	9.057
<b>Tub-71</b>	Bz-80	Bz-79	PVC	0.009	1.5	200	62.44	234.78	2.05	5.8	17.291
<b>Tub-70</b>	Bz-81	Bz-80	PVC	0.009	1.5	200	55.51	124.383	1.64	6.7	10.604
<b>Tub-60</b>	Bz-82	Bz-85	PVC	0.009	1.5	200	55.73	199.181	1.94	6	15.239
<b>Tub-46</b>	Bz-83	Bz-86	PVC	0.009	1.5	200	42.93	112.386	1.58	6.9	9.805
<b>Tub-62</b>	Bz-84	Bz-86	PVC	0.009	1.5	200	64.1	158.574	1.79	6.4	12.788
<b>Tub-61</b>	Bz-85	Bz-84	PVC	0.009	1.5	200	41.81	149.673	1.75	6.4	12.231
<b>Tub-47</b>	Bz-86	Bz-87	PVC	0.009	1.56	200	62.59	61.296	1.31	8	6.2
<b>Tub-48</b>	Bz-87	Bz-88	PVC	0.009	1.56	200	67.47	9.204	0.67	12.7	1.433
<b>Tub-49</b>	Bz-88	Bz-63	PVC	0.009	1.56	200	67.47	34.293	1.06	9.3	3.985
<b>Tub-26</b>	Bz-89	Bz-90	PVC	0.009	2.32	200	64.46	16.482	0.93	13.3	2.691
<b>Tub-29</b>	Bz-09	Bz-10	PVC	0.009	1.5	160	58	16.577	0.85	14.3	2.316
<b>Tub-27</b>	Bz-90	Bz-63	PVC	0.009	2.32	200	64.46	69.038	1.54	9.5	8.15
<b>Tub-02</b>	Bz-91	Bz-92	PVC	0.009	3.88	200	75	141.236	2.3	10.2	17.931
<b>Tub-03</b>	Bz-92	Bz-93	PVC	0.009	3.88	200	75	182.18	2.51	9.6	21.898

<b>Label</b>	<b>Start Node</b>	<b>Stop Node</b>	<b>Material</b>	<b>Manning's n</b>	<b>Flow (L/s)</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>Length (m)</b>	<b>Slope (m/km)</b>	<b>Velocity (Average) (m/s)</b>	<b>Depth (Normal) / Rise (%)</b>	<b>Tractive Stress (Calculated) (Pascals)</b>
<b>Tub-04</b>	Bz-93	Bz-94	PVC	0.009	3.88	200	75	152.839	2.37	10	19.06
<b>Tub-05</b>	Bz-94	Bz-95	PVC	0.009	3.88	200	75	92.69	1.99	11.3	12.945
<b>Tub-06</b>	Bz-95	PTAR	PVC	0.009	3.88	200	30.1	75.89	1.85	11.8	11.087
<b>Tub-74</b>	Bz-96	Bz-71	PVC	0.009	1.5	200	72.58	121.033	1.63	6.8	10.383
<b>Tub-66</b>	Bz-97	Bz-52	PVC	0.009	1.5	200	44.73	61.376	1.3	7.9	6.092
<b>Tub-58</b>	Bz-98	Bz-31	PVC	0.009	1.5	200	45.19	121.923	1.63	6.8	10.442
<b>Tub-68</b>	Bz-99	Bz-64	PVC	0.009	1.5	200	43.12	67.711	1.33	7.8	6.628

Fuente: Elaboración propia.

## 5. Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

### 5.1. Cámara de Rejas y Desarenador

Los criterios generales de diseño de la cámara de rejas, según el OS 0.90 “Plantas de tratamiento de aguas residuales” - RNE, son los siguientes:

- Se utilizarán barras de sección rectangular de 5 a 15 mm de espesor de 30 a 75 mm de ancho. Las dimensiones dependen de la longitud de las barras y el mecanismo de limpieza.
- El espaciamiento entre barras estará entre 20 y 50 mm. Para localidades con un sistema inadecuado de recolección de residuos sólidos se recomienda un espaciamiento no mayor a 25 mm.
- Las dimensiones y espaciamiento entre barras se escogerán de modo que la velocidad del canal antes de y a través de las barras sea adecuada. La velocidad a través de las barras limpias debe mantenerse entre 0,60 a 0,75 m/s (basado en caudal máximo horario). Las velocidades deben verificarse para los caudales mínimos, medio y máximo.
- Determinada las dimensiones se procederá a calcular la velocidad del canal antes de las barras, la misma que debe mantenerse entre 0,30 y 0,60 m/s, siendo 0.45 m/s un valor comúnmente utilizado.
- En la determinación del perfil hidráulico se calculará la pérdida de carga a través de las cribas para condiciones de caudal máximo horario y 50% del área obstruida. Se utilizará el valor más desfavorable obtenido al aplicar las correlaciones para el cálculo de pérdida de carga. El tirante de agua en el canal antes de las cribas y el borde libre se comprobará para condiciones de caudal máximo horario y 50% del área de cribas obstruida.

- El ángulo de inclinación de las barras de las cribas de limpieza manual será entre 45 y 60 grados con respecto a la horizontal.

El procedimiento del cálculo de la estructura se muestra a continuación:

**Caudales de diseño:**

Q <sub>mín</sub>	0.00171 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>prom</sub>	0.00260 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>máx</sub>	0.00437 m <sup>3</sup> /s

**Calculo hidraulico para el Qmax:**

Q máximo	Q <sub>max</sub> =	0.00437 m <sup>3</sup> /s
Espesor de barra	e =	0.25 pulg
Separación entre barras	a =	0.75 pulg
"Eficiencia de barra" $E=(a/(e+a))$	E =	0.75
Velocidad en rejas, (0.6 - 0.75)	V =	0.70 m/s
Velocidad de aproximación (0.3 - 0.6)	Vo =	0.53 m/s
Ancho canal	b =	0.30 m
Coefficiente de Manning, n	n =	0.013
Numero de barras "n" = $(b-a)/(e+a)$	N =	11 und

**Cálculo para el caudal máximo**

Area útil en rejas	A <sub>u</sub> =	0.006 m <sup>2</sup>
Area total	A <sub>t</sub> =	0.008 m <sup>2</sup>
Cálculo de tirante	y <sub>max</sub> =	0.028 m
Cálculo de radio hidráulico, m	R =	0.023 m
Cálculo de la pendiente del canal	S =	0.007 m/m

Cálculo de pérdida de carga con 50% de ensuciamiento

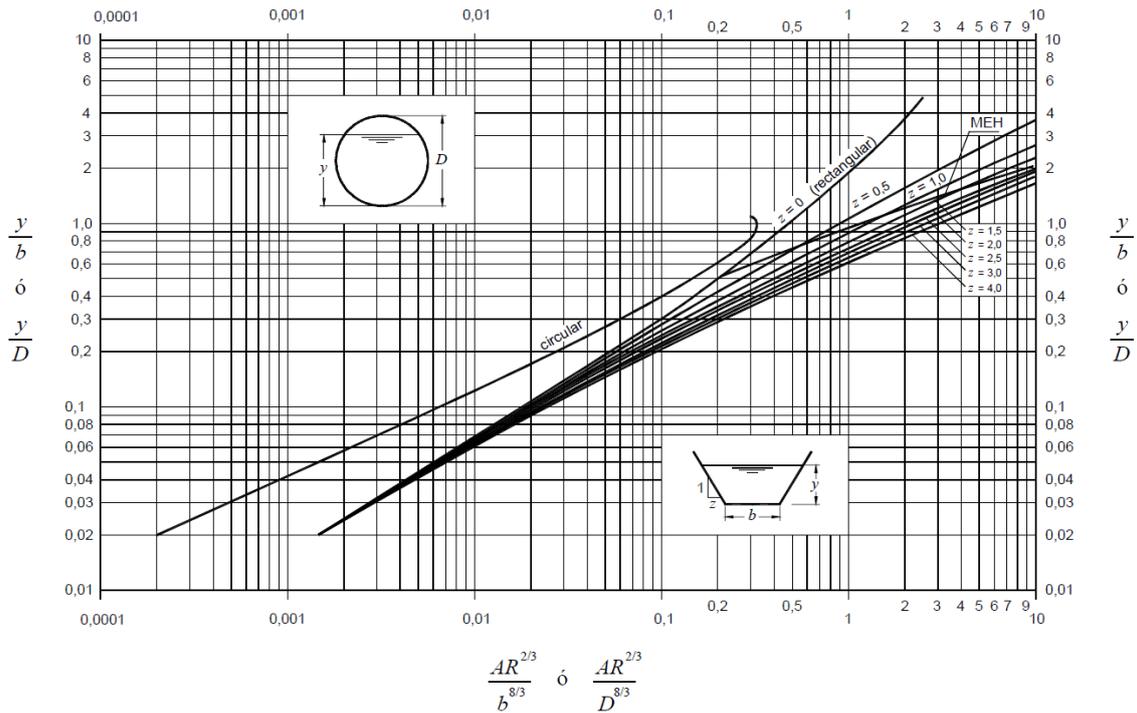
$$H_f = 1.143 * ((2V)^2 - V_o^2) / (2g)$$

Pérdida carga H <sub>f</sub> (m)	H <sub>f</sub> =	0.123 m
----------------------------------	------------------	---------

**Verificacion para el caudal mínimo**

Cálculo de constante para ingresar a ábaco

Valor de $AR^{(2/3)}/b^{(8/3)}$	$AR^{(2/3)}/b^{(8/3)}$ =	0.006604
Resultado de la lectura del ábaco y/b	y/b =	0.040
Calculo del tirante	y <sub>min</sub> =	0.012 m
Calculo del area	A <sub>m</sub> =	0.004 m <sup>2</sup>
Cálculo de la velocidad (0.3 - 0.6)	Vo =	0.47 m/s



Los criterios generales de diseño del desarenador, según el OS 0.90 “Plantas de tratamiento de aguas residuales” - RNE, son los siguientes:

- Los desarenadores de flujo horizontal serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0,20 mm.
- Se debe tratar de controlar y mantener la velocidad del flujo alrededor de 0.3 m/s con una tolerancia + 20%.
- La tasa de aplicación deberá estar entre 45 y 70 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h, debiendo verificarse para las condiciones del lugar y para el caudal máximo horario.
- A la salida y entrada del desarenador se preverá, a cada lado, por lo menos una longitud adicional equivalente a 25% de la longitud teórica. La relación entre el largo y la altura del agua debe ser como mínimo 25.
- La altura del agua y borde libre debe comprobarse para el caudal máximo horario.

El procedimiento del cálculo de la estructura se muestra a continuación:

**Datos:**

Caudal Mínimo de Desagüe		Q <sub>mín</sub> =	0.00171	m <sup>3</sup> /seg
Caudal Promedio de Desagüe		Q <sub>prom</sub> =	0.00260	m <sup>3</sup> /seg
Caudal Máximo Horario de Desagüe		Q <sub>máx</sub> =	0.00437	m <sup>3</sup> /seg
Velocidad horizontal del flujo de desagüe		V <sub>h</sub> =	<b>0.30</b>	m/s
Tasa de Acumulación de Arena		T <sub>aa</sub> =	<b>0.03</b>	lt/m <sup>3</sup>
Coefficiente de rugosidad del concreto		n =	<b>0.013</b>	

**Dimensionamiento del canal**

Para remoción de partículas de diámetro medio o igual a 0.20mm.

