

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**PROPUESTA DEL DISEÑO INGENIERIL DE UN SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CENTRO
DE SALUD PICOTA – REGIÓN SAN MARTÍN**

TESIS

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

PRESENTADA POR:

Bach. PARIONA HURTADO, JESUS ANTONIO

Bach. SALDAÑA CASTILLO, EDISON MIGUEL ANGEL

ASESOR: Dr. SUELDO MESONES, JAIME PÍO

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Se dedica esta tesis a nuestros seres queridos, quienes otorgaron su apoyo y comprensión durante todo el desarrollo de esta tesis.

Jesus Antonio Pariona Hurtado y Edison
Miguel Angel Saldaña Castillo

AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento a nuestra alma mater la Universidad Ricardo Palma por formarnos como íntegros profesionales, a nuestros docentes y asesores por su guía en el desarrollo de la tesis y a nuestros familiares por su apoyo incondicional.

Jesus Antonio Pariona Hurtado y Edison
Miguel Angel Saldaña Castillo

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.Descripción y formulación del problema.....	1
1.1.1. Realidad problemática.....	1
1.1.2. Formulación de la pregunta.....	15
1.1.3. Preguntas específicas.....	15
1.2.Objetivo general y específicos	15
1.2.1. Objetivo general	15
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3.Importancia y justificación de la investigación	16
1.3.1. Importancia de la investigación.....	16
1.3.2. Justificación de la investigación.....	16
1.3.2.1. Justificación práctica	16
1.3.2.2. Justificación social	16
1.3.2.3. Justificación ambiental	17
1.4.Limitaciones de la investigación.....	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	18
2.1.Antecedentes del estudio de investigación	18
2.1.1. Investigaciones internacionales.....	18
2.1.2. Investigaciones nacionales	21
2.2.Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	23
2.2.1. Aguas residuales.....	23
2.2.2. Clases de aguas residuales.....	26
2.2.3. Tratamiento de aguas residuales	30

2.2.4. Tratamiento preliminar.....	31
2.2.5. Tratamiento primario.....	32
2.2.6. Tratamiento secundario	33
2.3. Marco legal de descarga de aguas residuales.....	41
2.3.1. Reglamentación internacional de descarga de aguas residuales	41
2.3.2. Reglamentación nacional de descarga de aguas residuales.....	46
2.4. Diseño ingenieril del sistema de tratamiento de aguas residuales	49
2.4.1. Tratamiento por lodos activados	50
2.4.2. Parámetros de diseño del reglamento nacional de edificaciones	50
2.4.3. Cálculo de la población del centro proyectada.....	51
2.4.4. Dotación neta (dneta)	53
2.4.5. Cálculo de caudales del sistema	54
2.4.6. Tratamientos centralizados.....	59
2.4.7. Requisitos mínimos de diseño para rejillas	59
2.4.8. Requisitos mínimos de diseño para sedimentadores primarios.....	60
2.4.9. Requisitos mínimos para diseño de reactores UASB.....	62
2.4.10. Requisitos mínimos de diseño para procesos de lodos activados.....	63
2.4.11. Requisitos mínimos para diseño de sedimentadores secundarios	66
2.5. Definición de términos básicos	67
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	71
3.1. Tipo y alcance de la investigación	71
3.1.1. Tipo de investigación	71
3.1.2. Alcance de la investigación.....	71
3.2. Diseño de la investigación	71
3.2.1. Tipo de diseño de la investigación	71
3.2.2. Enfoque de la investigación	72
3.3. Objeto de estudio	72
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	72

3.4.1. Tipos y técnicas de instrumentos	72
3.4.2. Procedimiento para la recolección de datos	72
3.4.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	73
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	74
4.1. Caso de estudio: aguas residuales generadas por el Centro de Salud Picota	74
4.1.1. Ubicación, límites y características geográficas	74
4.1.2. Toma de muestras y ensayos de laboratorio.....	92
4.1.3. Resultados de laboratorio	99
4.2. Límites máximos permisibles de descarga de aguas residuales	102
4.2.1. Normativa internacional de descarga de aguas residuales	102
4.2.2. Normativa nacional de descargas de aguas residuales	104
4.3. Selección de los procesos del sistema de tratamiento de aguas residuales.....	106
4.3.1. Porcentaje de remoción	107
4.3.2. Superficie necesaria.....	108
4.3.3. Simplicidad de construcción	109
4.3.4. Requerimiento de operación y mantenimiento.....	110
4.3.5. Análisis de los resultados de laboratorio	113
4.4. Dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales	116
4.4.1. Población futura del Centro de Salud Picota.....	116
4.4.2. Cálculo del caudal de diseño	117
4.4.3. Cálculo de aguas de lluvias	119
4.4.4. Diseño de rejilla	121
4.4.5. Diseño de aliviadero.....	122
4.4.6. Diseño de desarenador	124
4.4.7. Diseño reactor UASB	125
4.4.8. Diseño de sistema para el tratamiento por lodos activados.....	127
4.4.9. Diseño de sedimentador secundario	129

4.5.Análisis de resultados	131
CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES	136
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
ANEXOS	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1:	Carga de morbilidad relacionada directa o indirectamente con un saneamiento inadecuado, 2016.....	2
Tabla N°2:	Descargas de aguas residuales municipales.	5
Tabla N°3:	Descargas de aguas residuales no municipales.	6
Tabla N°4:	Habitantes con servicio de alcantarillado y caudal vertido.	9
Tabla N°5:	Distribución de PTAR según zonas del Perú.	9
Tabla N°6:	Tipo y origen de la contaminación de los recursos hídricos en el Perú. .	10
Tabla N°7:	Fuentes antropogénicas de contaminación de los recursos hídricos en el Perú.	12
Tabla N°8:	Análisis del sobre costo por el tratamiento del agua de una fuente contaminada para potabilización.	13
Tabla N°9:	Análisis del sobre costo por el tratamiento del agua de una fuente contaminada para actividad productiva.	13
Tabla N°10:	Autorización de vertimiento de agua residual tratada por su origen, 2018.	15
Tabla N°11:	Efectos de los contaminantes presentes en aguas residuales.	25
Tabla N°12:	Características típicas de un desagüe doméstico.	26
Tabla N°13:	Características típicas del agua residual municipal.	27
Tabla N°14:	Requisitos de los vertidos de aguas residuales en España.	41
Tabla N°15:	Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en ríos según su uso en México.	42
Tabla N°16:	Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en embalses según su uso en México.	43
Tabla N°17:	Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en aguas costeras según su uso en México.	43
Tabla N°18:	Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en embalses según su uso en México.	44
Tabla N°19:	Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal en México.	45
Tabla N°20:	Principales parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles de vertimiento en Colombia.....	46

Tabla N°21:	Principales estándares nacionales de calidad ambiental para el agua.	47
Tabla N°22:	Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.	47
Tabla N°23:	Valores máximos admisibles anexo 1.	48
Tabla N°24:	Valores máximos admisibles anexo 2.	48
Tabla N°25:	Dotación neta máxima por altura sobre el nivel del mar.....	54
Tabla N°26:	Periodos de retorno	57
Tabla N°27:	Distancias para localización de sistemas de tratamiento.....	59
Tabla N°28:	Clasificación de rejillas.	60
Tabla N°29:	Velocidades de flujo ascendente para el diseño de reactores UASB.	62
Tabla N°30:	Tiempo de retención hidráulica para reactores UASB.....	62
Tabla N°31:	Parámetros de lodos activados	63
Tabla N°32:	Metrado del sector administrativo del Centro de Salud Picota.	78
Tabla N°33:	Metrado del sector telecomunicaciones del Centro de Salud Picota.....	78
Tabla N°34:	Metrado del sector de consulta externa del Centro de Salud Picota.	79
Tabla N°35:	Metrado del sector apoyo al diagnóstico del Centro de Salud Picota.	80
Tabla N°36:	Metrado del sector internamiento del Centro de Salud Picota.....	81
Tabla N°37:	Metrado del sector centro obstétrico del Centro de Salud Picota.	82
Tabla N°38:	Metrado del sector urgencias del Centro de Salud Picota.....	83
Tabla N°39:	Metrado del sector centro quirúrgico del Centro de Salud Picota.	84
Tabla N°40:	Metrado del sector servicios generales del Centro de Salud Picota.....	85
Tabla N°41:	Metrado de servicios complementarios del Centro de Salud Picota.	86
Tabla N°42:	Metrado del sector control de ITS/VIH del Centro de Salud Picota.....	87
Tabla N°43:	Metrado del sector control de TBC del Centro de Salud Picota.	87
Tabla N°44:	Metrado del Centro de Salud Picota.....	88
Tabla N°45:	Datos de la muestra 1.	99
Tabla N°46:	Resultados de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de la muestra 1.	99
Tabla N°47:	Datos de la muestra 2.	100
Tabla N°48:	Resultados de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de la muestra 2.	100
Tabla N°49:	Datos de la muestra 3.	101
Tabla N°50:	Resultados de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de la muestra 3.	101
Tabla N°51:	Requisitos de los vertidos de aguas residuales en España.	102

Tabla N°52:	Límites máximos permisibles en México para contaminantes básicos en ríos según su uso.	103
Tabla N°53:	Valores límites máximos permisibles en Colombia.....	104
Tabla N°54:	LMP de efluentes para su vertimiento a un cuerpo de agua.	105
Tabla N°55:	VMA para descargas no domésticas al alcantarillado del anexo 1.	106
Tabla N°56:	VMA para descargas no domésticas al alcantarillado del anexo 2.	106
Tabla N°57:	Porcentaje de remoción.	108
Tabla N°58:	Superficie necesaria para la aplicación de los diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	109
Tabla N°59:	Simplicidad de construcción de los diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	110
Tabla N°60:	Requerimiento de operación y mantenimiento de los diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	111
Tabla N°61:	Análisis de los resultados de laboratorio.....	113
Tabla N°62:	Procesos de tratamiento de aguas residuales.....	114
Tabla N°63:	Cuadro comparativo – optimización de aguas residuales según sistemas.	115
Tabla N°64:	Información de censos de población.	116
Tabla N°65:	Población futura (Pf).	116
Tabla N°66:	Data para cálculo de caudales.	118
Tabla N°67:	Caudales calculados.	118
Tabla N°68:	Serie de precipitaciones máximas en 24 horas.....	120
Tabla N°69:	Valores obtenidos en relación al caudal de lluvias.	121
Tabla N°70:	Resultados obtenidos para el diseño de rejilla de 1”.....	122
Tabla N°71:	Resultados obtenidos para el diseño del aliviadero.....	123
Tabla N°72:	Resultados obtenidos para el desarenador propuesto.....	124
Tabla N°73:	Resultados obtenidos para el diseño de reactor UASB.	126
Tabla N°74:	Resultados obtenidos para el diseño del GLS.	126
Tabla N°75:	Resultados obtenidos para el diseño por lodos activados.	128
Tabla N°76:	Resultados obtenidos para sedimentador secundario.....	130
Tabla N°77:	Resultados finales de diseño por lodos activados.	132
Tabla N°78:	Resultados finales de diseño para el tanque sedimentador.	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1:	Pérdidas económicas asociadas a un saneamiento inadecuado por región, expresadas como porcentaje del PIB.....	3
Figura N°2:	Estimación del tratamiento de aguas residuales.....	4
Figura N°3:	Cobertura de agua potable y alcantarillado y tasa de mortalidad por enfermedades diarreicas en menores de cinco años, 1990 a 2015.	5
Figura N°4:	Hogares con al menos un adulto mayor que tienen disponibilidad de servicio de agua por red pública.....	7
Figura N°5:	Hogares con al menos un adulto mayor que disponen de servicios de desagüe por red pública.....	8
Figura N°6:	Principales unidades hidrográficas afectadas por contaminación natural y antropogénica.	11
Figura N°7:	Río Ica, aguas debajo de la ciudad de Ica en temporada de estiaje lleva aguas residuales.....	12
Figura N°8:	Autorización de vertimientos de agua residual tratada, 2018.	14
Figura N°9:	Sistema de flotación sin recirculación.....	33
Figura N°10:	Sistema de flotación con recirculación.	33
Figura N°11:	Esquema general del proceso de lodos activados.....	39
Figura N°12:	Tratamientos en las plantas de aguas residuales (PTAR).	49
Figura N°13:	Ubicación de Picota.....	74
Figura N°14:	Ubicación del centro de salud Picota.	75
Figura N°15:	Vertimiento al alcantarillado y al río Huallaga.	75
Figura N°16:	Límites del terreno del centro de salud de Picota.	77
Figura N°17:	Distribución de sectores del centro de salud de Picota.	89
Figura N°18:	Sectores TBC y VIH.	90
Figura N°19:	Sector consultorio externo.....	90
Figura N°20:	Sectores de hospitalización.	91
Figura N°21:	Sector quirúrgico, obstétrico diagnóstico y emergencia.	91
Figura N°22:	Sectores servicios generales y cuarto de bombas.....	92
Figura N°23:	Adecuación y esterilización de los recipientes de muestra.	94
Figura N°24:	Ingreso al Hospital de Picota.....	95
Figura N°25:	Ingreso a Emergencias – Centro Salud Picota.	95
Figura N°26:	Buzón colector del hospital de Picota.	96

Figura N°27: Buzón colector del hospital de Picota.	96
Figura N°28: Toma de muestras.	97
Figura N°29: Muestras.	97
Figura N°30: Adecuación de las muestras para el envío a Lima.	98
Figura N°31: Esquema de una PTAR.	107
Figura N°32: Estación seleccionada para el cálculo de caudal por lluvias.	119
Figura N°33: Esquema del sistema de tratamiento por lodos activados.	131

RESUMEN

Las aguas residuales vertidas sin tratamiento generan la contaminación del recurso medio ambiental produciendo perjuicios a la salud de la población y mermando el desarrollo económico. La presente tesis, propuso un sistema de tratamiento de aguas residuales para el Centro de Salud Picota, con la finalidad de mejorar la calidad de las aguas vertidas al alcantarillado público que luego desembocan en el río Huallaga. Se procedió recopilando información respecto a los sistemas de tratamiento de aguas residuales, la normativa legal referente al vertimiento de aguas no tratadas y reglamentos de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Así mismo se realizaron los ensayos de laboratorio a las descargas de agua producidas por el Centro de Salud Picota. Como resultado de la investigación la tesis presentó la clasificación de las aguas residuales y el diseño del sistema de tratamiento, considerando las normativas legales sobre descargas de aguas no tratadas. Finalmente, se recomienda la asistencia técnica de las autoridades competentes para implementar políticas de aplicación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en edificaciones municipales o de uso público.

Palabras clave: aguas residuales, lodos activados, límites máximos permisibles, diseño ingenieril.

ABSTRACT

Wastewater discharged without treatment generates pollution of the environmental resource, causing damage to the health of the population and undermining economic development. The present thesis proposed a wastewater treatment system for the Picota Health Center, in order to improve the quality of the water discharged to the public sewer system that then flows into the Huallaga river. We proceeded to collect information regarding wastewater treatment systems, legal regulations regarding the discharge of untreated water and design regulations for wastewater treatment plants. Likewise, laboratory tests were carried out on the water discharges produced by the Picota Health Center. As a result of the research, the thesis presented the classification of wastewater and the design of the treatment system, considering the legal regulations on untreated water discharges. Finally, technical assistance from the competent authorities is recommended to implement policies for the application of wastewater treatment systems in municipal buildings or buildings for public use.

Keywords: wastewater, activated sludge, maximum permissible limits, engineering design.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene como propósito investigar las aguas residuales y su tratamiento, dado que el vertimiento de estos genera la contaminación del recurso medio ambiental ocasionando el deterioro en la población de su salud y economía. Para estudiar la problemática causada por el vertimiento de las aguas residuales sin tratar se reunió información sobre las consecuencias de un saneamiento deficiente. El interés en esta realidad problemática corresponde a dar a conocer sistemas de tratamiento de aguas residuales que mejoren los estándares de calidad del agua antes de ser vertidos al medio ambiente.

La investigación de la tesis es del tipo básica y de alcance descriptiva, para poder dar una solución se recopilaron informes sobre las aguas residuales y sus tratamientos, clasificando y proponiendo un diseño. La tesis se plantea como objetivo respecto a las aguas residuales generadas por el Centro de Salud Picota, describirlas, determinar los valores máximos de descarga, determinar y dimensionar el sistema de tratamiento de aguas residuales.

En el capítulo I se plantea la realidad problemática, formulando las preguntas y objetivos, analizando la importancia, justificación y límites de la investigación.

En el capítulo II el marco teórico se sustenta con la recolección de investigaciones previas y las teorías científicas relacionadas al tema, asimismo se recopila la normativa legal y procedimientos de diseño relacionado al tratamiento de las aguas residuales.

En el capítulo III se describe la metodología de la investigación que sigue la tesis presentando tipo, alcance, diseño y enfoque. Así como el objeto de estudio y las técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

En el capítulo IV se desarrolla la investigación presentando el caso de estudio, la normativa legal, la selección del sistema y dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Finalmente se desarrollan las conclusiones y recomendaciones , presentando las respuestas correspondientes a los objetivos planteados al inicio de la tesis.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Realidad problemática

La Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció el derecho humano al agua y saneamiento en el año 2010; en 2015 reconoció el saneamiento como un derecho humano específico, lo que implica que las personas tienen derecho a un retrete higiénico y a no verse afectados negativamente por la nula o escasa gestión de los residuos fecales. No obstante, según el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el mundo 4.200 millones de personas utilizan servicios de saneamiento que no tratan las aguas residuales, 673 millones de personas no poseen un retrete o letrina y defecan al aire libre y 698 millones de niños en edad escolar asisten a centros de estudio que carecen de servicios básicos de saneamiento. Un saneamiento deficiente pone en peligro la salud humana, contamina el medio ambiente y ralentiza el desarrollo social y económico de la sociedad (UNICEF y OMS, 2020).

La carencia de sistemas de saneamiento seguros genera efectos adversos para la salud, cada año 830.000 personas fallecen a causa de enfermedades prevenibles, se siguen produciendo brotes de cólera y la utilización de aguas y fangos residuales sin tratar en el riego ocasionan infecciones intestinales y malnutrición. En el año 2016, se calcula que 1,9 millones de muertes y la pérdida de 120 millones de años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD) producto de un inadecuado sistema de saneamiento eran evitables, como se muestra en la tabla N°1 (UNICEF y OMS, 2020).

Tabla N°1: Carga de morbilidad relacionada directa o indirectamente con un saneamiento inadecuado, 2016.

Enfermedad	Muertes	AVAD (en miles)	Porcentaje atribuible de la población
Enfermedades diarreicas	828.651	49.774	0,60
Helmintiasis	6.248	3.431	1
Malnutrición	28.194	2.995	0,16
Tracoma	<10	244	1
Esquistosomiasis	10.405	1.096	0,43
Filariasis linfática	<10	782	0,67
Total de otras enfermedades	44.848	8.548	n.d.

Fuente: UNICEF y OMS (2020).

Los costos económicos que ocasionan un inadecuado sistema de saneamiento producto de las enfermedades y muertes derivadas, la disminución de la productividad, el gasto que se genera para hacer frente a la contaminación del medio ambiente y las fuentes de agua, generan pérdidas económicas equivalentes al 0,5% y el 3,2% del producto interno bruto (PIB) en las regiones del mundo con un saneamiento deficiente debido a que se afecta la producción alimentaria y el incremento de las oportunidades educativas, como se muestra en la figura N°1. (UNICEF y OMS, 2020).

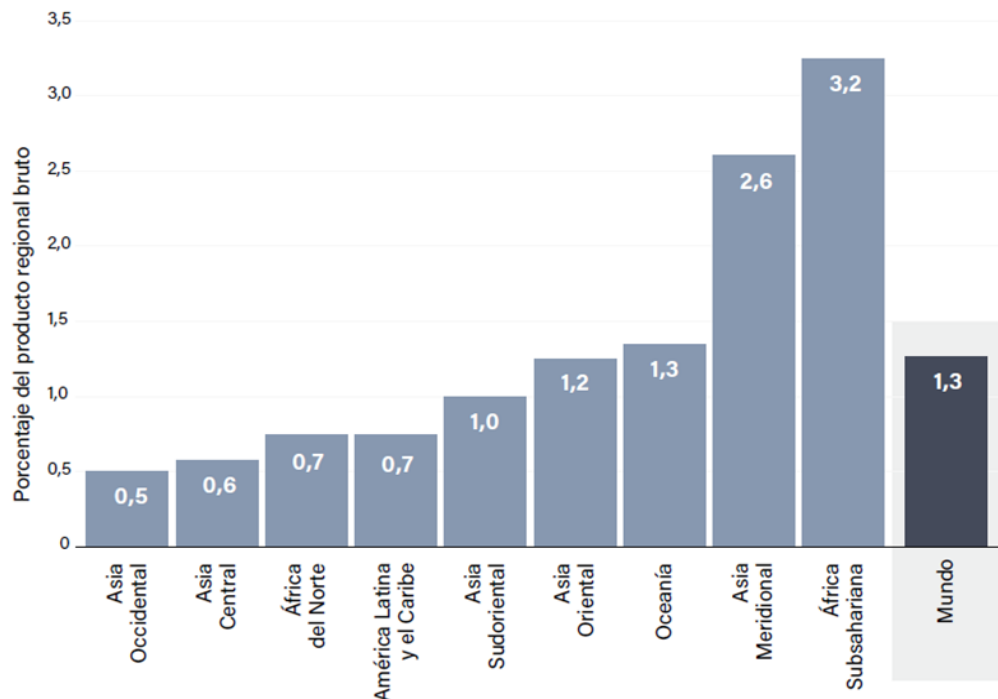


Figura N°1: Pérdidas económicas asociadas a un saneamiento inadecuado por región, expresadas como porcentaje del PIB.

Fuente: UNICEF y OMS (2020).

La mayoría de países cuenta con políticas y planes de desarrollo para el saneamiento. Sin embargo, entre 2010 y 2018 el financiamiento para el saneamiento fue la mitad de lo destinado para el agua potable. Una falta de priorización, insuficiente inversión y carencia de capacidad desacelera la implementación de servicios de saneamiento que reciclan los desechos y aprovechan mejor los recursos generando beneficios sociales y ambientales, creando una economía circular (UNICEF y OMS, 2020).

En 2015 se realizaron estimaciones sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas en 79 países. Se obtuvo que el 71% de las aguas residuales domésticas son captadas por un sistema de alcantarillado, el 9% son captadas en instalaciones in situ y el 20% restante no se recoge, de las aguas residuales domésticas que son captadas el 59% es tratada de manera adecuada y el 41% restante no recibe tratamiento alguno, de las aguas residuales domésticas que son captadas por un sistema de alcantarillado el 76% llega a recibir un tratamiento adecuado y el 24% restante no alcanza a recibir tratamiento. Las aguas residuales domésticas que reciben un adecuado tratamiento es inferior o

igual al 50% en 22 de los 79 países donde se obtuvieron datos, como se muestra en la figura N°2 (OMS, 2018).

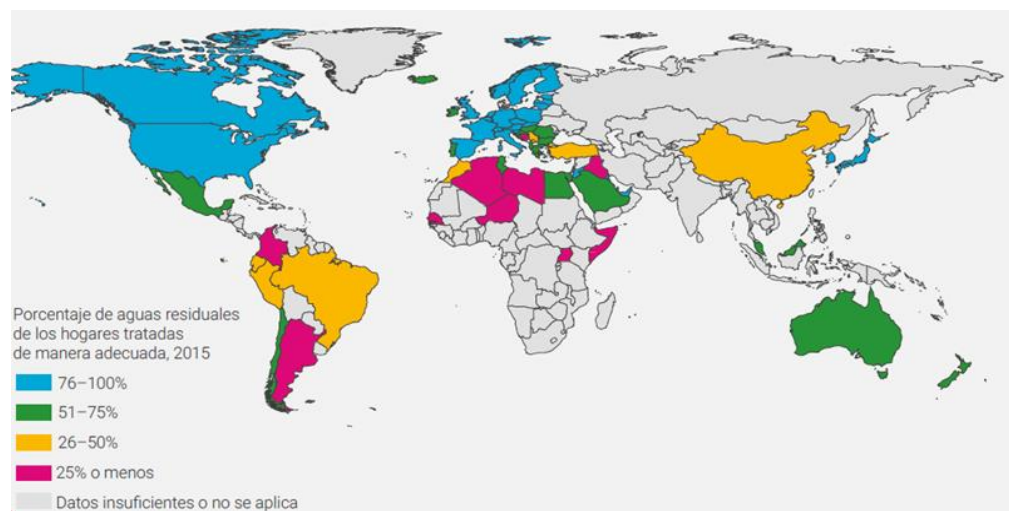


Figura N°2: Estimación del tratamiento de aguas residuales.

Fuente: OMS (2018).

En México para reducir la mortalidad y morbilidad entre la población de menores de 5 años, debido a enfermedades de transmisión hídrica (cólera, disentería, hepatitis y otras causantes de diarrea) y afecciones por consumo de químicos patógenos (arsénico, nitratos o flúor), se implementó el programa Agua Limpia a partir de 1991 para ampliar la cobertura de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) el programa Agua Limpia junto al desarrollo socioeconómico y ambiental que favorecieron al acceso de servicios de salud, educación e higiene se redujo la tasa de mortalidad infantil en menores de 5 años de 122.7% en 1990 a 7.3% en el año 2015, como se muestra en la figura N°3 (CONAGUA, 2018).

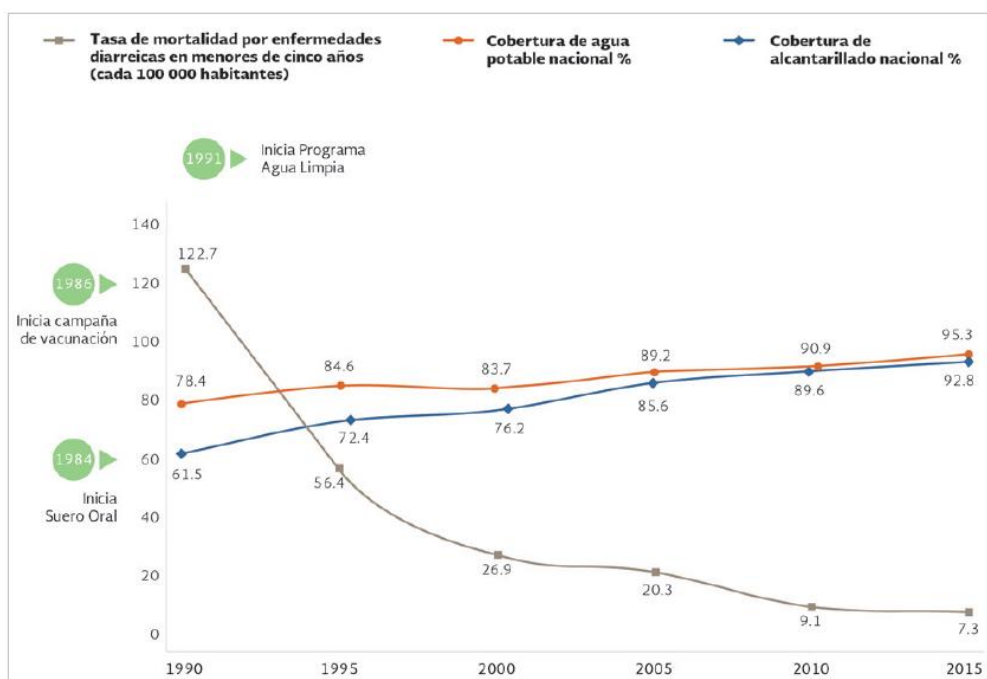


Figura N°3: Cobertura de agua potable y alcantarillado y tasa de mortalidad por enfermedades diarreicas en menores de cinco años, 1990 a 2015.

Fuente: CONAGUA (2018).

La CONAGUA (2018) considera el abastecimiento y saneamiento un factor relevante para la conservación de la salud de la población. Como se muestra en la tabla N°2 y N°3 hay una brecha entre el vertimiento de aguas residuales, la recolección por el alcantarillado y el tratamiento de las mismas, que afecta la sostenibilidad del recurso hídrico y la salud de la población.

Tabla N°2: Descargas de aguas residuales municipales.

Centros Urbanos (Descargas Municipales)		
Volumen		
Aguas residuales municipales	7.41	miles de hm ³ /año (234.9 m ³ /s)
Se recolectan en alcantarillado	6.79	miles de hm ³ /año (215.2 m ³ /s)
Se tratan	4.28	miles de hm ³ /año (135.6 m ³ /s)
Carga Contaminante		
Se generan	2.00	millones de toneladas de DBO al año
Se recolectan en alcantarillado	1.83	millones de toneladas de DBO al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	0.92	millones de toneladas de DBO al año

Fuente: CONAGUA (2018).

Tabla N°3: Descargas de aguas residuales no municipales.

Usos No Municipales, Incluyendo a la Industria		
Volumen		
Aguas residuales no municipales	6.88	miles de hm ³ /año (218.1 m ³ /s)
Se tratan	2.64	miles de hm ³ /año (83.7 m ³ /s)
Carga Contaminante		
Se generan	10.32	millones de toneladas de DBO al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	1.75	millones de toneladas de DBO al año

Fuente: CONAGUA (2018).

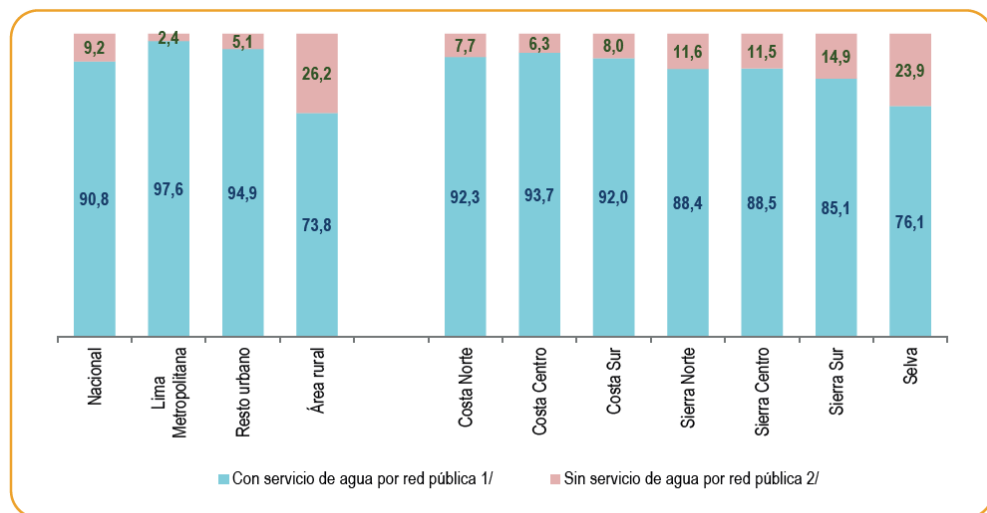
En Colombia se reporta que aproximadamente 300 municipios no realizan la desinfección de las aguas que consumen y 450 municipios no implementan ningún tratamiento a las aguas residuales que generan, solo el 22% de las municipalidades del país tratan las aguas residuales y en su mayoría funcionan deficientemente producto de una operación inadecuada de las mismas. A nivel nacional 1300 cuerpos de agua son contaminados por ser los receptores de los efluentes de los alcantarillados municipales, la cuenca de Magdalena-Cauca que representa el 25% del territorio de Colombia y alberga al 70% de la población nacional sólo presenta un 11% de la oferta hídrica del país. La contaminación generada por los vertimientos de las aguas residuales representa más del 50% deteriorando la calidad del recurso hídrico en la cuenca (Alfárez y Nieves, 2019).

A nivel sanitario las aguas negras municipales presentan contaminación bacteriológica que generan múltiples enfermedades (amebiasis, cólera, disentería, gastroenteritis, entre otras), ya que contienen grandes cantidades de microorganismos patógenos que son vertidos a los cuerpos de agua afectando la vida acuática y principalmente la salud humana. Colombia destaca por su buen manejo sanitario, sin embargo, reporta elevados índices de enfermedades asociadas al agua; un deficiente sistema de potabilización que capta aguas de las corrientes de agua donde previamente se han vertido aguas residuales que presentan un deficiente tratamiento o carecen de uno, ocasiona que los centros poblados consuman aguas de mala calidad (Alfárez y Nieves, 2019).

Alfárez y Nieves (2019) recogen del informe de gestión del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, el incremento de los vertimientos de aguas residuales del tipo doméstico y productivo debido al

crecimiento poblacional en los centros urbanos medios y grandes, que los centros urbanos consumen 170 m³/s de agua potable, devolviendo en forma de aguas residuales entre el 70% a 80%, se estima que se descargan aproximadamente 700 toneladas por día de carga orgánica provenientes del sector doméstico a los cuerpos de agua. Esta situación se hace más crítica cuando aguas abajo la corriente es captada para el abastecimiento de actividades agrícolas, pecuarias y domésticas ocasionando serios problemas al medio ambiente, perjudicando la vida acuática y la salud de la población.

En Perú el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) señala que la relación a nivel nacional de hogares que tienen un adulto mayor como mínimo que cuenta con servicio de agua potable es 9 de cada 10, pero en el ámbito rural el promedio disminuye a 7 de cada 10 hogares (INEI, 2020). Esta relación también disminuye en la región sierra y selva como se muestra en la siguiente figura N°4.