Area Máxima de Sección Transversal	A <sub>st</sub> = Q' <sub>max</sub> / V <sub>h</sub>	A <sub>st</sub> =	0.015	m <sup>2</sup>
Asumiendo que el ancho del canal		B =	<b>0.30</b>	mt
Tirante Máximo de Desagüe en el Canal	Y <sub>máx</sub> = A <sub>st</sub> / B	Y <sub>máx</sub> = H =	0.050	mt
Tasa de aplicación de desagüe < 45 - 70 > m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h,		T <sub>ad</sub> =	<b>50.00</b>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
Área Superficial del Desarenador	A <sub>s</sub> = Q' <sub>max</sub> / T <sub>ad</sub>	A <sub>s</sub> =	0.310	m <sup>2</sup>
Longitud Útil del Desarenador	L = A <sub>s</sub> / B	L =	1.03	m
Longitud utilizada		L =	<b>1.25</b>	m

Se debe verificar que que L/H sea como mínimo 25 L / H = 25 > 25

Pendiente de fondo del canal  $S = ((n*Q)/(A*Rh^{(2/3)}))^2$  S = 0.00114 m/m

**Dimensionamiento de la tolva**

Cantidad de Material Retenido	V <sub>ad</sub> = Q' <sub>p</sub> * T <sub>aa</sub>	V <sub>ad</sub> =	0.007	m <sup>3</sup> /día
Periodo de limpieza		PL =	<b>7</b>	días
Volumen requerido de la tolva		V <sub>tv</sub> =	0.047	m <sup>3</sup>
Longitud de la tolva		L <sub>t</sub> =	1.25	m
Ancho de la tolva		B <sub>t</sub> =	<b>0.20</b>	m
Altura de la tolva		H <sub>t</sub> =	<b>0.20</b>	m
Volumen útil de la tolva	V <sub>tv</sub> = L <sub>t</sub> x B <sub>t</sub> x H <sub>t</sub>	V <sub>tv</sub> =	0.05	m <sup>3</sup>

**Diseño del vertedero proporcional tipo sutro**

$$Q = 2.74 * (a^{0.5}) * b * [H - (a/3)]$$

Q menor al Q<sub>mín</sub> para asegurar que H > a :

$$Q = 0.0003 \text{ m}^3/\text{seg}$$

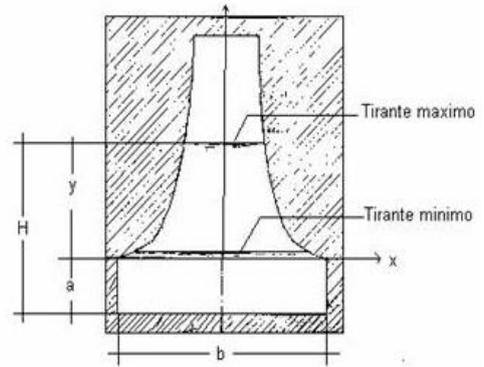
Asumiendo que "H = a", tendremos la siguiente expresión

$$b = [3 * Q * a^{(-3/2)}] / (2 * 2.74)$$

Dando valores a la variable "a" tendremos los siguientes valores para "b":

a	b
0.0500	0.0147
0.0600	0.0112
0.0700	0.0089
0.0800	0.0073
0.0900	0.0061
0.1000	0.0052
0.1100	0.0045
0.1200	0.0040

a	b
0.1300	0.0035
0.1400	0.0031
0.1500	0.0028
0.1600	0.0026
0.1700	0.0023
0.1800	0.0022
0.1900	0.0020
0.2000	0.0018



Despejando "H" de la ecuación:

$$H = (a/3) + \{ Q / [2.74 * (a^{0.50}) * b] \}$$

Elegimos a = 0.060 m > 0.050      =>      H = 0.60 m  
 Entonces b = 0.011 m

Luego; procedemos al cálculo para el dibujo del SUTRO:

$$X = b * [ 1 - ((2 / \pi) * (\arctang(Y/a)^{0.5})) ]$$

Y (m)	X (m)	X / 2
0.000	0.011	0.0056
0.010	0.008	0.0042
0.020	0.007	0.0037
0.030	0.007	0.0034
0.040	0.006	0.0032
0.050	0.006	0.0030
0.060	0.006	0.0028
0.070	0.005	0.0027
0.080	0.005	0.0025
0.090	0.005	0.0024
0.100	0.005	0.0023
0.110	0.005	0.0023
0.120	0.004	0.0022

Y (m)	X (m)	X / 2
0.130	0.004	0.0021
0.140	0.004	0.0021
0.150	0.004	0.0020
0.160	0.004	0.0020
0.170	0.004	0.0019
0.180	0.004	0.0019
0.190	0.004	0.0018
0.200	0.004	0.0018
0.210	0.003	0.0017
0.220	0.003	0.0017
0.230	0.003	0.0017
0.240	0.003	0.0016
0.250	0.003	0.0016

## 5.2. Tanque Imhoff

Los criterios generales de diseño del tanque Imhoff, según el OS 0.90 “Plantas de tratamiento de aguas residuales” - RNE, son los siguientes:

- El área requerida para el proceso se determinará con una carga superficial de  $1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ , calculado en base al caudal medio.
- El período de retención nominal será de 1,5 a 2,5 horas. La profundidad será el producto de la carga superficial y el período de retención.
- El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados, con respecto al eje horizontal, tendrá entre 50 y 60 grados
- En la arista central se dejará una abertura para el paso de sólidos de 0,15 m a 0,20 m. Uno de los lados deberá prolongarse de modo que impida el paso de gases hacia el sedimentador; esta prolongación deberá tener una proyección horizontal de 0,15 a 0,20 m.
- El borde libre tendrá un valor mínimo de 0.30m.
- La altura máxima de lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador.
- El fondo del compartimiento tendrá la forma de un tronco de pirámide, cuyas paredes tendrán una inclinación de 15 grados a 30 grados; con respecto a la horizontal.
- Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y las del sedimentador (zona de espumas) se seguirán los siguientes criterios:
- El espaciamiento libre será de 1,00 m como mínimo.
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque. Las facilidades para la remoción de lodos digeridos deben ser diseñadas en forma similar

los sedimentadores primarios, considerando que los lodos son retirados para secado en forma intermitente.

### 5.2.1. Diseño del Sedimentador

**Datos:**

Población	1777 habitantes
Carga Superficial (Cs)	1.00 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .hora)
Periodo de Retención Hidraulica (R)	1.50 horas
Caudal promedio (Qprom)	9.34 m <sup>3</sup> /hora

**Area del Sedimentador (As, en m<sup>2</sup>)**

$As = Q / Cs = As = 9.34 \text{ m}^2$

**Volumen del Sedimentador (Vs, en m<sup>3</sup>)**

$Vs = Q \times R = Vs = 14.01 \text{ m}^3$

**Calculo de la Longitud del Sedimentador**

$r = L / b = 9.5 < 3 \text{ a } 10 >$

Area =  $r \cdot b^2$

$b = 0.99 \text{ m}$

Redondeamos

$b = 1.00 \text{ m} \quad L = 9.50 \text{ m}$

**De la figura Calculamos h<sub>1</sub> y h<sub>2</sub>**

$h_1 = (b/2) \times \text{Tan}(\theta)$

$h_1 = 0.87 \text{ m}$

redondeamos

$h_1 = 0.80 \text{ m}$

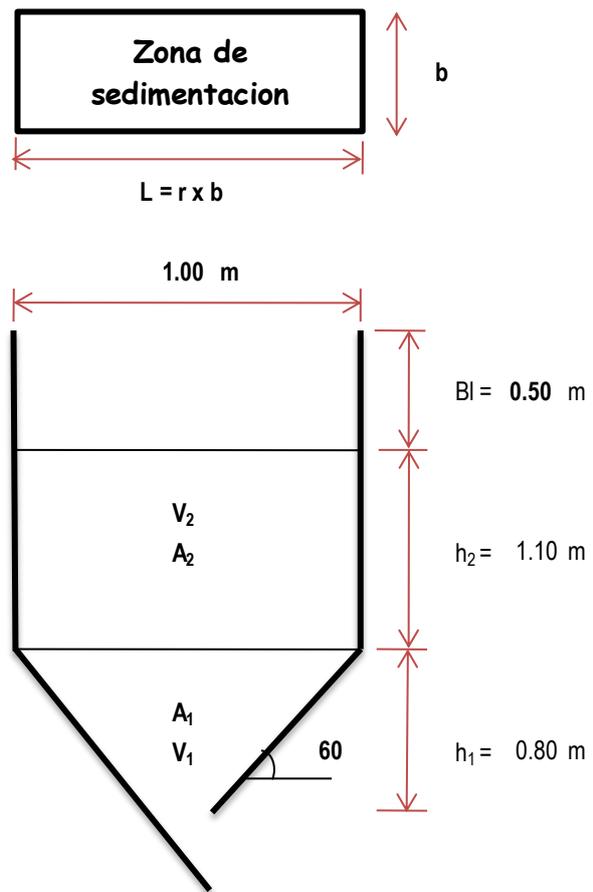
**De la figura Vs = V<sub>1</sub> + V<sub>2</sub>**

despejamos h<sub>2</sub>

$h_2 = 1.08$

redondeamos

$h_2 = 1.10 \text{ m}$



### 5.2.2. Diseño del Digestor

$$V_d = 70 \times P \times f_{cr} / 1000$$

Donde P : Población  
fcr : Factor de Capacidad Relativa

$$T = 15.0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad f_{cr} = 1.00$$

$$V_d = 124.39 \text{ m}^3$$

Temperatura	Fac. de Cap Relativa (fcr)
5	2.00
10	1.40
15	1.00
20	0.70
>25	0.50
15.0	1.00

De la Figura, El Área Superficial sera:

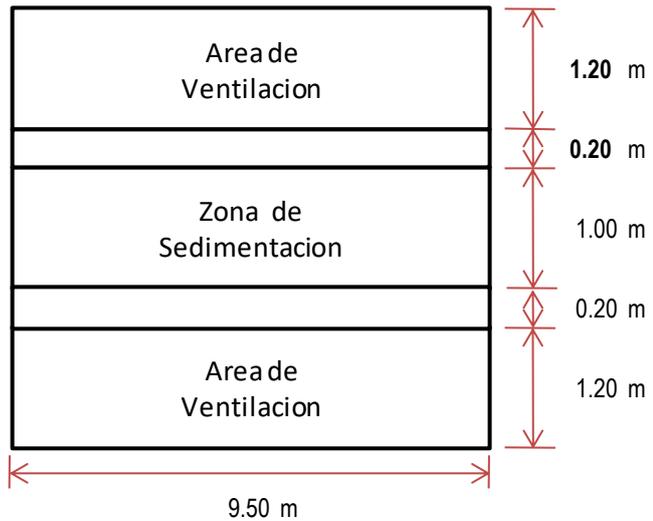
$$Area_{Total} = 36.1 \text{ m}^2$$

El Area de Ventilacion sera:

$$A_v = 22.80 \text{ m}^2$$

Verificamos si representa más del 30% del total del área del tanque:

$$A_v / Area_{Total} = 63.16\% \quad \text{OK}$$



#### Calculo de alturas en el Digestor

$$h_1 = ((B-d)/2) \times \tan(\theta)$$

$$h_1 = 0.82 \text{ m}$$

redondeamos

$$h_1 = 1.00 \text{ m}$$

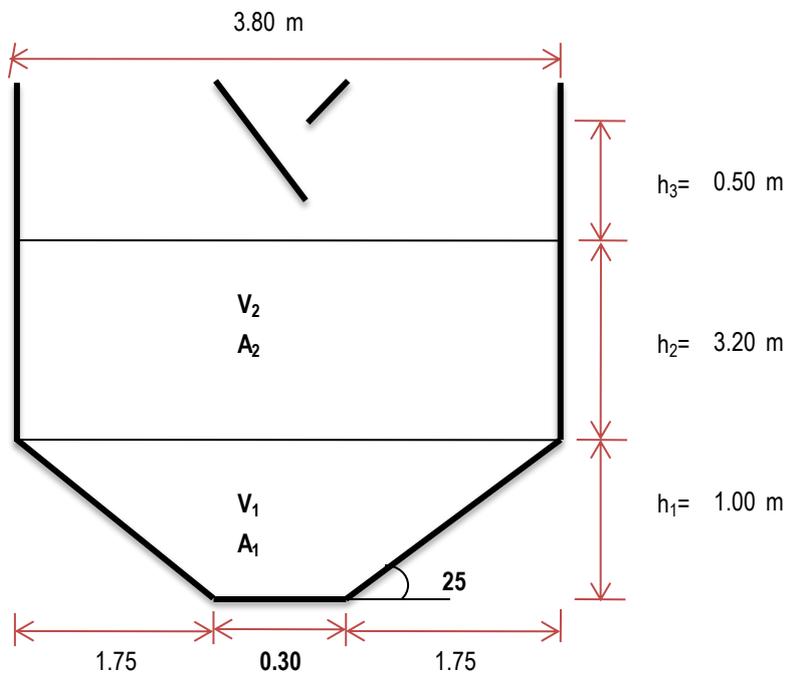
$$\text{de la figura } V_d = V_1 + V_2$$

despejamos  $h_2$

$$h_2 = 3.11 \text{ m}$$

redondeamos

$$h_2 = 3.20 \text{ m}$$



**Longitud Mínima del Vertedero de Salida (Lv, en m).**

$$L_v = Q_{\max} / Ch_v$$

Donde

$Q_{\max}$  : Caudal máximo diario de diseño, en m<sup>3</sup>/día.