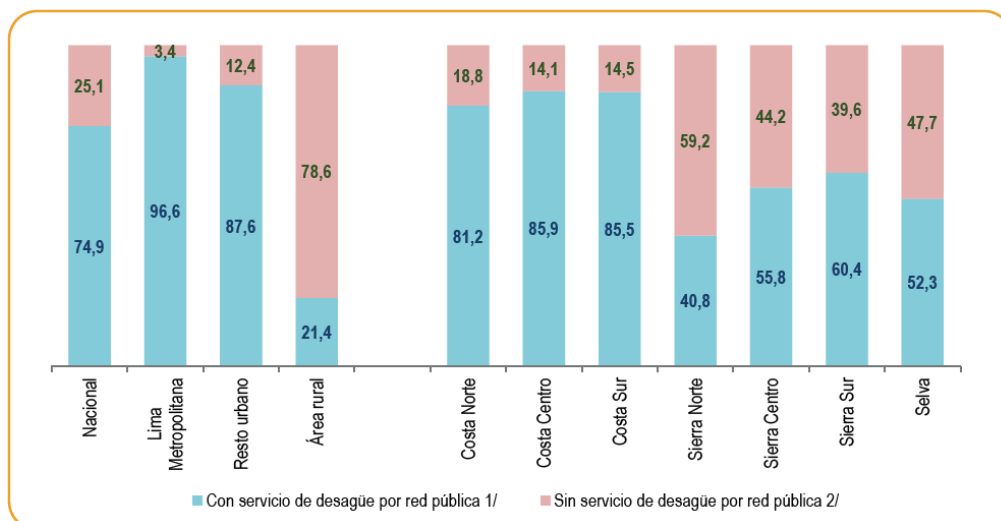
1/ Comprende tenencia de agua por red pública dentro y fuera de la vivienda y pilón de uso público.
 2/ Comprende tenencia de agua mediante pozo, camión cisterna, agua de lluvia, etc.

Figura N°4: Hogares con al menos un adulto mayor que tienen disponibilidad de servicio de agua por red pública.

Fuente: INEI (2020).

Un sistema de eliminación de excretas, generalmente referido como desagüe, es indispensable para garantizar la salubridad e higiene de un hogar. Sin embargo, a nivel nacional el 25,1% de hogares que tienen un adulto mayor como mínimo no cuentan con un adecuado servicio de desagüe, en el área rural

los hogares que tienen un adulto mayor como mínimo que no cuentan con un adecuado servicio de desagüe es del 78,6% (INEI, 2020). La sierra y selva son las regiones con peor disponibilidad de servicios de desagüe como se muestra en la siguiente figura N°5.



1/ Comprende tenencia de desagüe por red pública dentro de la vivienda y fuera de la vivienda (dentro del edificio).

2/ Comprende tenencia de letrina, pozo séptico, pozo ciego o negro, río acequia o canal o no tiene ningún sistema de desagüe en su vivienda.

Figura N°5: Hogares con al menos un adulto mayor que disponen de servicios de desagüe por red pública.

Fuente: INEI (2020).

Las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) reportaron a la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) tener una base de 17,5 millones de habitantes con servicio de agua potable y 16 millones de habitantes con servicios de alcantarillado, una producción promedio de 3,78 millones de m³ de agua potable al día, lo que da un per cápita de 216 L/(habitante/día) de agua potable. El agua residual captada por el alcantarillado es aproximadamente el 80% del agua potable producida, esto equivale a 2,59 millones de m³, dando un per cápita de 162 L(habitante/día) de aguas residuales, teniendo un desfase de 1,5 millones entre los habitantes que cuentan con servicio de agua potable y de alcantarillado, se estima que no se captan 238.000 m³ por día de aguas residuales en los sistemas de alcantarillado lo que conlleva a la contaminación de las fuentes de agua, pone en peligro la sostenibilidad del recurso y afecta a la salud de la población (SUNASS, 2016).

La SUNASS (2016) señala que de 253 localidades que cuentan con una EPS, 89 de estas localidades no cuentan con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y que estas localidades producen un total de 298.000 m³ por día de aguas residuales, como se muestra en la tabla N°4, que son vertidas sin tratamiento alguno a los ríos, mares o drenes. No obstante, las PTAR de todo el Perú se concentran en la costa norte donde se ubican más del 50% de todas las PTAR en funcionamiento en el Perú, como se muestra en la tabla N°5.

Tabla N°4: Habitantes con servicio de alcantarillado y caudal vertido.

	Habitantes con servicio de alcantarillado	Caudal volcado al alcantarillado
	Habitantes	Metros cúbicos por día
Localidades sin PTAR	1.888.000	298.000
Localidades con PTAR	14.083.000	2.293.000
TOTAL	15.972.000	2.591.000

Fuente: SUNASS (2016).

Tabla N°5: Distribución de PTAR según zonas del Perú.

ZONA	EPS	N° DE PTAR	% PTAR
COSTA NORTE	ATUSA / EPS GRAU S.A. / EPSEL S.A. / SEDALIB S.A. / SEDACHIMBOTE S.A.	87	53%
COSTA CENTRAL	SEDAPAL / EMAPA BARRANCA S.A.	23	14%
COSTA SUR 1	EMAPA CAÑETE S.A. / SEMAPACH S.A. / EMAPICA S.A. / EMAPISCO S.A. / EMAPAVIGS S.A.C.	15	9%
COSTA SUR 2	EPS MOQUEGUA S.A. / EPS ILO S.A. / EPS TACNA S.A. / SEDAPAR S.A.	14	9%
SELVA NORTE	SEDALORETO S.A. / EPS MARAÑON S.R.L. / EPS TACNA S.A. / SADEPAR S.A.	6	4%
SELVA CENTRAL	SEDA HUÁNUCO S.A. / EPS SELVA CENTRAL S.A.	6	4%
SIERRA CENTRAL	EPS MANTARO S.A.	2	1%
SIERRA SUR	EPSASA / SEDACUSCO S.A. / EMPSSAPAL S.A. / EMAQ S.R.L.	4	2%
ALTIPLANO	EPS NOR PUNO S.A. / EMSAPUNO S.A. / SEDA JULIACA S.A. / EMAPA Y S.R.L. / EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L.	6	4%

Fuente: SUNASS (2016).

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) señala que la descarga de aguas residuales industriales, municipales y domésticas es la principal causa de que 41 unidades hidrográficas, de un total de 159 unidades hidrográficas, excedan los parámetros de los estándares de calidad ambiental para agua (ECA-Agua). Las fuentes de contaminación y origen principales, como se muestra en la tabla N°6, son las ciudades producto de las actividades humanas, los pasivos ambientales mineros y la actividad minera ilegal e informal (Aquino, 2017).

Tabla N°6: Tipo y origen de la contaminación de los recursos hídricos en el Perú.

CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	TIPO DE CONTAMINACIÓN Y ORIGEN
Río Amazonas	Loreto	Afectado por vertimiento de aguas residuales municipales, grifos flotantes, derrame de petróleo.
Río Madre de Dios y afluentes	Madre de Dios	Afectado por la minería ilegal e informal.
Río Tambo	Moquegua-Arequipa	Boro y Arsénico (origen natural).
Río San Juan	Pasco	Afectado por vertimientos mineros y municipales.
Río Perené	Pasco	Afectado por vertimientos mineros y municipales.
Río Piura	Piura	Afectado por vertimiento de aguas residuales municipales.
Río Chira	Piura	Afectado por vertimientos de aguas residuales municipales y agrícolas.
Río Coata	Puno	Vertimiento de aguas residuales municipales.
Río Ramis	Puno	Minería ilegal e informal (vertimiento de relaves mineros).
Río Ayaviri-Pucará	Puno	Vertimiento de aguas residuales municipales.
Bahía Interior de Puno-Lago Titicaca	Puno	Afectado por vertimiento de aguas residuales municipales.
Bahía de Yunguyo-Lago Titicaca	Puno	Afectado por vertimiento de aguas residuales municipales.
Río Suches	Puno	Afectado por la minería ilegal e informal generada por mineros peruanos y bolivianos.
Río Sandi	Puno	Afectado por vertimientos municipales.
Río Tumbes	Tumbes	Afectado por vertimientos de aguas residuales municipales, actividades mineras en el Ecuador.
Río Huallaga	Ucayali	Afectado por vertimiento de aguas residuales municipales.

Fuente: Aquino (2017).

La contaminación tiene dos tipos de causa, las naturales y las antropogénicas. Las causas naturales se caracterizan por la química de los suelos, las zonas volcánicas o de formación cuaternaria presentan metales y metaloides (hierro, cobre o arsénico). Las causas antropogénicas representan el manejo inadecuado de agroquímicos, minería informal, vertimiento de aguas residuales no tratadas (como se muestra en la figura N°6) y manejo inadecuado de residuos sólidos (Aquino, 2017). La calidad del recurso hídrico es deteriorada por la influencia de todas estas causas de contaminación en el Perú, como se aprecia en la figura N°7. Las principales fuentes de contaminación antropogénica del agua se detallan en la tabla N°7.

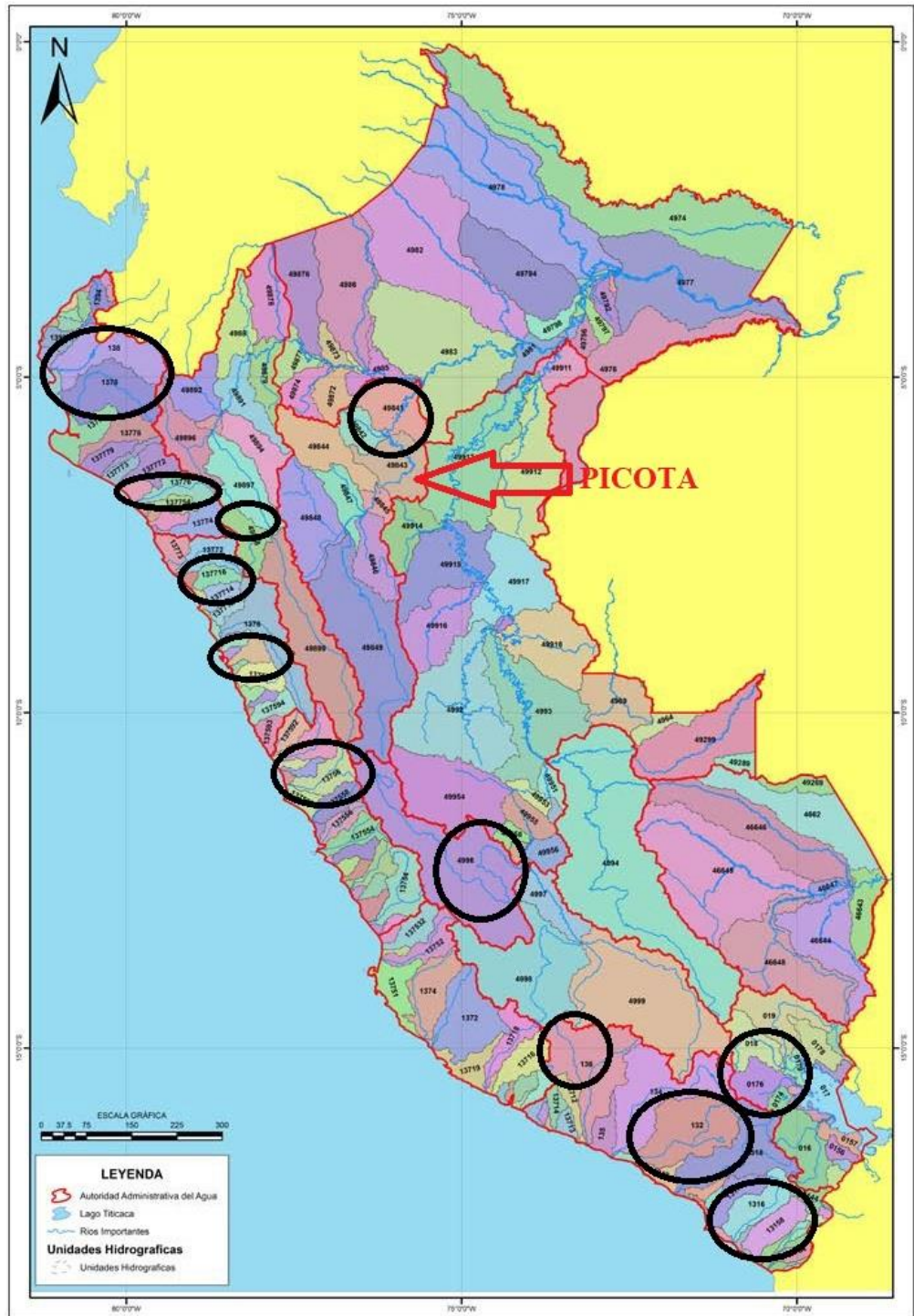


Figura N°6: Principales unidades hidrográficas afectadas por contaminación natural y antropogénica.

Fuente: Aquino (2017).



Figura N°7: Río Ica, aguas debajo de la ciudad de Ica en temporada de estiaje lleva aguas residuales.

Fuente: Aquino (2017).

Tabla N°7: Fuentes antropogénicas de contaminación de los recursos hídricos en el Perú.

ACTIVIDADES CONTAMINANTES	DESCRIPCIÓN
Municipalidades	Más de 800 municipalidades vierten más de 1.2 MMC de aguas residuales crudas a los cuerpos de agua.
Industria	Más de 100 000 unidades industriales
Minería	Más de 250 unidades mineras que operan plantas de beneficio, que generan vertimientos de aguas, relaves y desmontes.
Hidrocarburos	Extracción de petróleo y gas. Generan aguas residuales y derrames de petróleo.
Pasivos Ambientales	Más de 8000 pasivos ambientales mineros. Así como pasivos ambientales dejados por las petroleras.
Agricultura	Más de un millón de hectáreas bajo riego que generan aguas de retorno con residuos de agroquímicos, nutrientes y alta salinidad.
Pesquería	Más de 200 plantas industriales en la costa del Perú que generan aguas residuales con alto contenido de materia orgánica que se vierten al mar.

Fuente: Aquino (2017).

Los cuerpos de agua contaminados afectan directamente el costo del tratamiento del agua. Una elevada carga orgánica, pesticidas, metales pesados y otros, requieren un tratamiento avanzado. Por ende, se incrementa el costo de potabilización del agua ya sea para consumo humano o el uso en actividades productivas (Aquino, 2017). En las siguientes tablas N°8 y N°9 se muestra la

diferencia del sobre costo respecto al tratamiento de una fuente contaminada de una fuente no contaminada.

Tabla N°8: Análisis del sobre costo por el tratamiento del agua de una fuente contaminada para potabilización.

CASO 1: SOBRE-COSTO POR POTABILIZACIÓN	
Costo por tratamiento de agua de fuente contaminada: (Ejem: PTAP Chillón, Consorcio Agua Azul, Fuente: río Chillón)	S/ 0.56 por m3
Costo por tratamiento de agua de fuente no contaminada: (Ejem: PTAP El Milagro y Santa Apolonia, SEDACAJ, Fuente: ríos Porcón y Grande)	S/ 0.17 por m3
Diferencia	S/ 0.39 por m3

Fuente: Aquino (2017).

Tabla N°9: Análisis del sobre costo por el tratamiento del agua de una fuente contaminada para actividad productiva.

CASO 2: SOBRE-COSTOS EN LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	
Ejemplo "Empresa productora bebidas"	
Esta empresa necesita agua de excelente calidad para la producción de cerveza y gaseosas.	
Costo por tratamiento de agua de fuente contaminada: (Tratamiento avanzado con osmosis inversa)	S/ 1.25 por m3
Costo por tratamiento de agua de fuente no contaminada: (Tratamiento convencional con sedimentación, floculación, filtración y UV)	S/ 0.25 por m3
Diferencia	S/ 1.00 por m3

Fuente: Aquino (2017).

En la región San Martín se encuentra la provincia de Picota con una superficie de 2171.41 km², una densidad poblacional de 22.22 hab/km² y en el distrito de Picota la densidad poblacional se eleva a 37.33 hab/km². La Autoridad Nacional del Agua (ANA) agrupa a la provincia de Picota en la Autoridad Administrativa del Agua Huallaga (AAA Huallaga), como se muestra en la figura N°8, y señala que presenta pocas autorizaciones de vertimiento de aguas residuales tratadas, como se muestra en la Tabla N°10, lo que conlleva al deterioro del recurso hídrico y la afectación de la salud de la población de la zona (ANA, 2019).

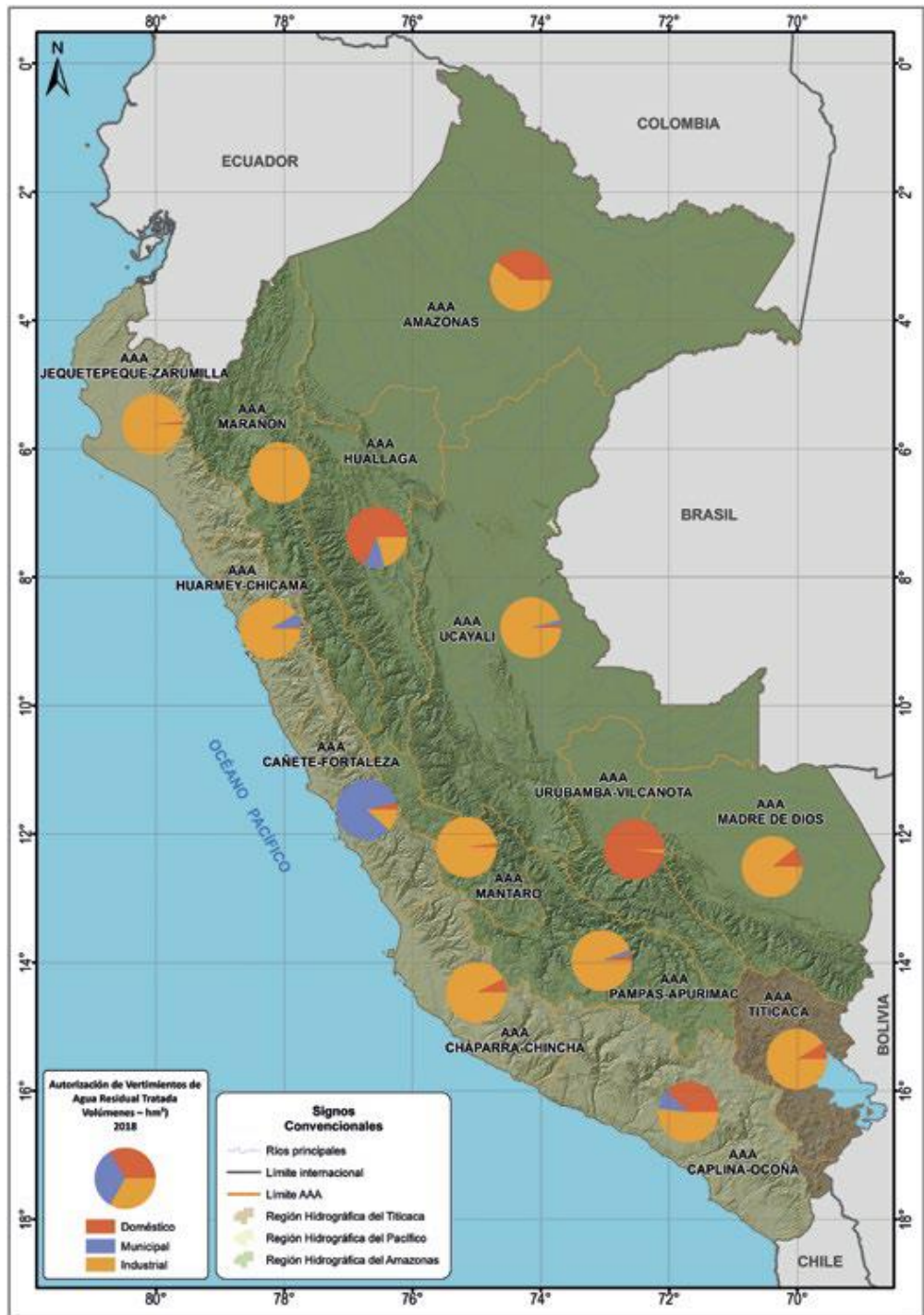


Figura N°8: Autorización de vertimientos de agua residual tratada, 2018.

Fuente: ANA (2018).

Tabla N°10: Autorización de vertimiento de agua residual tratada por su origen, 2018.

Administración Local de Agua	Doméstico		Municipal		Industrial	
	N°	Vol (hm ³)	N°	Vol (hm ³)	N°	Vol (hm ³)
Alto Mayo	3	5.6413	2	0.9704	-	-
Tarapoto	1	0.0020	-	-	1	0.0078
Huallaga Central	8	0.5330	-	-	2	0.2508
Tingo María	1	0.0011	-	-	-	-
Alto Huallaga	3	0.0363	-	-	2	1.6638
Total	16	6.2137	2	0.9704	5	1.9224

Fuente: ANA (2018).

1.1.2. Formulación de la pregunta

Tal y como se evidencia, la problemática de las aguas residuales requiere de planes integrales, por lo que esta tesis propuso la siguiente interrogante. ¿Qué alternativa de solución se puede dar para mejorar la sostenibilidad del recurso medio ambiental y reducir el riesgo en la salud de la población generado por las aguas residuales del Centro de Salud Picota?

1.1.3. Preguntas específicas

- a) ¿Qué clase de aguas residuales genera el Centro de Salud Picota?
- b) ¿Cuáles son los valores máximos legales de descarga de aguas residuales?
- c) ¿Qué sistema de tratamiento de aguas residuales se propondrá para el Centro de salud Picota?
- d) ¿Cuáles serán las dimensiones del sistema de tratamiento de aguas residuales para el Centro de Salud Picota?

1.2. Objetivo general y específicos

1.2.1. Objetivo general

Proponer un diseño ingenieril del sistema de tratamiento de aguas residuales para el centro de salud Picota – región San Martín, con la finalidad de mejorar la sostenibilidad del recurso medio ambiental y reducir el riesgo en la salud de la población.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Describir la clase de aguas residuales generadas por el Centro de Salud Picota.
- b) Determinar los valores máximos legales para la descarga de aguas residuales.
- c) Determinar el sistema de tratamiento de aguas residuales para el Centro de Salud Picota.
- d) Dimensionar el sistema de tratamiento de aguas residuales para el Centro de Salud Picota.

1.3. Importancia y justificación de la investigación

1.3.1. Importancia de la investigación

Habiendo evidenciado el daño a la población y al recurso medio ambiental por devolver las aguas contaminadas al cuerpo receptor sin tratamiento, es que se desarrolló esta propuesta de sistema de tratamiento de aguas residuales con la finalidad de que en el futuro sirva para desarrollar un proyecto que pueda tratar las aguas para mejorar la sostenibilidad del recurso medio ambiental y reducir el riesgo en la salud de la población de Picota.

1.3.2. Justificación de la investigación

1.3.2.1. Justificación práctica

Conociendo los procesos, ventajas y desventajas de los tratamientos de aguas residuales, se propuso un sistema de tratamiento de aguas residuales para el Centro de Salud de Picota, esta investigación servirá como base para las entidades encargadas de implementar, operar y administrar las plantas de tratamiento de aguas residuales en futuros proyectos de desarrollo de la provincia de Picota.

1.3.2.2. Justificación social

Esta investigación propone un sistema de tratamiento de aguas residuales para el Centro de Salud de Picota, que servirá de referencia para futuros proyectos de desarrollo en la provincia de Picota que busquen reducir el riesgo en la salud de la población de Picota que se ve afectado por el vertimiento de las aguas residuales generadas por

el Centro de Salud de Picota en los cuerpos receptores de agua como el río Huallaga sin recibir un tratamiento previo.

1.3.2.3. Justificación ambiental

Esta investigación plantea un sistema de tratamiento de aguas residuales para el Centro de Salud de Picota, que servirá de referencia para futuros proyectos de desarrollo en la provincia de Picota que busquen mejorar la sostenibilidad del recurso medio ambiental que se ve afectado por el vertimiento de las aguas residuales generadas por el Centro de Salud de Picota en los cuerpos receptores de agua como el río Huallaga sin recibir un tratamiento previo.

1.4. Limitaciones de la investigación

La información del presente proyecto de investigación fue recopilada buscando data de instituciones gubernamentales, estudios, informes e investigaciones de sitios web, incluyendo a la misma, visitas presenciales al Centro de Salud Picota, en la ciudad que lleva el mismo nombre, considerando la coyuntura por la que atraviesa el Perú, los requerimientos de traslado se verán condicionados a las disposiciones que puedan tener las autoridades gubernamentales.

Técnicamente referida a la propuesta, esta no cuenta con un análisis de costos y una programación de ejecución, en razón a que la implementación de un sistema de tratamiento para el presente Centro de Salud Picota, tiene responsabilidades compartidas, desde el mismo establecimiento, donde tiene alcances de responsabilidad el Ministerio de Salud (MINSA), hasta el gobierno regional de San Martín y la Municipalidad Provincial. Referir la propuesta a una futura ejecución, considerando las responsabilidades expuestas líneas atrás, conllevan a la interrogante propia, de quien asuma la misma.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio de investigación

2.1.1. Investigaciones internacionales

Orjuela y Rubio (2019) en su tesis “Diseño y construcción de una planta modelo de tratamiento de aguas residuales para el laboratorio de hidráulica” tienen como objetivo diseñar y construir una planta modelo de tratamiento de aguas residuales para el laboratorio de hidráulica de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Católica de Colombia, empleando un método de investigación teórico experimental donde se recopila información sobre el tratamiento de aguas residuales por zanjón de oxidación y el marco legal respectivo para su implementación en un diseño acorde a las dimensiones requeridas y la construcción del modelo donde se desarrollan pruebas de laboratorio para garantizar su funcionamiento y eficiencia. Concluyendo que el modelo de tratamiento de aguas residuales por zanjón de oxidación presenta tres estructuras el tanque de almacenamiento, zanjón de oxidación y el sedimentador que garantizan una excelente relación costo/beneficio debido al poco uso de energía manteniendo los recursos hídricos y el saneamiento de la comunidad, el modelo puede optimizarse a futuro si se implementa un sistema de tratamiento de lodos para obtener una reducción en volumen y peso del lecho de secado y un mecanismo de filtrado al efluente del sistema para mejorar los resultados de turbiedad.

Cuatis (2018) en su tesis “Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) por lodos activados en el municipio de Soatá Boyacá” tiene como objetivo proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales por lodos activados para el manejo de los vertimientos en el municipio de Soatá Boyacá, empleando un método de investigación teórico experimental donde se recopila información sobre el tratamiento de aguas residuales por lodos activados y la normativa vigente para su implementación en un diseño acorde a las necesidades de la población del municipio de Soatá y desarrollo de un manual de operación, mantenimiento y control de la planta de tratamiento de aguas residuales. Concluyendo que el tratamiento de aguas residuales por lodos

activados presenta una adecuada capacidad de descontaminación con una eficiencia del 90% aproximadamente en la remoción de la carga orgánica colocando al efluente del sistema entre los rangos permisibles de la normativa actual, el diseño centralizado de la planta de tratamiento de aguas residuales permite optimizar la mecánica de fluidos reduciendo las pérdidas hidráulicas y aprovechando la gravedad para el desplazamiento del fluido entre estructuras del sistema de tratamiento, la implementación del manual de operación garantiza el correcto funcionamiento de cada una de las estructuras que componen el sistema pero se debe capacitar al personal designado en la inspección y control de la planta de tratamiento.

Cuenca (2018) en su tesis “Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Tingo La Esperanza, ubicada en el cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi” tiene como objetivo diseñar la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia de Tingo La Esperanza, ubicada en el cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, empleando un método de investigación teórico experimental donde se recopila información sobre el tratamiento de aguas residuales y la normativa vigente para realizar los estudios demográficos, la caracterización de las aguas residuales de la zona, determinar el caudal, establecer los procesos requeridos para el diseño de la planta de tratamiento y dimensionar las estructuras que compondrán la planta de tratamiento. Concluyendo las características de las aguas residuales procedentes de la parroquia Tingo La Esperanza son del tipo domésticas y que al no tener desechos industriales no requiere un tratamiento terciario para remover estos contaminantes, la planta de tratamiento cuenta con el tren de tratamiento de un canal de paso, un tanque séptico, un filtro anaerobio de flujo ascendente, dos humedales artificiales y un lecho de secado de lodos con lo cual se garantizará el cumplimiento de la normativa vigente para la descarga del efluente al cuerpo receptor.

Andrade y Castro (2017) en su tesis “Diseño hidráulico de una planta de tratamiento de agua residual en el hospital nuevo del municipio de Zipaquirá – Colombia” tienen como objetivo diseñar hidráulicamente la planta de tratamiento de agua residual del nuevo hospital del municipio de Zipaquirá – Colombia, empleando un método de investigación teórico experimental donde

se recopila información sobre el tratamiento de aguas residuales y el marco legal vigente para proponer diferentes alternativas de sistemas de tratamiento y determinar la más apropiada, el diseño se realiza cumpliendo la normativa vigente y las necesidades requeridas por el hospital. Concluyendo que el sistema de tratamiento por lodos activados es el más adecuado dado el área disponible y la alta demanda bioquímica de oxígeno del afluente, las estructuras del sistema comprenden un pretratamiento compuesto de un cribado, vertedero y desarenador para pasar al sistema de lodos activados, tanque sedimentador y terminar en el lecho de secado, la planta de tratamiento requiere de mantenimiento periódico para un correcto funcionamiento.

Galeano y Rojas (2016) en su tesis “Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de Vélez – Santander” tienen como objetivo proponer el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para mejorar la calidad de las fuentes hídricas del municipio de Vélez, empleando un método de investigación teórico experimental donde se recopila información sobre el tratamiento de aguas residuales y el marco legal vigente para el análisis de datos de la zona de estudio, el análisis físico químico de la calidad de agua y la descripción de las estructuras a diseñar para desarrollar el tipo de tratamiento más adecuado y el manual de operación y mantenimiento. Concluyendo que el tratamiento de aguas residuales por zanjón de oxidación cumple con los requerimientos y brinda una reducción de consumo de energía siendo una alternativa económica para poblaciones medianas, las estructuras que componen el sistema de tratamiento son un desarenador, zanjón de oxidación y tanque de sedimentación incluyendo el tratamiento de lodos mediante el lecho de secado con el cual se reduce el volumen y peso lo cual facilita su manejo para su disposición final, para evitar malos olores se implementa el manual de operación que garantiza el adecuado funcionamiento y contiene los tiempos de mantenimiento y operación de cada elemento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Forero y Urrego (2016) en su tesis “Modelamiento de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales del barrio Fontanar de Suba” tienen como objetivo realizar el estudio técnico para el modelamiento integral de un

humedal artificial en el barrio Fontanar de Suba como plan piloto para la implantación de este sistema en la ciudad, empleando un método de investigación teórico experimental donde se recopila información sobre el tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales para el análisis de datos de la zona de estudio, el análisis físico químico de la calidad de agua y la descripción del humedal artificial a diseñar. Concluyendo que los humedales artificiales presentan un menor costo en comparación a las plantas de tratamiento convencionales, mejora la percepción de olores y tienen un impacto positivo en la flora y fauna de la zona, pero este sistema requiere caudales bajos.

2.1.2. Investigaciones nacionales

De La Cruz (2019) en su tesis “Propuesta de modelo de tratamiento de aguas residuales mediante procesos de biopelícula fija sumergida, en el distrito de Huancan – Huancayo” se plantea proponer un modelo de tratamiento biológico de aguas residuales aplicando biopelícula fija sumergida para la zona urbana del distrito de Huancan, con una metodología de investigación científica del tipo aplicada y de nivel descriptiva donde procesa y analiza los datos obtenidos de los ensayos de calidad de agua que se llevaron a cabo tomando en cuenta las normas técnicas peruanas e internacionales vigentes. Llegando a la conclusión de que la aplicación de biopelícula fija sumergida realiza un tratamiento integral de las aguas residuales con altas tasas de eficiencia de remoción de contaminantes en una sola unidad de tratamiento pero que demanda altas tasas de oxígeno para remover los parámetros contaminantes, sintetizar y estabilizar la materia orgánica.

Esquivel y Santiago (2019) en su tesis “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales para el distrito de Cachicadán, Santiago de Chuco, La Libertad – 2018” plantean el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales realizando estudios de clasificación de aguas residuales y determinando los caudales de diseño, empleando una metodología aplicada y descriptiva, recopilaron información sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales y tomaron muestras de las aguas y mediciones de los caudales para proceder al diseño de la planta de tratamiento. Concluyendo que el proceso más apropiado para el tratamiento de aguas residuales en una población media es la

de lodos activados, y diseñaron una planta de tratamiento con tres etapas: pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario.

Ccarita y Soto (2018) en su tesis “Diseño de un sistema de tratamiento integral de aguas residuales provenientes de una planta procesadora de alimentos balanceados mediante la tecnología de lodos activados con aireación mecánica extendida con ultrafiltración con membranas MBR” plantean el diseño de un sistema de tratamiento integral de aguas residuales provenientes de una planta procesadora de alimentos balanceados mediante la tecnología de lodos activados con aireación mecánica extendida y ultrafiltración con membranas MBR, empleando un método de investigación teórico experimental donde se recopila información sobre el tratamiento de aguas residuales por lodos activados y la tecnología de ultrafiltración con membranas MBR para caracterizar fisicoquímica y microbiológica las aguas residuales generadas por la planta procesadora de alimentos, diseñar un sistema de tratamiento adecuado para las características de las aguas residuales y evaluar si el agua tratada cumple con la norma técnica vigente. Concluyendo que el sistema de tratamiento de aguas residuales consta de una trampa de grasas, un cribado, un tanque anóxico, un tanque de lodos activados y una cámara de ultrafiltración que utiliza las membranas MBR para garantizar que las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua tratada cumplan con la normativa vigente logrando la reducción de contaminantes y comprobando que el proceso planteado es eficaz y propone un método alternativo de solución para este tipo de empresas.

Torre (2018) en su tesis “Diseño y análisis ambiental de una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Huaraz” se plantea diseñar y realizar el análisis ambiental de una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Huaraz que permita alcanzar niveles permisibles en la calidad de agua con finalidad de mejorar los estándares de las condiciones de vida, empleando un método, empleando un método de investigación teórico experimental donde se recopila información sobre el tratamiento de aguas residuales por procesos anaeróbicos para identificar los contaminantes de las aguas residuales municipales, evaluar los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales de acuerdo a criterios técnicos, realizar trabajos de campo en

la zona y caracterizar las condiciones del lugar, realizar el diseño y verificar que se obtenga los indicadores favorables sobre calidad de agua y límites permisibles. Concluyendo que la planta permite disponer de lodos residuales que podrían disponerse como fertilizante los lodos orgánicos y utilizarse como relleno los lodos inorgánicos, la planta de tratamiento diseñada cumple con lo estipulado por la normativa peruana pero no alcanza los niveles permisibles por las directivas europeas, se requeriría de un tratamiento terciario para cumplir con las directrices europeas.