$Ch_v$  : Carga hidráulica sobre el vertedero, estará entre 125 a 500 m<sup>3</sup>/(m\*día), (recomend 300)

$$Q_{\max} = 270.11 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Ch_v = 300.00 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{día}),$$

$$L_v = 0.90 \text{ m}$$

redondeamos

$$L_v = 0.90 \text{ m}$$

#### **Resumen de dimensiones**

B = 3.80 m Ancho del Tanque Imhoff

L = 9.50 m Largo del Tanque Imhoff

H = 7.10 m Profundidad del Tanque Imhoff

### **5.3. Filtro Biológico**

Los criterios generales de diseño del filtro biológico, según el OS 0.90 “Plantas de tratamiento de aguas residuales” - RNE, son los siguientes:

- Se utilizará cualquier sistema de distribución que garantice la repartición uniforme del efluente primario sobre la superficie del medio de contacto.
- Cuando se usen boquillas fijas, se las ubicará en los vértices de triángulos equiláteros que cubran toda la superficie del filtro. El dimensionamiento de las tuberías dependerá de la distribución, la que puede ser intermitente o continua.
- Se permitirá cualquier medio de contacto que promueva el desarrollo de la mayor cantidad de bio-película y que permita la libre circulación del líquido y del aire, sin producir obstrucciones. Cuando se utilicen piedras pequeñas, el tamaño mínimo será de 25 mm y el máximo de 75 mm. Para piedras grandes, su tamaño oscilará entre 10 y 12 cm.

- El sistema de drenaje debe cumplir con los siguientes objetivos: - proveer un soporte físico al medio de contacto; recolectar el líquido, para lo cual el fondo debe tener una pendiente entre 1 y 2%; permitir una recirculación adecuada de aire.

### 5.3.1. Filtro Biológico 01

El procedimiento del cálculo de la estructura del filtro 01 se muestra a continuación:

**Datos:**

Población de diseño (P)	1777 habitantes
Dotación de agua (D)	100 L/(habitante.día)
Contribución de aguas residuales (C)	80%
Contribución per cápita de DBO5 (Y)	50 grDBO5/(habitante.día)

**Parametros de diseño:**

Producción per cápita de aguas residuales: $q = P \times C$	80 L/(habitante.día)
DBO5 teórica: $St = Y \times 1000 / q$	625.00 mg/L

\* Dado que el parametro de DBO es irreal para una poblacion de este tipo, se tomo com referencia la calidad de agua residual cruda promedio registrada en la siguiente bibliografía:

1.- Metcalf & Eddy - Ingenieria de agua residuales Volumen 1: Tratamiento, vertido y reuso

En la pag.125, Tabla 3-16 se indica la siguiente informacion de DBO5 para agua residual domestica:

Concentracion Debil : 110 mg/l - Concentracion Media: 220 mg/l - Concentracion Fuerte: 400 mg/l

2.- Jairo Alberto Romero Rojas - Tratamiento de aguas residuales Teoria y principiops de diseño

En la pag.23, Tabla 1.10 se indican las cargas percapita de DBO para el ambito rural, siendo esta de 30 a 32 g/hab/día lo que equivale a una DBO de 375 a 437 mg/l.

De ambos textos se decidio utilizar una DBO de 375 mg/l, pues se encuentra en el rango indicado del texto N°2 y entre una concentracion media y fuerte del texto N°1

DBO5 en el desague crudo	375.00 mg/L
Eficiencia de remoción DBO5 del tratamiento previo (Tanque Imhoff)	30% <25% a 30% >
DBO5 remanente: $So = (1 - Ep) \times St$	262.50 mg/L
Caudal de aguas residuales (Qprom)	224.21 m3/día
Caudal de recirculación (QR)	0 m3/día
DBO requerida en el efluente (Se)	50 mg/L

**Dimensionamiento del filtro percolador:**

Eficiencia del filtro (E): $E = (S_o - S_e)/S_o$	81%	<50% a 90%>
Carga de DBO (W): $W = S_o \times Q / 1000$	58.85	KgDBO/día
Razon de recirculación ( $R = Q_R/Q$ )	0	
Factor de recirculación (F): $F = (1 + R)/(1 + R/10)^2$	1	
Volúmen del filtro (V): $V = (W/F) \times (0,4425E/(1-E))^2$	208.15	m <sup>3</sup>
Profundidad del medio filtrante (H):	<b>2.00</b>	m
Area del filtro (A): $A = V/H$	104.08	m <sup>2</sup>
Tasa de aplicación superficial (TAS): $TAS = Q/A$	0.57	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .día)
Carga orgánica (CV): $CV = WV$	0.28	Kg DBO/(m <sup>3</sup> .día)

**Filtro rectangular:**

Cantidad de filtros	2.0	und
Ancho del filtro (a):	<b>5.0</b>	m
Largo del filtro (l):	10.5	m
Largo del filtro (l):	<b>10.5</b>	m

**5.3.2. Filtro Biológico 02**

El procedimiento del cálculo de la estructura del filtro 02 se muestra a continuación:

**Parámetros de diseño:**

DBO5 remanente: $S_o$	50.00	mg/L
Caudal de aguas residuales ( $Q_{prom}$ )	224.21	m <sup>3</sup> /día
Caudal de recirculación ( $Q_R$ )	<b>0</b>	m <sup>3</sup> /día
DBO requerida en el efluente ( $S_e$ )	<b>10</b>	mg/L

**Dimensionamiento del filtro percolador:**

Eficiencia del filtro (E): $E = (S_o - S_e)/S_o$	80%	<50% a 90%>
Carga de DBO (W): $W = S_o \times Q / 1000$	11.21	KgDBO/día
Razon de recirculación ( $R = Q_R/Q$ )	0	
Factor de recirculación (F): $F = (1 + R)/(1 + R/10)^2$	1	
Volúmen del filtro (V): $V = (W/F) \times (0,4425E/(1-E))^2$	35.12	m <sup>3</sup>
Profundidad del medio filtrante (H):	<b>2.00</b>	m
Area del filtro (A): $A = V/H$	17.56	m <sup>2</sup>
Tasa de aplicación superficial (TAS): $TAS = Q/A$	0.64	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .día)
Carga orgánica (CV): $CV = WV$	0.32	Kg DBO/(m <sup>3</sup> .día)

**Filtro rectangular:**

Cantidad de filtros	2.0	und
Ancho del filtro (a):	<b>2.0</b>	m
Largo del filtro (l):	4.4	m
Largo del filtro (l):	<b>4.5</b>	m

## 5.4. Sedimentador Secundario

Los criterios generales de diseño del sedimentador secundario, según el OS 0.90 “Plantas de tratamiento de aguas residuales” - RNE, son los siguientes:

- Los requisitos de área deben determinarse usando cargas superficiales entre 24 y 48 m<sup>3</sup>/d basado en el caudal medio de diseño, lo cual equivale a una velocidad de sedimentación de 1.00 a 2.00 m/h.
- El periodo de retención nominal será de 1.5 a 3.0 horas, basado en el caudal máximo de diseño.
- La profundidad, el producto de la carga superficial y el periodo de retención, debe estar entre 3 y 4.5m.
- La tolva de lodos tendrá una inclinación de las paredes de por lo menos 45° con respecto a la horizontal.
- El sistema de entrada al tanque debe garantizar la distribución uniforme del líquido a través de la sección transversal y debe diseñarse en forma tal que se eviten cortocircuitos.

El procedimiento del cálculo de la estructura se muestra:

### Parametros de diseño:

Caudal máximo (Q <sub>máx</sub> )	377.22 m <sup>3</sup> /día
	0.0044 m <sup>3</sup> /s

### Dimensionamiento del sedimentador:

Área del sedimentador: $A_s = Q / C_s$	26.20 m <sup>2</sup>	
Carg superficial (C <sub>s</sub> )	1.20 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hr	<1.0 a 2.0>
Profundidad superior (h <sub>1</sub> )	1.20 m	
Periodo de retención: $TRH = V_t / Q$	3.22 hr	<1.5 a 3.0>
Periodo de retención con lodos: $TRH \text{ lodos} = Q / V_{tu}$	3.08 hr	<1.5 a 3.0>
Volumen útil sin lodos: $V_u = V_t - V_l$	48.44 m <sup>3</sup>	
Volumen total: $V_t = A_s \cdot h_1 + (1/3) \cdot A_s \cdot h_2 \cdot N_a \cdot N_l$	50.65 m <sup>3</sup>	
Número de tolvas en el ancho (N <sub>a</sub> )	1.00 Und	
Número de tolvas en el largo (N <sub>l</sub> )	1.00 Und	
Área de tolva: $A_t = A_s / (N_a \cdot N_l)$	26.20 m <sup>2</sup>	

Lado de la tolva cuadrada: $l = At^{0.5}$	5.12 m	
Lado seleccionado	<b>5.00</b> m	
Largo total: $L = l * Nl$	5.00 m	
Ancho total: $A = l * Na$	5.00 m	
Inclinación paredes de tolva ( $\theta$ )	<b>45.00</b> °	
Ancho base de tolva: a	<b>0.60</b> m	
Profundidad inferior: h2	2.2 m	
Borde libre (b)	<b>0.40</b> m	
Profundidad útil: $hu = h1 + h2$	3.4 m	<3.0 a 4.5>
Profundidad total: $H = hu + b$	3.8 m	
Inclinación de aristas de la tolva:	31.89 °	
Coefficiente de producción de lodos	<b>0.60</b> Kg SST/Kg DBOr	<0.4 a 0.7>
Producción de lodos: $P = Y * DBO_{removida} = Y * W * E$	33.97 Kg SST/día	
Densidad de lodos	<b>1.025</b> Kg/L	
porcentaje de sólidos	<b>1.5%</b>	<1% a 3%>
Volumen diario de lodos:	2209.27 L/día	
Tiempo de descarga de lodos	<b>1.00</b> días	
Volumen de lodos: VI	2.21 m <sup>3</sup>	
Carga sobre vertedero de rebose:	0.44 L/s.m	
<b>Canal de recolección de efluentes:</b>		
Ancho de la canaleta de recolección	0.20 m	
Altura útil de las canaletas de recolección	0.06 m	
<b>Sedimentador secundario:</b>		
Lado del sedimentador (L):	<b>5.00</b> m	
Profundidad inferior (h2):	<b>2.20</b> m	

## 5.5. Lecho de Secado

Los criterios generales de diseño del lecho de secado, según el OS 0.90 “Plantas de tratamiento de aguas residuales” - RNE, son los siguientes:

- En el caso de zanjas de oxidación el contenido de sólidos en el lodo es conocido. En el caso de lodos digeridos anaerobiamente, se determinará la masa de lodos considerando una reducción de 50 a 55% de sólidos volátiles.
- La gravedad específica de los lodos digeridos varía entre 1,03 y 1,04. Si bien el contenido de sólidos en el lodo digerido depende del tipo de lodo, los siguientes valores se dan como guía:

- Para el lodo primario digerido: de 8 a 12% de sólidos.
- Para el lodo digerido de procesos biológicos, incluido el lodo primario: de 6 a 10% de sólidos.
- Los requisitos de área de los lechos de secado se determinan adoptando una profundidad de aplicación entre 20 y 40 cm y calculando el número de aplicaciones por año. Para el efecto se debe tener en cuenta los siguientes períodos de operación:
  - Período de aplicación: 4 a 6 horas;
  - Período de secado: entre 3 y 4 semanas para climas cálidos y entre 4 y 8 semanas para climas más fríos;
  - Período de remoción del lodo seco: entre 1 y 2 semanas para instalaciones con limpieza manual (dependiendo de la forma de los lechos) y entre 1 y 2 días para instalaciones pavimentadas en las cuales se pueden remover el lodo seco, con equipo.