2.2. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.2.1. Aguas residuales

Las aguas residuales son el producto resultante de la utilización del agua por parte de los hombres y animales, y que son vertidas en los sistemas de alcantarillado o directamente al ambiente (Lazcano, 2016).

Cada país presenta normas legales y regulaciones para mantener estándares de calidad ambiental (ECA) y que sea posible preservar los ecosistemas. Por ende, las aguas residuales antes de ser vertidas a los cuerpos de agua o suelos, deben ser tratadas de tal forma que se cumpla con las exigencias de la autoridad pertinente (Lazcano, 2016). Los sistemas de alcantarillado tienen una característica que resulta un problema, son uno solo donde se mezclan los desagües de todo tipo, incluyendo domésticos, industriales, hospitalarios y otros, produciéndose mezclas de las más variadas características y con la consiguiente dificultad en su tratamiento.

Las partículas visibles y coloidales presentes en la masa de agua y conformadas en su mayoría por materia orgánica (carbohidratos, lípidos y proteínas, etc.), partículas de fibras (celulosa, quitina, etc.), sustancias químicas disueltas orgánicas e inorgánicas, entre otras. Caracterizan físicamente el estado sólido de las aguas residuales (Lazcano, 2016).

Las aguas residuales presentan temperaturas mayores a las de la red de agua potable, debido a que se suelen verter líquidos calientes al alcantarillado y en los meses fríos, las aguas residuales presentan una temperatura mayor a la del aire. Es necesaria la información de las temperaturas durante todo el año para el diseño de las plantas de tratamiento, de igual manera la temperatura afecta

la biodegradabilidad de la materia orgánica (Lazcano, 2016). Las temperaturas elevadas reducen el oxígeno disuelto en el agua, disminuyendo la tasa de crecimiento de bacterias y microorganismos necesarias para la depuración e incrementando la población de hongos y plantas no deseables. En el caso de zonas frías donde las aguas residuales presentan temperaturas menores a 10°C, los tiempos de retención en las plantas de tratamiento se extienden debido a que la tasa de crecimiento de los microorganismos se vuelve más largas. Lo más adecuado para el crecimiento microbiano son las temperaturas que oscilan entre 25-35°C.

Las partículas que presentan las aguas residuales le dan su coloración, el color aparente se observa por la presencia de sólidos suspendidos, y el color verdadero se observa producto de las sustancias coloidales y disueltas (Lazcano, 2016). Las aguas residuales de color café se estiman son reciente con no más de seis horas de descarga, un color gris indica que las aguas residuales tienen un almacenamiento mayor a seis horas y la materia orgánica ha empezado a descomponerse, y un color gris oscuro o negro señala descomposición microbiana en condiciones anaeróbicas típico de aguas residuales sépticas.

Las aguas residuales recientes presentan un olor casi inofensivo; sin embargo, cuando las aguas residuales empiezan la descomposición aerobia y anaerobia de la materia orgánica producen fuertes olores debido a la liberación de gases con presencia de ácido sulfhídrico, amoníaco, etc. (Lazcano, 2016).

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se define como la cantidad de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos para la oxidación de la materia orgánica e inorgánica (Lazcano, 2016). Es el procedimiento mediante el cual los organismos vivos degradan la materia orgánica hasta quedar dióxido de carbono y agua.

Las aguas residuales además de la carga orgánica presentan otros contaminantes de acuerdo a la procedencia del efluente; las aguas residuales domésticas presentan bacterias, virus y formas parasitarias patógenas, que deben ser eliminadas dependiendo del uso posterior de las aguas tratadas. Las aguas residuales mineras presentan metales o metaloides tóxicas para el

ecosistema y que degradan el recurso hídrico, requiriendo tratamientos químicos previos para minimizar estos contaminantes, mientras que las aguas residuales provenientes de industrias agropecuarias presentan residuos de pesticidas y fertilizantes que resultan dañinos para el medio ambiente (Lazcano, 2016). En la siguiente tabla N°11 se resumen las consecuencias de los contaminantes.

Tabla N°11: Efectos de los contaminantes presentes en aguas residuales.

Contaminante	Parámetro de Caracterización	Tipo de Efluentes	Consecuencias
Sólidos suspendidos	Sólidos suspendidos totales	Domésticos	Depósito de lodos
		Industriales	Adsorción de contaminantes Protección de patógenos
Sólidos flotantes	Aceites y grasas	Domésticos	Problemas estéticos
		Industriales	
Materia orgánica biodegradable	DBO	Domésticos	Consumo de oxígeno
		Industriales	Mortalidad de peces
			Condiciones sépticas
Patógenos	Bacterias patógenas	Domésticos	Enfermedades intestinales transmitidas por agua y consumo de verduras
	Formas parasitarias infectantes		
Nutrientes	Nitrógeno Fósforo	Domésticos	Crecimiento excesivo de algas
		Industriales	Amonio tóxico a peces Contaminación de aguas subterráneas
Compuestos no biodegradables	DQO	Industriales	Tóxico para el hombre y animales
	Pesticidas	Agrícolas	Interfiere con procesos biológicos
	Detergentes	Domésticos	Malos olores
Metales pesados	Elementos específicos	Industriales	Tóxicos para el hombre
			Inhibe el tratamiento biológico
Sinergismo de contaminantes químicos y biológicos	Bioensayos	Industriales	Toxicidad para el hombre y biota
			Carcinógeno y teratogénico
			Interfiere en el tratamiento biológico

Fuente: Lazcano (2016).

2.2.2. Clases de aguas residuales

Aguas residuales domésticas

Son el flujo de agua compuesta de las actividades de la población, que incluye las excretas propias y de mascotas, desechos culinarios y de lavandería, se pueden encontrar sustancias que pueden ser tóxicas y cancerígenas. Estas aguas están formadas en un 99.9% por agua y en un 0.1% por residuos sólidos orgánicos más inorgánicos, el mínimo porcentaje de sólidos es la causa de los problemas de tratamiento y disposición final (Lazcano, 2016). La tabla N°12 muestra las características típicas de un desagüe doméstico.

Tabla N°12: Características típicas de un desagüe doméstico.

Parámetro	Fuerte	Medio	Ligero
DBO	400	220	110
DQO	1100	500	250
COT	290	160	80
N total	85	40	20
P total	15	8	4
Sólidos totales	1200	720	350
Sólidos suspendidos	350	220	100
Sólidos sedimentales	20	10	5
Cloruros	100	50	30
Grasas	150	100	50
Sulfatos	34	22	12
Compuestos orgánicos volátiles	> 400	100 - 400	< 100

Fuente: Lazcano (2016).

Aguas residuales municipales

Son las aguas provenientes de actividades realizadas en áreas urbanas como edificios comerciales, oficinas, mercados de abasto, hospitales y pequeñas industrias. Estas instalaciones proporcionan un incremento de los

contaminantes con algunos componentes que podrían complicar los tratamientos convencionales (Lazcano, 2016).

Son aquellas aguas que después de ser utilizadas en actividades domésticas (consumo humano, preparación de alimentos, aseo personal o local, etc.) y productivas (calentamientos, diluciones, lavados, refrigeración, etc.) son vertidas al alcantarillado domiciliario o directamente al ambiente. Cada centro urbano presenta características físicas, químicas y bacteriológicas variadas de sus aguas residuales producidas, de acuerdo a factores externos como: ubicación, temperatura, fuente del agua captada entre otros; y a factores internos como el nivel socioeconómico de la población, el desarrollo industrial de la localidad, etc. Generalmente contienen altos niveles de materia orgánica biodegradable y microorganismos patógenos, dependiendo del nivel de desarrollo industrial del municipio variarán las cantidades de compuestos inorgánicos poco biodegradables (metales pesados, plaguicidas, etc.) y dependiendo del estado del alcantarillado y a las lluvias pueden variar por estar diluidas (Alfárez y Nieves, 2019). En la siguiente tabla N°13 se presenta la composición típica de un agua residual municipal.

Tabla N°13: Características típicas del agua residual municipal.

Componente	Concentración		
	Alta mg/L	Media mg/L	Baja mg/L
Sólidos totales	1000	500	200
Sólidos suspendidos	500	300	100
Sólidos sedimentables	12	8	4
Demanda bioquímica de oxígeno	300	200	100
Demanda química de oxígeno	1000	500	250
Nitrógeno total	80	50	25
Fósforo total	20	15	5
Grasas y aceites	40	20	0
Coliformes fecales (NMP/100ml)	1,00E+10	1,00E+08	1,00E+06

Fuente: Alfárez y Nieves (2019).

Las aguas residuales municipales provienen de fuentes domésticas, industriales, comerciales e institucionales dentro de un asentamiento o comunidad de humanos. Las aguas residuales incluyen las aguas residuales municipales y la escorrentía urbana. Como la generación de aguas residuales

municipales y urbanas depende en gran medida de la forma y función de los sistemas urbanos, es necesario analizar con ojo crítico los patrones actuales y futuros de urbanización para elaborar métodos más sostenibles en la gestión de aguas residuales en las décadas venideras (Naciones Unidas, 2017).

Aguas residuales industriales

Efluentes generados por la actividad industrial que se ubican en su mayoría a las afueras de áreas urbanas, por lo general siguen una normativa que exige un tratamiento previo a su descarga al alcantarillado que va relacionado principalmente a la carga orgánica, aceites, grasas, temperatura, pH y sustancias recalcitrantes o xenobióticos (Lazcano, 2016).

Si bien las aguas residuales de fuentes domésticas no suelen contener sustancias peligrosas, preocupa cada vez más la posibilidad de que algunos medicamentos que se utilizan habitualmente, aun en bajas concentraciones, puedan tener consecuencias a largo plazo, especialmente los alteradores. Aquellas industrias que utilizan sustancias tóxicas en sus procesos productivos deben garantizar el cumplimiento de las normas de vertido, lo cual no siempre sucede. Los entornos normativos varían de forma apreciable. En este sentido, cobran especial importancia las industrias artesanales y los negocios de pequeña escala, a los que les está «permitido» operar o lo hacen de forma ilegal. En contextos informales, actividades como la recuperación de plomo de baterías, la minería y el procesamiento de minerales a pequeña escala y el funcionamiento de talleres automotrices, estaciones de lavado de vehículos pueden conllevar graves riesgos. No se ha publicado suficiente información sobre estas industrias informales. Existen pequeños hospitales y clínicas (y algunos establecimientos de mayor tamaño), sobre todo en países en desarrollo, donde se vierten residuos hospitalarios sin tratar. Los métodos de cultivo intensivo y el uso excesivo de antibióticos en la cría de animales han provocado altas concentraciones de estos desechos en las aguas residuales municipales cuando dichos establecimientos vierten sus aguas en el alcantarillado municipal. Es así que aumenta el riesgo de resistencia a los antimicrobianos (Naciones Unidas, 2017).

Son las que proceden de cualquier taller o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración.

Líquidos Residuales: Los que se derivan de la fabricación de productos, siendo principalmente disoluciones de productos químicos tales como lejías negras, los baños de curtido de pieles, las melazas de la producción de azúcar, los alpechines.

Se debe intentar la recuperación de subproductos A.R. de Proceso: Se originan en la utilización del agua como medio de transporte, lavado, refrigeración directa... y que puede contaminarse con los productos de fabricación o incluso de los líquidos residuales. Generalmente su contaminación es <10% de la de los líquidos residuales, aunque su volumen es 10-50 veces mayor.

Aguas de Refrigeración Indirecta: No han entrado en contacto con los productos y por tanto la única contaminación que arrastran es su temperatura. Ahora bien, hoy día hay que considerar también la existencia de productos (Wiki, 2007).

Aguas residuales agroindustriales

Estas aguas presentan gran cantidad de materia orgánica carbonácea, proveniente del estiércol, pesticidas, fertilizantes y residuos farmacéuticos que genera la actividad agrícola, establos, mataderos, granjas avícolas y demás empresas afines (Lazcano, 2016).

Aguas residuales de origen minero-metalúrgico

Los efluentes que provienen de la actividad minera mayormente constituyen metales pesados y metaloides, generando más contaminación y que es de mayor riesgo para su uso o disposición, ya que estos residuos son tóxicos, mutagénicos, carcinogénicos y teratógenos tanto para el ecosistema como para el hombre. Por lo que debe evaluarse adecuadamente la disposición de los desagües aun después de minimizar sus componentes y poder ingresar a un sistema de tratamiento convencional (Lazcano, 2016).

Aguas pluviales

Son las escorrentías provenientes de las lluvias y que son recolectadas por los sistemas de alcantarillado, estas generan variaciones en los parámetros del agua, debido a que el volumen en exceso diluye la carga orgánica y suelen presentar químicos o arrastrarlos hasta ingresar a las alcantarillas (Lazcano, 2016).

2.2.3. Tratamiento de aguas residuales

Lazcano (2016) señala que la presencia de materia orgánica, organismos patógenos y químicos tóxicos, constituyen el factor de mayor contaminación de las aguas residuales tanto como para los suelos y las fuentes de agua superficiales y subterráneas, que afecta la salud de la población en el corto, mediano y largo plazo.

Para preservar la biodiversidad y mantener el equilibrio ecológico es que debemos evitar en lo posible el vertimiento de las aguas residuales de cualquier tipo sin ningún tratamiento previo para así evitar que los contaminantes biológicos y químicos superen los niveles aceptables en los cuerpos receptores. Lazcano (2016) plantea los siguientes objetivos con el tratamiento de las aguas residuales:

Objetivos del tratamiento de aguas residuales

- a) Reducir la carga orgánica del desagüe en términos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), o de demanda química de oxígeno (DQO).
- b) Remover o reducir los nutrientes: Nitrógeno (N), Fósforo (P), a fin de evitar la infiltración en el subsuelo que contamine las aguas subterráneas o evitar el crecimiento acelerado de las algas que podrían ocasionar problemas de eutrofización en las aguas receptoras.
- c) Remover o inactivar a los organismos patógenos, incluyendo las formas parasitarias (huevos de helmintos, quistes de protozoarios, etc.).
- d) Cumplir con las normas o reglamentos legales que permiten el uso de las aguas residuales, vertimiento a la red de alcantarillado de aquellas aguas residuales no domésticas y vertimiento a las fuentes de agua o aguas marinas.

Procesos en el tratamiento de aguas residuales

Según Lazcano (2016) el tratamiento de las aguas residuales comprende los siguientes pasos:

- a) Tratamiento preliminar (pretratamiento): para remover objetos o partículas que pueden obstaculizar los procesos en plantas.
- b) Tratamiento primario: se lleva a cabo en procesos operacionales tales como sedimentación y filtración.
- c) Tratamiento secundario: biológicos, lodos activados, filtros goteadores, lagunas de oxidación, tratamientos anaeróbicos, etc., y químicos: coagulación y desinfección.
- d) Tratamiento terciario o avanzado: son unidades operacionales y de procesos químicos y biológicos que remueven DBO, nutrientes, patógenos y parásitos, y, algunos, sustancias tóxicas.

2.2.4. Tratamiento preliminar

El agua residual requiere un pretratamiento que elimine los sólidos de mayor tamaño o acondicione las aguas para la recepción por los canales o tuberías y continuar en el tratamiento secundario mediante procesos de neutralización y homogeneización (Ramalho, 1996).

Cribado

Desbrozo o cribado, permite reducir los sólidos en suspensión de distintos tamaños. Dependiendo del objetivo se determina la abertura de las rejillas, su limpieza es manual o mecánica. Los sólidos recogidos se eliminan por incineración, o se someten a procesos de digestión anaerobia, o se envían directamente al vertedero. Generalmente son una malla metálica de acero, o placas de acero perforado y se emplean mayoritariamente en lugar de tanques de sedimentación. Sin embargo, el atascamiento u obstrucción son problemas recurrentes, por lo que se requiere de una limpieza constante para que se alcance un porcentaje de eliminación de sólidos suspendidos de entre un 5 y un 25%. Por esta razón, las rejillas finas o de apertura reducida no son muy comunes en la implementación. En ocasiones se utilizan trituradoras en lugar de rejillas gruesas, con aberturas entre 4 y 9 cm, para reducir el tamaño de los sólidos suspendidos y se puedan eliminar por sedimentación. Asimismo,

brindan protección a los equipos mecánicos presentes en el sistema de tratamiento (Ramalho, 1996).

2.2.5. Tratamiento primario

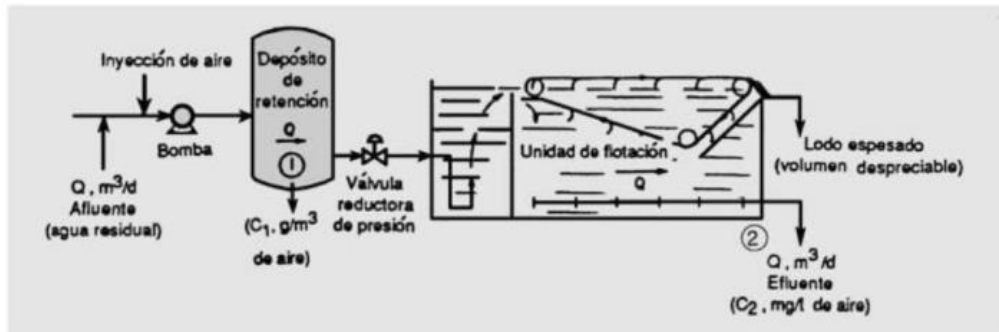
Sedimentación

Utilizada para separar los sólidos en suspensión presentes en las aguas residuales. La diferencia de peso específico entre el líquido y las partículas sólidas es la base de la eliminación de materias por sedimentación, que terminan depositadas en el fondo del componente. En algunos casos, el único tratamiento que se le da a las aguas residuales es la sedimentación, o también puede darse en varias etapas del proceso de tratamiento. En un sistema típico de lodos activados, puede emplearse en tres fases del tratamiento: en los desarenadores, en los que se elimina la materia inorgánica como la arena, en los clarificadores o sedimentadores primarios, donde se separa los sólidos orgánicos y otros antes de entrar al reactor biológico, en los clarificadores o sedimentadores secundarios, posteriores al reactor biológico para retirar los lodos biológicos del efluente tratado (Ramalho, 1996).

Flotación

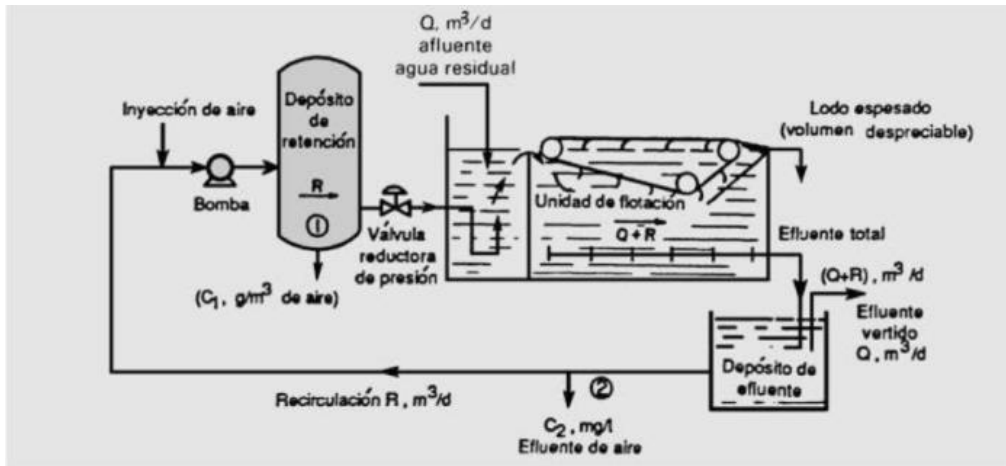
Proceso mediante el cual se separan sólidos de baja densidad del líquido a tratar. Se introduce un gas, generalmente aire, para formar burbujas y llevar a cabo la separación. El líquido es presurizado hasta alcanzar una presión de entre 2 y 4 atm, consiguiendo la saturación con suficiente aire del líquido. Luego, se somete al líquido saturado de aire a una despresurización mediante la circulación por una válvula reductora de presión hasta alcanzar la presión atmosférica. En esta situación, se forman burbujas de aire debido a la despresurización que se desprenden del líquido, las partículas sólidas y líquidos en suspensión como los aceites flotan, elevándose a la superficie debido a la acción mecánica de las burbujas. La concentración de sólidos suspendidos en la superficie puede retirarse mediante sistemas mecánicos (Ramalho, 1996). El líquido clarificado puede separarse cerca del fondo, y parte del mismo puede reciclarse como se muestra en la figura N°9 y N°10.

Figura N°9: Sistema de flotación sin recirculación.



Fuente: Ramalho, 1996.

Figura N°10: Sistema de flotación con recirculación.



Fuente: Ramalho, 1996.

La flotación en el tratamiento de aguas residuales busca los objetivos de separar las grasas, aceites y sólidos de baja densidad, y luego del proceso de lodos activados espesar los residuos provenientes. Si se emplea un sistema de flotación con reciclaje se pueden conseguir calidades superiores de los efluentes, conteniendo porcentajes menores de sólidos suspendidos, y economizando la energía necesaria para el procedimiento (Ramalho, 1996).

2.2.6. Tratamiento secundario

Lagunas de estabilización

Lazcano (2016) también las denomina como lagunas de oxidación o estanques de bioestabilización, es uno de los métodos más usados en los países en vías de desarrollo para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Son plantas con

gran eficiencia, fácil operación y de bajo costo, pero presentan desventajas como la gran extensión de terreno para su construcción y la necesidad de ser ubicada en zonas de clima tropical o semitropical. En su mayoría los efluentes que genera son reusados en la agricultura y los estanques de piscicultura.

Objetivos de las lagunas de estabilización

Lazcano (2016) indica que la calidad del efluente deseado dependerá de la normativa del gobierno, respecto a la salud se exige minimizar los organismos patógenos e indicadores de contaminación fecal. El medio ambiente demanda remover la concentración de materia orgánica y sólidos suspendidos totales o no filtrables (SST) a niveles tolerables por los cuerpos receptores sean cuerpos de agua o terrenos. Y si se piensa utilizar para la agricultura garantizar el cumplimiento de los criterios de la OMS y normas nacionales, respecto de la calidad del agua para reúso agrícola.

Dependiendo de los parámetros del afluente, la planta de tratamiento presenta una serie de procesos operacionales y unitarios para conseguir la remoción de materia orgánica, eliminación de patógenos, remoción de sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo y sustancias inorgánicas disueltas.

Ventajas del uso de lagunas de estabilización

Las principales ventajas que se encuentran según Lazcano (2016) son: soportar sobrecargas hidráulicas y orgánicas con mayor flexibilidad, formación de biomasa efectiva y variada en comparación a los tanques sépticos y tanques Imhof, construcción y operación sencillas, mantenimiento mínimo, posibilidad de reúso para agricultura y piscicultura, no requiere de desinfección, alta estabilización de materia orgánica y permite tratar aguas residuales de industrias con componentes biodegradables.

Desventajas del uso de lagunas de estabilización

Las principales desventajas que se encuentran según Lazcano (2016) son: el requerimiento de grandes extensiones de terreno para su implementación, las condiciones climáticas pueden alterar su óptimo funcionamiento, los efluentes deben ser monitoreados debido a que una alta concentración de algas puede acarrear problemas para las fuentes de agua receptoras, una

impermeabilización defectuosa genera impactos negativos en el suelo y aguas subterráneas, y un mal diseño u operación deficiente genera malos olores.

Descripción del proceso

Los afluentes de agua residual son captados y depositados en pozos o estanques, de acuerdo con el dimensionamiento del proyecto. Allí se genera un ecosistema, producto de la bioestabilización de materia orgánica biodegradable y el aporte de oxígeno de las algas, que elimina las bacterias patógenas y huevos de helmintos debido a la transformación de la materia orgánica en biomasa celular. Los estanques presentan una profundidad variable de 0,50 a 5 m o más, y dependiendo del diseño los tiempos de retención de las aguas en tratamiento también son variables para evitar que el efluente presente sustancias tóxicas (Lazcano, 2016).

Clasificación de las lagunas de estabilización

Lazcano (2016) señala que los primeros pozos o estanques en recibir los afluentes de las aguas residuales se denominan lagunas o estanques primarios, el efluente de estos tanques de sedimentación pasan a ser recolectados por las lagunas o estanques secundarios, así seguidamente se construyen lagunas terciarias y cuaternarias dependiendo del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Se clasifica a las lagunas de estabilización de la siguiente manera:

Lagunas aerobias

Estanques de poca profundidad hasta 1,5 m, donde la materia orgánica se estabiliza por la acción biológica que producen las bacterias aerobias al descomponer los residuos y las algas que proveen de oxígeno al sistema. Estos procesos bioquímicos logran el desdoblamiento aeróbico de la materia orgánica. Las lagunas aerobias a su vez se clasifican en: Lagunas de maduración o de pulimiento cuya función principal es la de remover los patógenos, como virus, larvas de helmintos y quistes de protozoarios. Lagunas de baja tasa diseñadas para recibir los efluentes de los estanques primarios para completar la remoción de nutrientes y materia orgánica. Lagunas de alta tasa diseñadas para obtener alta concentración de algas, las cuales se pueden

disponer para su reubicación en otros pozos o como alimento para peces (Lazcano, 2016).

Lagunas facultativas

Diseñadas para disminuir la carga de la demanda bioquímica de oxígeno y así se puedan desarrollar las algas y bacterias necesarias para la depuración de las aguas residuales. Presentan una zona aeróbica en la superficie donde se desarrollan las algas y bacterias aeróbicas que fermentan la materia orgánica, y una zona anaeróbica en la profundidad donde se desarrollan los microorganismos anaerobios que producen metano y otros gases (Lazcano, 2016).

Lagunas anaeróbicas

Usualmente el primer estanque en recibir las aguas residuales, no contiene oxígeno disuelto ni algas ya que contiene sustancias tóxicas, grasas y aceites que impiden la proliferación de las algas y bacterias necesarias para la depuración del agua. Su objetivo es la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno en cortos tiempos de retención, genera sedimentos que deben ser retirados en lapso de uno a tres años (Lazcano, 2016).

Lagunas aireadas

Recomendada para efluentes de industrias papeleras y poblaciones de pequeñas a medianas. Se caracteriza por la implementación de aireadores mecánicos que aportan oxígeno de manera prolongada permitiendo la reducción de coliformes termo tolerantes y remociones de demanda bioquímica de oxígeno mayores del 90% en tiempos de retención que varían de dos a seis días. Sus mayores ventajas son su fácil control de operación, bajos requerimientos de mantenimiento, no requiere tratamiento previo y que soporta efluentes discontinuos. Mientras que las desventajas presentes son la generación de malos olores, requerimiento de mayores espacios que otros sistemas de tratamiento y el requerimiento de aireadores artificiales, que implican un gasto energético y de mantenimiento adicionales (Lazcano, 2016).

Lodos activados

A modo de introducción en esta parte, se trae a bien mencionar que hasta algunos años atrás, tanto en el diseño como en el control de los que depuran las aguas residuales tenían una base teórica eficaz lo que llevaba a un óptimo desarrollo de funciones, por ende, altamente predecibles. El problema de cálculo, diseño y operación, empieza a complicarse en el intento de eliminar las sustancias orgánicas putrescibles, ya disueltas, o en forma coloidal por biodegradación, presentando la mayor dificultad en la etapa de tratamiento secundario, donde se logra hacer desaparecer la contaminación de las aguas, a diferencia de las demás etapas, que separan físicamente, a un estado de menor molestia, las materias contaminantes de la corriente de agua. En este tratamiento secundario, se juntan fenómenos físicos, químicos y biológicos de manera simultánea (Gil, 2006).

Lodos Activados, es un proceso de tratado de aguas grises más comúnmente utilizado y fue desarrollado en Inglaterra a inicios del siglo XX. Este es un proceso biológico que tiene alto costo de inversión, lo que lleva a elevar también los costos de operación y mantenimiento, pero al margen de ello, es el más comúnmente utilizado en el tratamiento de aguas residuales tanto del tipo municipal y también industrial. Es un proceso estable y con altas eficiencias de remoción de materia orgánica. Las modificaciones al proceso convencional son atractivas por su flexibilidad, sobre todo en la aceptación de cargas orgánicas variables. Es el sistema más utilizado en Estados Unidos principalmente para plantas de gran capacidad. En México más del 30% de las plantas de tratamiento son de lodos activados. Este proceso, en su modificación de aeración extendida, es ampliamente utilizado en el tratamiento de aguas residuales industriales. Para lograr una alta eficiencia en el tratamiento, se debe realizar una caracterización completa del agua residual y de las variaciones de flujo, con el fin de lograr la homogeneización del flujo y de la carga orgánica hacia el reactor. Otras variables que deben controlarse son la temperatura, la salinidad y la concentración de sustancias tóxicas ya que también influyen en la eficiencia del proceso (Ramírez, 2004). El proceso de lodos activos se utiliza para el tratamiento de aguas residuales tanto de industria como urbano, y este viene dándose en un tiempo estimado alrededor de casi un siglo. Inicialmente

el diseño para este tipo de proceso, fue empírico, luego fue dándose de manera más racional partiendo de la premisa de que todo tipo de agua residual se somete a un proceso de aireación en un periodo de tiempo definido logrando reducir de esta manera su materia orgánica, logrando un tipo de lodo activo flocculento.

A modo de descripción del proceso, se considera que el agua residual entra al reactor en el que se encuentra un cultivo de microorganismos, constituido principalmente por bacterias en suspensión, las cuales en su conjunto se les conoce como "licor mezclado". Las condiciones aerobias y la materia en suspensión se mantienen por el suministro de aire, que se realiza mediante de sistemas de difusión o de aeración mecánica. Después de un determinado tiempo de retención, el licor mezclado pasa a un tanque de sedimentación secundaria, donde se separa del agua tratada. Esta sale por la parte superior del tanque y los microorganismos y otros productos de la degradación se separan en forma de flóculos. Una parte de la biomasa sedimentada se retorna al tanque de aeración o reactor para mantener una concentración deseada de sólidos suspendidos volátiles (microorganismos) en el licor mezclado, y la otra parte se retira del sistema como desecho, denominado "lodo residual". En caso de que la biomasa no sedimente la separación de la misma se puede realizar sustituyendo el sedimentador secundario por una unidad de flotación, en la Figura N°11 se muestra un esquema de los procesos típicos de un sistema de lodos activados.

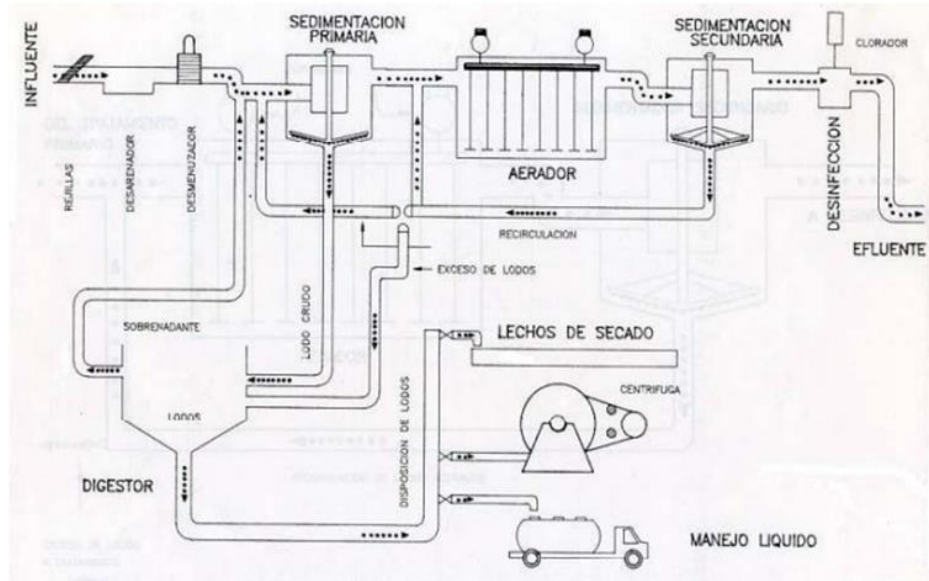


Figura N°11: Esquema general del proceso de lodos activados.

Fuente: Ramírez (2004).

Ramírez (2004) menciona que el proceso básico de lodos activados se integra por varios componentes que se interrelacionan entre sí:

- a) Tanque de aeración diseñado para un mezclado completo o para trabajar como flujo pistón.
- b) Fuente de aeración que permite transferir el oxígeno y proporciona la mezcla que requiere el sistema. La fuente puede ser un soplador con difusores, aeración mecánica o a través de la inyección de oxígeno puro.
- c) Sedimentador para separar los sólidos biológicos del agua tratada.
- d) Sistema de tuberías y bomba para recircular los sólidos biológicos del sedimentador al reactor biológico, lo que se conoce como recirculación de lodos activados.
- e) Tubería para desechar el exceso de lodos biológicos del sistema, lo que se conoce como purga de lodos.

Muñoz y Asedegbega (2019) señalan que en los reactores aerobios se produce el crecimiento de microorganismos, generando la formación de flóculos que por adsorción arrastran materia orgánica e inorgánica, originando un caudal llamado fango. Por su origen, este fango debe ser procesado para garantizar su

inocuidad, siendo sometido a tratamientos de eliminación de patógenos, deshidratación, reducción de volumen y de ser posible su reutilización.

El fango contiene agua con distintas formas de adherencia o mezcla. Muñoz y Asedegbega (2019) indican que por gravedad se puede eliminar del 5 a 8% de agua libre que contiene el fango, mediante procedimientos mecánicos como la filtración o el centrifugado es posible eliminar aproximadamente el 70% del agua coloidal y capilar que contiene el fango, y mediante un proceso de secado se termina por extraer el resto de agua que se encuentra en la estructura celular del fango y se consigue materia seca.

Espesado estabilización y/o deshidratación del fango

Dependiendo de si el fango proviene de un reactor biológico o no, el espesado del lodo varía. Si el fango no ha pasado por un reactor biológico es más denso y se aplica una sedimentación por gravedad donde la materia sólida se recolecta del fondo del estanque, si el fango ha pasado por un reactor biológico presenta menor densidad y se aplica una sedimentación por flotación donde la materia sólida se suspende en la superficie del estanque de donde es recolectado (Muñoz y Asedegbega, 2019). Otras alternativas de estabilización son los procedimientos químicos que consisten en la aplicación de cloro, cal, cloruro férrico o sulfato de aluminio, el material resultante debe ser removido y descartado.

Compostaje

Luego de la remoción de microorganismos patógenos y con presencia mínima de metales pesados, se obtiene un material estable e inocuo, producto de la transformación del fango deshidratado en materia semejante a humus. Las bacterias y hongos presentes en el fango reaccionan a distintas temperaturas, ocasionando la mineralización, oxidación y nitrificación del fango y transformándolo a materia semejante al humus.

El compostaje tiene etapas de procesamiento como son: el acondicionamiento donde se mezcla el fango con restos vegetales para darle humedad y porosidad necesarias para las reacciones químicas que mantendrán la relación de carbono y nitrógeno en los límites adecuados y el pH se autorregule durante el

transcurso de la operación. La fermentación que puede aplicarse de diferentes formas como son las pilas estáticas, pilas fijas o volteadas, pilas ventiladas, túneles, contenedores o con un tabor de rotación, tienen el objetivo de proveer de oxígeno y regular la temperatura durante el proceso de estabilización de la humedad y pH del humus. La maduración es la etapa donde se eliminan los patógenos y microorganismos en exceso debido a las altas temperaturas que se alcanzan durante la fermentación, la materia orgánica que resulta es de degradación lenta y es retirada a otros contenedores. Finalmente, el afino es el procesamiento del material resultante del compostaje para su uso agrícola si es que cumple con las normativas de contenido de metales pesados o de no ser el caso se lo destina como material de relleno sanitario (Muñoz y Asedegbea, 2019).

2.3. Marco legal de descarga de aguas residuales

2.3.1. Reglamentación internacional de descarga de aguas residuales

Normatividad española

En España en el año 2015 el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente modificó el decreto-ley 11/1995 por el que se “Establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas”, que busca complementar las normas sobre depuración y vertido de aguas residuales. La norma plantea los requisitos de los vertidos de aguas residuales procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas, como se muestra en la tabla N°14 (Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 2015).

Tabla N°14: Requisitos de los vertidos de aguas residuales en España.

Parámetros	Unidad	Concentración	Porcentaje (%)
			Mínimo de Reducción
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	25	70-90
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	125	75
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	35	90
Fósforo Total	mg/L	2	80
Nitrógeno Total	mg/L	15	70-80

Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente de España (2015).

Normatividad mexicana

En México en el año 2003 la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales reformó la norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996 que “Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales”, que pretende controlar las sustancias contaminantes que son vertidos en los ríos, embalses, lagunas o cuerpos de agua nacionales. La norma plantea los siguientes límites máximos permisibles dependiendo del lugar de disposición final y el uso posterior de las aguas residuales vertidas, como son mostrados en las tablas N°15, 16 ,17 y 18 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003).

Tabla N°15: Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en ríos según su uso en México.

Parámetros	Unidad	Ríos					
		Uso en riego agrícola		Uso público urbano		Protección de vida acuática	
		P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura	°C	-	-	40	40	40	40
Grasas y Aceites	mg/L	15	25	15	25	15	25
Sólidos Sedimentables	mL/L	1	2	1	2	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	150	200	75	125	40	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	150	200	75	150	30	60
Nitrógeno Total	mg/L	40	60	40	60	15	25
Fósforo Total	mg/L	20	30	20	30	5	10

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (2003).

Tabla N°16: Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en embalses según su uso en México.

Parámetros	Unidad	Embalses naturales y artificiales			
		Uso en riego agrícola		Uso público urbano	
		P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura	°C	40	40	40	40
Grasas y Aceites	mg/L	15	25	15	25
Sólidos Sedimentables	mL/L	1	2	1	2
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	75	125	40	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	75	150	30	60
Nitrógeno Total	mg/L	40	60	15	25
Fósforo Total	mg/L	20	30	5	10

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (2003).

Tabla N°17: Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en aguas costeras según su uso en México.

Parámetros	Unidad	Aguas costeras					
		Pesquería, navegación y otros usos		Recreación		Estuarios	
		P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura	°C	40	40	40	40	40	40
Grasas y Aceites	mg/L	15	25	15	25	15	25
Sólidos Sedimentables	mL/L	1	2	1	2	1	2
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	150	200	75	125	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	150	200	75	150	75	150
Nitrógeno Total	mg/L	-	-	-	-	15	25
Fósforo Total	mg/L	-	-	-	-	5	10

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (2003).

Tabla N°18: Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en embalses según su uso en México.

Parámetros	Unidad	Suelo			
		Uso en riego agrícola		Humedales naturales	
		P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura	°C	-	-	40	40
Grasas y Aceites	mg/L	15	25	15	25
Sólidos Sedimentables	mL/L	-	-	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	-	-	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	-	-	75	150
Nitrógeno Total	mg/L	-	-	-	-
Fósforo Total	mg/L	-	-	-	-

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (2003).

En México en el año 1998 la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales reformó la norma oficial mexicana NOM-002-ECOL-1996 que “Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal”, que pretende controlar las sustancias contaminantes que son vertidos a las aguas nacionales y proteger la infraestructura de los sistemas de alcantarillado. La norma plantea los siguientes límites máximos permisibles dependiendo del tiempo de muestreo se obtendrán promedios mensuales o diarios, como se muestra en la tabla N°19 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1998).

Tabla N°19: Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal en México.

Parámetros	Unidad	Promedio mensual	Promedio diario	Instantáneo
Grasas y Aceites	mg/L	50	75	100
Sólidos Sedimentables	mL/L	5	75	10
Arsénico Total	mg/L	0.5	0.75	1
Cadmio Total	mg/L	0.5	0.75	1
Cianuro Total	mg/L	1	15	2
Cobre Total	mg/L	10	15	2
Cromo hexavalente	mg/L	0.5	0.75	1
Mercurio Total	mg/L	0.01	0.015	0.02
Níquel Total	mg/L	4	6	8
Plomo Total	mg/L	1	1.5	2
Zinc Total	mg/L	6	9	12

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (1998).

Normatividad colombiana

En Colombia en el año 2015 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible publicó la resolución N°0631 “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”, que pretende controlar las sustancias contaminantes que son vertidos en los ríos, embalses, lagunas o sistemas de alcantarillado público. Dependiendo de la actividad realizada la norma plantea diferentes parámetros y valores permisibles a tener en cuenta, para el caso de actividades relacionadas con la atención médica en humanos el artículo 14 de la norma plantea los siguientes valores admisibles mostrados en la tabla N°20 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Tabla N°20: Principales parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles de vertimiento en Colombia.

Parámetros	Unidad	Actividades de atención a la salud	Actividades de atención a la salud
		humana - atención médica con y sin internación	humana - hemodiálisis y diálisis peritoneal
pH	-	6,00 - 9,00	6,00 - 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	800
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	150	600
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	50	100
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5	1
Grasas y Aceites	mg/L	10	10
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte	-
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L	Análisis y Reporte	-

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2015).

2.3.2. Reglamentación nacional de descarga de aguas residuales

Estándares nacionales de calidad ambiental para agua

El Ministerio del Ambiente (MINAM) aprobó en el 2017 el decreto supremo N°004-2017-MINAM “Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias” donde se establecen las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos que los cuerpos receptores deben mantener para que no deterioren el recurso hídrico y no ponga en riesgo la salud de la población. En la tabla N°21 se muestran algunas de las concentraciones establecidas (MINAM, 2017).

Tabla N°21: Principales estándares nacionales de calidad ambiental para el agua.

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable				
Parámetro	Unidad	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Aceites y grasas	mg/L	0.5	1.7	1.7
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	3	5	10
Demanda química de oxígeno	mg/L	10	20	30
Fósforo total	mg/L	0.1	0.15	0.15
Nitrógeno amoniacal	mg/L	1.5	1.5	-
pH	-	6,5-8,5	5,5-9	5,5-9
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	20	2000	20000
Coliformes totales	NMP/100 mL	50	-	-

Fuente: MINAM (2017).

Límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales

El Ministerio del Ambiente (MINAM) aprobó en el 2010 el decreto supremo N°003-2010-MINAM “Límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” donde se establecen los parámetros físicos, químicos y biológicos que los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben evitar exceder para no causar daños a la salud, el bienestar humano y al medio ambiente. En la tabla N°22 se muestran los parámetros y los límites que no deben exceder (MINAM, 2010).

Tabla N°22: Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.

Parámetro	Valor	Unidad
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10,000
Demanda Bioquímica de oxígeno en 5 días	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	mg/L	200
pH	-	6,5-8,5
Sólidos totales en suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: MINAM (2010).

Valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) aprobó en el 2009 el decreto supremo N°021-2009-VIVIENDA “Valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario” donde se establecen los parámetros físicos, químicos y biológicos que deben evitar exceder para no causar daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y perturban los procesos de tratamiento de las aguas residuales. En la tabla N°23 y 24 se muestran los parámetros y los valores que no deben exceder (MVCS, 2009).

Tabla N°23: Valores máximos admisibles anexo 1.

Parámetro	Unidad	VMA
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	500
Demanda química de oxígeno	mg/L	1000
Sólidos suspendidos totales	mg/L	500
Aceites y grasas	mg/L	100

Fuente: MVCS (2009).

Tabla N°24: Valores máximos admisibles anexo 2.

Parámetro	Unidad	VMA
pH	-	6,0-9,0
Temperatura	-	<35
Sólidos sedimentables	mL/L/h	8,5
Nitrógeno amoniacal	mg/L	80
Sulfatos	mg/L	500
Cromo total	mg/L	10
Arsénico	mg/L	0,5
Boro	mg/L	4
Plomo	mg/L	0,5

Fuente: MVCS (2009).

2.4. Diseño ingenieril del sistema de tratamiento de aguas residuales

Los problemas que un ingeniero debe resolver varía en función de las diferentes ramas de la ingeniería. Debido a que los diseños de ingeniería son diversos, no existe un procedimiento definitivo que satisfaga todas las problemáticas que se presenten durante el proceso. Sin embargo, los ingenieros están capacitados para enfocar los problemas sistemáticamente y pensar en términos analíticos y objetivos. En el proceso de diseño ingenieril se definen problemas, se reúne información, se proponen diferentes resoluciones aplicables y se desarrolla una de las soluciones posibles (Deiana, Granados y Sardella, 2018).

En el desarrollo de la investigación de la tesis hay que considerar algunos aspectos que son evidentes, ya que estos mantienen una relación directa con los sistemas que van a ser evaluados, por una parte, se encuentran las piezas que forman la estructura del proceso de tratamiento y, por otra parte, la función de cada una como elemento esencial para la desinfección y/o descontaminación de las aguas grises.

Una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), viene a ser a modo de definición el conjunto de métodos y acciones en estructuras en donde como tal, se realicen procesos biológicos y químicos, con el único fin de reducir elementos contaminados a un máximo permisible.

A modo de un mejor entendimiento en relación al proceder de una PTAR, se muestra la figura N°12, donde se puede condicionar a contar con una claridad en las piezas que la componen y donde es que intervienen procesos del tipo físico, químico y biológico, con el único fin de eliminar contaminantes.

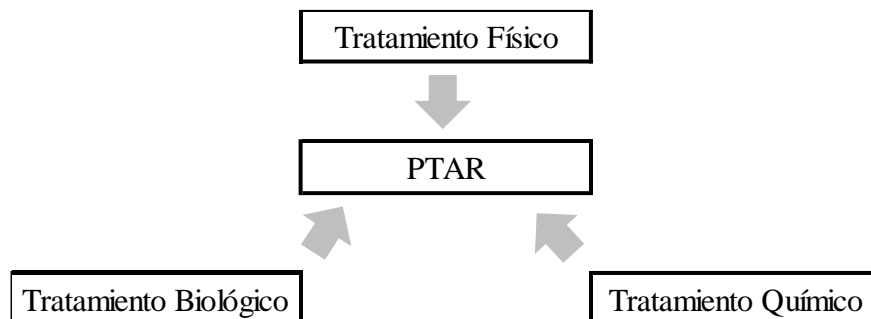


Figura N°12: Tratamientos en las plantas de aguas residuales (PTAR).

Fuente: Elaboración Propia.

En la investigación de la tesis se ha determinado realizar como proceso de tratamiento de aguas residuales el proceso denominado lodos activados, debido a la geografía y el poco espacio con el que se cuenta alrededor del Centro de Salud Picota, con esta determinación se pretende generar el mínimo impacto del tipo ambiental en la zona.

2.4.1. Tratamiento por lodos activados

Conjunto de procesos biológicos comprendidos para la depuración natural de aguas residuales, en su mayoría del tipo doméstica ya que estas contienen partes de contaminación en base a nitrógeno, fósforo y anhídrido de carbono (Romero, 2000).

Dicho proceso se desarrolla en dos etapas:

a) Tratamiento biológico aeróbico con bacterias o etapa de aireación

Tanques con aireadores inyectan oxígeno a las bacterias que se encuentran en la biomasa, estas, son las encargadas de convertir la materia orgánica en reacción a la presencia de oxígeno, es ahí donde se reproducen y/o desarrollan. Debido a su microscópico tamaño, estas pueden embeber y convertir los contaminantes disueltos en CO₂ y sólidos en suspensión. Estas bacterias también tienen la propiedad de agruparse entre ellas y adherirse a partículas inertes generando flóculos, esta etapa permite la separación física del agua y los lodos formados por flóculos.

b) Separación de lodos activados por gravitación o etapa de decantación

Se trata la biomasa en un tanque con el único fin de separar los lodos generados por medio de procesos gravitacionales. En dicho proceso la misma (biomasa) va a requerir de una pantalla delante del vertedero y un barredor para la superficie del agua depurada con el objetivo de eliminar los flotantes. Se debe considerar que los lodos asentados deben de ser eliminados teniendo en cuenta la cantidad admisible por parte del decantador.

2.4.2. Parámetros de diseño del reglamento nacional de edificaciones

En el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Norma OS.090 contempla en el inciso 4.3.9 de Disposiciones Generales, Normas para los Estudios de

Factibilidad, que la información que se colecte determinará las bases para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Considerando dentro de la misma, un período de diseño que cuente con intervalos de 20 a 30 años. Las bases del diseño deben lograr resolver tanto en índices del tipo actual, futura e intermedia, resultados de las siguientes variables.

De acuerdo la Resolución DS N° 011-2006-VIVIENDA el periodo de diseño se determina entre los 20 a 30 años y no se tiene en cuenta el nivel de complejidad, por lo tanto, la presente propuesta de diseño se realiza en intervalos según la determinación dada, y estos oscilan entre los años 2021 y 2051.

2.4.3. Cálculo de la población del centro proyectada

Para realizar la proyección de la población del Centro de Salud Picota, se utilizarán métodos del tipo aritmético, geométrico, exponencial y wappaus, luego de la misma, se procederá a elegir valores promedios, considerando el valor óptimo al que menos desviación presente.

Las ecuaciones de los métodos utilizados fueron extraídas del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (2010).

- Método Aritmético

$$Pf = Puc + \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} * (Tf - Tuc) \dots (1)$$

Donde:

Pf: población futura para el tiempo estimado en el diseño.

Puc: población del último año censado.

Pci: población correspondiente al año inicial.

Tuc: año correspondiente al último censo.

Tci: año correspondiente al censo inicial.

Tf: año para el cual se quiere proyectar.

- Método Geométrico

$$A = Puc * (1+r)^{Tci-Tuc} \dots (2)$$

Donde:

r: es la tasa de crecimiento anual en forma decimal, calculada mediante la siguiente ecuación:

$$r = \left(\frac{Puc}{Pci} \right)^{\frac{1}{Tuc-Tci}} - 1 \dots (3)$$

- Método Exponencial

$$Pf = Pci * e^{k*(Tf-Tci)} \dots (4)$$

Donde:

k: es la tasa de crecimiento de la población, calculada mediante la siguiente ecuación:

$$K = \frac{\text{LnPcp} - \text{LnPca}}{Tcp - Tca} \dots (5)$$

Donde:

Pcp: población del censo posterior.

Pca: población del censo anterior.

Tcp: año correspondiente al censo posterior.

Tca: año correspondiente al censo anterior.

Ln: logaritmo natural.

- Método de Wappaus

$$Pf = Pci * \frac{(200 + i * (Tf - Tci))}{(200 - i * (Tf - Tci))} \dots (6)$$

Donde:

i: tasa de crecimiento en %, donde se obtendrá con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{200 * (Puc - Pci)}{(Tuc - Tci) * (Pci + Puc)} \dots (7)$$

Este método se utilizará sólo cuando se cumpla la siguiente condición:

$$i * (Tf - Tci) < 200 \dots (8)$$

- Población flotante

El Centro de Salud Picota tiene una importancia comercial y/o industrial (del tipo hospitalaria) ya que, siendo el distrito de Picota, el principal de la provincia con la que lleva el mismo nombre, este tiene una afluencia variada en relación a los diferentes caseríos con los que cuenta en sus alrededores. Por otra parte, el Centro de Salud Picota tiene una ubicación geográfica muy cercana al atractivo turístico más relevante en el distrito.

De no contar con registros que representen población flotante, se debe de plantear metodologías particulares que serán planteadas por el diseñador y de común acuerdo con el contratador (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, 2017).

En la presente propuesta de diseño se optó por contar como factor de proyección el valor de 3% siguiendo las consideraciones adoptadas por Tavera (2018) en su proyecto diagnóstico funcional al sistema de alcantarillado del municipio de Soatá Boyacá.

2.4.4. Dotación neta (dneta)

La dotación neta es una información del tipo estadística que se obtiene con la obtención de datos históricos. Ahora bien, hay que considerar que nuestra población de estudio es la de un centro de salud nuevo como estructura, por ende, no cuenta con data histórica, salvo que se proyecte la que tiene el hospital antiguo del distrito, y/o hacer un comparativo con una siguiente opción que es la de determinar la dotación neta de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar del centro de salud obteniendo la dotación de la siguiente tabla N°25.

Tabla N°25: Dotación neta máxima por altura sobre el nivel del mar.

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida	Dotación neta máxima (L/habxdía)
> 2000 m.s.n.m.	120
1000 - 2000 m.s.n.m.	130
< 1000 m.s.n.m.	140

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia (2017).

Considerando que el centro de salud se encuentra a una altura de 450 m.s.n.m. la dotación que le corresponde al presente proyecto de investigación a modo de propuesta de diseño, es la de 140 l/hab*día.

2.4.5. Cálculo de caudales del sistema

Aguas residuales municipales (QD)

En razón a que el centro de salud no cuenta con una proyección de demanda en lo que se refiere a agua potable, el caudal de aguas residuales se definirá por intermedio de la siguiente ecuación.

$$QD = \frac{CR * P * dneta}{86400} \dots (9)$$

Donde:

CR: coeficiente de retorno, se asume 0.85, en relación a no contar con esa data.

P: población proyectada.

Dneta: demanda neta de agua.

Caudal medio diario (QMD)

Se procede con la siguiente ecuación.

$$QMD = QD + QC + QI + QIN \dots (10)$$

Donde:

QC: caudal por aguas residuales comerciales, por norma se asume 0.4 L/s*Ha. Se deberá multiplicar este valor por las áreas aferentes al sistema de alcantarillado, mediante los cálculos realizados se obtuvo como valor de áreas aferentes 0.79 Ha.

QIN: caudal por aguas residuales institucionales, por norma se asume 0.4 L/s*Ha.

Ahora bien, se tiene que considerar multiplicar este valor con las áreas colindantes del sistema de alcantarillado del total del centro, obteniendo un valor de 5 Ha.

Caudal máximo horario (QMH)

Se calculan con la data obtenida de QMD y con la siguiente ecuación.

$$QMH = F * QMD \dots (11)$$

Donde:

F: factor de mayoración, dicho factor que se calcula por intermedio de la ecuación.

$$F = \frac{370}{QMD^{0.0733}} \dots (12)$$

Caudal de infiltración (Qinf)

Con una inspección in situ, habiendo verificado las condiciones de terreno se propone utilizar a modo de opción valores con intervalos cerrados entre 0.1 a 0.3 L/s*ha, en razón a que se verificó un suelo relativamente poroso, lo que sintetiza una permeabilidad relativamente baja y desde el punto de vista topográfico, áreas con pendientes bajas. Por estas razones mencionadas líneas atrás, se opta por trabajar con un valor de 0.1 L/s*ha, como caudal de infiltración. Ahora bien, se tiene que considerar multiplicar este valor con las áreas aferentes del sistema de alcantarillado del total del centro, obteniendo un valor de 5 Ha.

Caudal por conexiones erradas (Q_{ce})

Este dato se debe de optar por elegir considerando estadística histórica del lugar en el que se desarrolla el centro de salud o en su defecto tomar como valor de caudal por conexiones erradas $Q_{CE} = 0.1 \text{ L/ s*ha}$. Ahora bien, se tiene que considerar multiplicar este valor con las áreas colindantes del sistema de alcantarillado del total del centro, obteniendo un valor de 5 Ha.

Caudal de diseño (Q_{dt})

Este dato se optó por elegir considerando la ecuación siguiente (13), el resultado de esta ecuación, debe de ser mayor o igual a 1.5, en caso de obtener un valor de intervalos contrarios al mencionado, se debe de considerar tener la data de 1.5 L/s como QDT definitivo.

$$QDT = QMH + QIN + QCE \dots (13)$$

Caudal por aguas lluvias (Q_{all})

Esta data se estimó por intermedio del método racional debido a que el área de intervención es menor a 5 Ha.

Por otra parte, el período de retorno se fija en la tabla N°26, según el Artículo 135.

Tabla N°26: Periodos de retorno

Características del área de drenaje	Periodo de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarios menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia (2017).

La intensidad de la lluvia será determinada mediante las curvas IDF de la zona de estudio, se deberá determinar mediante la información existente que se disponga.

Este dato se debe calcular con la ecuación siguiente (14)

$$Q_{all} = 2.78 * C * i * A \dots (14)$$

Donde:

C: coeficiente de escorrentía, determinado en 0.75 por las condiciones del terreno.

i: intensidad de la lluvia de diseño (mm/h).

A: área de la cuenca (Ha)

Siendo la intensidad calculada mediante la ecuación.

$$i = \frac{K * Tr^m}{d^n} \dots (15)$$

Donde:

k: correlación lineal múltiple.

Tr: periodo de retorno (años).

d: duración de la precipitación (min).

m: correlación lineal múltiple.

n: correlación lineal múltiple.

Aliviadero para la demasía por aguas lluvias

Se diseñó un aliviadero que es un elemento complementario a los procesos centralizados. Este elemento tendrá como función transportar la demasía de agua que ingrese a los procesos de tratamiento y mantendrá un caudal óptimo en la PTAR propuesta. Se diseñó un aliviadero frontal compuesto de un muro bajo de forma transversal al flujo de entrada y una salida de desvío hacia el terreno natural, este muro permitirá conservar el caudal de diseño de los procesos de tratamiento y evacuar los incrementos de los caudales en periodos lluviosos, se diseñará a partir de las siguientes ecuaciones:

$$Qv = C * L * H^2 \dots (16)$$

Donde:

Qv: caudal sobre el vertedero (m³/s).

C: coeficiente de descarga C=1.7.

L: longitud del vertedero (m).

H: cabeza de energía del vertedero (m).

2.4.6. Tratamientos centralizados

Distancias mínimas para la localización de sistemas de tratamiento de aguas residuales centralizadas

Se deberán considerar las distancias de acuerdo con la siguiente tabla N°27.

Tabla N°27: Distancias para localización de sistemas de tratamiento.

Tecnología	Con Respecto a	Distancia (m)
PTAR	Fuentes de agua para consumo humano diferente a la descarga	50
PTAR con reactor aeróbico y aireación difusa	Centros poblados	75
PTAR con reactor aeróbico y aireación superficial (aerosoles)	Centros poblados	100
PTAR con reactor anaerobio	Centros poblados	200
PTAR	Plantas potabilizadoras y tanques de agua	150
Lagunas anaerobias	Centros poblados	500
Lagunas facultativas	Centros poblados	200
Lagunas aireadas	Centros poblados	100
Filtros percoladores de baja tasa	Centros poblados	200

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia (2017).

2.4.7. Requisitos mínimos de diseño para rejillas

Elementos en los que hay que asegurar de que siempre su ubicación se encuentra aguas arriba de todo el sistema para que de esta forma el mismo, obstaculice el paso de sólidos de tamaño considerable logrando así evitar afectar el funcionamiento del sistema. Las rejillas se clasifican en función de su distanciamiento como se muestra en la tabla N°28.

Tabla N°28: Clasificación de rejillas.

Clasificación	Distancia entre si (cm)
Rejilla Gruesa	4 - 10
Rejilla Media	2 - 4
Rejilla Fina	2 - 1

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia (2017).

La velocidad máxima aproximada debe ser de 1,2 m/s para un caudal máximo y para un caudal mínimo de 0,3 m/s, ahora bien, la limpieza de las mismas puede ser manual o mecánica.

El diseño de la rejilla se determina con las ecuaciones siguientes:

$$Arejillas = \frac{Q}{V_{aprox.} * H} \dots (17)$$

Perdida de la carga:

$$h = \beta * \frac{w}{a} * hv * \sin\alpha \dots (18)$$

Donde:

β : factor de forma

w: ancho de la sección barras

a: separación entre barras

α : ángulo rejilla y horizontal

hv: altura flujo aproximación, dato que se calcula mediante la ecuación.

$$hv = \frac{V_{aprox.}^2}{2 * g} \dots (19)$$

2.4.8. Requisitos mínimos de diseño para sedimentadores primarios

Estos sedimentadores son utilizados inicialmente como rector biológico de lodos activados con tiempos menores a 15 días. Cuando estos sedimentadores son sin elemento de barrer lodos la pendiente usual está entre 45° y 65° para caudales de hasta 6 L/s, y para caudales mayores de 6 L/s será necesaria la

implementación de elemento de barrer lodos con una pendiente óptima de 5 a 10% en sedimentadores de sección rectangular y de sección circular 1%. Se debe de prever la construcción de más de un sedimentador en caudales medios de diseño iguales o superiores a 100 L/s.

Se diseñará a partir de las ecuaciones siguientes:

$$H = \frac{3Q}{2A} \dots (20)$$

H: altura del sedimentador (m).

Q: caudal (m³/s).

A: área (m²).

La altura (H) se obtiene en razón al cociente del caudal (Q) por el área (A), donde cada elemento está vinculado a un factor de mayoración.

La velocidad en la sección de control (vc) se obtendrá mediante el análisis de la altura de la velocidad (hv).

$$hv = \frac{v^2}{2g} \dots (21)$$

$$vc = \sqrt{2g * hv} \dots (22)$$

hv: altura de la velocidad (m).

v: velocidad del caudal (m/s).

g: gravedad (m/s²).

Vc: velocidad de control (m/s).

La longitud del desarenador (Ld) y el tiempo de retención (T) se obtienen con las ecuaciones siguientes:

$$Ld = \frac{H * v}{vs} \dots (23)$$

$$T = \frac{Ld + (Ld * 0.3)}{v * 60} \dots (24)$$

Ld: longitud del desarenador (m).

T: tiempo de retención (horas).

2.4.9. Requisitos mínimos para diseño de reactores UASB

Denominado UASB (Upflow Anaerobic Sluge Blanket) por sus siglas en inglés o en español RAFA (Reactor Anaerobio De Flujo Ascendente), el agua residual a tratar debe de ingresar a un reactor por el término del mismo (parte inferior) y fluir hacia la parte superior, a modo de rebose, garantizando una velocidad ascendente uniforme entre 0,8 y 1,0 m/h, como se muestra en la tabla N°29, por otra parte, la profundidad debe de encontrarse entre 4,5 y 6,0 m. Se deben tomar los tiempos de retención que se muestran en la tabla N°30.

Tabla N°29: Velocidades de flujo ascendente para el diseño de reactores UASB.

Caudal Influyente	Velocidad Ascendente (m/h)
Caudal medio	0,5 - 0,7
Caudal máximo	0,9 - 1,1
Caudal pico temporal	< 1,5

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia (2017).

Tabla N°30: Tiempo de retención hidráulica para reactores UASB.

Temperatura del agua residual (°C)	Tiempo de retención hidráulica (horas)
16 a 19	10 - 14
20 a 26	6 - 9
> 26	> 6

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia (2017).

Se determinará el área superficial del elemento de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{V}{h} \dots (25)$$

La longitud del elemento será la raíz cuadrada del área superficial hallada. El volumen se calculará multiplicando las dimensiones de ancho, largo y alto del elemento. La velocidad ascendente se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$va = \frac{Q}{A} = \frac{h}{TRH} \dots (26)$$

El diseño del GLS (Gas Líquido Sólido) ubicado en la parte alta del reactor y cuya función consiste en la captación de los gases producto de los procesos en el tanque, se calculará mediante el siguiente procedimiento:

$$Aa = \frac{Q}{va_{GLS}} \dots (27)$$

Donde:

va_{GLS}: velocidad ascendente en el GLS (m/h.)

El área del GLS (AGLS) será la resta del área de reactor y el área de apertura, mediante la ecuación siguiente:

$$AGLS = A_{reactor} - A_{apertura}$$

2.4.10. Requisitos mínimos de diseño para procesos de lodos activados

Pueden instalarse después del tratamiento preliminar o después de un sedimentador primario. Se deberán seguir los parámetros que se muestran en la siguiente tabla N°31.

Tabla N°31: Parámetros de lodos activados

Proceso	F/M (kg DBO/kg MI VSS.d)	LV (kg DBO/m ³ .d)	td (h)	θ _c (d)	XT (SSV)
Convencional	0,2 - 0,4	0,3 - 0,7	4 - 8	3 - 15	1000 - 3000
Completamente mezcla	0,2 - 0,6	0,3 - 1,6	3 - 5	3 - 15	1500 - 4000
Aireación escalonada	0,2 - 0,4	0,7 - 1,0	3 - 5	3 - 15	1500 - 4000
Alta tasa	1,5 - 2,0	1,2 - 2,4	1,5 - 3,0	0,5 - 2,0	200 - 1000
Estabilizador por contac	0,2 - 0,6	1,0 - 1,3	0,5 - 1,0	5 - 10	1000 - 3000
Aireación extendida	0,04 - 0,1	0,1 - 0,3	20 - 30	20 - 40	2000 - 5000
Zanjón de oxidación	0,04 - 0,1	0,1 - 0,3	15 - 30	15 - 30	3000 - 5000
Reactores secuenciales	0,04 - 0,1	0,1 - 0,3	15 - 40	10 - 30	2000 - 5000
Oxígeno puro	0,5 - 1,0	1,3 - 3,2	1 - 3	1 - 4	2000 - 5000

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia (2017).

Donde:

F/M: relación alimento/microrganismo

LV: carga volumétrica.

td: tiempo de retención.

Θ_c : edad de lodos.

XT: sólidos suspendidos volátiles en el reactor.

En condiciones tropicales, como pasa en la región de San Martín donde pertenece Picota, se debe de diseñar considerando los valores elevados de los parámetros F/M y LV.

Se determinarán el DBO soluble efluente (Se), la biomasa del reactor (XV), el volumen del reactor (V) mediante las ecuaciones propuestas, las dimensiones del elemento se calcularán a partir del volumen obtenido.

$$Se = DBO - 0.63 * SS \dots (28)$$

$$XV = \frac{\theta_c * Y * Q(So - Se) * 1}{Kd * \theta_c} \dots (29)$$

$$V = \frac{XV}{SSV} \dots (30)$$

Donde:

SS: sólidos suspendidos totales.

DBO: demanda biológica de oxígeno.

Θ_c : tiempo de concentración.

Y: tasa biológica de acuerdo con la temperatura.

So: carga del agua residual.

kd: tasa de crecimiento endógeno.

SSV: sólidos suspendidos volátiles.

Se deben calcular la producción de lodos (Px), los caudales de desecho (Ls), caudal de lodos de desecho (Qw), caudal de circulación al sistema (Qr), relación de recirculación (R) y tiempo de retención hidráulica. (θ).

$$Px = \frac{Y * Q(So - S) * 1}{Kd * \theta c} \dots (31)$$

$$Lodos\ secos = \frac{Px}{Xr} \dots (32)$$

$$Qw = \frac{Lodos\ secos}{Concentracion\ ST} \dots (33)$$

$$Qr = \frac{Q * SSV}{Xr - SSV} \dots (34)$$

$$R = \frac{Qr}{Q} \dots (35)$$

$$\theta = \frac{V}{Q} \dots (36)$$

Donde:

Xr: porción volátil del licor o biomasa.

ConcentraciónST: porción de licor entregado al sedimentador.

Se determinan los niveles de oxígeno requerido en el sistema (DO), caudal de aire requerido (Qaire), volumen de aire requerido (Vaire), carga orgánica volumétrica (COV) y la relación alimento / microorganismo (F/M) con el fin de determinar el equipo que cumpla con las condiciones de diseño requeridas, Se van a realizar los cálculos siguiendo las siguientes ecuaciones

$$DO = 1.5 * Q(So - Se) - 1.42 * Xr * Qw \dots (37)$$

$$Qaire = \frac{DO}{0.232 * 1.20} \dots (38)$$

$$Vaire = \frac{Ef}{So * Q} \dots (39)$$

$$COV = \frac{Q * So}{V} \dots (40)$$

$$\frac{F}{M} = \frac{Q * S_o}{V * SSV} \dots (41)$$

Donde:

Ef: es la eficiencia del sistema de aireación.