El procedimiento del cálculo de la estructura se muestra:

**Datos:**

Población de diseño (P) :	1777 habitantes
Tiempo de digestión (Td) :	76 días
Periodo de secado:	6 semanas
Periodo de remocion de lodos secos:	2 semanas
Tiempo total:	132 días
Nº de aplicaciones (n):	4
Contribución per cápita prom. En sólidos en suspensión:	90 gr SS/(hab. día)
Densidad de lodos (Dlodo)	1.04 kg/L
Porcentaje de sólidos contenidos en el lodo:	8 %
Profundidad de aplicación (Ha):	0.40 m

**Carga de solidos que ingresa al sedimentador (C)**

$$C = P \times \text{Contribucion per cápita} / 1000$$

$$C = 159.93 \text{ kg de SS/día}$$

#### Masa que conforman los lodos digeridos (Msd)

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

$$Msd = 51.98 \text{ kg de SS/día}$$

#### Volumen diario de lodos digeridos (Vld)

$$Vld = Msd / (D_{lodo} (\% \text{ de sólidos} / 100))$$

$$Vld = 624.73 \text{ L/día}$$

#### Volumen de extracción de lodos (Vel)

$$Vel = Vld \times T_d / 1000$$

$$Vel = 47.48 \text{ m}^3$$

#### Area del lecho de secado (Als)

$$Als = Vel / H_a$$

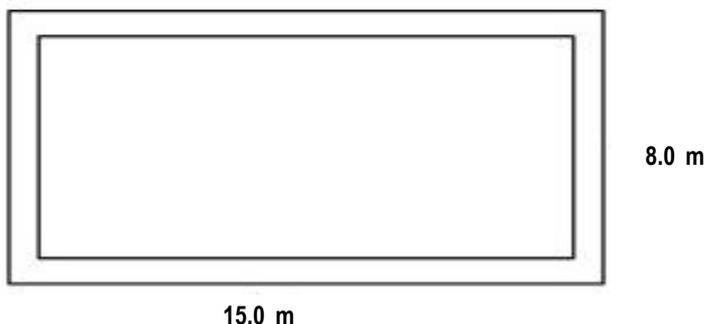
$$Als = 118.70 \text{ m}^2$$

#### Dimensiones del lecho de secado

$$\text{Ancho del lecho de secado: } B = 8.0 \text{ m}$$

$$\text{Largo del lecho de secado: } L = 15.0 \text{ m}$$

$$\text{Area del lecho de secado: } A = 120.0$$



#### Carga superficial de sólidos aplicado al lecho de secado (Ca)

$$Ca = C \times 365 / (Als \times n)$$

$$Ca = 121.61 \text{ kg de sólidos} / (\text{m}^2 \text{ año}) \quad <100 \text{ a } 160>$$

### 5.6. Sistema de Cloración

Tiene como función asegurar un tiempo de contacto fijo entre el agua tratada y el cloro, de tal modo de asegurar la remoción de bacterias, virus y parásitos presentes y cumplir con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes del PTAR Domesticas o Municipales, aprobados mediante Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM:

Tabla 3  
*Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.*

Parámetro	Unidad	LMP de Efluentes para Vertidos a Cuerpos de Agua
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200
pH	unidad	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en Suspensión (SST)	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

Después de la aplicación del desinfectante para asegurar la remoción de bacterias, normalmente se aplica al agua clorada un tiempo de contacto no menor de 20 a 30 minutos.

### 5.6.1. Dimensionamiento del tanque de solución de hipoclorito de calcio

Caudal de Diseño		Q =	<b>0.00260</b>	m <sup>3</sup> /s
Dosis máxima		DM =	5.00	mg/L
Concentración		C =	10000	mg/L
Tiempo de almacenamiento		t =	360.0	horas
Altura de agua en el tanque		H =	0.30	m
Caudal de dilución	( $q = Q * DM / C$ )	q =	0.0013	m <sup>3</sup> /s
Peso requerido	( $P = q * DM$ )	P =	46.67	gr/hr
		P =	1.12	Kg/día
Volumen del tanque	( $V = q * t$ )	V =	1.68	m <sup>3</sup>
Diametro del tanque	( $L = (V / H) ^ 0.5$ )	D =	2.70	m

### 5.6.2. Dimensionamiento de la cámara de contacto de cloro

Caudal		Q =	2.60	L/s
Tiempo de contacto		T =	30.00	min
Largo de la cámara de contacto		L =	1.20	m
Altura de agua en la cámara de contacto		h =	0.70	m
Distancia entre ejes de placas		l =	<b>0.40</b>	m
Volumen del tanque de contacto de cloración	( $V_{tc} = Q \cdot t$ )	V <sub>tc</sub> =	4.67	m <sup>3</sup>
Ancho de la cámara	( $b = V_{tc} / (L \cdot h)$ )	b =	5.56	m
		b =	<b>5.60</b>	m
Número de compartimientos	( $N = L / l$ )	N =	3.00	und

### 5.6.3. Dimensionamiento del difusor de cloro

Caudal mínimo del eyector		Q =	0.0013	L/s
Diámetro del difusor		D <sub>d</sub> =	1.00	Pulg
Número de orificios		No =	6	Orificios
Diámetro del orificio		Do =	2.50	mm
Separación entre orificios		e =	5.00	cm
Área del difusor		Ac =	0.0005067	m <sup>2</sup>
Área del orificio		Ao =	0.0000049	m <sup>2</sup>
	$n \times A_o / A_c =$	0.06	< 0.42	Cumple!!
Velocidad en el difusor		V <sub>d</sub> =	0.0026	m/s
Velocidad en los orificio		V <sub>o</sub> =	0.0441	m/s

**Anexo 5.**  
**Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAR.**

**1. Componentes**

Cámara de Rejas:

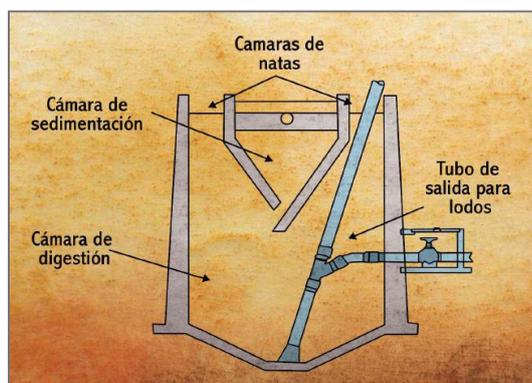
Es una estructura de concreto armado con rejas en su interior construida al comienzo de la planta de tratamiento para atrapar sólidos procedentes de las redes colectoras.



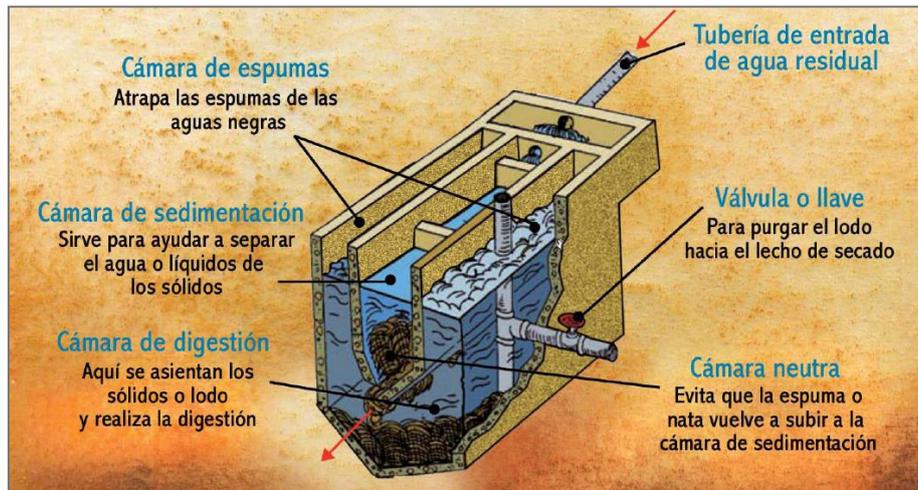
*Figura 1.* Cámara de rejas.

Tanque Imhoff:

Es una estructura que permite lo siguiente: es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, estabiliza la materia orgánica por acción de las bacterias anaerobias convirtiéndola en lodo o barro. Está ubicada entre la cámara de rejas y la cámara distribuidora de caudal.



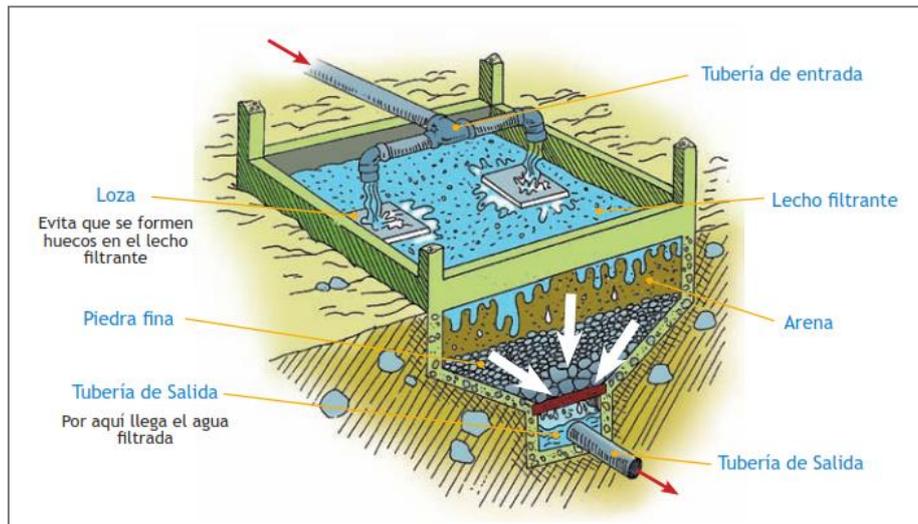
*Figura 2.* Tanque Imhoff.



**Figura 3.** Componentes del Tanque Imhoff.

**Lecho de Secado:**

Es el área en el cual se depositan los lodos para que sean secados con energía solar y con la ayuda de la infiltración del agua a través de la capa de arena y ladrillo que se ubica debajo de la deposición de los lodos.

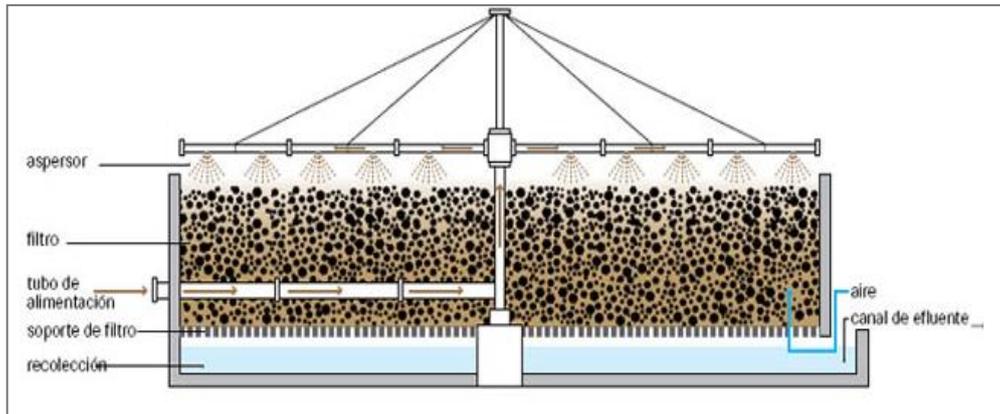


**Figura 4.** Conformación del lecho de secado.

**Filtro Percolador:**

Es un unidad de tratamiento biológico que dentro del sistema global de tratamiento de aguas residuales tienen un labor de remover la materia orgánica de las aguas negras pretratadas, mediante la metabolización de ésta a cargo de una población bacteriana adherida a un medio filtrante, traduciéndose esto en un efluente con una menor concentración de DBO5

(demanda bioquímica de oxígeno), donde las aguas negras se percolan por el medio, los microorganismos digieren y eliminan los contaminantes del agua.



**Figura 5.** Conformación del filtro percolador.

*Sedimentador Secundario:*

Es una cámara diseñada para remover la materia orgánica soluble y coloidal que permanece después del tratamiento primario, eliminando como lodo sedimentado que se usara como abono o se hará secar en los lechos de secados

*Cámara de Desinfección:*

La reducción de bacterias se efectuará a través de procesos de tratamiento. Solamente en el caso que el cuerpo receptor demande una alta calidad bacteriológica, se considerará la desinfección de efluentes secundarios o terciarios, en forma intermitente o continua.