Se determinan las eficiencias de remoción de DBO total (Et) y la remoción de DBO soluble (Es) de acuerdo con las siguientes ecuaciones planteadas:

$$E = \frac{S_o - S}{S_o} \dots (42)$$

2.4.11. Requisitos mínimos para diseño de sedimentadores secundarios

Se consideraron los siguientes requerimientos:

- Para sedimentadores sin barrelodos, se recomiendan pendientes entre 45° y 65° en los fondos, se emplean para caudales de hasta 6 L/s.
- En caudales superiores a 6 L/s se requerirán barrelodos con pendiente entre 5 a 10% para sedimentadores circulares y 1% para rectangulares.
- Se deberá diseñar el tanque para el caudal máximo horario. Para tanques rectangulares su longitud-ancho deberá estar entre 1,5:1 y 15:1, en tanques circulares se recomienda un diámetro entre 3 y 45 m con profundidad entre 2,5 y 4 m.
- Se deben tomar las mayores áreas calculadas considerando, que para caudal medio se utiliza entre 16 a 28 m³/m²dia, y para caudal pico entre 40 y 64 m³/m²dia.
- El td deberá estar entre 2 y 3,5 horas.
- Para caudales de más de 250 l/s se deberán considerar construir más de dos sedimentadores.

Considerar las ecuaciones propuestas

$$Q_{ps} = (RQ_p + r) * Q \dots (43)$$

$$A_{ps} = \frac{Q}{C_s} \dots (44)$$

$$F_p = \frac{SSV * Q_{ps}}{1000} \dots (45)$$

$$Acs = \frac{Fp}{Cps} \dots (46)$$

Donde:

Qps: caudal pico afluente sedimentador secundario.

RQp: relación caudal pico / promedio.

r: recirculación.

Aps: área para sedimentador caudal pico.

CS: carga superficial

Fp: flujo pico de sólidos.

Acs: área requerida para la carga de sólidos.

Cps: carga pico de sólidos.

Las dimensiones del elemento serán calculadas de acuerdo con el área (Aps) obtenida.

2.5. Definición de términos básicos

Aeración. - Proceso de incorporación de oxígeno del aire al agua por medios naturales (cascadas, flujo natural, etc.) o artificiales (agitación mecánica o inyección de aire comprimido).

Aerobio. - Ambiente que posee suficiente oxígeno molecular para la respiración y supervivencia de los seres vivos. Los organismos requieren del oxígeno para la respiración celular, produciendo compuestos como el CO₂ y el H₂O.

Afluente. - Todo líquido que ingresa a una fuente de agua.

Aguas residuales. - Son aguas provenientes de las viviendas, industriales, lluvias, etc., que se encuentran contaminadas con desechos orgánicos humanos y otros componentes, según su procedencia.

Anaerobio. - Ambiente que carece totalmente de oxígeno molecular. Se aplica a los organismos (bacterias, arqueas, etc.) que viven y se reproducen en ausencia de oxígeno, mediante el uso de compuestos inorgánicos como el hierro y el azufre.

Biodegradable. – Material metabolizable por organismos vivos (bacterias, hongos, etc.).

Biodisco. - Sistema de tratamiento biológico de aguas residuales en el cual un conjunto de discos se sumerge en el agua, que van rotando lentamente en el medio, formándose una biopelícula por bacterias tipo zooglea donde se realiza la oxidación de la materia orgánica.

Bioestabilización. - Proceso de metabolización de la materia orgánica para transformarla en CO₂ y H₂O o en otros organismos vivos.

Biomasa. - Materia total de los seres que habitan en un ecosistema determinado, expresada en peso por unidad de área o volumen.

Biopelícula. – Película biológica adherida en un componente sólido y que permite la degradación de la materia orgánica.

Biotecnología ambiental. – Definido como la utilización de los organismos vivos para la obtención de bienes y servicios.

Cancerígeno. - Sustancia capaz de provocar cáncer.

Carga orgánica. - Generalmente medida como DBO, o DQO, es la concentración de materia orgánica a la que se le aplica un proceso de tratamiento.

Caudal. - Cantidad de agua que discurre en un tiempo determinado.

Caudal máximo horario. – Es el registro del caudal a la hora máxima de descarga.

Clarificación. – Tratamiento por sedimentación para eliminar los sólidos suspendidos del agua residual.

Cloración. - Proceso de desinfección del agua con cloro.

Coagulación. - Proceso de desestabilización de las partículas suspendidas en el agua, es decir, la remoción de las fuerzas que las mantienen separadas por acción de una sustancia química llamada coagulante.

Coliformes. – bacterias capaces de fermentar lactosa produciendo gas.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). – La materia orgánica presente en las aguas residuales requiere una cantidad de oxígeno para el proceso de oxidación química, se

toma una muestra se la mantiene a 20°C en un lapso de 5 a 20 días, la DBO es la diferencia de oxígeno disuelto al inicio y final del ensayo.

Depuración de aguas residuales. – Remoción o purificación de sustancias contaminantes presentes en las aguas residuales.

Desarenadores. – Estructuras que reducen la velocidad del agua residual y remueven los sólidos minerales (arena y otros), mediante la sedimentación.

Digestión aerobia. – Metabolización biológica de la materia orgánica que contienen los lodos, en presencia de oxígeno.

Digestión anaerobia. – Metabolización biológica de la materia orgánica que contienen los lodos, en ausencia de oxígeno.

Efluente. – Todo líquido resultante de un proceso de tratamiento.

Filtración. - Proceso por el cual se hace pasar un líquido a través de una malla, empaque de arena, grava, bentonita, etc., con la finalidad de separar sustancias indeseables que forman parte del líquido.

Floculación. - Es el fenómeno por el que las partículas ya desestabilizadas por el coagulante químico o biológico, chocan unas con otras para formar coágulos mayores.

Laguna aerada. – Tratamiento mediante el cual se inyecta oxígeno a los pozos donde se contiene las aguas residuales.

Laguna aerobia. – Pozo que contiene aguas residuales con alta producción de biomasa.

Laguna anaerobia. – Pozo que contiene aguas residuales con elevadas concentraciones de carga orgánica y se procede a tratar con ausencia de oxígeno.

Lodo activado. – Biomasa que recircula del fondo de los sedimentadores que contiene carga orgánica y sólidos inorgánicos.

Mineralización. - Liberación al medio de los constituyentes inorgánicos de los organismos vivos.

Mutagénesis. - Es la capacidad de los agentes químicos de producir mutaciones en el genoma de las células.

Oxígeno disuelto. – Todo líquido presenta concentraciones de oxígeno solubilizado en su composición.

Patógeno. - Organismos que producen enfermedades en el hombre, animales o plantas.

Percolación. - Pasaje lento de las aguas a través de los materiales porosos en el terreno, que van a formar las aguas subterráneas.

Planta de tratamiento. – Infraestructura donde se depuran las aguas residuales mediante procesos físicos, químicos y biológicos.

Proceso biológico. – Estabilización de la materia orgánica mediante la asimilación de bacterias y microorganismos.

Proceso de lodos activados. – Proceso mediante el cual las aguas residuales son expuestas a aeración, el efluente resultante requiere sedimentación para su recirculación y disposición de lodos activados.

Recalcitrante. - Sustancia química que no puede ser degradada bajo condiciones ambientales naturales.

Sedimentación o decantación. - Proceso por el cual se utilizan recipientes para almacenar el agua durante su tratamiento, permitiendo que las partículas sólidas se precipiten al fondo del recipiente y el agua limpia se obtenga de la parte superior.

Sedimentación primaria. – tratamiento de las aguas residuales en el que se remueve los materiales mineralizados como la arena.

Sedimentación secundaria. – tratamiento de las aguas residuales en el que se remueve la biomasa suspendida producida por el tratamiento biológico.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y alcance de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación básica se concentra en la solución de problemas mediante la recolección de conocimientos válidos hasta demostrarse lo contrario, estas investigaciones no tienen una aplicación inmediata al momento de concluir (Borja, 2016). Según lo señalado la investigación es de tipo básica, ya que se busca describir, determinar y proponer un diseño de sistema de tratamiento para las aguas residuales generadas por el Centro de Salud Picota.

3.1.2. Alcance de la investigación

Las investigaciones con un alcance descriptivo pretenden detallar las propiedades, las características y los perfiles de grupos, objetos, procesos o cualquier fenómeno que se sujete a un análisis. En otras palabras, pretende medir o recopilar información independientemente o en conjunto sobre los conceptos o variables del fenómeno sujeto al análisis, es decir, el objetivo no es señalar la relación entre éstas (Hernández, 2014). Teniendo esto en consideración la investigación tiene un alcance descriptivo, ya que pretende describir las aguas residuales generadas por el Centro de Salud Picota, los tipos de tratamientos que se emplean y dimensionar el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el Centro de Salud Picota.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Tipo de diseño de la investigación

Las investigaciones con un diseño no experimental son las que no manipulan adrede las variables. Dicho de otro modo, las investigaciones no hacen variar a propósito las variables independientes para observar sus efectos sobre las demás variables. En un diseño no experimental se estudia situaciones ya existentes, las variables independientes ya fueron alteradas y no se controlan o manipulan, igual que los efectos que ocasionan estas alteraciones (Hernández, 2014). Según lo señalado la investigación es de diseño no experimental, ya que para el diseño del

sistema de tratamiento de aguas residuales se estudiaron las teorías y variables al respecto, pero no se las manipularon directamente.

3.2.2. Enfoque de la investigación

El enfoque cuantitativo emplea la recolección de datos con la finalidad de verificar la información recopilada basándose en la cuantificación numérica y el análisis estadístico. El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio con la finalidad de verificar comportamientos y acreditar teorías (Hernández, 2014). Según esta definición la investigación presenta un enfoque cuantitativo, dado que se reunieron datos sobre las aguas residuales generadas por el Centro de Salud Picota y los sistemas de tratamiento para determinar el diseño y su dimensionamiento.

3.3. Objeto de estudio

La investigación presenta como objeto de estudio el sistema óptimo dentro de los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales que se dan a conocer y se determinó y dimensionó el más apto para el Centro de Salud Picota.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Tipos y técnicas de instrumentos

Se utilizaron conceptos de distintos sistemas de tratamiento de aguas residuales para determinar el óptimo según demanda propia del Centro de Salud Picota a modo de tipos de contaminante, según sectores y funciones distintas para los mismos, así como también se recopiló datos requeridos para la propuesta de un sistema según normativa. Se elaboraron hojas de cálculo mediante MS Excel para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales del Centro de Salud Picota.

3.4.2. Procedimiento para la recolección de datos

Se realizaron visitas al Centro de Salud Picota, y también al INEI - Sede San Martín, con fines de acceder a datos de distintos sectores del tipo funcional e institucional respectivamente, para recolectar información del tipo varios, censo poblacional, estilo de vida, y se captó referencias relevantes en relación a la generación de aguas residuales, tipos de enfermedades en la zona, entre otros.

3.4.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Se evaluó toda la data recolectada en hojas de cálculo de MS Excel para sustentar todo tipo de propuesta a modo de seleccionar la más óptima. Existe data que se obtuvo a partir de la normativa de instalaciones sanitarias lo cual permitirá proponer un diseño básico de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

luego de su vertimiento a la red pública, como se muestra en la figura N°15, la misma que desembocaba al río Huallaga.

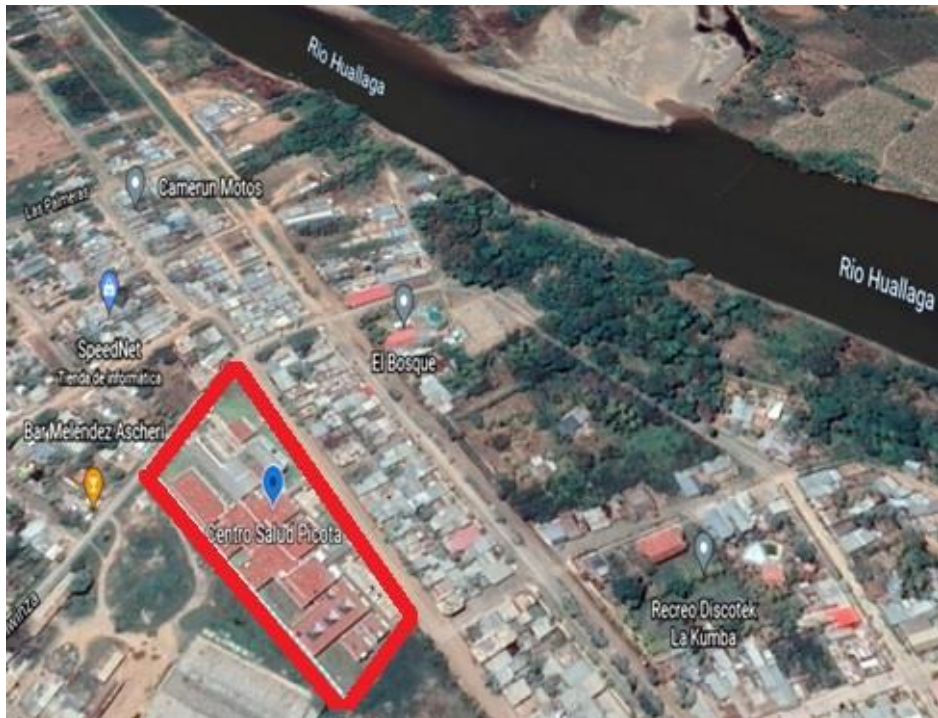


Figura N°14: Ubicación del centro de salud Picota.

Fuente: Google Earth (2021).



Figura N°15: Vertimiento al alcantarillado y al río Huallaga.

Fuente: Google Earth (2021).

En la figura N°16 se observa el terreno asignado para la construcción del nuevo Centro de Salud Picota que se encuentra en un lote urbano, ubicado con frente al Jirón Aeropuerto y al Jr. Tiwinza, Mz 16, de la provincia de Picota, región San Martín.

El terreno de forma de un polígono irregular de cuatro lados, alargado en el sentido Norte – Sur, paralelo al Jr. Aeropuerto, la topografía es casi plana con diferencia de nivel de 1.00 m en el sentido transversal.

El terreno tiene dos frentes que dan hacia el Jr. Aeropuerto y al Jr. Tiwinza, y dos frentes hacia propiedad de terceros.

- Por el lado Este: Colinda con el jirón Aeropuerto con un frente de 188.51 ml.
- Por el lado Norte: Colinda con el Jirón Tiwinza en un tramo de 80.11 ml.
- Por el lado Oeste: Colinda con el lote remanente en un tramo de 169.76 ml.
- Por el lado Sur: Colinda con un vecino y presenta un frente de 49.82 ml.
- El terreno tiene un perímetro total de 488.20 ml.

Área del Terreno: es de 10,767.54 m².



Figura N°16: Límites del terreno del centro de salud de Picota.

Fuente: Google Earth (2021).

La zona del proyecto presenta un clima cálido tropical, la temperatura mínima llega a 15 °C, y la máxima llega a 35 °C. Las precipitaciones pluviales son intensas principalmente durante los meses de diciembre a abril.

La zona del Proyecto se encuentra a una altitud aproximada de 223 m.s.n.m.

El Planteamiento Arquitectónico y organización de la nueva edificación del Centro de Salud Picota, se basa en el Programa Médico Arquitectónico del Estudio de Factibilidad, planteada siguiendo los criterios de diseño del MINSA, en lo referente a un diseño por unidades, agrupados en 3 sectores en las siguientes tablas se muestran los metrados:

Sector I: Consulta Externa, Administración y servicios complementarios (alojamientos médicos y de familiares)

Sector II: Área Asistencial conformado por Urgencias, Apoyo al Diagnóstico, Centro Quirúrgico (Intervenciones menores), Centro Obstétrico e Internamiento.

Sector III: Servicios generales conformado por: Nutrición. Lavandería, Almacenes, Talleres, Cisternas, casa de fuerza, Grupo electrógeno.

Tabla N°32: Metrado del sector administrativo del Centro de Salud Picota.

Nombre de ambiente	Unidad de medida	Metros
Hall de ingreso y espera	m2	73.66
Informe - recepción	m2	6.40
Secretaria de jefatura	m2	14.88
Archivo - repostero	m2	8.00
Oficina jefatura general + SS.HH.	m2	17.65
Oficina jefatura administración	m2	15.19
Contabilidad - logística - personal	m2	34.72
Asistencia social	m2	10.75
SIS	m2	10.70
Referencia y contrareferencia	m2	10.34
Reniec	m2	10.75
SS.HH. De personal hombres	m2	5.20
SS.HH. De personal mujeres	m2	3.56
Caja	m2	4.50
Admisión	m2	9.00
Archivo de historias clínicas	m2	15.14
Cuarto de limpieza	m2	4.00
Área total	m2	254.44

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

Tabla N°33: Metrado del sector telecomunicaciones del Centro de Salud Picota.

Nombre de ambiente	Unidad de medida	Metros
Cuarto de ingreso de servicios	m2	3.00
Sala de telecomunicaciones	m2	24.64
Sala de equipos	m2	35.98
Central de telecomunicaciones	m2	9.00
Centro de cómputo	m2	12.00
Soporte informático	m2	17.10
Informática	m2	12.00
Área de estadísticas e informática	m2	12.00
Sala de administración de centro	m2	9.05
Centro de control eléctrico	m2	6.78
Área total	m2	141.55

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

Tabla N°34: Metrado del sector de consulta externa del Centro de Salud Picota.

Nombre de ambiente	Unidad de medida	Metros
Sala de espera	m2	177.00
Triaje	m2	12.53
Consultorio externo médico general	m2	20.00
Consultorio medicina interna	m2	14.96
Consultorio pediatría	m2	14.96
Consultorio de gineco obstetricia	m2	17.89
Consultorio en medicina familiar	m2	14.96
Consultorio odontología	m2	23.98
Consultorio de psicología	m2	14.96
Consultorio de enfermería - Cred	m2	17.33
Consultorio del adolescente	m2	14.96
Consultorio de estimulación	m2	23.98
Consultorio de atención prenatal	m2	17.89
Consultorio del adulto mayor	m2	17.00
Consultorio de nutrición	m2	14.96
SS.HH. público hombres	m2	10.21
SS.HH. público hombres	m2	10.21
SS.HH. público hombres	m2	3.70
SS.HH. público hombres	m2	4.37
SS.HH. público hombres	m2	4.37
Cuarto de limpieza	m2	4.60
Residuos sólidos	m2	6.00
Cuarto de tablero eléctrico 1	m2	7.55
Área total	m2	468.37

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

Tabla N°35: Metrado del sector apoyo al diagnóstico del Centro de Salud Picota.

Nombre de ambiente	Unidad de medida	Metros
Sala de espera	m2	19.30
Recepción y entrega de resultados	m2	12.74
Atención al usuario - Toma de muestras	m2	8.10
Laboratorio general	m2	59.22
Bioquímica, hematología, inmuno	m2	49.00
Preparación y lavado	m2	10.22
Hemoterapia - Banco de sangre	m2	17.85
Farmacia (despacho + almacén de med.	m2	29.00
Diagnóstico por imágenes	m2	0.00
Sala de ecografía + SS.HH.	m2	22.78
Sala de rayos X	m2	42.22
Área control disparo	m2	31.70
Sala interpretación lectura	m2	10.52
SS.HH. y vestidores personal hombres	m2	7.90
SS.HH. y vestidores personal mujeres	m2	7.90
Cuarto de aseo - limpieza	m2	4.08
Residuos hospitalarios	m2	4.00
Jefatura	m2	12.05
Área total	m2	348.58

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

Tabla N°36: Metrado del sector internamiento del Centro de Salud Picota.

Nombre de ambiente	Unidad de medida	Metros
Jefatura	m2	14.97
Estar de pacientes y visitas	m2	17.16
Estación y trabajo de enfermeras	m2	14.97
Trabajo limpio	m2	4.52
Trabajo sucio	m2	4.45
Cuarto de ropa sucia	m2	4.45
Almacén de ropa limpia	m2	4.45
Cuarto séptico	m2	6.08
SS.HH. y vestidor personal hombres	m2	8.83
SS.HH. y vestidor personal mujeres	m2	8.83
Cuarto de residuos solidos	m2	4.32
Cuarto de limpieza	m2	4.05
Repostero y área de coches	m2	11.72
Tópico	m2	15.16
Internamiento adultos varones y SS.HH.	m2	41.20
Internamiento adultos mujeres y SS.HH.	m2	61.80
Internamiento de gineco obstétrico y SS.HH.	m2	41.20
Internamiento pediatría y SS.HH.	m2	41.20
SS.HH. visitantes hombres	m2	3.18
SS.HH. visitantes mujeres	m2	2.50
Área total	m2	315.04

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

Tabla N°37: Metrado del sector centro obstétrico del Centro de Salud Picota.

Nombre de ambiente	Unidad de medida	Metros
Hall y espera	m2	17.90
Jefatura	m2	12.03
Estación de obstétricas	m2	14.45
Trabajo limpio	m2	4.00
Trabajo sucio	m2	4.14
Almacén de ropa limpia	m2	4.03
Cuarto de ropa sucia	m2	4.15
Monitoreo fetal y preparación	m2	12.00
Monitoreo de gestante	m2	21.40
Monitoreo del recién nacido	m2	12.32
SS.HH. y vestidor personal masculino	m2	10.03
SS.HH. y vestidor personal femenino	m2	10.03
Sala de parto	m2	145.36
Atención al recién nacido	m2	23.22
Cuarto séptico	m2	5.00
Lavado para personal asistencial	m2	6.14
Residuos hospitalarios	m2	4.02
Área total	m2	310.22

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

Tabla N°38: Metrado del sector urgencias del Centro de Salud Picota.

Nombre de ambiente	Unidad de medida	Metros
Hall de ingreso y espera	m2	34.60
Caja y admisión	m2	11.00
Jefatura	m2	14.10
S.H. Público hombres	m2	5.76
S.H. Público mujeres	m2	5.77
Triaje	m2	14.53
S.H. personal hombres	m2	8.17
S.H. personal mujeres	m2	8.33
Tópico de medicina general	m2	18.83
Tópico gineco obstétrico	m2	18.30
Sala de rehidratación y nebulización	m2	21.37
Estación y trabaja de enfermeras	m2	13.62
Trabajo limpio	m2	4.16
Trabajo sucio	m2	4.00
Cuarto de ropa sucia	m2	4.00
Cuerto séptico	m2	7.14
Ropa limpia	m2	4.00
Cuarto de limpieza	m2	4.03
Residuos hospitalarios	m2	4.37
Sala de observación pediatría	m2	9.35
Sala de observación varones	m2	18.70
Sala de observación mujeres	m2	18.70
Sala de observación aislados	m2	19.85
S.H. pacientes hombres	m2	3.70
S.H. pacientes mujeres	m2	3.70
Estación de camillas	m2	4.70
Área total	m2	284.78

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

Tabla N°39: Medrado del sector centro quirúrgico del Centro de Salud Picota.

Nombre de ambiente	Unidad de medida	Metros
Jefatura	m2	12.00
Sala de espera	m2	12.02
Depósito de quipos	m2	4.67
Central de esterilización	m2	53.49
Recepción y clasificación	m2	7.56
Descontaminación y lavado	m2	12.00
Preparación y empaque	m2	10.34
Área de material esterilizado	m2	12.17
Entrega de ropa usada y material esterilizado	m2	4.00
Vestidor y SS.HH.	m2	3.30
Lavado de carritos	m2	4.12
Sala de operaciones menores	m2	36.00
Atención al recién nacido	m2	7.20
Estación y trabajo de enfermeras	m2	10.00
Trabajo limpio	m2	4.00
Trabajo sucio	m2	4.14
Cuarto de ropa sucia	m2	4.33
Almacén de ropa sucia	m2	4.25
Sala de recuperación	m2	20.96
Cuarto séptico	m2	6.84
Cuarto de limpieza	m2	4.00
Transfer	m2	7.50
Lavado de manos	m2	3.34
Anestesiólogo	m2	7.40
SS.HH. y vestidor personal hombres	m2	8.50
SS.HH. y vestidor personal mujeres	m2	9.00
SS.HH. personal hombres	m2	4.40
SS.HH. personal mujeres	m2	4.40
Área total	m2	281.93

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

Tabla N°40: Medrado del sector servicios generales del Centro de Salud Picota.

Nombre de ambiente	Unidad de medida	Metros
Almacén general	m2	27.73
Almacén de papillas	m2	9.32
Cadena de frio		
Almacén de medicamentos	m2	15.09
Cadena de frio	m2	13.72
Zoonosis	m2	17.00
Taller y depósito de saneamiento	m2	25.60
Grupo electrógeno	m2	34.00
Sub estación y cuarto técnico	m2	28.00
Central de gases medicinales		
Central de vacío	m2	11.60
Central de oxígeno	m2	11.90
Central de aire comprimido medicinal	m2	11.60
Sala de maquinas		
Cámara de agua dura	m2	21.20
Cámara de agua blanda	m2	6.00
Cámara de agua contra incendio	m2	16.00
Depósito de cadáveres	m2	18.06
Vestidores y SS.HH. masculinos	m2	15.15
Vestidores y SS.HH. femeninos	m2	15.15
Servicio de cocina y despensa		
Preparación de alimentos	m2	24.38
Lavado y almacén de vajillas	m2	6.00
Almacén de productos	m2	8.58
Conservación de productos	m2	6.15
Lavado de carritos	m2	6.30
Servicio de lavandería		
Recepción de ropa sucia	m2	6.00
Lavado de ropa	m2	15.68
Secado y planchado	m2	13.40
Costura	m2	8.21
Almacén de ropa limpia	m2	8.00
Deposito central y tratamiento	m2	26.40
Almacén de herramientas	m2	15.15
Área total	m2	441.37

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

Tabla N°41: Metrado de servicios complementarios del Centro de Salud Picota.

Nombre de ambiente	Unidad de medida	Metros
Caseta de guardián	m2	25.41
Central de vigilancia	m2	10.80
Sala de usos múltiples	m2	66.70
Cafetería	m2	40.40
Área de atención	m2	14.40
Caja	m2	2.00
Almacén	m2	4.00
Área de cafetería	m2	20.00
Casa materna		
Sala de estar – cocina	m2	30.50
Dormitorio	m2	30.00
Servicios higiénicos	m2	6.60
Servicios higiénicos visita	m2	3.12
Casa visita pacientes		
Sala de estar	m2	24.00
Dormitorio	m2	36.12
Servicios higiénicos	m2	9.90
Servicios higiénicos visita	m2	2.60
Residencia médica hombres		
Sala de estar – cocina	m2	30.40
Dormitorio	m2	25.00
Servicios higiénicos	m2	3.30
Servicios higiénicos visita	m2	2.60
Residencia médica mujeres		
Sala de estar – cocina		30.40
Dormitorio		30.50
Servicios higiénicos		3.30
Servicios higiénicos visita		2.60
Residencia médica familia		
Sala de estar – cocina	m2	30.40
Dormitorio	m2	30.50
Servicios higiénicos	m2	3.30
Servicios higiénicos visita	m2	2.60
Cuarto de limpieza	m2	7.80
Caja de escaleras	m2	19.39
Estacionamiento	m2	40.00
Área total		588.64

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

Tabla N°42: Medrado del sector control de ITS/VIH del Centro de Salud Picota.

Nombre de ambiente	Unidad de medida	Metros
Sala de espera	m2	12.10
SS.HH. Público hombres	m2	2.50
SS.HH. Público mujeres	m2	2.50
Almacén de alimentos	m2	14.98
SS.HH. Personal	m2	8.38
Toma de alimentos y medicamentos	m2	2.30
Cuarto de limpieza	m2	2.80
Área total	m2	45.56

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

Tabla N°43: Medrado del sector control de TBC del Centro de Salud Picota.

Nombre de ambiente	Unidad de medida	Metros
Sala de espera	m2	14.98
SS.HH. Público hombres	m2	2.50
SS.HH. Público mujeres	m2	2.50
Toma de muestras	m2	5.13
Consultorio de TBC	m2	15.00
Almacén de alimentos	m2	8.38
SS.HH. Personal	m2	2.30
Toma de alimentos y medicamentos	m2	6.50
Cuarto de limpieza	m2	3.32
Área total	m2	60.61

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

Tabla N°44: Medrado del Centro de Salud Picota.

Unidades productoras de servicios	Unidad de medida	Metros
Administración	m2	254.44
Tecnología	m2	141.55
Consulta externa	m2	468.37
Unidad de apoyo al diagnostico	m2	348.58
Unidad de internamiento	m2	315.04
Centro obstétrico	m2	310.22
Urgencia	m2	284.78
Centro quirúrgico	m2	281.93
Unidad de servicios generales	m2	441.37
Servicios complementarios	m2	588.64
Programa de control de ITS/VIH/Sida	m2	45.56
Programa de tratamiento y control de TBC	m2	60.61
Sub total de áreas	m2	3,541.09
Circulación y muros (40%)	m2	1,416.44
Total de áreas	m2	4,957.53

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).



Figura N°17: Distribución de sectores del centro de salud de Picota.

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

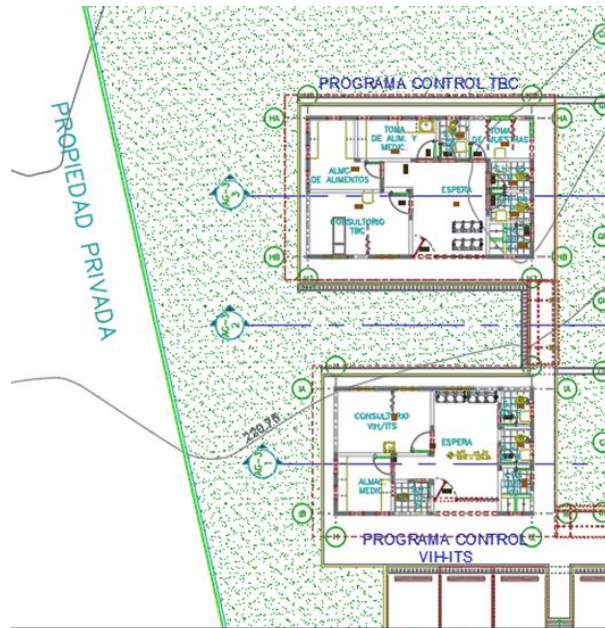


Figura N°18: Sectores TBC y VIH.

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

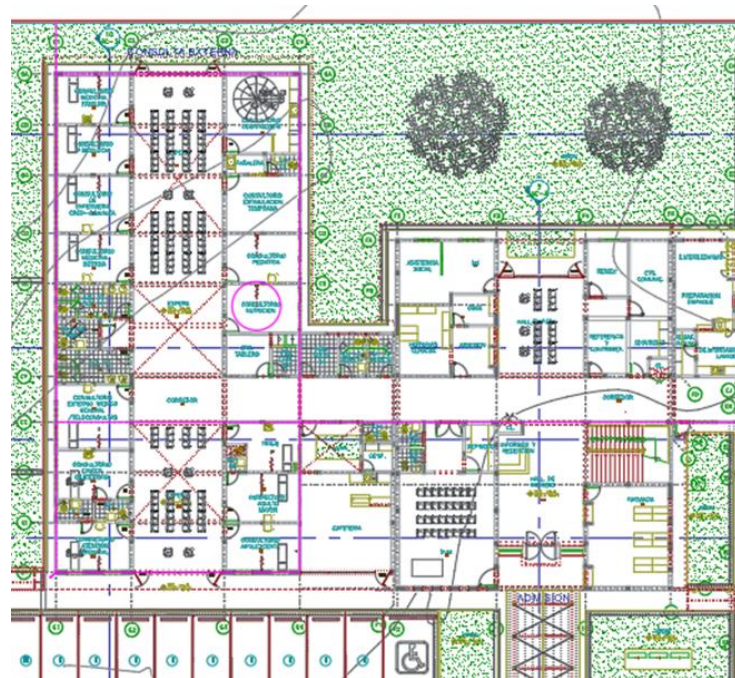


Figura N°19: Sector consultorio externo.

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

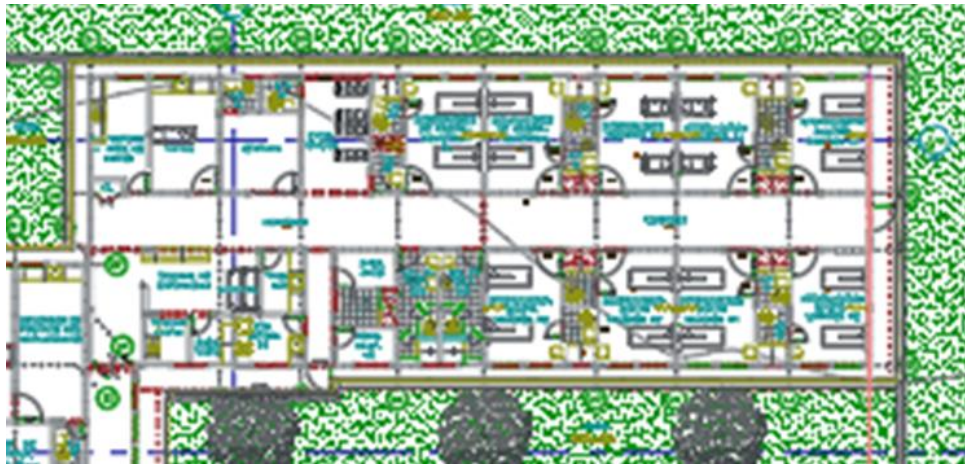


Figura N°20: Sectores de hospitalización.

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

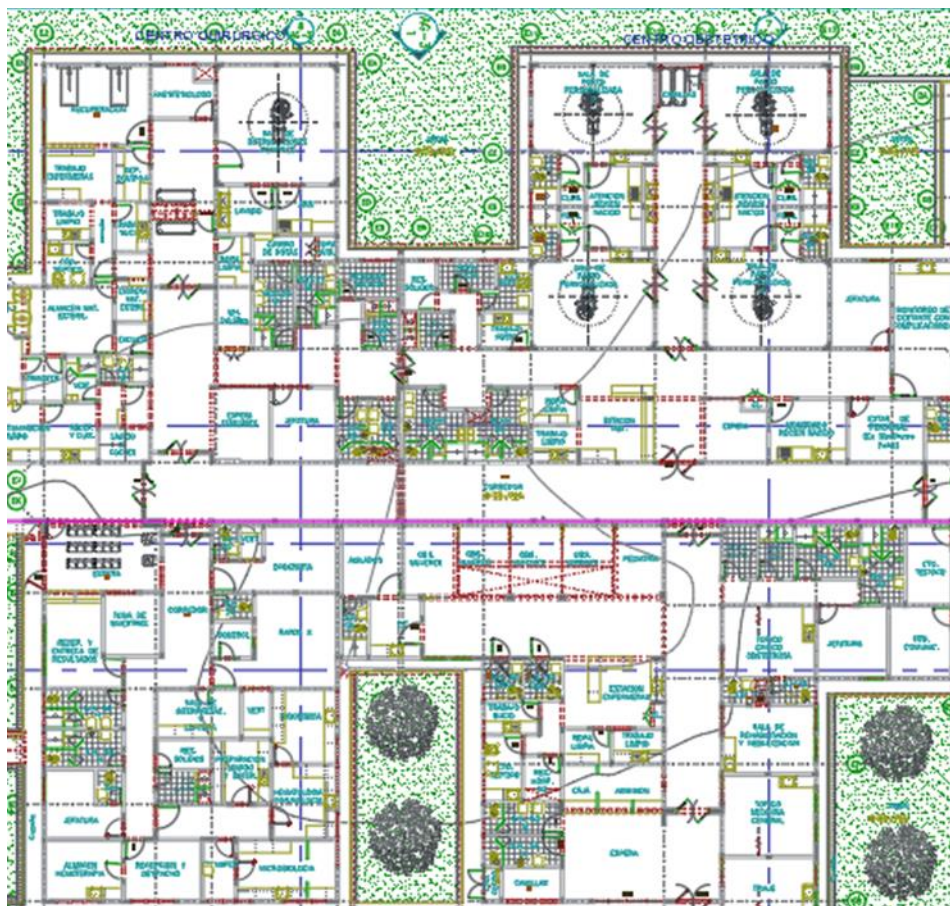


Figura N°21: Sector quirúrgico, obstétrico diagnóstico y emergencia.

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

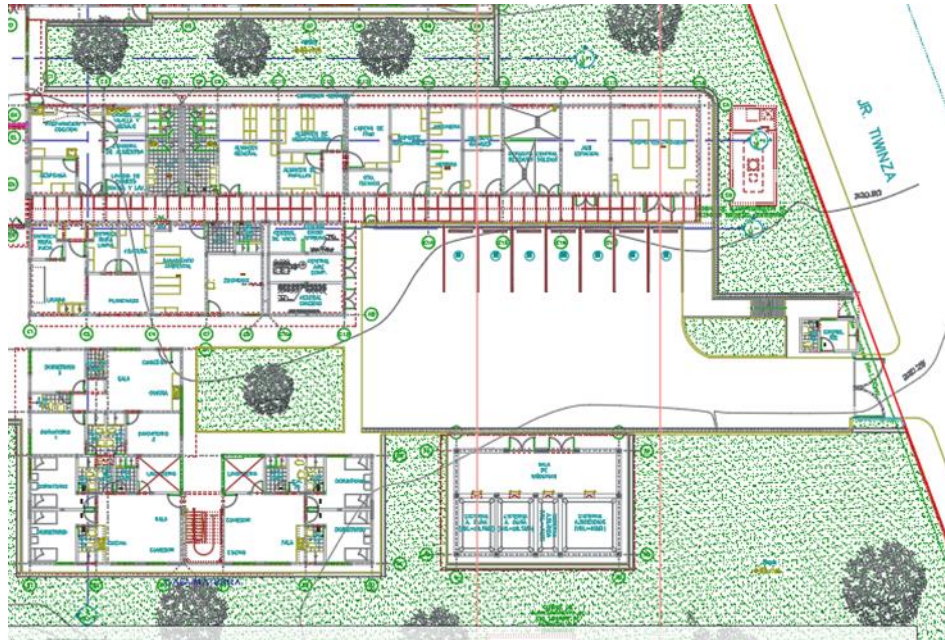


Figura N°22: Sectores servicios generales y cuarto de bombas.

Fuente: Expediente mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, Provincia de Huallaga San Martín (2015).

4.1.2. Toma de muestras y ensayos de laboratorio

A modo de criterios de inclusión se menciona que el vertimiento de las aguas residuales del Centro de Salud Picota colecta aguas de los distintos departamentos que son desechadas directamente a la red de alcantarillado, acarreado con ello productos contaminantes (sangre, vacunas, fármacos, desechos orgánicos, detergentes, etc.), que alteran considerablemente la calidad del cuerpo receptor de agua. Se menciona que la toma de muestras se realizó en la salida de las aguas residuales del Centro de Salud Picota, ya que si se obtienen aguas arriba o aguas abajo diferentes factores influirán en el análisis de los resultados.

El agua residual se obtuvo del último tramo del desagüe del centro de salud, mismo que cuenta con de 28 camas, cerca de 727 personas que son atendidas mensualmente en promedio y 61 trabajadores. El sitio de toma de las muestras correspondió al sistema de aguas residuales final que conducen al colector principal de la red de alcantarillado municipal; dichas aguas provienen de los Departamentos de Consultorios Externos; Medicina, Cirugía, Pediatría, Gineco – Obstetricia, Odontología – Estomatología, Emergencia, Centro Quirúrgico,

Centro Obstétrico, Ayuda Diagnóstico por Imágenes, Hospitalización, Servicios Generales y Cuarto de Bombas.

Se realizaron pruebas estandarizadas por parte del laboratorio Inspection & Testing Services del Perú S. A. C. que se encuentra acreditado por INACAL con registro N° LE-120 y se contó con fichas de cadena de custodia, donde se registró punto de muestreo, día del muestreo, hora del muestreo, número de muestras, tipo de muestra, temperatura in situ, parámetros a evaluar y nombre del solicitante.

Debido a la variabilidad en la composición, caudal y concentración del agua residual durante las distintas horas del día, se utilizaron muestras compuestas, tomando 3 muestras sucesivas de 3 litros cada una, extraídas con intervalos no superiores a seis horas (entre 08, 13 y 18 horas del día), esta posibilidad de ensayo se optó en razón a que se pueda aprovechar la franja horaria de mayor actividad en el Centro de Salud Picota, ya que el funcionamiento del mismo es continuo las 24 horas del día.

El resultado de la toma de muestras (9 litros), se homogeneizó y se dispuso en los envases adecuados para su transporte y análisis en laboratorio. Los muestreos se realizaron en dos días seguidos de una semana, cada muestra se mantuvo en baldes de plástico de polietileno y se conservó según los métodos descritos en el protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos – ANA – dirección de gestión de calidad de recursos hídricos (Muestras Compuestas de Aguas Residuales) y con esto se garantizó que la muestra se encuentre en condiciones óptimas. Su envío correspondiente es en cadena de frío hacia el laboratorio certificado de Agua del Gobierno Regional de San Martín.

Durante el muestreo se tomaron en primer lugar el volumen destinado al análisis microbiológico (volúmenes de 250ml), después en botellones (1litro y ½ litro) se tomaron las alícuotas en tres momentos destinadas a las determinaciones físico-químicas y microbiológicas, constituyendo una muestra compuesta evitando posibles contaminaciones.

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos considerados están determinados por el DS N° 003 – 2010-MINAM, referente a los LMP para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Métodos de análisis de datos

Por las características del estudio, no se adecua a ningún diseño estadístico, por lo que los resultados se analizaron en base a promedios, tablas y gráficas.

Aspectos éticos

Desafortunadamente, los grandes logros que se han tenido en el área de la salud no han sido encaminados a la conservación del medio ambiente, por lo cual éste se ha seguido degradando. Hoy día se depositan grandes cantidades de residuos sólidos, líquidos y hasta elementos radiactivos al medio ambiente sin un eficiente tratamiento, esto constituye un potencial de propagación de enfermedades y riesgos ambientales. Es por ello que estos problemas trascienden el campo técnico sanitario e involucran aspectos educativos, sociales, económicos, políticos y ambientales.



Figura N°23: Adecuación y esterilización de los recipientes de muestra.

Fuente: Elaboración Propia (2021).



Figura N°24: Ingreso al Hospital de Picota.

Fuente: Elaboración Propia (2021).



Figura N°25: Ingreso a Emergencias – Centro Salud Picota.

Fuente: Elaboración Propia (2021).



Figura N°26: Buzón colector del hospital de Picota.

Fuente: Elaboración Propia (2021).



Figura N°27: Buzón colector del hospital de Picota.

Fuente: Elaboración Propia (2021).



Figura N°28: Toma de muestras.

Fuente: Elaboración Propia (2021).



Figura N°29: Muestras.

Fuente: Elaboración Propia (2021).



Figura N°30: Adecuación de las muestras para el envío a Lima.

Fuente: Elaboración Propia (2021).

4.1.3. Resultados de laboratorio

Tabla N°45: Datos de la muestra 1.

Código de Laboratorio	09-02024
Código de Punto de Muestreo	M-01
Descripción del Punto de Muestreo	Buzón colector Centro de Salud Picota
Fecha Inicial/Hora de Muestreo	01/09/2021 21:00 Hrs
Fecha Final/Hora de Muestreo	01/09/2021 21:40 Hrs
Tipo de Muestra	Agua residual municipal

Fuente: Elaboración propia (2021).

Tabla N°46: Resultados de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de la muestra 1.

Parámetro de Ensayo	Unidad	Resultado
Coliformes Totales	NMP/100mL	35000000
Aceite y grasas	mg/L	3.9
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	526.8
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	863
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.3
Sólidos Totales	mg/L	349
Fosforo Total	mg/L	0.68
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0.3
pH	-	5.31
Temperatura	°C	14.6

Fuente: Elaboración propia (2021).

Tabla N°47: Datos de la muestra 2.

Código de Laboratorio	09-02025
Código de Punto de Muestreo	M-02
Descripción del Punto de Muestreo	Buzón colector Centro de Salud Picota
Fecha Inicial/Hora de Muestreo	02/09/2021 08:00 Hrs
Fecha Final/Hora de Muestreo	02/09/2021 08:30 Hrs
Tipo de Muestra	Agua residual municipal

Fuente: Elaboración propia (2021).

Tabla N°48: Resultados de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de la muestra 2.

Parámetro de Ensayo	Unidad	Resultado
Coliformes Totales	NMP/100mL	160000000
Aceite y grasas	mg/L	4.8
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	1401
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	2375
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.8
Sólidos Totales	mg/L	748
Fosforo Total	mg/L	0.79
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0.5
pH	-	5.67
Temperatura	°C	14.3

Fuente: Elaboración propia (2021).

Tabla N°49: Datos de la muestra 3.

Código de Laboratorio	09-03022
Código de Punto de Muestreo	M-03
Descripción del Punto de Muestreo	Buzón colector Centro de Salud Picota
Fecha Inicial/Hora de Muestreo	02/09/2021 13:00 Hrs
Fecha Final/Hora de Muestreo	02/09/2021 13:30 Hrs
Tipo de Muestra	Agua residual municipal

Fuente: Elaboración propia (2021).

Tabla N°50: Resultados de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de la muestra 3.

Parámetro de Ensayo	Unidad	Resultado
Coliformes Totales	NMP/100mL	79000000
Aceite y grasas	mg/L	4.2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	792
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1345
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.5
Sólidos Totales	mg/L	644
Fosforo Total	mg/L	0.7
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0.4
pH	-	5.6
Temperatura	°C	14.8

Fuente: Elaboración propia (2021).

4.2. Límites máximos permisibles de descarga de aguas residuales

4.2.1. Normativa internacional de descarga de aguas residuales

Normatividad española

La norma plantea los requisitos de los vertidos de aguas residuales procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas, como se muestra en la tabla N°51 (Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 2015).

Tabla N°51: Requisitos de los vertidos de aguas residuales en España.

Parámetros	Unidad	Concentración	Porcentaje (%) Mínimo de Reducción
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	25	70-90
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	125	75
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	35	90
Fósforo Total	mg/L	2	80
Nitrógeno Total	mg/L	15	70-80

Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente de España (2015).

Normatividad mexicana

La norma plantea los siguientes límites máximos permisibles para descargas en ríos y su posterior uso en agricultura, público urbano o protección de la vida acuática (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003).

Tabla N°52: Límites máximos permisibles en México para contaminantes básicos en ríos según su uso.

Parámetros	Unidad	Ríos					
		Uso en riego agrícola		Uso público urbano		Protección de vida acuática	
		P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura	°C	-	-	40	40	40	40
Grasas y Aceites	mg/L	15	25	15	25	15	25
Sólidos Sedimentables	mL/L	1	2	1	2	1	2
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	150	200	75	125	40	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	150	200	75	150	30	60
Nitrógeno Total	mg/L	40	60	40	60	15	25
Fósforo Total	mg/L	20	30	20	30	5	10

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (2003).

Normatividad colombiana

La norma colombiana pretende controlar las sustancias contaminantes que son vertidos en los ríos, embalses, lagunas o sistemas de alcantarillado público. Dependiendo de la actividad realizada la norma plantea diferentes parámetros y valores permisibles a tener en cuenta, para el caso de actividades relacionadas con la atención médica en humanos el artículo 14 de la norma plantea los siguientes valores admisibles mostrados en la siguiente tabla N°53.

Tabla N°53: Valores límites máximos permisibles en Colombia.

Parámetros	Unidad	Actividades de atención a la salud	Actividades de atención a la salud
		humana - atención médica con y sin internación	humana - hemodiálisis y diálisis peritoneal
pH	-	6,00 - 9,00	6,00 - 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	800
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	150	600
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	50	100
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5	1
Grasas y Aceites	mg/L	10	10
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte	-
Nitrógeno Amoniacal (N-NH3)	mg/L	Análisis y Reporte	-

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2015).

4.2.2. Normativa nacional de descargas de aguas residuales

Límite máximo permisible (LMP)

El límite máximo permisible es definido como la medida del grado o concentración de parámetros físicos, químicos y biológicos cuyo exceso ocasiona o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (MINAM, 2010). Los LMP describen la calidad del efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales cuando se descarga a un cuerpo natural de agua, son obligatorios para todas las PTAR sin distinción de tamaño, ni nivel de tratamiento. En la siguiente tabla N°54 se muestra los LMP vigentes.

Tabla N°54: LMP de efluentes para su vertimiento a un cuerpo de agua.

Parámetro	Valor	Unidad
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10,000
Demanda Bioquímica de oxígeno en 5 días	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	mg/L	200
pH	-	6,5-8,5
Sólidos totales en suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: MINAM (2010).

Valores máximos admisibles (VMA)

Los valores máximos admisibles son las concentraciones de parámetros físicos y químico, presentes en un efluente no doméstico, que es vertido en la red de alcantarillado público, y al ser excesivos generan daño inmediato o progresivo a la infraestructura y equipos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, e influyen negativamente en los procesos del tratamiento (MVCS, 2009).

Los VMA se dividen en dos grupos de parámetros, que se encuentran en los anexos N.° 01 y 02 del decreto supremo N.° 021-2009-VIVIENDA. Un exceso en los VMA del anexo N.° 01 conlleva a pagos adicionales del usuario a la entidad prestadora de servicios (EPS) por la descarga en el sistema de alcantarillado, mientras que el incumplimiento del anexo N.° 02 implica el cierre de la descarga. En las siguientes tablas N°55 y N°56 se muestran los parámetros a cumplir.

Tabla N°55: VMA para descargas no domésticas al alcantarillado del anexo 1.

Parámetro	Unidad	VMA
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	500
Demanda química de oxígeno	mg/L	1000
Sólidos suspendidos totales	mg/L	500
Aceites y grasas	mg/L	100

Fuente: MVCS (2009).

Tabla N°56: VMA para descargas no domésticas al alcantarillado del anexo 2.

Parámetro	Unidad	VMA
pH	-	6,0-9,0
Temperatura	-	<35
Sólidos sedimentables	mL/L/h	8,5
Nitrógeno amoniacal	mg/L	80
Sulfatos	mg/L	500
Cromo total	mg/L	10
Arsénico	mg/L	0,5
Boro	mg/L	4
Plomo	mg/L	0,5

Fuente: MVCS (2009).

4.3. Selección de los procesos del sistema de tratamiento de aguas residuales

El tipo de tecnología de un sistema de tratamiento de aguas residuales depende de la calidad del efluente que se requiere alcanzar para ser vertido a un cuerpo natural o reusado sin afectar la salud de las personas y cumplir con la normatividad ambiental vigente (SUNASS, 2016). En la figura N°31 se presenta un esquema de las etapas de tratamiento que normalmente tiene una planta de tratamiento de aguas residuales.

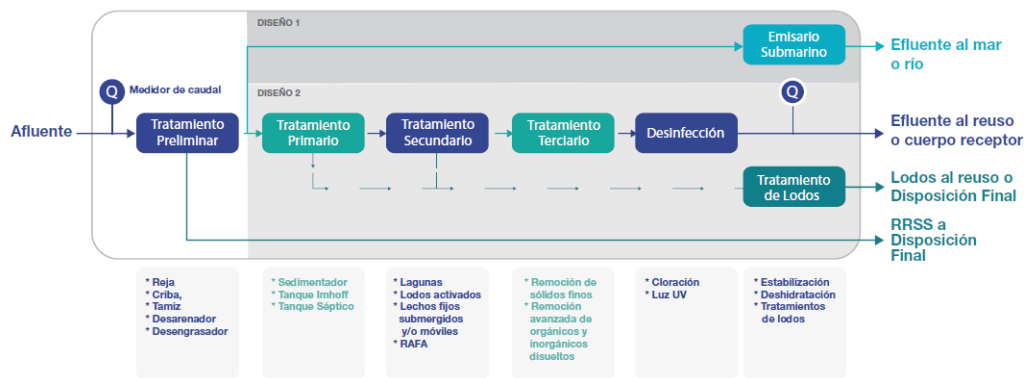


Figura N°31: Esquema de una PTAR.

Fuente: SUNASS (2016).

4.3.1. Porcentaje de remoción

Determinando el grado de tratamiento, se selecciona los procesos de tratamiento para las aguas residuales y lodos. Se toma mayor consideración a la remoción de parásitos intestinales. Se seleccionan sistemas de construcción y mantenimiento sin mayor dificultad, reduciendo al mínimo la mecanización y automatización de las unidades y evitando al máximo la importación de partes y equipos (Norma OS.090, 2009). En la siguiente Tabla N°57 se muestran los porcentajes de remoción de los diferentes procesos de tratamiento.

Tabla N°57: Porcentaje de remoción.

Proceso de Tratamiento	Remoción (%)		Remoción (ciclo log10)	
	DBO	Sólidos Suspendidos	Bacterias	Helmintos
Sedimentación Primaria	25-30	40-70	0-1	0-1
Lodos Activados (a)	70-95	70-95	0-2	0-1
Filtros Percoladores (a)	50-90	70-90	0-2	0-1
Lagunas Aeradas (b)	80-90	(c)	1-2	0-1
Zanjas de Oxidación (d)	70-95	80-95	1-2	0-1
Lagunas de Estabilización (e)	70-85	(c)	1-6	1-4

(a) Precedidos y seguidos de sedimentación

(b) Incluye laguna secundaria

(c) Dependiente del tipo de lagunas

(d) Seguidas de sedimentación

(e) Dependiendo del número de lagunas y otros factores como: temperatura, periodo de retención y forma de las lagunas

Fuente: Norma OS.090 (2009).

4.3.2. Superficie necesaria

Cada sistema de tratamiento de aguas residuales requiere de un área superficial disponible para que se implemente, esta limitante en muchos casos a falta de extensas áreas o la imposibilidad de adquirir la superficie necesaria decanta la selección del sistema y la tecnología a utilizar en la planta de tratamiento (Ayala y Diaz, 2008). En la tabla N°58 se muestra la superficie necesaria para la aplicación de los sistemas de tratamiento.

Tabla N°58: Superficie necesaria para la aplicación de los diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Sistema de tratamiento	Requerimiento de área (m ² /hab)
Zanjas y lechos filtrantes	2 - 66
Zanjas de oxidación	1.20 - 1.80
Lodos activados tipo convencional	0.20 - 0.30
Lodos activados aireación prolongada	0.25 - 0.35
Lagunas aereadas	1 - 3
Lagunas anaerobias	1 - 3
Lagunas facultativas	2 - 20

Fuente: Collado (1992).

4.3.3. Simplicidad de construcción

La complejidad de cada sistema de tratamiento se señala en los indicadores económicos, un tratamiento es técnicamente adecuado, pero económicamente inviable. Se desecha o adopta un determinado sistema en función de la capacidad económica (Ayala y Diaz, 2008). En la siguiente tabla N°59 se muestra la simplicidad de construcción de los sistemas de tratamiento.

Tabla N°59: Simplicidad de construcción de los diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Sistema de Tratamiento	Movimiento de Tierras	Obra Civil	Equipo
Zanjas y lechos filtrantes	MS	MS	MS
Zanjas de oxidación	MS	C	MC
Lodos activados aireación prolongada	MS	MC	MC
Lagunas aereadas	C	MS	MC
Lagunas anaerobias	C	MS	MS
Lagunas facultativas	MC	MS	MS

Muy Simple (MS) Complicado (C) Muy Complicado (MC)

Fuente: Collado (1992).

4.3.4. Requerimiento de operación y mantenimiento

La calidad del efluente de las plantas de tratamiento está directamente relacionada a una operación adecuada y un mantenimiento rutinario, los sistemas de tratamiento presentan diferentes necesidades de personal y frecuencia de control para evitar el colapso del sistema (Ayala y Diaz, 2008). En la tabla N°60 se muestra la complejidad de operar y mantener los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Tabla N°60: Requerimiento de operación y mantenimiento de los diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Sistema de Tratamiento	Simplicidad de Funcionamiento	Necesidad de Personal	Frecuencia en el Control
Zanjas y lechos filtrantes	S	P	PF
Zanjas de oxidación	MC	R (Cal)	F
Lodos activados aireación prolongada	MC	M (Cal)	MF
Lagunas aereadas	C	R (Cal)	PF
Lagunas anaerobias	MS	P	PF
Lagunas facultativas	MS	P	PF

Muy Simple (MS) Simple (S) Complicado (C) Muy Complicado (MC) Poco Frecuente (PF) Frecuente (F) Muy Frecuente (MF) Poco (P) Regular (C) Calificada (Cal)

Fuente: Collado (1992).

Lodos activados

Sistema de tratamiento de tipo biológico en el cual una mezcla de agua residual y lodos biológicos es agitada y aireada. Los lodos biológicos producidos son separados y un porcentaje de ellos devueltos al tanque de aireación en la cantidad que sea necesaria. En este sistema las bacterias utilizan el oxígeno suministrado artificialmente para desdoblar los compuestos orgánicos que a su vez son utilizados para su crecimiento. A medida que los microorganismos van creciendo se aglutinan formando los lodos activados; estos más el agua residual fluyen a un tanque de sedimentación secundaria en donde sedimentan los lodos. Los efluentes del sedimentador pueden ser descargados a una corriente receptora; parte de los lodos son devueltos al tanque con el fin de mantener una alta población bacteriana para permitir una oxidación rápida de la materia orgánica (Andrade y Castro, 2018).

Biodiscos

Es tan eficaz como los lodos activados, requiere un espacio mucho menor, y es fácil de operar, pero tiene un consumo energético elevado y alto costo de implementación. Está formado por una estructura plástica de diseño especial, dispuesto alrededor de un eje horizontal. Según la aplicación puede estar

sumergido de un 40 a un 90% en el agua a tratar, sobre el material plástico se desarrolla una película de microorganismos, cuyo espesor se autorregula por el rozamiento con el agua, en la parte menos sumergida, el contacto periódico con el aire exterior es suficiente para aportar el oxígeno necesario para la actividad celular (Andrade y Castro, 2018).

Lagunas aireadas

El tratamiento se puede realizar en grandes lagunas con largos tiempos de retención que les hace prácticamente insensibles a las variaciones de carga, pero que requieren terrenos muy extensos. La agitación debe ser suficiente para mantener los lodos en suspensión excepto en la zona más inmediata a la salida del efluente (Andrade y Castro, 2018).

De acuerdo con la información que se tiene, se decidió escoger el sistema de tratamiento de lodos activados. Los lodos activados presentan el sistema más adecuado para la PTAR que se va diseñar.

Este sistema se prefirió por el menor espacio ocupado, retención de agua residual moderado y el fácil control y mantenimiento.

4.3.5. Análisis de los resultados de laboratorio

Tabla N°61: Análisis de los resultados de laboratorio.

CUADRO COMPARATIVO SEGÚN RESULTADOS DE LABORATORIO - DATOS TEÓRICOS - DATOS SEGÚN NORMATIVA									
Datos Estudio	Parámetros	Unidad de Medida	Límite Cuantificación	Muestra N°01	Muestra N°02	Muestra N°03	Aguas Residuales Doméstico (Fuerte)	Aguas Residuales Municipal	Límites máximos permisibles según MINAM
	Rango de Hora de Muestreo	Horas	de Método	21:00 - 21:40	08:00 - 08:30	13:00 - 13:30			
Parámetros Físico - Químicos	Coliformes Fecales	NMP/100mL		35,000,000	160,000,000	79,000,000		10,000,000	10,000
	Aceites y grasas (AyG)	mg/L	2.3	3.9	4.8	4.2	150.00	40.00	20.00
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	2.0	526.8	1,401.0	792.0	400.00	300.00	100.00
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	6.0	863.0	2,375.0	1,345.0	1,100.00	1,000.00	200.00
	Sólidos Sedimentables (SS)	mL/L/h	0.1	0.3	0.8	0.5	20.00	12.00	
	Sólidos Totales (ST)	mg/L	4.0	349.0	748.0	644.0	1,200.00	1,000.00	
	Sólidos Totales Disueltos (TDS)	mg/L	4.00	244.00	548.00	359.00			
	Sólidos Totales Suspendidos (TSS)	mg/L	3.00	107.00	203.00	282.00	350.00	500.00	150.00
	Fósforo Total	mg/L	0.10	0.68	0.79	0.70		20.00	
	Nitrogeno Amoniacal	mg N-NH ₃ /L	0.10	0.30	0.50	0.40	85.00	80.00	
	pH	Valor de pH	0.00	5.31	5.67	5.60	15.00		6.5-8.5
	Sólidos Fijos	mg/L	1.00	119.00	262.00	257.00			
	Sólidos Fijos Disueltos	mg/L	1.00	58.00	139.00	88.00			
	Sólidos Fijos Suspendidos	mg/L	1.00	61.00	123.00	169.00			
	Sólidos Volátiles	mg/L	1.00	227.00	491.00	379.00			
	Sólidos Volátiles Disueltos	mg/L	1.00	183.00	409.00	268.00			
	Sólidos Volátiles Suspendidos	mg/L	1.00	44.00	82.00	111.00			
	Surfactantes Aniónicos (SAAM)	mg/L	0.003	0.13	0.19	0.15			
	Temperatura	°C	0.01	14.60	14.30	14.80			< 35

Fuente: Elaboración propia (2021).

De las tres muestras analizadas por el Laboratorio, se pueden denotar las siguientes apreciaciones:

La muestra resaltada en rojo, es la que contempla mayor valor numérico, a lo que se puede concluir a modo de justificación, que la hora en la que se tomó la muestra, es la hora en que mayor demanda de personas tiene (08:00 – 08:30am), en razón a que es un centro de salud, y que si bien, tiene una atención de horario corrido, incluyendo emergencias las 24 horas, la afluencia de público en mayor holgura se da por las mañanas, ya que la atención generalizada si tiene límites de horario, y son entre las 7 y 12 del mediodía.

A modo de ejemplo se tomó el parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO), donde haciendo el comparativo respectivo según el cuadro anterior, la toma de muestra N°02, indica un valor de 2375 mg/L, ahora bien, este parámetro está muy por encima del límite máximo permitido según la normativa nacional que se muestra en la tabla N°22 que es de 200 mg/L.

Según los valores dados por las pruebas de Laboratorio, y la data de los límites máximos permisibles tanto referenciados como normados, ingresados al cuadro comparativo anterior, arrojaron resultados permitiendo optar por los valores más desfavorables para definir con un cuadro comparativo también, el tipo de tratamiento de agua residual que se propuso, tomando como referencia lo denotado por la Norma OS.090, en el ítem 4.3.13.

Tabla N°62: Procesos de tratamiento de aguas residuales.

Proceso de Tratamiento	Remoción (%)		Remoción (ciclos log10)	
	DBO	Sólidos Suspendidos	Bacterias	Helminos
Sedimentación primaria	25 - 30	40 - 70	0 - 1	0 - 1
Lodos activados	70 - 95	70 - 95	0 - 2	0 - 1
Filtros percoladores	50 - 90	70 - 90	0 - 2	0 - 1
Lagunas aeradas	80 - 90	-	1 - 2	0 - 1
Zanjas de oxidación	70 - 95	80 - 95	1 - 2	0 - 1
Lagunas de estabilización	70 - 85	-	1 - 6	1 - 4

Fuente: Norma OS.090.

Tabla N°63: Cuadro comparativo – optimización de aguas residuales según sistemas.

Parámetros	PARAMETROS SEGÚN NORMA OS-090				PRE TRATAMIENTO		POS TRATAMIENTO		BASE TEÓRICA Y NORMATIVA		
	Unidad de Medida	Mínimo	Máximo	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		DBO ₅			
				mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Aguas Residuales Doméstico (Fuerte)	Aguas Residuales Municipal	Límites máximos permisibles según MINAM	
				1,401.00		1,401.00			400.00	300.00	100.00
Sedimentación Primaria	%	25%	30%	350.25	420.30	1,050.75	980.70		NO CUMPLE		
Lodos Activados	%	70%	95%	980.70	1,330.95	420.30	70.05		CUMPLE		
Filtros Percoladores	%	50%	90%	700.50	1,260.90	700.50	140.10		NO CUMPLE		
Lagunas Aeradas	%	80%	90%	1,120.80	1,260.90	280.20	140.10		NO CUMPLE		
Zanjas de Oxidación	%	70%	95%	980.70	1,330.95	420.30	70.05		CUMPLE		
Lagunas de Estabilización	%	70%	85%	980.70	1,190.85	420.30	210.15		NO CUMPLE		

Fuente: Elaboración propia (2021).

4.4. Dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales

4.4.1. Población futura del Centro de Salud Picota

En la presente tesis se hace de conocimiento la complejidad de la data que se tiene con la cual se procedió al diseño elegido con todo lo evidenciado a modo de antecedente en los capítulos anteriores, empezando por tomar en cuenta que una planta de tratamiento es direccionada a una población considerable en número y lo que tenemos en proyecto de estudio, es reducido para la misma. Dicho esto, se inició el proceso de diseño con el cálculo de la población futura del centro de salud con los métodos indicados en el numeral 2.4.3, los Censos disponibles se encuentran en tabla siguiente, tomando como data para obtener las cantidades poblacionales resumidas en la tabla N° 64 como se muestra a continuación.

Tabla N°64: Información de censos de población.

Año	Población
2015	39,694 (3%) = 1,191
2018	40,545 (3%) = 1,216
2021	41,396 (3%) = 1,241

Fuente: INEI (2018).

Como se puede identificar en la tabla anterior, una vez que el centro de salud inicie labores, es que va a contar con una población siguiente reflejada en el cuadro a modo de funcionalidad.

Tabla N°65: Población futura (Pf).

Año / Método	Resultado de Métodos de Cálculo						Población Flotante (3%)	Población Final Total
	Aritmético	Geométrico	Exponencia	Wappaus	Promedio			
2015	1,191.00	1,191.00	1,528.14	1,191.00	1,275.28	38.26	1,313.54	
2018	1,341.00	1,241.52	1,524.27	1,349.31	1,364.02	40.92	1,404.95	
2021	1,366.00	1,266.51	1,552.32	1,374.13	1,389.74	41.69	1,431.43	
2051	1,461.62	1,355.17	1,660.98	1,470.32	1,487.02	44.61	1,532.00	

Fuente: Elaboración Propia (2021).

Luego de haber iterado las proyecciones de poblaciones en los diferentes métodos propuestos, se calculó el promedio para cada año obedeciendo hasta llegar a un total proyectado para el año 2051 a un valor de 1532 habitantes. La población flotante se obtuvo estimando un 3% como refiere el sustento en el diseño ingenieril, razón por la que se obtiene una población flotante en el año 2051 de 45 habitantes. En resumen, habiendo concluido la iteración, se proyecta una población futura (Pf), haciendo la suma de la población proyectada en promedio con la población flotante proyectada también, haciendo un total de 1532 habitantes.

4.4.2. Cálculo del caudal de diseño

Luego de haber obtenido el valor de la proyección futura definida en el ítem anterior, se procedió a calcular los caudales de diseño de acuerdo con las ecuaciones propuestas en el ítem 2.4.5. Hay que considerar que en el sistema no se tienen en cuenta los caudales industriales debido a que el centro de salud no está en una categoría de industria como estructura codificada según parámetros MINSA y sus actividades se desarrollan principalmente en actividades municipales, comerciales, domésticas y complejas. Ahora bien, considerando los aportes de caudales ya mencionados líneas atrás, se tienen caudales en sectores según la misma, comerciales, como lavandería, cocina, talleres, domésticas, como hospitalización, tecnología, residencias médicas, residencias habitacionales, y como complejas, urgencias, programas de VIH y TBC, centros quirúrgicos y obstétrico, ayuda diagnóstico entre otros.

Tabla N°66: Data para cálculo de caudales.

Descripción	Símbolo	Valor
Coefficiente de Retorno	CR	0.85
Población proyectada	P	1.532 hab.
Dotación Neta	dneta	140 L/hab*día
Caudal Comercial	QC	0.3 L/s
Caudal Institucional	QIN	0.2 L/s
Caudal de Infiltración	QINF	0.2 L/s
Caudal conexiones erradas	QCE	0.2 L/s

Fuente: Elaboración propia (2021).