## TECNOLOGÍA DE LA PTAR PROYECTADA - SUGLLAQUIRO

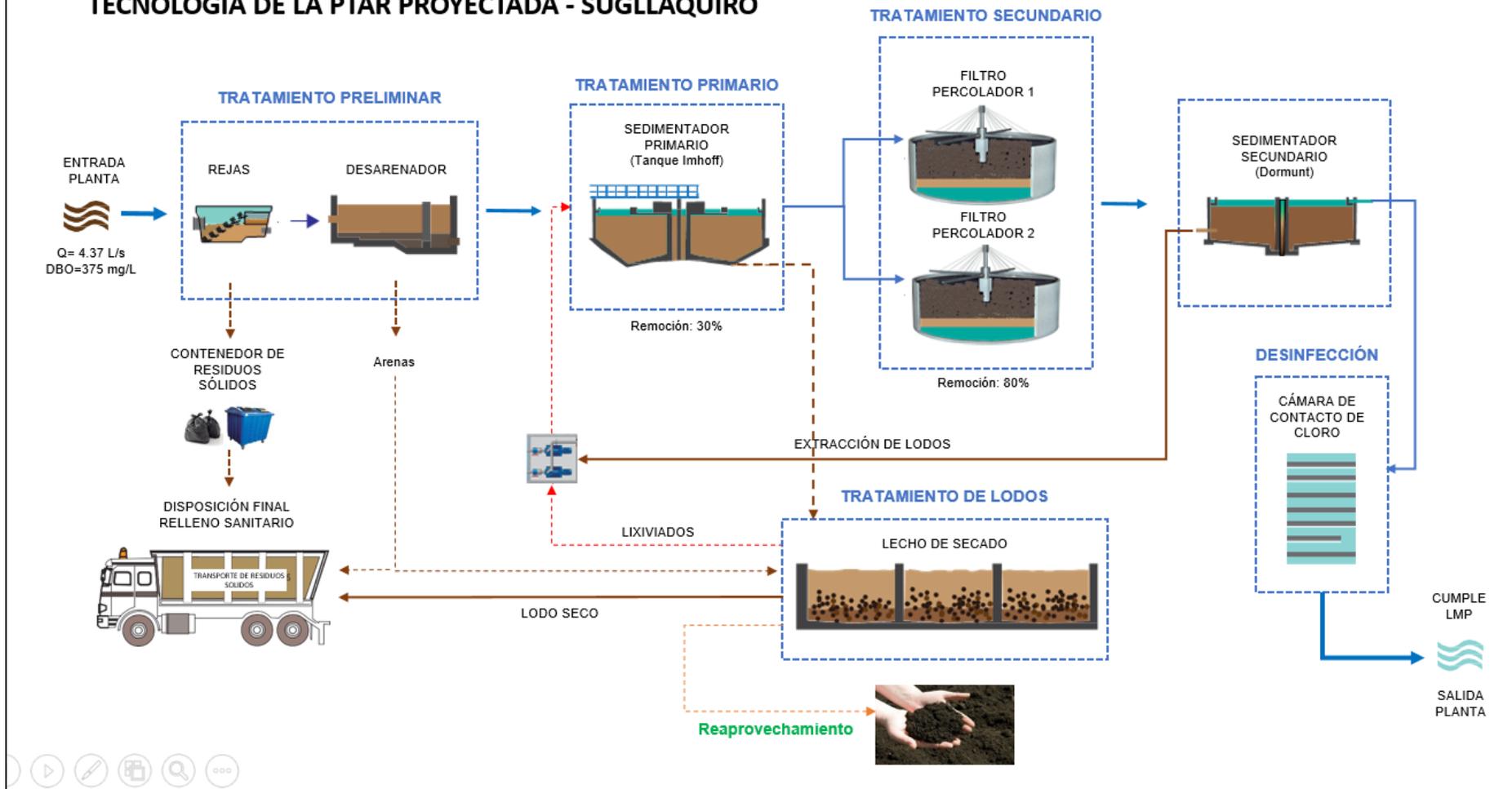


Figura 6. Componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

## **2. Puesta en Marcha de la PTAR**

### **2.1. Generalidades**

El llenado de la PTAR debe realizarse preferentemente en época de verano en donde las temperaturas y las tasas de reacción bioquímica son más elevadas, todo lo cual facilita el rápido desarrollo de la biomasa y la estabilización de la materia orgánica en el reactor biológico. El llenado de la planta de tratamiento debe efectuarse empleando agua residual cruda.

### **2.2. Aspectos Previos**

Antes de iniciar el llenado de cada uno de los procesos de tratamiento, es necesario verificar que no existan fisuras al interior de las estructuras en general por donde podría infiltrarse el agua residual, así como ningún tipo de vegetación. Adicionalmente, se debe verificar que todas las compuertas y distribuidores de caudal se encuentren en las posiciones correctas y que los vertederos de salida y los canales de conducción estén libres de obstáculos.

Después de cumplido el proceso de llenado de la planta de tratamiento, una serie de operaciones complementarias deberán ser ejecutadas a fin de garantizar el buen funcionamiento de la misma. La principal y más importante operación es la verificación de la carga de agua sobre los vertederos situados en las estructuras de salida de los diferentes procesos de tratamiento, las que deben mantenerse uniforme en todo su ancho. En caso contrario, será necesario nivelarlos empleando los dispositivos con que están dotados los vertederos. Fallas en la nivelación del vertedero conduce a la presencia de cortos circuitos y a una pobre eficiencia en el funcionamiento de los diferentes procesos de tratamiento.

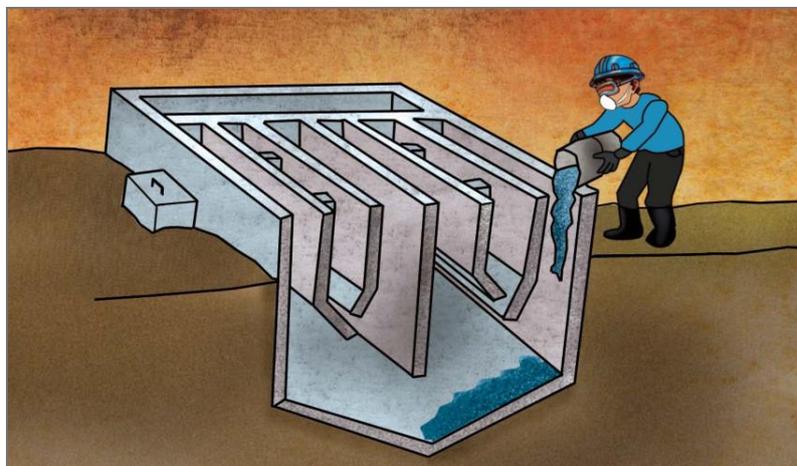
Como todo sistema de tratamiento biológico de aguas residuales, el funcionamiento de la PTAR está basado en una acción biológica similar a la que se presenta en forma natural en los cuerpos de agua. Los organismos necesarios para la estabilización de la materia orgánica, normalmente no se encuentran presentes en grandes cantidades en las aguas residuales

crudas como para consumir o degradar la materia orgánica presente en ellas. En una planta de tratamiento de aguas residuales deben existir las condiciones ambientales necesarias como para que estas bacterias puedan crecer en suficiente cantidad y estén en condiciones de degradar rápidamente la materia orgánica presente en el agua residual cruda.

Cuando se pone en marcha una planta de tratamiento, será necesario semanas y en algunos casos hasta meses, antes que la planta alcance su máxima eficiencia. Al efecto, el arranque debe efectuarse con un caudal menor al de diseño para favorecer la formación de la biomasa activa en suficiente concentración y de esta manera minimizar el impacto negativo de una súbdita puesta en marcha.

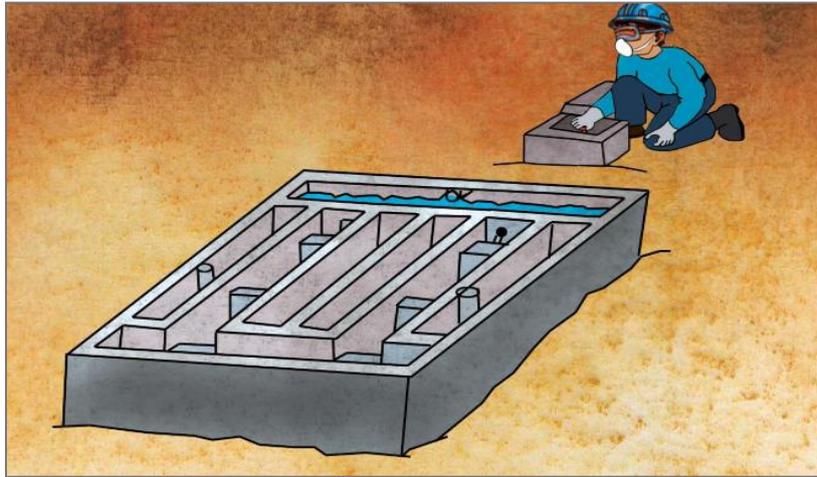
### 2.3. Arranque del Tanque Imhoff

- Inocule al tanque de digestión con lodos proveniente de otra instalación similar para acelerar el desarrollo de los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica.



*Figura 7.* Inoculación del Tanque Imhoff.

- Luego, llene con agua hasta una altura aproximada de 50 cm medido desde la base del tanque Imhoff.
- Inicie el funcionamiento del tanque Imhoff abriendo la válvula.



*Figura 8.* Puesta en marcha del Tanque Imhoff.

**Recomendaciones:**

- El arranque o inoculación debe realizarse preferentemente en meses de mayor temperatura para facilitar el desarrollo de los microorganismos.
- Como alternativa para el arranque puede utilizar cinco baldes de estiércol en descomposición de animales que comen pastos.
- La extracción de lodos se realizara periódicamente. Su frecuencia dependerá de la temperatura de la localidad, según el siguiente cuadro:

Tabla 1  
*Frecuencia de retiro de lodos.*

Temperatura °C	Tiempo en días
5	110
10	76
15	55
20	40
25	30

Fuente: OPS/CEPIS/05.163/UNATSABAR, 2005.

- Cuando el tanque inicia su funcionamiento, la primera extracción de los lodos se realizará en el doble del tiempo que le corresponde a la temperatura de la localidad

### 3. Operación y Mantenimiento de Cámara de Rejas

#### Protección Personal

- Use equipo de protección personal (gorra, mascarilla, guantes, uniforme completo y botas de hule) para prevenir accidentes y enfermedades.
- Use jabón germicida para bañarse al final de las labores.
- Desinfecte sus herramientas con una solución de cal, cloro o lejía.

#### Operación

- Levante y baje la tapa según la acción a realizar.

#### Mantenimiento

1. Limpie con la ayuda de un rastrillo, el material retenido.



*Figura 9.* Limpieza con rastrillo.

2. Coloque el material recogido sobre la plataforma de la reja con el fin de que se escurra.
3. Vierta el material recogido a un cilindro con pequeños agujeros en la base para que el agua termine de escurrir.
4. Disponga los desechos en un relleno sanitario municipal o en lugares apropiados que no ponga en riesgo la salud de la personas y/o contamine el medio ambiente.



*Figura 10.* Disposición de Desechos.

5. Rocíe los desechos con cal antes de ser enterrados para evitar la presencia de insectos, roedores y malos olores.



*Figura 11.* Rocíar con cal los desechos antes de ser enterrados.

## 4. Operación y Mantenimiento de Tanque Imhoff

### 4.1. Cámara de Natas o Espumas

#### Protección personal

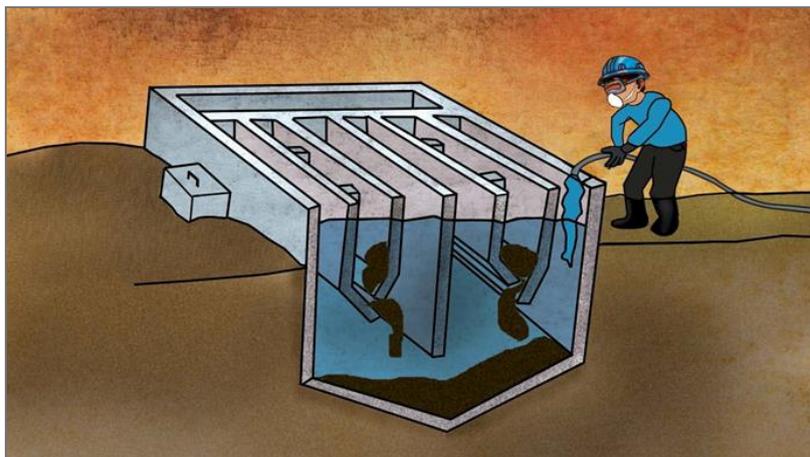
- Use equipo de protección personal para prevenir accidentes y enfermedades.
- Use jabón germicida para bañarse al final de las labores.
- Desinfecte sus herramientas con una dilución de cal, cloro o lejía.

### **Operación:**

- Disponga de manguera y agua en chorro continuo.
- Avise a los usuarios el cierre momentáneo del agua para que dejen de verter agua al desagüe mientras dure el mantenimiento.

### **Mantenimiento:**

- Coja el extremo de la manguera y dirija el chorro continuo de agua hacia la espuma.
- Mantenga el chorro continuo de agua hasta bajar la espuma.
- Extraiga las natas con ayuda de un trinche o canastilla de extraer natas.
- Cubra las natas extraídas con cal (desinfección).
- Limpie las tuberías de descarga de lodos.
- Entierre las natas en algún lugar que no genere daños a la salud ni al ambiente.



**Figura 12.** Mantenimiento de cámara de natas.

### **Recomendaciones:**

- Si percibe un olor no habitual y presencia de gran cantidad de espuma, agregue agua con cal en pequeñas cantidades en intervalos de 1 a 2 horas sobre la cámara de sedimentación, zona libre de natas y/o zonas de ventilación.
- La cantidad aproximada de cal es de 1 kg diluido en 4 litros de agua, por cada 200 habitantes de la comunidad.

## 4.2. Cámara de Sedimentación

### Protección personal

- Use equipo de protección personal para prevenir accidentes y enfermedades.
- Use jabón germicida para bañarse al final de las labores.
- Desinfecte sus herramientas con una dilución de cal, cloro o lejía.

### Operación:

- En el caso que el tanque Imhoff disponga de más de un Sedimentador, divida el caudal de ingreso en partes iguales a cada una de ellas.