El caudal comercial no es un gran aportante al sistema y el caudal institucional tiene un valor que puede ser verificado de acuerdo con la época en que sea medido, teniendo en cuenta las jornadas en las que se han realizados las pruebas, toda vez, que el flujo de funcionamiento varía en relación a las horas del día, es por ello, que se tienen tres muestras, una tomada en horas de la mañana, la siguiente tomada en horas del mediodía, y la última tomada en horas de la noche.

Con la data sostenida en el capítulo del diseño ingenieril, así como las ecuaciones propiamente en cada concepto dado, se obtuvieron los resultados que a modo de resumen se exponen en la siguiente tabla, donde puede notarse que el caudal por aguas residuales en el Centro de Salud Picota, tiene un valor calculado de QDT = 14.14 L/s.

Tabla N°67: Caudales calculados.

Descripción	Símbolo	Valor (L/s)
Caudal aguas residuales	QD	2.11
Caudal medio diario	QM	2.71
Factor de mayoración	F	3.44
Caudal máximo horario	QMH	9.32
Caudal de diseño	Qdt	14.14

Fuente: Elaboración propia (2021).

4.4.3. Cálculo de aguas de lluvias

Se hizo una compilación de datos históricos a modo de antecedentes, en relación a las precipitaciones por estaciones en la zona de estudio, datos que fueron dados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Se buscaron las estaciones más cercanas al área de estudio, con el fin de realizar un cálculo más preciso y centrado en los eventos por precipitación que afectan al centro de salud; se optó por la estación de Picota, donde se cuenta con registros desde el año 1964 hasta el 2014, y es uno de los que se ha mantenido conservando los registros sin interrupciones alrededor de 30 años en promedio.

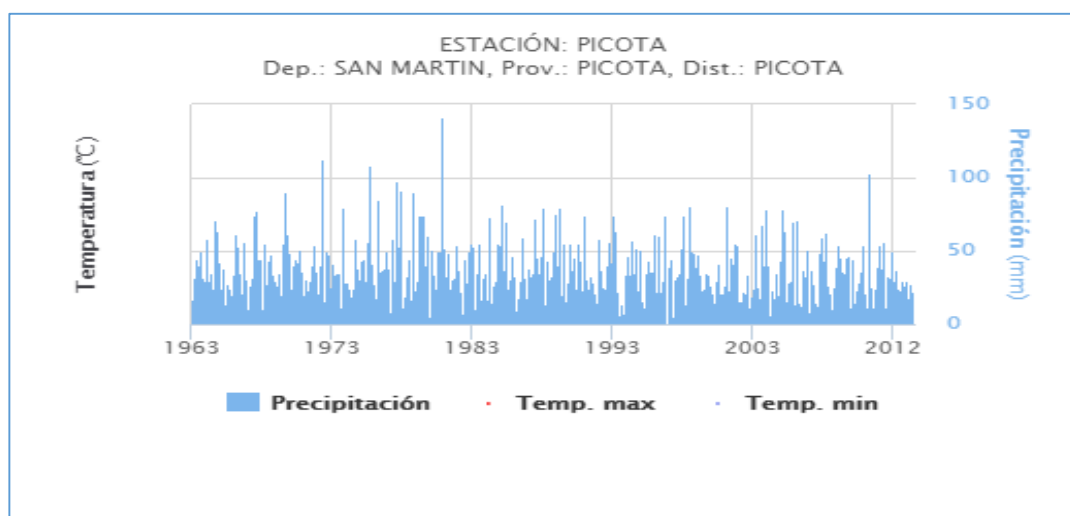


Figura N°32: Estación seleccionada para el cálculo de caudal por lluvias.

Fuente: Senamhi – Datos Meteorológicos – Picota – San Martín.

Tabla N°68: Serie de precipitaciones máximas en 24 horas.

Ítem	Año	Precipitación Acumulada 24 Horas
01	2000	14.00
02	2001	81.00
03	2001	21.00
04	2001	27.00
05	2001	23.00
06	2002	16.00
07	2005	33.00
08	2005	13.00
09	2005	44.00
10	2005	64.00
11	2006	14.00
12	2006	13.00
13	2006	13.00
14	2007	11.00
15	2008	63.00
16	2008	25.00
17	2008	27.00
18	2009	46.00
19	2009	13.00
20	2009	35.00
21	2009	24.00
22	2009	13.00
23	2009	22.00
24	2009	15.00
25	2009	21.00
26	2009	36.00
27	2010	15.00
28	2011	103.00
29	2011	19.00
30	2011	13.00
31	2012	20.00
32	2012	20.00
33	2012	19.00
34	2012	56.00
35	2012	16.00
36	2012	29.00
37	2013	25.00
38	2014	22.00
39	2014	20.00
40	2014	18.00

Fuente: Elaboración propia (2021).

Considerando las ecuaciones (14) y (15) propuestas en el diseño ingenieril, alcanzaron los siguientes valores, intensidad y el caudal de aguas de lluvias para la zona en que se encuentra el centro de salud. Hay que resaltar que se asumió como coeficiente de escorrentía el valor de 0.75 luego de la misma también se calcularon las áreas aferentes contando con una superficie de 0.5 Ha.

En el presente proyecto, se tiene como área de estudio, en relación al tipo, el de tipo comercial, y/o industrial, y en relación a dimensiones, un área menor a las 2 hectáreas, para fines de cálculos.

Tabla N°69: Valores obtenidos en relación al caudal de lluvias.

Medición	Unidad de medida	Valor Obtenido
Qall	l/s	44.37
Factor	S.U.	2.78
c	S.U.	0.75
i	mm/h	42.56
A	Ha	0.5
k	S.U.	189
Tr	años	5
d	min	15
m	S.U.	0.2
n	S.U.	0.67

Fuente: Elaboración propia (2021).

4.4.4. Diseño de rejilla

La rejilla es la que se encarga de retener sólidos de tamaño considerable y que son arrastradas por las aguas residuales de cada colector y que suman cuando llegan al principal, también será determinante para impedir el paso de elementos arrojados a los flujos de agua como jeringas, algodones, ropa, basura, plásticos, bolsas de papel, cajas de medicinas, vidrios entre otros. Este elemento está ubicado antes del aliviadero.

Se hicieron los cálculos respectivos para el diseño de la rejilla del sistema de tratamiento de acuerdo con las ecuaciones propuestas en el literal 2.4.7.2 del presente proyecto de investigación, una vez determinado, prevaleció ser de rejilla media – fina, con una separación de 3 cm, debido a una velocidad máxima de aproximación de 0.3 m/s, caudal de diseño 0.014 m³/s, ángulo de inclinación de las barras de 45° y barra metálica No 8 o de 1”. Toda la data obtenida se resume en la siguiente tabla.

Tabla N°70: Resultados obtenidos para el diseño de rejilla de 1”.

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Altura rejilla	h	0.3	m
Base rejilla	b	0.3	m
Cantidad de vanos	-	9	vanos
Cantidad de varillas	bm	4	und
Perdida de Carga	H	0.13	m
Altura flujo de aproximación	hv	0.073	m
Longitud varillas	L	0.4	m

Fuente: Elaboración propia (2021).

La rejilla obtenida es de dimensiones 0.5 m de base y 0.5 m de alto; debido a la inclinación de 45° a la cual es ubicada, la longitud de las varillas es de 0.6 m. Construida por barras de acero unidas por soldadura. El canal que la rodea es de concreto reforzado y cuyo espesor de muros y placas no es menor a 0.15 m. La rejilla es anclada a los muros del canal.

4.4.5. Diseño de aliviadero

Se calcularon las dimensiones del aliviadero de acuerdo con las ecuaciones propuestas, para una demasía en el caudal por aguas de lluvias de 44.37 l/s, se consideró como factor de dilución un factor de 5 de acuerdo con lo indicado en la normatividad, coeficiente de rugosidad del material $n=0.013$, tuberías de entrada y salida de 6” y 6” respectivamente, la tabla resume los resultados obtenidos.

Tabla N°71: Resultados obtenidos para el diseño del aliviadero.

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Coef. rugosidad	n	0.013	-
Factor de dilución	D	5	-
Caudal aguas lluvias	Qall	0.04	m ³ /s
Caudal aguas residuales	Qar	0.014	m ³ /s
Coef. arrastre	Cd	0.61	-
Tubería entrada 6"	φ	0.15	m
Tubería salida 6"	φ	0.15	m
Distancia interna	hv	0.6	m
Borde Libre	b	0.3	m
Perdida de tubería	h _l	0.05	m
Caudal del orificio	Q _o	0.01	m ³ /s
Altura vertedero	H	0.3	m
Caudal excedente	Q _v	1.05	m ³ /s
Longitud aliviadero	L	0.5	m
Altura total	At	0.4	m

Fuente: Elaboración propia (2021).

Con la data obtenida a modo de resultado, se puede evidenciar las dimensiones del elemento encargado de captar y mantener el flujo óptimo para los procesos de tratamiento de las aguas residuales. El aliviadero tiene una longitud transversal de 0.5 m, una altura total de 0.4 m, se utiliza una tubería de entrada de 6" y una tubería de salida para los excedentes de 6", construido en concreto reforzado y tiene una tapa de inspección y mantenimiento, la ubicación de este elemento es después de las rejillas y antes del desarenador.

4.4.6. Diseño de desarenador

Elemento con la única función de recibir las aguas residuales, ahora bien, durante este proceso, en el paso de este fluido a lo largo del elemento por medio de la decantación, es que se eliminan los sólidos flotantes ya sean arcillas, limos y arenas.

El desarenador se calculó teniendo en cuenta las definiciones y las ecuaciones (21), (22), (23) y (24). El caudal de diseño es 0.014 m³/s, se asumió ancho de 0.6 m, la velocidad de flujo es 0.30 m/s de acuerdo con lo indicado en la normatividad, el diámetro de las partículas es 0.15 mm por tratarse de arenas finas, la velocidad de asentamiento es 1.15 m/min y longitud teórica adicional del 20%. Se obtuvieron los resultados que resume la tabla siguiente.

Tabla N°72: Resultados obtenidos para el desarenador propuesto.

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Altura	H	0.03	m
Altura de velocidad	h _v	0.16	m
Profundidad de la sección	d _c	0.33	m
Velocidad sección de control	v _c	1.79	m/s
Área de sección de control	a	0.04	m ²
Ancho sección de control	w	0.10	m
Diámetro de partículas	d	0.15	mm
Velocidad de asentamiento	v _s	1.15	m/min
Longitud del desarenador	L	3.06	m
Longitud adicional teórica	L _a	0.62	m
Longitud total	LT	3.68	m
Tiempo de retención	T	0.50	min

Fuente: Elaboración propia (2021).

Las dimensiones obtenidas de este elemento son de 3.68 m de longitud, altura de 0.1 m, base del canal de 0.6 m y ancho del elemento de 0.6 m. Este elemento se ubica

después del aliviadero y antes del reactor UASB. Se dispone de una compuerta que permita el cierre y paso de las aguas residuales y se implementa un sistema de control por compuerta debido a que requiere de mantenimiento.

4.4.7. Diseño reactor UASB

Esta parte del diseño tiene como función principal el acondicionamiento de los lodos por intermedio de soluciones anaeróbicas, en esta parte las aguas grises se reciben y convierten por medio de microorganismos que se encuentran dentro del fluido. En esta parte del proceso las aguas grises accionan gas del tipo biológico (biogás), en términos generales materia del tipo orgánica en condición relegada.

Se hizo el cálculo del reactor UASB según los parámetros determinados en la metodología explicada en el diseño ingenieril. Ahora bien, hay que definir el tiempo de retención hidráulica como el periodo que se recomienda para que los microorganismos se desarrollen en un medio, ya que la temperatura del centro de salud es en promedio 30°C se asume un tiempo considerado de 6 horas, la velocidad ascendente se tomó como $v_a=0.5$ m/h.

Las siguientes tablas contienen el diseño objetivo del GLS en la que como función principal amerita la contención del lodo anaeróbico para mantener una prolongada edad del lodo; dicha contención logra la separación de los gases producidos en el elemento, de esta forma es que se logran mantener las condiciones óptimas para la etapa de sedimentación.

Tabla N°73: Resultados obtenidos para el diseño de reactor UASB.

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen carga orgánica	VCOV	59.98	m ³
Área superficie horizontal	Ah	23.92	m ²
Velocidad ascendente	va	0.5	m/h
Longitud (si es rectangular)	L	6	m
Longitud (si es circular)	D	9	m
Volumen recalculado	VT	341.71	m ³
Velocidad ascendente	va	0.65	m/h
Tiempo de retención hidráulica	TRH	7	h

Fuente: Elaboración propia (2021).

Tabla N°74: Resultados obtenidos para el diseño del GLS.

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Velocidad ascendente	va	2.33	m/h
Área basal	Aa	21.60	m ²
Área Gas - Líquido - Sólido	AGLS	44.40	m ²
Numero de separadores	S	4.00	und
Ancho efectivo separadores	WGLS	3.70	m
Área tributaria de cada separador	AWGLS	11.10	m ²
Altura por ocupar por el GLS	-	0.30	%
Atura GLS	hGLS	0.43	m
Angulo paredes separador	p	60.00	°

Fuente: Elaboración propia (2021).

A continuación, se detallan las características del reactor UASB en relación a los cálculos, que, dicho sea de paso, en relación a su forma se plantea una del tipo rectangular, con dimensiones de 0.5 m de altura y una longitud de 6.0 m. Elemento construido a continuación del desarenador, por intermedio de un canal en donde en la parte superior se vierte el agua gris pretratada al siguiente paso que precede un sistema de lodos activados. En la parte inferior se consideraron inclinaciones que permitan el proceso de decantación justamente para el exceso de lodos y que, a modo de drenaje con una tubería de succión, este sea retirado.

En relación al GLS se ejecuta en la parte superior del reactor siendo este el responsable de vigilar la emisión del biogás con una tubería de 4". Se considera necesario construir estructuras en razón a las dimensiones mismas del elemento que tiene una longitud de 6.0 m.

4.4.8. Diseño de sistema para el tratamiento por lodos activados

El presente diseño de sistema de tratamiento de aguas residuales por el proceso de lodos activados se ejecuta considerando las cargas orgánicas activas; las cuales por intermedio del laboratorio ITS – Inspection & Testing Services del Perú S.A.C., es que se pudo obtener los diferentes parámetros a modo de mediciones bioquímicas y que se plasman en el documento siguiente: informe de ensayo – 12245/22, 12245/23 y 12245/24 - Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL – DA, con registro ° LE -120.

Tabla N°75: Resultados obtenidos para el diseño por lodos activados.

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
DBO	Se	222.36	mg / L
Biomasa del reactor	XV	496.05	kg SSV
Volumen del reactor	V	124.01	m ³
Producción de lodo	Px	248.03	kg SSV / d
Sólidos de desecho	Ls	62.01	kg / d
Caudal de lodos de desecho	Qw	0.0041	m ³ / d
Caudal de recirculación	Qr	0.0021	m ³ / d
Relación de recirculación	R	50.00	41%
Tiempo retención hidráulica	θ	2.46	h
Oxígeno requerido	DO	63.13	kgO ₂ / d
Caudal de aire requerido	Qaire	226.76	m ³ / d
Para una eficiencia de transferencia de oxígeno del	Ef	84.13	m ³ / d
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen de aire requerido	Vaire	0.0015	m ³ / kg
Carga orgánica volumétrica	COV	462.05	g DBO / m ³ d
Relación F/M	F/M	1.86	d ⁻¹
Eficiencia remoción DBO total	Et	84.13	90%
Eficiencia remoción DBO soluble	Es	42.06	71%
Altura	H	3.00	m
Área	A	40.00	
Longitud (si es rectangular)	L	5.00	m
Ancho (si es rectangular)	B	4.00	m
Diámetro (si es circular)	D	4.00	m

Fuente: Elaboración propia (2021).

Luego de haber hecho los cálculos referidos en el diseño ingenieril, a modo de respuestas se sostiene una altura de 3.00 m, con un diámetro de 4.00 m. Cabe resaltar que en este proceso se capta aire desde la parte superior, en la superficie, la misma que es bombeada al ingresar a la parte inferior del tanque, que, dicho sea de paso, debe contar con seis dispersores distribuidos también en la misma parte inferior. Se sostiene la propuesta de que el sistema de aire sea con tubería de diámetro no a mayor a 1", y se requiere que el fondo del elemento deba de contar con inclinaciones, lo que permite un proceso de decantación para el exceso de lodos, la misma que es evacuada a mediante succión. Esta estructura debe ser ejecutada luego del reactor y antes del sedimentador.

4.4.9. Diseño de sedimentador secundario

La función propiamente del sedimentador secundario es recibir las aguas grises espesadas en el tanque de lodos para que este pueda ejecutar el proceso de decantación de todo el material floculado.

Tabla N°76: Resultados obtenidos para sedimentador secundario.

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal de diseño	QDT	0.014	m ³ /s
	Q	1209.60	m ³ /d
Recirculación	r	0.20	20%
SSLM	SSV	3200.00	mg / L
Carga superficial	Cs	73.68	m / d
Carga superficial promedio	CSp	30.28	m / d
Carga pico de solidos	Cps	110.40	kg / d m ²
Profundidad	h	3.00	M
Carga máxima de rebose sobre vertedero	Rv	3.30	L / sm
Relación caudal pico / promedio	RQp	0.60	-
Caudal pico afluente sedimentador secundario	Qps	967.68	m ³ /d
Área para sedimentador caudal pico	Aps	16.42	m ²
Flujo pico de solidos	Fp	3096.58	kg / d
Área requerida para carga de solidos	Acs	28.05	m ²
Longitud del sedimentador	L	6.00	M
Ancho sedimentador	b	5.00	M
Volumen de agua del sedimentador	V	124.00	m ³
Carga de rebose sobre vertedero	CV	1.50	L / sm
Tiempo de retención	θ	1.00	H

Fuente: Elaboración propia (2021).

Luego de hacer los cálculos respectivos se determina las siguientes medidas en relación al sedimentador secundario, resumido a una altura de 4.0 m, una longitud de 6.0 m en su largo y 5.0 m en su ancho.

4.5. Análisis de resultados

Luego de haber logrado dimensionar todos los componentes que forman parte de los procedimientos del tratamiento de las aguas residuales, es que se proyectó como área necesaria un aproximado de 200 m².

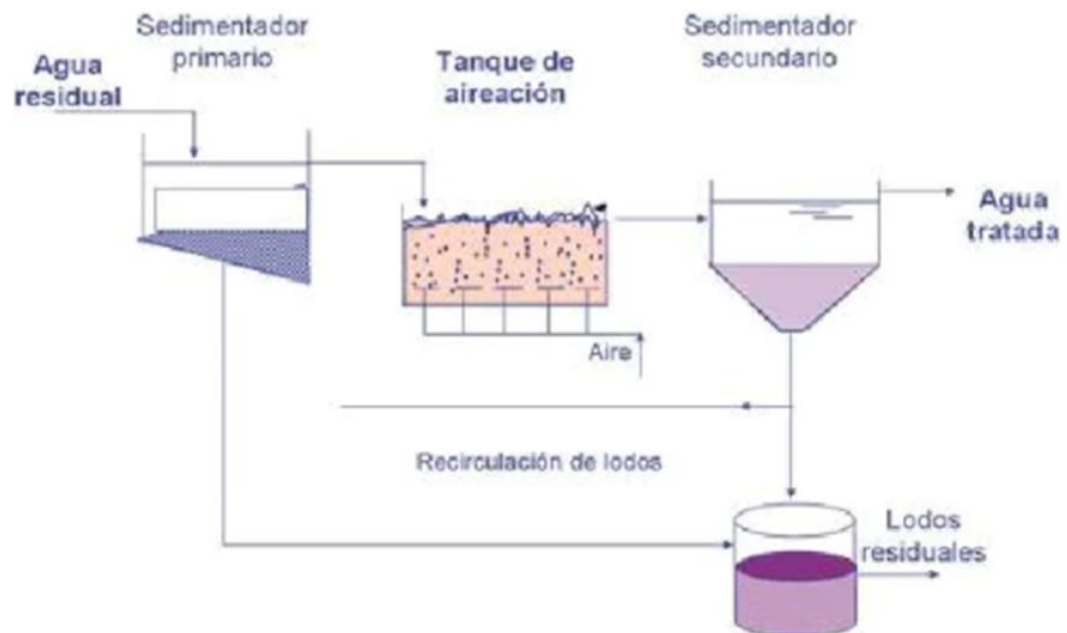


Figura N°33: Esquema del sistema de tratamiento por lodos activados.

Fuente: Elaboración propia (2021).

Tabla N°77: Resultados finales de diseño por lodos activados.

Parámetros de diseño para el tratamiento por lodos activados		
Parámetro	Valor	Unidad
DBO del Efluente	2.38	kg/m ³
Biomasa en el reactor	496.05	KgSSV
Volumen del reactor	124.01	m ³
Ancho del reactor	6.00	m
Largo del reactor	5.00	m
Profundidad del reactor	4.00	m
Tiempo medio de retención hidráulica	2.46	h
Producción de lodo	248.03	KgSSV/d
Producción de sólidos totales de desecho	62.01	KgSSV/d
Caudal de los lodos de desecho	0.0041	m ³ /d
Caudal de recirculación	0.0021	m ³ /d
Relación de recirculación	50.00	%
Carga orgánica volumétrica	462.05	g DBO / m ³ *d
Demanda de oxígeno	63.13	Kg/d
Eficiencia en remoción de DBO total	84.13	%
Eficiencia en remoción de DBO soluble	42.06	%

Fuente: Elaboración propia (2021).

Tabla N°78: Resultados finales de diseño para el tanque sedimentador.

Tanque sedimentador		
Parámetro	Valor	Unidad
Caudal	1,209.60	m ³ /d
Área	28.00	m ²
Largo	6.00	m
Ancho	5.00	m
Profundidad	4.00	m
Volumen	124.00	m ³
Carga de sólidos	110.40	kgSS/m ² *h

Fuente: Elaboración propia (2021).

CONCLUSIONES

1. Siendo necesario un sistema de tratamiento que garantice la calidad del efluente generado por el Centro de Salud Picota, se optó por el tratamiento de lodos activados compuesto por una captación, rejilla, desarenador, reactor UASB y sedimentador secundario que brinda un área disponible asequible, una operación y mantenimiento aceptable y un porcentaje de remoción de demanda bioquímica de oxígeno del 85% que cumple con la normativa vigente de límites máximos permisibles de descarga de aguas residuales, igualmente brindando la sostenibilidad del recurso medio ambiental y reduciendo el riesgo en la salud de la población al aminorar la concentración de sustancias contaminantes en las aguas residuales generadas por el Centro de Salud Picota.
2. Las clases de aguas residuales generadas por el Centro de Salud Picota, luego de haber realizado los estudios de laboratorio, a través de diferentes muestras, en tiempos variados también, denotan una mezcla de dos de las mismas (clases), que vienen a ser las aguas residuales domésticas y las aguas residuales municipales, conclusión fundamentada en razón a evaluaciones y análisis comparativos entre ensayos de laboratorio con muestras in situ y parámetros teóricos - normativos, tomados como referencias de estudio en el presente proyecto de investigación. Es necesario complementar la conclusión dada, en razón a que se considera relevante, la clase de agua residual definitiva para el Centro de Salud Picota, a modo de decisión, con fines de tener parámetros de diseño definido, toda vez que, el lado más desfavorable es el considerado, sin exceder límites permisibles superiores a la misma causa, es por ello que se define como la clase residual del Centro de Salud Picota, a la clase de agua residual del tipo municipal.
3. Los límites de descarga de aguas residuales definidos en las diferentes normativas nacionales y extranjeras, varían dependiendo del cuerpo receptor de los efluentes de las plantas de tratamiento o de la actividad en la que se emplea el agua. Las aguas residuales generadas por el Centro de Salud Picota bajo la normativa española encajan en los requisitos de vertimiento de aguas residuales provenientes de instalaciones de

tratamiento urbanas con concentraciones máximas de DBO de 25 mg/L, DQO de 125 mg/L y sólidos suspendidos totales de 35 mg/L. Para la reglamentación mexicana los límites máximos para descargas en ríos y su uso en riego agrícola demandan una DBO de 200 mg/L y sólidos suspendidos totales de 200 mg/L. En Colombia al ser aguas provenientes de actividades relacionadas a la atención médica los valores máximos son DBO de 150 mg/L, DQO de 200 mg/L y sólidos suspendidos totales de 50 mg/L. La normativa peruana establece los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales en DBO de 100 mg/L, DQO de 200 mg/L y sólidos suspendidos totales de 150 mg/L.

4. El sistema de depuración de aguas residuales propuesto para el Centro de Salud Picota, es el tratamiento por lodos activados. La superficie requerida para implementar el tratamiento por lodos activados es mucho menor a la necesaria por las lagunas y zanjas de oxidación, si bien la construcción, operación y mantenimiento del sistema de lodos activados es más compleja y frecuente que la de otros sistemas, no requiere de un personal altamente calificado para realizar las labores designadas. Así mismo, el porcentaje de remoción que proporciona los lodos activados permite cumplir con las normativas vigentes.
5. El sistema de tratamiento de las aguas residuales del Centro de Salud Picota, presenta un diseño ingenieril óptimo de lodos activados por aireación extendida y un digestor de lodos mediante la implementación de un reactor UASB. Se considera una proyección futura de población de 1532 personas, para lo cual, de acuerdo a la demanda propiamente, se tiene un caudal de diseño de 2.11 L/s y un caudal de lluvias de 44.37 L/s. En relación a sus dimensiones se puede concluir que se ha tenido en cuenta todas las circunstancias que se presentaron, desde la ubicación propiamente hasta el urbanismo del lugar donde se desarrolla el centro, para ello, se tiene las siguientes dimensiones de acuerdo a los elementos que lo conforman iniciando con la captación, con una rejilla de sección cuadrada de 0.5 m de lado y las barras con un ángulo de 45°, siguiendo con el aliviadero conformado por una tubería PVC de 6" de diámetro en el ingreso y salida del mismo, con una sección rectangular de dimensiones 0.5 m y 0.4 m con 0.5 m de longitud, luego el desarenador de sección rectangular con dimensiones de

3.68 m de longitud, 0.6 m de ancho y una altura de 0.1 m, el reactor de sección rectangular con dimensiones de 0.5 m de altura y 6.0 m de longitud, el elemento de tratado de sección circular con dimensiones de 4.0 m de diámetro y 3.0 m de altura, y el sedimentador secundario de sección rectangular con dimensiones de 4.0 m de altura, 6.0 m de longitud y un largo de 5.0 m. Para todo ello, cabe resaltar que se ha identificado la necesidad de implementar un sistema de tratamiento que cuente con un área reducida y que el impacto del mismo (sistema) sea mínimo, considerando la producción de gases y olores que se derivan de las diferentes etapas del proceso de tratamiento elegido.

RECOMENDACIONES

1. El tratamiento de las aguas residuales es un proceso que convierte los contaminantes que contiene el agua a un efluente que se puede reintegrar en el ciclo del agua, generando un impacto ambiental mínimo y que incluso puede reutilizarse con otros propósitos, es por ello que se recomienda optar por una innovación de criterios y tecnologías a nivel de país, en relación al tratamiento de las aguas residuales producto de los centros hospitalarios, toda vez que, son contados los proyectos de tratamiento de aguas residuales en los mismos, la data recogida en el presente proyecto, evidencia el enorme impacto ambiental que está generando el hecho de no contar con tratamientos de aguas residuales, considerando la funcionalidad del establecimiento afluente, más aún cuando en el Perú, existen muchos distritos, que no cuentan con alcantarillado, siendo su único efluente los ríos, lagos y el mar.
2. Luego de haber concluido el presente proyecto de investigación, se resalta un impacto ambiental negativo minimizado, con data recogida de la zona, y llevada a estudios que permiten hacer comparativos y selecciones bastante evidentes, se recomienda exhortar a las autoridades gubernamentales según estratos, a exigir en todo proyecto de esta índole (hospitales y relacionados), un sistema de tratamiento de agua residual previo a su llegada, ya sea a un colector principal, ríos, lagos o mar.
3. En el desarrollo de este proyecto de investigación, ya sea en bases teóricas a través de libros, o a través de otros proyectos de investigación, se resalta la idea de que una planta de tratamiento de agua residual se da para poblaciones en general, la muestra de estudio de la presente investigación es bastante reducida en comparación a una población por mínima que sea la misma como número, es por ello que se recomienda incluir un proceso de tratamiento de aguas residuales a toda estructura de índole hospitalario o similar, el diseño y su dimensionamiento, puede terminar siendo solo esquemáticos, y hasta no ser estrictamente estructural la construcción del mismo, con conservar límites

permisibles y generales en relación a la misma, se pueden generar diseños ingenieriles de bajo costo, de bajo impacto ambiental (la construcción del sistema), y lograr mitigar el impacto ambiental general ya sea de un caserío, distrito, o ciudad, entre otros.

4. El tratamiento de aguas residuales es un tema trascendental que tiene que ver con la salud de la población, sobre todo de los grupos sociales más vulnerables, así como el cuidado de la madre tierra, evitando la contaminación de las fuentes de agua y el medio ambiente, es por ello que se recomienda a las diferentes entidades gubernamentales realizar acciones de asesoramiento y de asistencia técnica buscando la forma más adecuada y económica de lograr un sistema de tratamiento de aguas residuales ya que su hecho sería contribución importante al medio ambiente tomando en consideración una sostenibilidad de desarrollo en el sitio que fuese.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfárez, L. y Nieves, N. (2019). *Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR): impacto ambiental esperado e impacto ambiental provocado*. Caldas, Colombia: Revista caribeña de ciencias sociales. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/06/tratamiento-aguas-residuales.html>
- Andrade, Y., & Castro, L. (2017). *Diseño hidráulico de una planta de tratamiento de agua residual en el hospital nuevo del municipio de Zipaquirá – Colombia* (tesis de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15258/1/Dise%c3%bl0%20hidraulico%20de%20una%20PTAR%20ZIPAQUIRA.pdf>
- Aquino, P. (2017). *Calidad del agua en el Perú retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*. Lima, Perú. Recuperado de https://www.dar.org.pe/archivos/publicacion/176_aguasresiduales.pdf
- Autoridad Nacional del Agua (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima, Perú. Recuperado de https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf
- Autoridad Nacional del Agua (2019). *Compendio nacional de estadísticas de recursos hídricos*. Lima, Perú. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/compendio-nacional-estadisticas-recursos-hidricos-2018>
- Ayala, C. A. y Diaz, E. (2008). *Manual para el diseño de unidades de tipo biológico en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en El Salvador* (tesis de grado). Universidad de El Salvador. El Salvador. Recuperado de

<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4197/1/Manual%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20unidades%20de%20tipo%20biologico%20en%20plantas%20de%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20dom%C3%A9sticas%20en%20El%20Salvador.pdf>

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación* (3 ed.). Bogotá, Colombia: Pearson educación.

Borja, M. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú.

Ccarita, C., & Soto, E. (2018). *Diseño de un sistema de tratamiento integral de aguas residuales provenientes de una planta procesadora de alimentos balanceados mediante la tecnología de lodos activados con aireación con membranas MBR* (tesis de grado). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7780>

Collado, R. (1992). *Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades*. España.

Cuatis, L. (2018). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por lodos activados en el municipio de Soatá Boyacá* (tesis de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22826/1/0.Documento_Final_Propuesta_%20PTAR_Soat%c3%a1.pdf

Cuenca, L. (2018). *Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia de Tingo La Esperanza, ubicada en el cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi* (tesis de grado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15372/1/T-UCE-0011-IC353-2018.pdf>

De La Cruz, R. (2019). *Propuesta de modelo de tratamiento de aguas residuales mediante procesos de biopelícula fija sumergida, en el distrito de Huancan – Huancayo* (tesis de grado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. Recuperado de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5902/T010_47650166_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Deiana, A. C., Granados, D. L. y Sardella, M. F. (2018). *El método ingenieril*. Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina. Recuperado de

<http://www.fi.unsj.edu.ar/asignaturas/introing/MetodoIngenieril.pdf>

Esquivel, D., & Santiago, E. (2019). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales para el distrito de Cachicadán, Santiago de Chuco, La Libertad – 2018* (tesis de grado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado de

https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12413/EsquivelCaipo_D%20-%20SantiagoPereda_E.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia y Organización Mundial de la Salud (2020). *Estado mundial del saneamiento: un llamamiento urgente a transformar el saneamiento para mejorar la salud, los entornos, las economías y las sociedades*. Nueva York, Estados Unidos. Recuperado de

<https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240014473>

Forero, A., & Urrego, C. (2016). *Modelamiento de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales del barrio Fontanar de Suba* (tesis de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2938/4/Modelamiento-humedal-artificial-tratamiento-aguas-residuales-bFontanar-Suba.pdf>

Galeano, L., & Rojas, V. (2016). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de Vélez – Santander* (tesis de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13930/4/PROPUESTA%20DE%20DISE%c3%91O%20DE%20UNA%20PTAR%20PARA%20EL%20%20MUNICIPIO%20DE%20VELEZ%20-SANTANDER..pdf>

Gil, M. (2006). *Depuración de aguas residuales: modelización de procesos de lodos activados*. Madrid, España: Consejo superior de investigaciones científicas. Recuperado de

<https://elibro.net/es/lc/bibliourp/titulos/41369>

Gobierno Regional de San Martín (2015). *Mejoramiento de los servicios de salud del Centro de Salud I-4 Picota, provincia de Huallaga – San Martín*. Moyobamba, Perú.

- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). México: McGraw-Hill editores.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020). *Estado de la población peruana 2020*. Lima, Perú. Recuperado de https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1743/Libro.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). *Resultados definitivos de los censos nacionales 2017 San Martín*. Lima, Perú. Recuperado de https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1573/
- Lazcano, C. A. (2016). *Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales* (2 ed.). Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones. Recuperado de https://elibro.net/es/lc/bibliourp/titulos/122526?fs_q=lazcano&prev=fs
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2015). *Resolución N°0631*. Colombia. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf
- Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (2015). *Real decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real decreto-ley 11/1995, 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas*. España. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/1996/BOE-A-1996-7159-consolidado.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia (2010). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico – RAS*. Colombia. Recuperado de <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulob-030714.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia (2017). *Resolución 330*. Bogotá, Colombia. Recuperado de https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minviviendact_0330_2017.htm#CAP%C3%8DTULO%205-T2

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009). *Decreto supremo N°021-2009-VIVIENDA*. Perú. Recuperado de
http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS_2009_021.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento nacional de edificaciones OS.090*. Perú. Recuperado de
https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.090.pdf
- Ministerio del Ambiente (2017). *Decreto supremo N°004-2017-MINAM*. Perú. Recuperado de
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Ministerio del Ambiente (2010). *Decreto supremo N°003-2010-MINAM*. Perú. Recuperado de
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-lmp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>
- Ministerio del Ambiente (2011). *Plan nacional de acción ambiental Perú 2011-2021*. Lima, Perú. Recuperado de
<http://www.minedu.gob.pe/comision-sectorial/pdf/planes/planaa-2021.pdf>
- Ministerio del Ambiente (2013). *Ley N°30045 – ley de modernización de los servicios de saneamiento*. Lima, Perú. Recuperado de
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-modernizacion-servicios-saneamiento>
- Muñoz, V. y Asedegbega, E. (2019). *Gestión y conservación de aguas y suelos*. Madrid, España: Universidad Nacional de Educación a Distancia. Recuperado de
https://elibro.net/es/lc/bibliourp/titulos/124639?fs_q=conservacion__de__agua__y__suelos&prev=fs
- Naciones Unidas (2017). *Aguas residuales: el recurso desaprovechado*. Paris, Francia. Recuperado de

[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/\\$FILE/1__15.247647s.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/$FILE/1__15.247647s.pdf)

Naciones Unidas (2018). *La agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile, Chile. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf

Organización Mundial de la Salud (2018). *Progresos en el tratamiento y el uso de las aguas residuales de manera adecuada*. Berna, Suiza. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275972/9789243514895-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Orjuela, A. & Rubio, E. (2019). *Diseño y construcción de una planta modelo de tratamiento de aguas residuales para el laboratorio de hidráulica*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23843/1/Trabajo%20de%20Grado%20-%20Final.pdf>

Ramalho, R. S. (1996). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona, España: Editorial Reverté. Recuperado de <https://elibro.net/es/lc/bibliourp/titulos/183509>

Ramírez, M. E. (2004). *Fundamentos teóricos de lodos activados y aereación extendida*. Colombia. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/1Fundamentosdelprocesodelodosactivados.pdf>

Romero, J. A. (2000). *Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño*. Bogotá, Colombia: Escuela de colombiana de ingeniería.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2003). *Norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996*. México. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/mex17832.pdf>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (1998). *Norma oficial mexicana NOM-002-ECOL-1996*. México. Recuperado de <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3295/1/nom-002-semarnat-1996.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua (2018). *Estadísticas del agua en México*. Ciudad de México, México. Recuperado de http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2020). *Datos meteorológicos de San Martín*. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=san-martin&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
- Silva, D. (2020). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el riego de áreas verdes en el distrito de Los Olivos* (tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/16965/SILVA_OBREGON_DIEGO_DISE%c3%91O_PLANTA_TRATAMIENTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2016). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento* (2 ed.). Lima, Perú. Recuperado de https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/1.-Sunass-GIZ-2016.-Diagn%C3%B3stico-de-las-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-%C3%A1mbito-de-operaci%C3%B3n-de-las-Entidades-Prestadoras-de-Servicios-de-Saneamiento.-2a.ed_.pdf
- Tavera, E. (2018). *Diagnostico funcional al sistema de alcantarillado del municipio de Soatá Boyacá*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/18027/1/Proyecto%20Di%c3%a1gnostico%20Alcantarillado%20Soat%c3%a1.pdf>

Torre, A. (2018). *Diseño y análisis ambiental de una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Huaraz* (tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de

[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13033/TORRE_GARCIA_ANDRE_DISE%
c3%91O_ANALISIS_AMBIENTAL.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13033/TORRE_GARCIA_ANDRE_DISE%c3%91O_ANALISIS_AMBIENTAL.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

Torres, J. A. & Mateus, A. L. (2019). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales de una fábrica de bocadillos para la reutilización en riego agrícola implementando nanoarcillas modificadas magnéticamente como tratamiento terciario* (tesis de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de

[https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24881/1/Dise%
c3%b1o%20de%20un%20sistema%20de%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20de%20una%
20f%c3%a1brica%20de%20bocadillos%20para%20la%20reut.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24881/1/Dise%c3%b1o%20de%20un%20sistema%20de%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20de%20una%20f%c3%a1brica%20de%20bocadillos%20para%20la%20reut.pdf)

Zapatero, J. A. (2010). *Fundamentos de investigación para estudiantes de ingeniería*. México: Tercer escalón editores.

Wiki (2007). *Ingeniería de aguas residuales*. España. Recuperado de

<https://elibro.net/es/lc/bibliourp/titulos/35813>

ANEXOS

Anexo 1: análisis y diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales por lodos activados.

Métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema para la proyección de la población				
Datos / Tipo de Método		Artimético		
Año		2015	2018	2021
Población Final	Pf	1,191.00	1,341.00	1,366.00
Población último censo	Puc	1,191.00	1,216.00	1,241.00
Población año inicial	Pci	1,191.00	1,191.00	1,216.00
Año Censo último	Tuc	2,021.00	2,021.00	2,021.00
Año Censo inicial	Tci	2,015.00	2,015.00	2,015.00
Población Final	Tf	2,051.00	2,051.00	2,051.00
Tasa Crecimiento Anual	r	0.0000	0.0035	0.0034
	Puc/Pci	1.0000	1.0210	1.0206
	1/(Tuc-Tci)	0.1667	0.1667	0.1667
	Potencia	1.0000	1.0035	1.0034
Tasa Crecimiento Población	k	0.0069	0.0069	0.0068
	Pcp	1,216.00	1,241.00	1,241.00
	Pca	1,191.00	1,191.00	1,216.00
	Tcp	2,018.00	2,021.00	2,021.00
	Tca	2,015.00	2,015.00	2,018.00
Tasa Crecimiento Población	i	0.0000	0.3462	0.3392
	Puc	1,191.00	1,216.00	1,241.00
	Pci	1,191.00	1,191.00	1,216.00
	Tuc	2,021.00	2,021.00	2,021.00
	Tci	2,015.00	2,015.00	2,015.00
$i * (Tf - Ti) < 200$	Condición	0.00	12.46	12.21

Métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema para la proyección de la población								
Geométrico			Exponencial			Wappaus		
2015	2018	2021	2015	2018	2021	2015	2018	2021
1,191.00	1,241.52	1,266.51	1,528.14	1,524.27	1,552.32	1,191.00	1,349.31	1,374.13
1,191.00	1,216.00	1,241.00						
1,191.00	1,191.00	1,216.00						
2,021.00	2,021.00	2,021.00						
2,015.00	2,015.00	2,015.00						
2,051.00	2,051.00	2,051.00						
0.0000	0.0035	0.0034						

Resultado de Métodos de Cálculo							
Año / Método	Aritmético	Geométrico	Exponencia	Wappaus	Promedio	Población Flotante	Población Final Total
2015	1,191.00	1,191.00	1,528.14	1,191.00	1,275.28	38.26	1,313.54
2018	1,341.00	1,241.52	1,524.27	1,349.31	1,364.02	40.92	1,404.95
2021	1,366.00	1,266.51	1,552.32	1,374.13	1,389.74	41.69	1,431.43
2051	1,461.62	1,355.17	1,660.98	1,470.32	1,487.02	44.61	1,532.00

RESULTADOS FINALES - CAUDAL DE DISEÑO

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
-----------	---------	-------	----------

PARÁMETROS DE DISEÑO - CAUDAL DE DISEÑO

Caudal Diseño	Qd	2.11	l/s
Coefficiente Retorno	CR	0.85	S.U.
Proyeccion Proyectada	P	1,532.00	hab.
Dotación Neta	dneta	140.00	l/hab.*dia
Caudal Medio Diario	Qmd	2.71	l/s
Caudal Comercial (0.4l/ha)	Qc	0.20	l/s
Caudal Institucional (0.4l/ha)	Qi	0.20	l/s
Caudal Institucional (0.4l/ha)	Qin	0.20	l/s
Factor Mayoración	f	3.44	S.U.
Caudal Maximo Horario (l/s)	Qmh	9.32	l/s
Caudal de diseño Total (l/s)	Qdt	14.14	l/s

RESULTADOS FINALES - RETENCIÓN (Rejillas)

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
-----------	---------	-------	----------

PARÁMETROS DE DISEÑO - RETENCIÓN (Rejillas)

Área Rejilla	A	0.09	m ²
Caudal diseño	Q	14.14	l/s
Caudal diseño	Q	0.014	m ³ /s
Velocidad máxima	V _{max}	1.20	m/s
Velocidad mínima	V _{min}	0.30	m/s
Altura	h	0.130	m
Constante	β	1.00	S.U.
Espesor	w	0.60	m
Ancho	b	0.30	m
Separación	h _v	0.073	m
Factor	sin θ	0.70	S.U.
Inclinación	θ	45.00	°
Velocidad aprox.	V _{aprox}	1.20	m/s
Gravedad	g	9.80	m/s

RESULTADOS FINALES - CAUDAL LLUVIAS

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADE S
-----------	---------	-------	--------------

PARÁMETROS DE DISEÑO - CAUDAL LLUVIAS

Caudal	Q _{all}	44.37	l/s
Factor	Factor	2.78	S.U.
Factor de seguridad	c	0.75	S.U.
Intensidad	i	42.56	mm/h
Área	A	0.50	Ha
Constante	k	189.00	S.U.
Tiempo retorno	Tr	5.00	años
Duración	d	15.00	min
Factor de seguridad	m	0.20	S.U.
Factor de seguridad	n	0.67	S.U.

RESULTADOS FINALES - DESARENADOR

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
PARÁMETROS DE DISEÑO - DESARENADOR			
Caudal de Diseño	Qdt	0.014	m ³ /s
Area	Area	0.64	m ²
Largo	a	0.80	m
Ancho	b	0.80	m
Altura	H	0.03	m
Volumen	v	1.79	m ³ /s
Altura de velocidad	hv	0.16	m
Velocidad sección de control	vc	1.79	m/s
Velocidad de asentamiento	vs	1.15	m/min
Velocidad de asentamiento	vs	0.02	m/s
Profundidad de la sección	dc	0.15	mm
Longitud desarenador	L	3.06	m
Longitud adicional teórica	La	0.61	m
Longitud total	Lt	3.68	m
Tiempo de retención	T	0.50	min

RESULTADOS FINALES - REACTOR

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
PARÁMETROS DE DISEÑO - REACTOR			
Caudal de Diseño	Qdt	m ³ /s	0.014
Caudal de Diseño	Qdt	m ³ /h	50.40
Caudal de Diseño	Qdt	l/s	14.00
Volumen del Reactor	V	m ³	302.40
DQO	DQO	kg/m ³	2.38
DQO (medio)	So	kg/m ³	1.19
Volumen Carga Orgánica	COV	m ³	59.98
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	282.00
Tiempo Retención Hidráulica - 1	TRH	h	6.00
Altura Reactor	h	m	2.50
Area Superficial Horizontal	Ah	m ²	23.99
Velocidad Ascendente - 1	va	m/h	0.50
Longitud (rectangular)	L	m	6.00
Longitud (circular)	D	m	8.00
Volumen Recalculado	VT	m ³	341.71
Velocidad Ascendente - 2	va	m/h	0.65
Tiempo Retención Hidráulica - 2	TRH	h	7.00

RESULTADOS FINALES - GLS

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
-----------	---------	-------	----------

PARÁMETROS DE DISEÑO - GLS

Caudal de Diseño	Qdt	m3/h	50.40
Velocidad Ascendente	va	m/h	2.33
Área basal	Aa	m2	21.60
Área Total Gas	Atg	m2	5.40
Área Gas - Líquido - Sólido	AGLS	m2	44.40
Número de Separadores	S	und	4.00
Ancho Efectivo Separadores	WGLS	m	3.70
Área Tributaria	AWGLS	m2	11.10
Altura Ocupada por GLS		%	0.30
Altura GLS	hGLS	m	0.43
Ángulo pared Separador	p	Grados (°)	60.00
Longitud Total	Lt	m	12.00
Ancho Parte Superior	A	m	0.45

RESULTADOS FINALES - LODOS ACTIVADOS

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
PARÁMETROS DE DISEÑO - LODOS ACTIVADOS			
DBO	Se	mg / L	222.36
Biomasa del reactor	XV	kg SSV	496.05
Volumen del reactor	V	m ³	124.01
Producción de lodo	Px	kg SSV / d	248.03
Sólidos de desecho	Ls	kg / d	62.01
Caudal de lodos de desecho	Qw	m ³ / d	0.0041
Caudal de recirculación	Qr	m ³ / d	0.0021
Relación de recirculación	R	41%	50.00
Tiempo retención hidráulica	θ	h	2.46
Oxígeno requerido	DO	kgO ₂ / d	63.13
Caudal de aire requerido	Qaire	m ³ / d	226.76
Eficiencia de transferencia de O ₂ 8%	Ef	m ³ / d	84.13
Volumen de aire requerido	Vaire	m ³ / kg	0.0015
Carga orgánica volumétrica	COV	g DBO / m ³ d	462.05
Relación F/M	F/M	d ⁻¹	1.86
Eficiencia remoción DBO total	Et	90%	84.13
Eficiencia remoción DBO soluble	Es	71%	42.06
Altura	H	m	4.00
Área	A	m ²	40.00
Longitud (rectangular)	L	m	6.00
Ancho (rectangular)	B	m	5.00
Diámetro (circular)	D	m	4.00

RESULTADOS FINALES - SEDIMENTADOR SECUNDARIO

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
PARÁMETROS DE DISEÑO - SEDIMENTADOR SECUNDARIO			
Caudal de diseño	QDT	0.014	m ³ /s
	Q	1,209.60	m ³ /d
Recirculación	r	0.20	0.20
SSLM	SSV	3,200.00	mg / L
Carga superficial	Cs	73.68	m / d
Carga superficial promedio	CSp	30.28	m / d
Carga pico de solidos	Cps	110.40	kg / d m ²
Profundidad	h	3.00	M
Carga máxima de rebose sobre vertedero	Rv	3.30	L / sm
Relación caudal pico / promedio	RQp	0.60	-
Q pico afluente sedimentador secundario	Qps	967.68	m ³ /d
Área para sedimentador caudal pico	Aps	16.42	m ²
Flujo pico de solidos	Fp	3,096.58	kg / d
Área requerida para carga de solidos	Acs	28.05	m ²
Longitud del sedimentador	L	6.00	M
Ancho sedimentador	b	5.00	M
Volumen de agua del sedimentador	V	124.00	m ³
Carga de rebose sobre vertedero	CV	1.50	L / sm
Tiempo de retención	θ	1	H

RESULTADOS FINALES

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
PARÁMETROS DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO POR LODOS ACTIVOS		
DBO del Efluente	2.38	kg/m ³
Biomasa en el reactor	496.05	KgSSV
Volumen del reactor	124.01	m ³
Ancho del reactor	6.00	m
Largo del reactor	5.00	m
Profundidad del reactor	4.00	m
Tiempo medio de retención hidráulica	2.46	h
Producción de lodo	248.03	KgSSV/d
Producción de sólidos totales de desecho	62.01	KgSSV/d
Caudal de los lodos de desecho	0.0041	m ³ /d
Caudal de recirculación	0.0021	m ³ /d
Relación de recirculación	50.00	%
Carga orgánica volumétrica	462.05	g DBO / m ³ *d
Demanda de oxígeno	63.13	Kg/d
Eficiencia en remoción de DBO total	84.13	%
Eficiencia en remoción de DBO soluble	42.06	%

TANQUE SEDIMENTADOR

Caudal	1,209.60	m ³ /d
Área	28.00	m ²
Largo	6.00	m
Ancho	5.00	m
Profundidad	4.00	m
Volumen	124.00	m ³
Carga de sólidos	110.40	kgSS/m ² *h

Anexo 2: Resultados de ensayos de laboratorio.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 120



INFORME DE ENSAYO 12245.23

Registro N° LE - 120

FR 044

N° de Orden de Servicio : O.S. 210831.12 DA
 N° de Protocolo : 12245.23
 Cliente : PARIONA HURTADO, JESÚS ANTONIO SALDAÑA CASTILLO, EDISON MIGUEL ANGEL
 Dirección legal del cliente : Calle de Las Letras N° 199- San Borja - Lima
 Muestra(s) declarada(s) : Agua residual
 Procedencia de la Muestra : Muestreado por el cliente
 Nombre del proyecto: Propuesta de diseño estructural de sistema de tratamiento de agua residual para el Centro de Salud Picota - Región San Martín
 Lugar del proyecto: Buzón colector - Centro de Salud Picota - Picota / San Martín
 Cantidad de Muestra(s) para ensayo : 01 muestra
 Forma de Presentación : 01 frasco de plástico estéril de 250mL
 02 frascos de plástico de primer uso de 250mL
 01 frasco de plástico de primer uso de 500mL
 08 frascos de plástico de primer uso de 1000mL
 01 frasco de vidrio ámbar de 1000mL por muestra
 Identificación de la Muestra : Código de laboratorio 09-03022
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2021-09-08
 Fecha de inicio del Análisis : 2021-09-08
 Fecha de Emisión de Informe : 2021-09-13

Código de Laboratorio		09-03022	
Código de Punto de Muestreo		M-03	
Descripción del Punto de Muestreo		Buzón colector C. Salud Picota	
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		02-09-2021 13:00 Hrs	
Fecha Final / Hora de Muestreo		02-09-2021 13:30 Hrs	
Tipo de Muestra		Agua residual municipal	
Coordenadas del Punto de Muestreo		-	
Parámetros microbiológicos			
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados	
Coliformes Totales	NMP/100mL	79000000.0	
Parámetros fisicoquímicos			
Parámetro de Ensayo	Unidades	Límite de Cuantificación de Método	Resultados
Acidez y grasas (AyG)	mg/L	2.3	4.2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	2.0	792.0
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)	mg/L	5.0	1345.0
Sólidos Sedimentables (SS)	mL/h	0.1	0.5
Sólidos Totales (ST)	mg/L	4	544



1 de 1

El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producción o como certificado del estándar de calidad de los productos. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o sus falsedades constituyen delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicarán a la muestra tal como fueron recepcionadas. INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. Declina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Revisión: 04 Fecha de revisión: 09/10/2020

Av. Wiesner 3840 Ter. piso - San Juan de Lurigancho, Lima - Perú
 Teléfono (01) 750-4454 - info@itsper.com - ventas@itsper.com - web www.itsper.com

INFORME DE ENSAYO 12245.23

Registro N° LE - 128

FR 064

Continuación...

Sólidos Totales Disueltos (TDS)	mg/L	4	350
Sólidos Totales Suspendedos (TSS)	mg/L	3	282
Fósforo Total*	mg/L	0.10	0.70
Nitrógeno Amoniacal*	mg N-NH ₄ /L	0.1	0.4
pH*	Valor de pH	-	5.60
Sólidos Fijos*	mg/L	1.0	257
Sólidos Fijos Disueltos*	mg/L	1.0	88
Sólidos Fijos Suspendedos*	mg/L	1.0	169
Sólidos Volátiles*	mg/L	1.0	379
Sólidos Volátiles Disueltos*	mg/L	1.0	268
Sólidos Volátiles Suspendedos*	mg/L	1.0	111
Surfactantes Aniónicos (SAAM)*	mg/L	0.003	0.15
Temperatura*	°C	0.01	14.8

Observaciones:

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

Metodologías

Parámetro	Método de Referencia
Coliformes Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B y C, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Aceite y grasas (AyG)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017. Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method.
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.
Demanda química de oxígeno (D.Q.O.)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand. Closed Reflux, Colorimetric Method.
Sólidos sedimentables (SS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 23rd Ed. 2017. Solids. Settling Solids.
Sólidos totales (ST)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Solids Dried at 103°C - 105°C.
Sólidos totales disueltos (TDS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.
Sólidos totales en suspensión (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103°C - 105°C.
FOSFORO TOTAL	Phosphorus. Ascorbic Acid Method. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Ed. 2017
NITROGENO AMONIACAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₄ D, 23rd Ed. 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method.
pH	EPA 150.1. 1982. pH (Electrometric)
SÓLIDOS FIJOS TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed
SÓLIDOS FIJOS DISUELTOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed

2 de 3

El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producción o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o falsificación constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. SI INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicarán a la muestra tal como fueron recepcionadas. INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. Declina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Revisión: 04 Fecha de revisión: 08/10/2020

Av. Wiesner 3840 1er piso - San Juan de Lurigancho, Lima - Perú
Teléfono (01) 750 4454 - info@itsper.com - ventas@itsper.com - web www.itsper.com

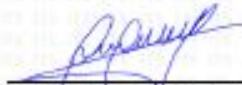
INFORME DE ENSAYO 12245.23

FR 044

Continuación...

SÓLIDOS FUJOS SUSPENDIDOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 29th Ed
SÓLIDOS VOLÁTILES TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 29th Ed
SÓLIDOS VOLÁTILES DISUELTOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 29th Ed
SÓLIDOS VOLÁTILES SUSPENDIDOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 29th Ed
TEMPERATURA	EPA 170.1, 1974, Temperature (Thermometric)

Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral de los miembros firmantes de IAAC o ILAC.



Mtro. Grover A. Rubay Falcón
C.B.P. 8205
Jefe de Laboratorio



Fin de documento



Ing. Alex Marilyn Depaz Ramos
C.I.P. 225803
Supervisor de Laboratorio de Físicoquímica



INFORME DE ENSAYO 12245.23

Registro N° LE - 120

FR 064

N° de Orden de Servicio : O.S. 210831.12 DA
N° de Protocolo : 12245.23
Cliente : PARIONA HURTADO, JESÚS ANTONIO
 SALDAÑA CASTILLO, EDISON MIGUEL ANGEL
Dirección legal del cliente : Calle de Las Letras N° 190 - San Borja - Lima
Muestra(s) declarada(s) : Agua residual
Procedencia de la Muestra : Muestrado por el cliente
Nombre del proyecto : Propuesta de diseño estructural de sistema de
 tratamiento de agua residual para el Centro de Salud Picota - Región San Martín
Lugar del proyecto : Buzón colector - Centro de Salud Picota - Picota / San
 Martín
Cantidad de Muestra(s) para ensayo : 01 muestra
Forma de Presentación : 01 frasco de plástico estéril de 250mL
 02 frascos de plástico de primer uso de 250mL
 01 frasco de plástico de primer uso de 500mL
 08 frascos de plástico de primer uso de 1000mL
 01 frasco de vidrio ámbar de 1000mL por muestra
Identificación de la Muestra : Código de laboratorio 09-02025
Fecha de recepción de muestra(s) : 2021-09-02
Fecha de inicio de Análisis : 2021-09-02
Fecha de Emisión de Informe : 2021-09-13

Código de Laboratorio		09-02025	
Código de Punto de Muestreo		M-02	
Descripción del Punto de Muestreo		Buzón colector C. Salud Picota	
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		02-09-2021 08:00 Hrs.	
Fecha Final / Hora de Muestreo		02-09-2021 08:30 Hrs.	
Tipo de Muestra		Agua residual municipal	
Coordenadas del Punto de Muestreo		-	
Parámetros microbiológicos			
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados	
Coliformes Totales	NMP/100mL	16000000.0	
Parámetros físicoquímicos			
Parámetro de Ensayo	Unidades	Límite de Cuantificación de Método	Resultados
Acidez y grasas (AyG)	mg/L	2.3	4.8
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	2.0	1401.0
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)	mg/L	5.0	2375.0
Sólidos Sedimentables (SS)	mL/L/h	0.1	0.8
Sólidos Totales (ST)	mg/L	4	748



1 de 3

El informe de ensayo solo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como evidencia del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es castigado por las disposiciones penales y civiles en la materia. © INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. no asume la toma de muestra o el muestreo. Los resultados se aplican a la muestra tal como fueron recibidos. INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. Declina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Revisión: 04 Fecha de revisión: 08/10/2020

Av. Wiesse 3640 1er piso - San Juan de Lurigancho, Lima - Perú
Teléfono (01) 759 4454 - info@itsper.com - ventas@itsper.com - web www.itsper.com

INFORME DE ENSAYO 12245.23

Registro N° LE - 120

FR 044

Continuación...

Sólidos Totales Disueltos (TDS)	mg/L	4	548
Sólidos Totales Suspendedos (TSS)	mg/L	3	203
Fenol Total*	mg/L	0.10	0.79
Nitrógeno Amomiacal*	mg N-NH ₄ /L	0.1	0.5
pH*	Valor de pH	-	5.67
Sólidos Fijos*	mg/L	1.0	282
Sólidos Fijos Disueltos*	mg/L	1.0	139
Sólidos Fijos Suspendedos*	mg/L	1.0	129
Sólidos Volátiles*	mg/L	1.0	491
Sólidos Volátiles Disueltos*	mg/L	1.0	409
Sólidos Volátiles Suspendedos*	mg/L	1.0	82
Surfactantes Aniónicos (SAAM)*	mg/L	0.003	0.19
Temperatura*	°C	0.01	14.3

Observaciones:

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

Metodologías

Parámetro	Método de Referencia
Coliformes Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B y C, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Aceite y grasas (AyG)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017. Oil and Greases. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method.
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.
Demanda química de oxígeno (D.Q.O.)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand. Closed Reflux, Colorimetric Method.
Sólidos sedimentables (SS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 23rd Ed. 2017. Solids. Settleable Solids.
Sólidos totales (ST)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Solids Dried at 103°C - 105°C.
Sólidos totales disueltos (TDS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.
Sólidos totales en suspensión (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103°C - 105°C.
FÓSFORO TOTAL	Phosphorus. Ascorbic Acid Method. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Ed. 2017
NITROGENO AMONICAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ D, 23rd Ed. 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Salicylate Electrode Method.
pH	EPA 150.1, 1982. pH (Electrometric)
SÓLIDOS FIJOS TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed
SÓLIDOS FIJOS DISUELTOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed

2 de 3



El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de ensayo público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regala por las disposiciones penales y civiles en la materia. © INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicarán a la muestra tal como fueron recepcionadas. INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. Declina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Revisión: 04 Fecha de revisión: 08/10/2020

Av. Wiessé 3845 1er piso - San Juan de Lurigancho, Lima - Perú

Teléfono (01) 750 4454 - info@itsper.com - ventas@itsper.com - web www.itsper.com

INFORME DE ENSAYO 12245.23

Registro N° LE - 129

FR 064

Continuación...

SÓLIDOS FUJOS SUSPENDIDOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed
SÓLIDOS VOLÁTILES TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed
SÓLIDOS VOLÁTILES DISUELTOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed
SÓLIDOS VOLÁTILES SUSPENDIDOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed
TEMPERATURA	EPA 170.1. 1974. Temperature (Thermometric)

Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral de los miembros firmantes de IAAC o ILAC.



M. Grover A. Ruzay Falcón
C.B.P. 8505
Jefe de Laboratorio



Fin de documento



Ing. Alex Harlyn Depaz Ríos
C.I.P. 225833
Supervisor de Laboratorio de Fisicoquímica

3 de 3

El informe de ensayo solo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su autenticación o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. © INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. no realiza la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplican a la muestra tal como fueron reconocidos. INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. Declina toda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Revisión: 04 Fecha de revisión: 09/10/2020

Av. Wicasa 3640 1er piso - San Juan de Lurigancho, Lima - Perú
Teléfono (01) 750 4454 - info@itsper.com - ventas@itsper.com - web www.itsper.com



INFORME DE ENSAYO 12245.22

Registro N° LE - 120

FR 00A

N° de Orden de Servicio : O.S. 210831.12 DA
N° de Protocolo : 12245.22
Cliero : PARIONA HURTADO, JESÚS ANTONIO
 SALDAÑA CASTILLO, EDISON MIGUEL ANGEL
Dirección legal del cliente : Calle de Las Letras N° 199- San Borja - Lima
Muestra(s) declarada(s) : Agua residual
Procedencia de la Muestra : Muestrado por el cliente
Nombre del proyecto: Propuesta de diseño estructural de sistema de
 tratamiento de agua residual para el Centro de Salud Picoota - Región San Martín
Lugar del proyecto: Buzón colector - Centro de Salud Picoota - Picoota / San
 Martín
Cantidad de Muestra(s) para ensayo : 01 muestra
Forma de Presentación : 01 frasco de plástico estéril de 250ml.
 02 frascos de plástico de primer uso de 250ml.
 01 frasco de plástico de primer uso de 500ml.
 08 frascos de plástico de primer uso de 1000ml.
 01 frasco de vidrio ámbar de 1000ml. por muestra
Identificación de la Muestra : Código de laboratorio 09-02024
Fecha de recepción de muestra(s) : 2021-09-02
Fecha de inicio del Análisis : 2021-09-02
Fecha de Emisión de Informe : 2021-09-13

Código de Laboratorio		09-02024	
Código de Punto de Muestreo		M-01	
Descripción del Punto de Muestreo		Buzón colector C. Salud Picoota	
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		01-09-2021 21:00 Hrs	
Fecha Final / Hora de Muestreo		01-09-2021 21:40 Hrs	
Tipo de Muestra		Agua residual municipal	
Coordenadas del Punto de Muestreo		-	
Parámetros microbiológicos			
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados	
Coliformos Totales	NMP/100mL	35000000.0	
Parámetros físicoquímicos			
Parámetro de Ensayo	Unidades	Límite de Cuantificación de Método	Resultados
Acidez y grasas (AyG)	mg/L	2.0	3.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	2.0	526.8
Demanda Química de Oxígeno (DQO ₅)	mg/L	5.0	863.0
Sólidos Sedimentables (SS)	mL/L/h	0.1	0.3
Sólidos Totales (ST)	mg/L	4	340



El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del mismo a ningún otro material o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de garantía de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su autenticación o cualquier otro acto de falsificación de este documento constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. © INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. No se otorga responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Revisión: 04 Fecha de revisión: 08/10/2020

Av. Wiese 3840 1er piso - San Juan de Lurigancho, Lima - Perú
Teléfono (01) 700 4454 - info@itsper.com - ventas@itsper.com - web www.itsper.com

Continuación...

Sólidos Totales Disueltos (TDS)	mg/L	4	244
Sólidos Totales Suspensivos (TSS)	mg/L	3	107
Fosforo Total*	mg/L	0.10	0.68
Nitrógeno Ammoniacal*	mg N-NH ₄ /L	0.1	0.3
Ph*	Valor de pH	-	5.31
Sólidos Fijos*	mg/L	1.0	119
Sólidos Fijos Disueltos*	mg/L	1.0	58
Sólidos Fijos Suspensivos*	mg/L	1.0	61
Sólidos Volátiles*	mg/L	1.0	227
Sólidos Volátiles Disueltos*	mg/L	1.0	183
Sólidos Volátiles Suspensivos*	mg/L	1.0	44
Surfactantes Aniónicos (SAAM)*	mg/L	0.003	0.13
Temperatura*	°C	0.01	14.6

Observaciones:

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

Metodologías

Parámetro	Método de Referencia
Coliformos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B y C, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Aceite y grasas (AyG)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017. Oil and Greases. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method.
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.
Demanda química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand. Closed Reflux, Colorimetric Method.
Sólidos sedimentables (SS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 23rd Ed. 2017. Solids. Settleable Solids.
Sólidos totales (ST)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Solids Dried at 103°C - 105°C.
Sólidos totales disueltos (TDS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.
Sólidos totales en suspensión (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103°C - 105°C.
FOSFORO TOTAL	Phosphorus. Á scribe. Acid Method. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Ed. 2017
NITROGENO AMONICAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₄ D, 23rd Ed. 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method.
pH	EPA 150.1, 1982. pH (Electrometric)
SÓLIDOS FIJOS TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed
SÓLIDOS FIJOS DISUELTOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed

2 de 3

El informe de ensayo sólo es válido para los muestra referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de servicio público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regirá por las disposiciones penales y civiles en la materia. © INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. No asista la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicarán a la muestra tal como fueron recepcionadas. INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. Declina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto de su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Revisión: 04 Fecha de revisión: 08/10/2020

Av. Wiese 3840 1er piso - San Juan de Lurigancho, Lima - Perú
Teléfono (01) 750 4454 - info@itsper.com - ventas@itsper.com - web www.itsper.com

Continuación...

SÓLIDOS FIJOS SUSPENDIDOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed
SÓLIDOS VOLÁTILES TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed
SÓLIDOS VOLÁTILES DISUELTOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed
SÓLIDOS VOLÁTILES SUSPENDIDOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed
TEMPERATURA	EPA 170.1, 1974, Temperature (Thermometric)

Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.



Miguel Grover A. Ruzpay Falcón
C.B.P. 8505
Jefe de Laboratorio



Fin de documento



Ing. Alex Harlyn Depaz Ramos
C.I.P. 225803
Supervisor de Laboratorio de Fisicoquímica

3 de 3

El informe de ensayo solo es válido para las muestras ofertadas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra entidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una declaración de conformidad con el sistema de producción o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Si el informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adquisición o uso es estrictamente obligatorio dentro de la ley pública y se regula por las Disposiciones Permales y Circulares en la materia. Si INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicarán a la muestra tal como fueron recepcionadas. INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. Declina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Revisión: 04 Fecha de revisión: 08/10/2020

Av. Wiese 3840 1er piso - San Juan de Lurigancho, Lima - Perú
Teléfono (01) 750 4454 - info@itsper.com - ventas@itsper.com - web www.itsper.com