### Mantenimiento:

- Deje la superficie de agua del sedimentador libre de sólidos flotantes, espumas, grasas, etc.
- Con ayuda de un rastrillo o escoba raspe o limpie los sólidos impregnados en las paredes verticales.

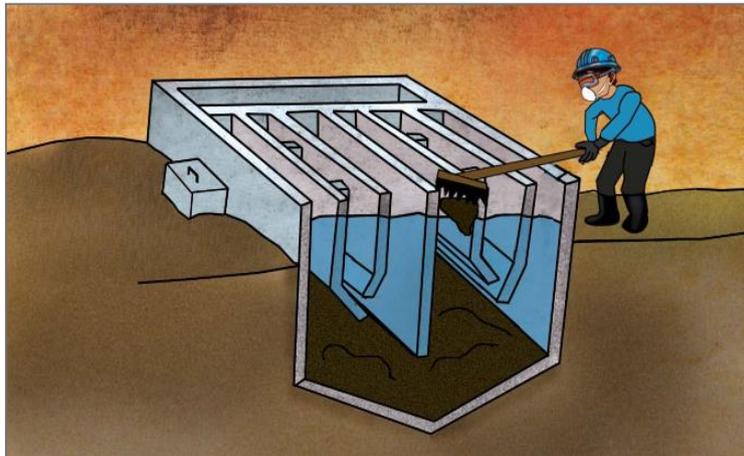


Figura 13. Limpieza de cámara de sedimentación.

## 4.3. Cámara de Digestión

### Protección personal:

- Use su equipo de protección personal para prevenir accidentes y enfermedades.

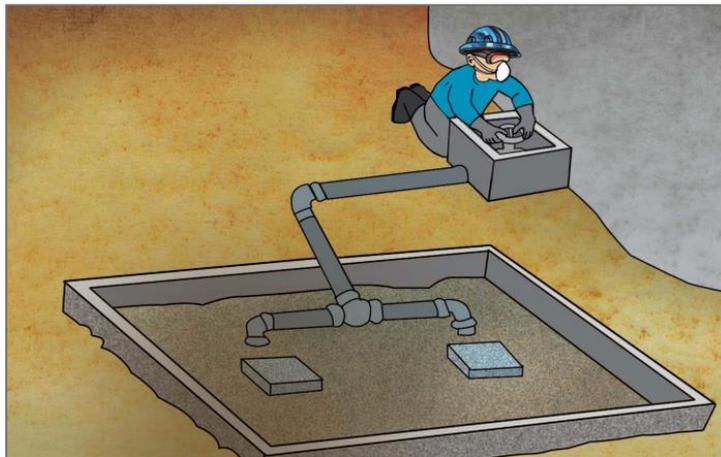
- Use jabón germicida para bañarse al final de las labores.
- Desinfecte sus herramientas con una dilución de cal, cloro o lejía.

**Operación:**

- Determine el nivel de lodos usando una sonda o vara y programe el momento del drenaje.
- Abra la tapa del buzón de inspección.
- Abra y regule la válvula de lodos y deje escurrir lentamente los lodos hacia el lecho de secado.
- Cierre la válvula una vez terminado el mantenimiento.

**Mantenimiento:**

- Deje escurrir lentamente los lodos hacia el lecho de secado.
- Distribuya uniformemente los lodos en la superficie del lecho de secado.
- Deje secar, y en reposo, por un periodo no menor a seis meses



*Figura 14.* Vaciado de los lodos a lecho de secado.

**Recomendaciones:**

- Realizar la descarga de lodos 30-45 cm antes de que su nivel llegue a la ranura de compartimiento de sedimentación.

- Descargue preferentemente pequeñas cantidades con frecuencias, que grandes cantidades a la vez.
- Mantenga un 20% de lodos para acelerar la digestión de la materia orgánica.

#### **4.4. Cámara de Válvula de Lodos.**

##### **Protección Personal**

- Use equipo de protección personal para prevenir accidentes y enfermedades.
- Use jabón germicida para bañarse al final de las labores.
- Desinfecte sus herramientas con una solución de cal, cloro o lejía.

##### **Operación:**

- Inspeccione que los lodos que deben pasar el lecho de secado de lodos estos deben ser de color negruzco y textura granular. Se comprueba cuando se observa una separación inmediata de lodos y el agua donde se encuentran suspendidos.
- Levante la tapa de la caja de válvulas.

##### **Mantenimiento:**

1. Limpie el fondo y paredes laterales de la caja de válvulas.
2. Maniobre la válvula en uno y otro sentido.
3. Engrase y aceite la válvula.
4. Repinte la válvula si es necesario.
5. Repinte la caja de válvulas si es necesario y deje secar.
6. Vuelva a cerrar la caja de válvulas.

Además se debe realizar la limpieza y lavado de todos los exteriores del tanque Imhoff, mínimo cada 6 meses.

## 5. Operación y Mantenimiento del Lecho de Secado.

### Protección Personal

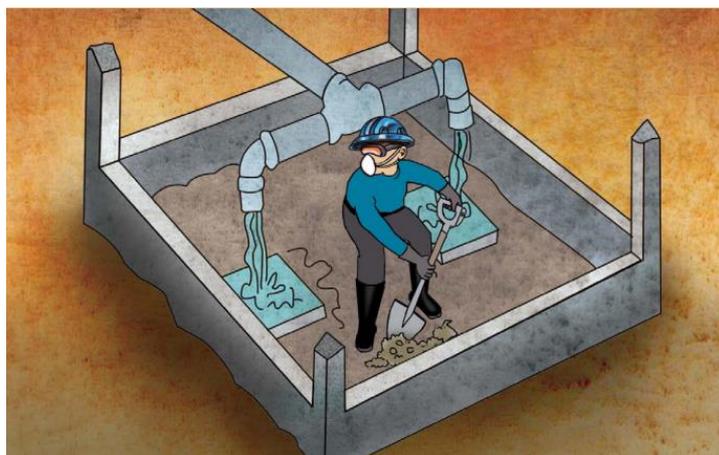
- Use equipo de protección personal para prevenir accidentes y enfermedades.
- Use jabón germicida para bañarse al final de las labores.
- Desinfecte sus herramientas con una solución de cal, cloro o lejía.



*Figura 15.* Uso de EPPs e higiene personal.

### Operación:

- Los lodos extraídos del tanque Imhoff deben ser descargados en el lecho de secado, debe estar esparcidos uniformemente y expuestos al sol.

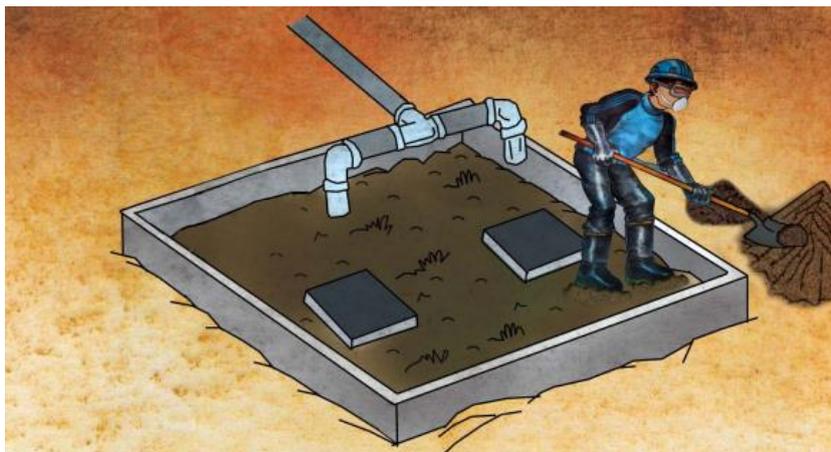


*Figura 16.* Distribución de los lodos uniformemente.

- No se debe colocar de ninguna manera el lodo húmedo sobre el seco, el lodo seco, debe ser retirado del lecho de secado y ser utilizado o dispuesto en un relleno sanitario o usarlo como fertilizante, siempre y cuando se espere un mínimo de 6 meses para evitar infecciones y no deberá usarse en siembras de alimentos que puedan consumirse crudos.
- De no utilizarse como fertilizante, los lodos deberán ser rociado con cal en pequeña cantidad para asegurar la eliminación de los agentes patógenos como virus, bacterias y parásitos intestinales antes de su disposición final.

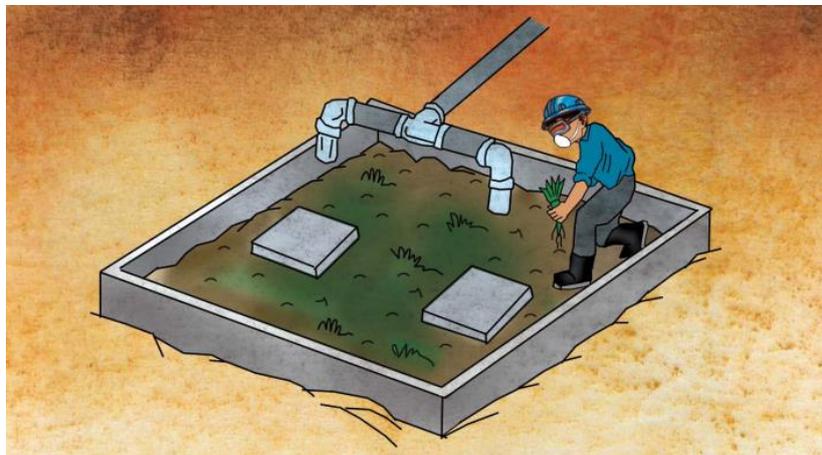
**Mantenimiento:**

1. Si observamos que el agua de los lodos no filtra a través de las capas de arena del lecho de secado, significa que está saturado, por tanto se realizara las siguientes tareas:
2. El operador deberá previamente colocarse el equipo de protección personal (EPP) como son los guantes, botas, mascarillas y una ropa de protección, que luego será desinfectado, asegurando la salud del operador.
3. Procederá con el retiro de la arena de la superficie aproximadamente unos 2 cm, para que esta manera se cuele el lodo. Luego, se deberá sacar la mitad del lecho filtrante.



*Figura 17.* Mantenimiento del lecho de secado.

4. El material sacado se lavará y se dejará secar. Una vez seco se embolsara y guardara para su posterior reposición. Se deberá tener cuidado con el lavado, evitando el contacto directo con el cuerpo y manos, evitando ser infectados.
5. Posteriormente se repondrá el lecho filtrante con el material extraído, lavado y filtrado, para escarificar la superficie de arena con rastrillos o cualquier otro dispositivo antes de la adición del lodo. Esto reduce la compactación de la capa superficial de arena mejorando la capacidad de filtración.
6. Abra la válvula de lodos y espere hasta que los lodos cambien de coloración o quede aproximadamente 20% de lodos.
7. Por otro lado, se deberá evitar el crecimiento de plantas dentro del lecho de secado. Si los hubiera debemos sacarlas de raíz. También debemos cortar las malezas de los alrededores del lecho de secados, antes debe cerrarse la válvula de lodos.



*Figura 18.* Retiro de malezas del lecho de secado.

8. Luego de la descarga de lodo al lecho de secado, debe drenarse la tubería y luego lavarse con agua. Esto no sólo previene la obturación de la tubería, sino que también evita la generación de malos olores o gases por la descomposición del lodo acumulado en la tubería de descarga.

### **Recomendaciones:**

- Se recomienda que la primera extracción de los lodos se de en el doble de tiempo que le corresponde según la temperatura de la localidad (el cuadro de tiempo de extracción está indicado en las recomendaciones del tanque Imhoff).
- Si el lecho de secado se encuentra saturado, remueva los ladrillos y una capa de arena con un espesor de 2 cm.
- Periódicamente debe ser reemplazado la capa de arena hasta alcanzar su espesor original. Una parte de la capa de arena se pierde cada vez que se remueve el lodo seco. La arena que se utilice para reponer el espesor original debe ser de la misma característica que la especificada en su construcción.
- Al momento de limpiar la tubería de descarga de lodos se debe tener mucho cuidado con los gases, porque cuando se mezclan con el aire forman una mezcla altamente explosiva. La presencia de fuego directo o de operadores con cigarrillos debe ser prohibido cuando se drene los lodos hacia los lechos de secado.

## **6. Operación y Mantenimiento del Filtro Percolador.**

Para que funcione bien el filtro percolador, se requiere de una operación y de un mantenimiento adecuado, previamente los trabajadores deben contar con sus EPP bien puestos, descritos a continuación:

### **Protección Personal**

- Use equipo de protección personal para prevenir accidentes y enfermedades.
- Use jabón germicida para bañarse al final de las labores.
- Desinfecte sus herramientas con una solución de cal, cloro o lejía.

**Operación:**

- Supervisar que el caudal proveniente del Tanque Imhoff sea constante, además que su dispersión sobre los canales de dispersión sea uniforme cubriendo la mayor superficie del filtro percolador, para ello estos canales deben ser limpiados periódicamente
- Verificar que el agua residual drene a través de las piedras, sin dejar que se estanquen.

**Mantenimiento:**

1. Se realizara una inspección diaria de los canales de distribución y limpiarse.
2. Realizar pruebas de sedimentación al agua de salida del filtro, anotar y reportar los datos de campo.
3. Limpiar una vez por semana la superficie del filtro con agua limpia y a presión, para así lograr limpiar la biomasa de las piedras.
4. Una vez por semana, debe revisarse la superficie del medio filtrante (superficie opuesta de las piedras) debe retirarse basura o arbustos que puedan estar en la superficie, los sólidos extraídos serán conducidos juntos con los sedimentos obtenidos en la rejilla hacia el relleno sanitario.
5. En caso que el agua del efluente concentre alto de DBO5, causado por la velocidad de dosificación al filtro es muy lento o, que el agua que entra podría ser muy fuerte. Puede aumentar la velocidad de dosificación poniendo una bomba a funcionar por más tiempo o ajustando la válvula de flujo en el tubo de descarga a la superficie del filtro. Otra opción es reducir la fuerza de las aguas negras que entran controlando la cantidad de residuos que entran al sistema.

6. Si la cantidad de microorganismos es mayor, muriendo en el filtro, se debe limpiar los componentes anteriores para la eliminación de los sólidos y grasas que están retenidos.
7. Revisar las estructuras de concreto, estructuras metálicas y así poder observar los puntos dañados y repararlos sin alterar las dimensiones.

**Recomendación:**

- Comunicar a la población beneficiada no usar limpiadores o desinfectantes continuamente en la taza del baño, pudiendo perjudicar los microorganismos del filtro.

**7. Operación y Mantenimiento del Sedimentador Secundario.**

**Operación:**

- Cada seis días, se deberá retirar de la superficie del sedimentador, las grasas, natas, espumas y sólidos flotantes, se deberá utilizar una malla fina tipo zaranda sujeta a un extremo de un palo largo, como los usados para limpiar piscinas, estos residuos serian conducidos a los lechos de secados mediante una carretilla manual pintada con Excel látex.
- El lodo acumulado en el fondo del sedimentador secundario, deberá ser drenado hacia los patios de secados, para esto se procede a abrir una válvula compuerta de diámetro de 8", por un tiempo determinado, al momento que visualice la transición del color oscuro al gris entonces se debe cerrar la válvula.
- A partir de evacuar los lodos, se registra esta información la cual será utilizada para cuando sea necesario repetir esta actividad. Cada 7 días, repetir el proceso llevando registro en la bitácora de operación.

**Mantenimiento:**

- Se deberá mantener todas las superficies libres de acumulaciones de espumas, sólidos, grasa o material similar. Para ello se realizarán los siguientes procesos.
- Para remover los sólidos flotantes utilizar una zaranda de malla número ¼” realizando este proceso diariamente y luego ser llevados al patio de secado
- Las grasas acumuladas en las paredes próximas al nivel del agua retirarlas utilizando un raspador tipo escobilla efectuándose semanalmente.
- Una vez al año localizar los puntos de corrosión en las estructuras metálicas y pintar con pintura anticorrosiva para evitar el deterioro del material.

## **8. Operación y Mantenimiento de la Cámara de Desinfección.**

El impacto de las aguas residuales no tratadas en las fuentes de agua comunitarias ha puesto de presente diversas problemáticas de salud y seguridad. Los organismos potencialmente problemáticos en el agua residual doméstica incluyen a las bacterias entéricas, los virus y los quistes de protozoarios. Como respuesta a estas preocupaciones, la desinfección se ha convertido en uno de los mecanismos principales para la desactivación o destrucción de los organismos patógenos. Para que la desinfección sea efectiva, el agua residual debe ser tratada adecuadamente.

El volumen de la cámara se calculó a través del tiempo de retención de 30 minutos.

En cuanto al agente desinfectante se ha escogido al hipoclorito de calcio debido a la simplicidad de su manejo, principalmente por encontrarse en estado sólido. Esto permite un fácil almacenamiento y además de ser efectivo para el control de olores.

La cámara de desinfección consta de un balde, un hipoclorador y una cámara húmeda donde se realizara la desinfección.

### **Mantenimiento de Cámara**

- Luego de realizada la limpieza interna de las cámaras se procede a su desinfección.

- Con la limpieza interna solamente se elimina la suciedad por lo que se tiene que desinfectar para matar todos los microbios. Esta actividad se realiza luego de la construcción o reparación de las instalaciones.
- Para desinfectar se requieren los siguientes materiales:
- Hipoclorito de calcio al 30 –35%
- Un balde
- Una cuchara sopera
- Un trapo
- Guantes de jebe para el operador
- Una escobilla
- Preparar la solución para la desinfección: disolver 6 cucharas soperas de hipoclorito de calcio al 30-35% en un balde con 10 litros de agua, o 3 cucharas soperas de hipoclorito de calcio de 65-70% en 10 litros de agua. Luego disolver bien, removiendo cuidadosamente por espacio de 5 minutos. Para el caso la cámara de contacto (desinfección), el tanque de 500 litros se le adicionara 4.5 kg. (Equivalente a 300 cucharadas superas) de cloro de 30-35 %, removiendo cuidadosamente por espacio de 5 minutos.
- Con la solución preparada y un trapo frotar las paredes, piso y accesorios de la cámara húmeda.

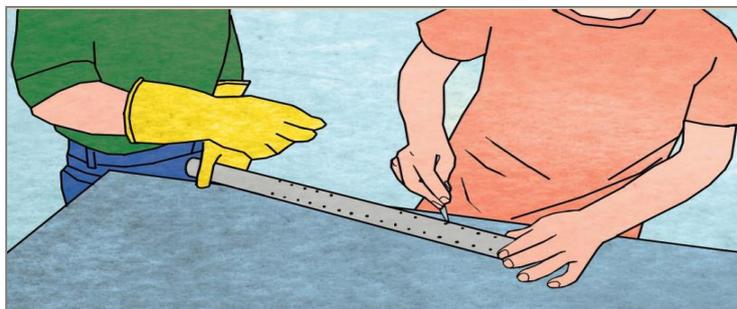
#### **Equipos y Materiales para Cloración**

- Hipoclorador de PVC.
- Hipoclorito de calcio de 30 o 70%.
- Escobilla de plástico
- Varilla de madera o plástico igual o menor de 5 mm de diámetro.

- Equipo de protección personal.
- Baldes graduados en litros
- Romana o balanza de reloj
- Cuchara sopera
- Cronometro con segundero
- Baldes dosificadores
- Trapos para colar o coladores finos

**Cloración con Hipoclorador de Flujo Difuso.**

- Habilitar los agujeros obstruidos del hipoclorador con una varilla de plástico o de madera. Eliminar las impregnaciones calcáreas.
- Limpiar y lavar el hipoclorador y sus componentes con agua y escobilla de plástico, interna y externamente.



**Figura 19.** Limpieza de Hipoclorador.

- Limpiar y lavar el hipoclorador y sus componentes con agua y escobilla de plástico, interna y externamente.
- Determinar el caudal de ingreso a la cámara de contacto en litros/segundo.
- Determinar la cantidad del hipoclorito de calcio requerido para la cloración, según el caudal de ingreso a la cámara de contacto.

Tabla 2  
*Cantidad de Hipoclorito según caudal de ingreso.*

<b>Caudal de Ingreso a la Cámara de Contacto</b>	<b>Hipoclorito de Calcio al 30% (Kilos)</b>
Menor a 0.25 lps	1.0
Entre 0.26 a 0.75 lps	2.0
Entre 0.75 a 1.50 lps	4.0

- Llenar cámara de contacto.
- Esperar 30 minutos con el fin que el hipoclorito de calcio actué en la eliminación de microorganismos.
- Registrar las actividades en el cuaderno del operador indicando la fecha, hora, lugar, responsable de las actividades, cantidad de cloro utilizado, los caudales de ingreso.

Tabla 3  
*Frecuencia de mantenimiento de la PTAR.*

<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia de Mantenimiento</b>			
	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>
<b>Cámara de Rejas</b>				
Limpieza y retiro de Sólidos	x			
Disposición de los residuos extraídos	x			
<b>Tanque Imhoff</b>				
Limpieza externa de las instalaciones del Tanque Imhoff			x	
Lavado de herramientas e higiene personal	x			
Revisión de las instalaciones de enrejado			x	
<b>A) Cámara de Sedimentación</b>				
Retiro de grasas y materiales flotantes		x		
Limpieza de ranuras del tanque		x		
Retiro de acumulación de lodos de las tuberías de entrada y salida de la cámara		x		
<b>B) Cámara de Espumas</b>				
Limpieza o extracción de la nata	x			
<b>C) Cámara de Digestión</b>				
Verificar si es necesario la extracción de lodo hacia el lecho de secado			x	
<b>Cámara de Válvula de lodos</b>				
Limpieza interior, engrasado y aceite				X
Limpieza y lavado exterior				x
<b>Lecho de Secado de lodos</b>				
Extracción y lavado de arena (de acuerdo a la necesidad se puede hacer en un menor periodo)	x			

Descripción	Frecuencia de Mantenimiento			
	Semanal	Quincenal	Mensual	Semestral
Limpieza superficial del lecho filtrante (retiro de cubierta vegetal y otros elementos extraños)	x			
Limpieza externa de la instalaciones (retiro de malezas)				x
<b>Filtro Percolador</b>				
Limpieza de las superficies del filtro percolador	x			
Limpieza y pintado de las estructuras metálicas				x
<b>Sedimentador Secundario</b>				
Limpieza de las superficies del interior del sedimentador secundario	x			
Limpieza y pintado de las estructuras metálicas				x
<b>Cámara de contacto (desinfección)</b>				
Preparación de la solución desinfectante	x			
Limpieza de la cámara de contacto		x		

Fuente: Elaboración propia.

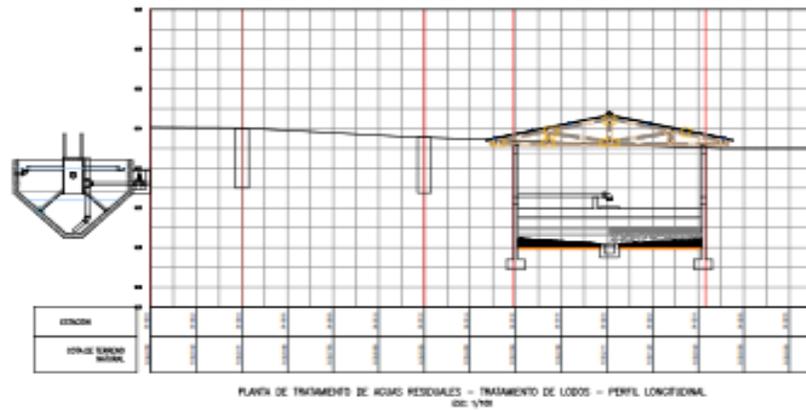
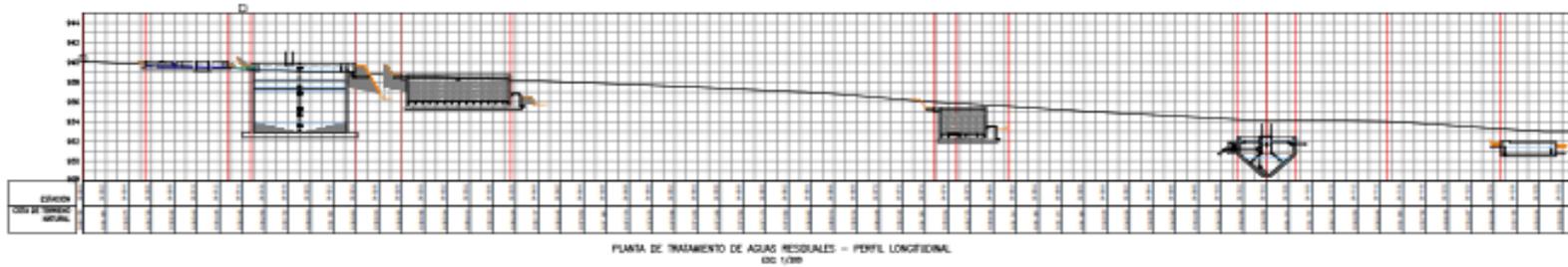






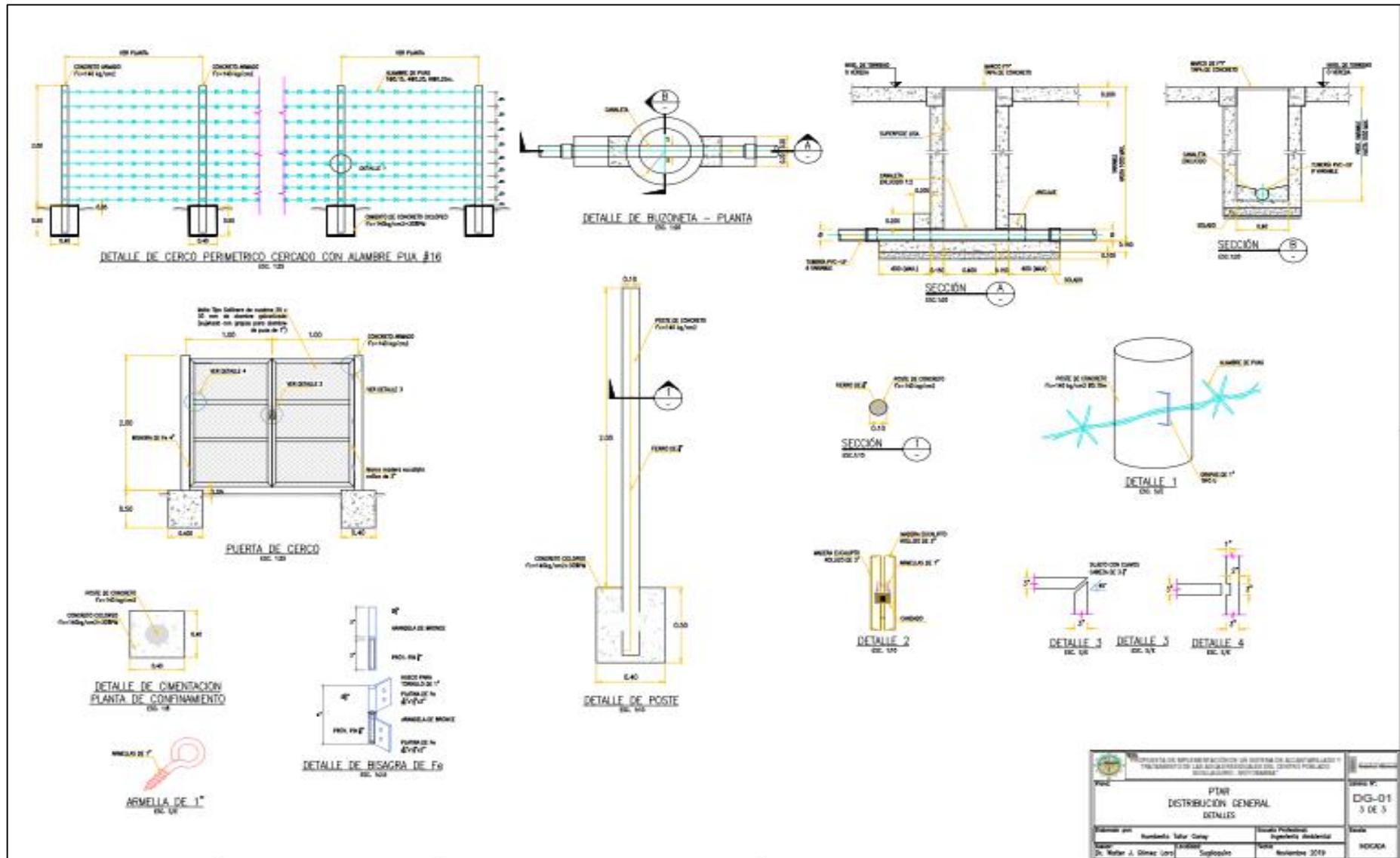


### Plano 3: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Proyectoado (2 de 3).

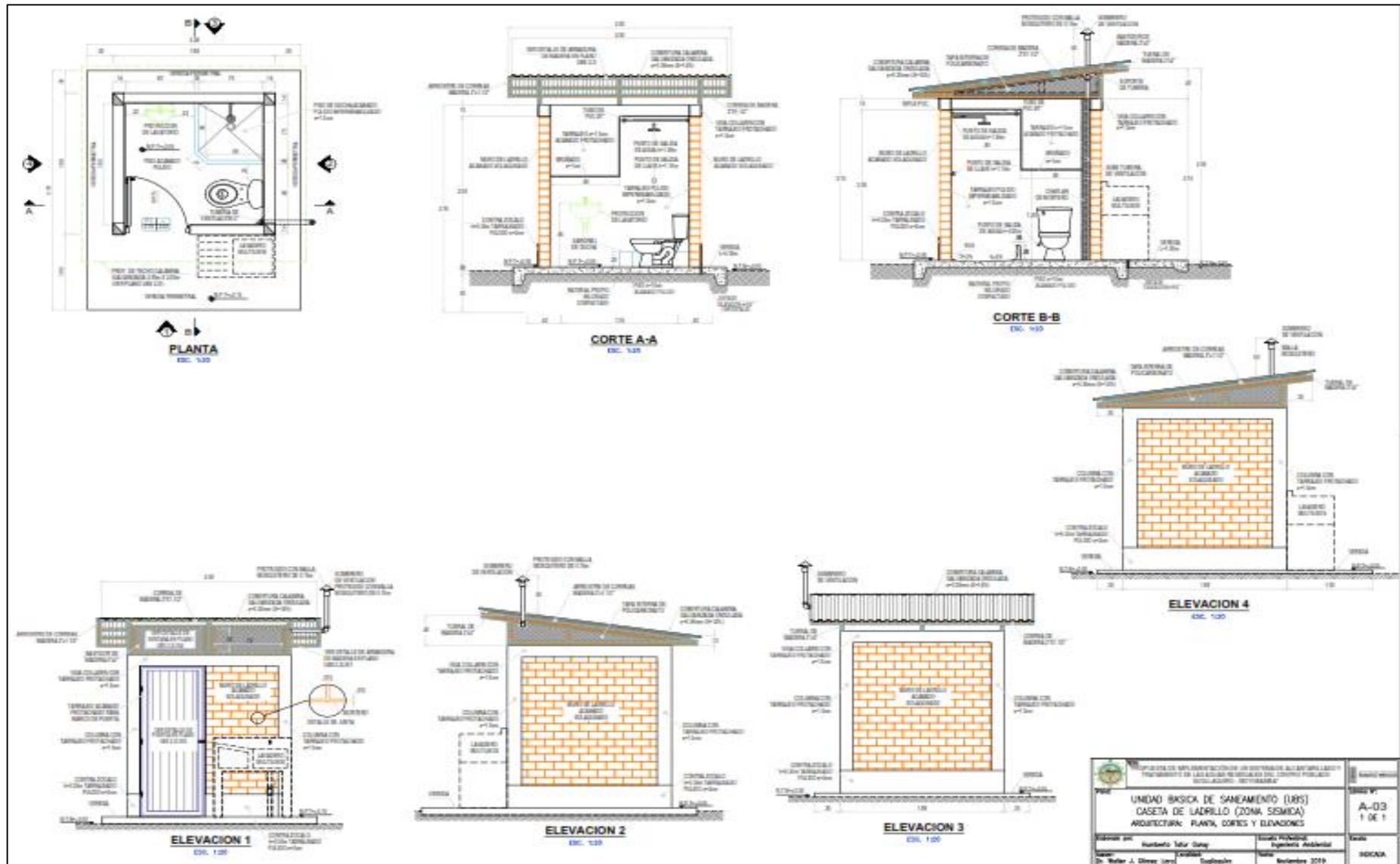


 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS DIVISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS			
PIME DISTRIBUCIÓN GENERAL PERFIL LONGITUDINAL			Hoja N: DG-01 2 DE 3
Elaborado por: Humberto Talar Camp	Revisado por: Dr. Walter J. Gómez Lara	Escala Profesional: Independiente Ambiental	Fecha: Noviembre 2019
Estado: INDICADA			

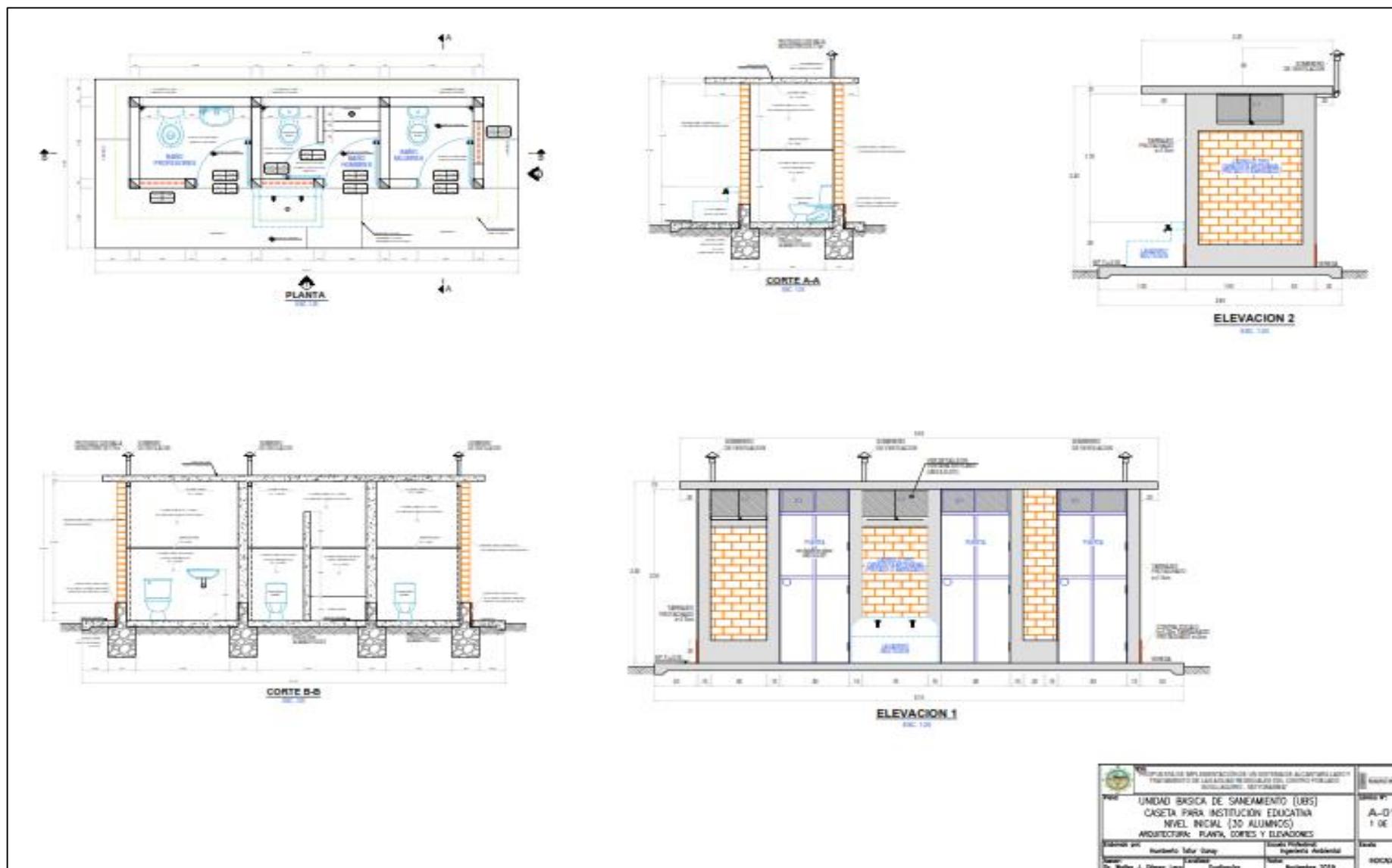
Plano 3: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Projectado (3 de 3).



### Plano 4: Caseta de UBS para Viviendas.



Plano 5: Caseta de UBS para Institución Educativa Nivel Inicial.



 INSTITUCIÓN NACIONAL DE PROMOCIÓN Y DEFENSA ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL MINISTERIO DE SALUD DEL PERÚ INSTITUCIÓN NACIONAL DE PROMOCIÓN Y DEFENSA ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL		ESCALA: 1:50 A-01 1 DE 1
<b>UNIDAD BÁSICA DE SANEAMIENTO (UBS)</b> <b>CASETA PARA INSTITUCIÓN EDUCATIVA</b> <b>NIVEL INICIAL (30 ALUMNOS)</b> ARQUITECTURA: PLANTA, CORTES Y ELEVACIONES		FECHA: 10/11/2019 HOJA: 01 DE 01
DISEÑO POR: Humberto Solar Sotelo DRA. Wally A. Oliver Lara	ESTUDIO TECNICO: Ingeniería Ambiental FECHA: Noviembre 2019	TÍTULO: HOJERA

Plano 6: Caseta de UBS para Institución Educativa Nivel Primaria y Secundaria.

