



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
**PIRHUA**

# TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CASERÍO VILLA PALAMBLA

Pedro Lizana-Yarlequé

Piura, julio de 2018

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas

Lizana, P. (2018). *Tratamiento de aguas residuales para el caserío Villa Palambra* (Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial y de Sistemas). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

**UNIVERSIDAD DE PIURA**

FACULTAD DE INGENIERÍA



**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CASERÍO VILLA  
PALAMBLA**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Industrial y de Sistemas

**Pedro Ceferino Lizana Yarlequé**

Asesor: Dr. Ing Francisco Arteaga Nuñez

Piura, Julio 2018



## **Dedicatorias.**

A Dios y a la Virgen santísima por brindarme vida y salud.

A mi familia, en especial a mi mamá Elva, a mis padres Benjamín e Isabel y a mis hermanos por el apoyo incondicional para seguir creciendo profesionalmente.

A Ceferino, Bernardina, Pedro Miguel y César Augusto que desde el cielo cuidan de mí.

A mi asesor Francisco, por su tiempo y dedicación en el desarrollo de este trabajo.



## **Prólogo**

Este trabajo responde a los requerimientos académicos para la obtención del título profesional de Ingeniero Industrial y de Sistemas, que es otorgado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura.

En los últimos años, se ha notado un aumento acelerado en la contaminación ambiental, tanto de suelos, como del agua y del aire, y parece que este aumento viene de la mano con el crecimiento económico y poblacional. Ser profesional conlleva una gran responsabilidad social y es que siempre busqué durante mi vida universitaria contribuir con el desarrollo sostenible tanto de mi región Piura como del país.

El ver la contaminación no sólo de la ciudad de Piura sino también a nivel mundial, atrajo mi interés por el tema ambiental y sobre todo por el tratamiento de aguas residuales, un tema que cada vez va tomando mayor importancia en la sociedad, y es que agua es sinónimo de vida y proteger los cuerpos de agua debería ser no sólo tarea de las autoridades sino también de cada una de las personas que hay en el planeta.

Espero que esta tesis contribuya como guía en futuros trabajos en el campo del tratamiento de aguas residuales, sobre todo para el diseño de alternativas de tratamiento para pequeñas poblaciones, que son muchas veces las más descuidadas.

El desarrollo de esta tesis no hubiera podido ser posible sin el incondicional apoyo del Dr. Ing. Francisco Arteaga Nuñez, a quien le agradezco enormemente su tiempo para orientarme y aconsejarme durante la realización de toda la investigación; al Dr. Víctor Florentino Lizana Puelles, por brindarme el acceso necesario para recolectar información y poder contactarme con las autoridades de Palambla y Canchaque.



## **Resumen**

El presente trabajo tiene por objetivo principal el diseño adecuado de un tratamiento de aguas residuales para el caserío Villa Palambra, ubicado en el distrito de Canchaque, contribuyendo de esta manera a mejorar la calidad de vida de esta zona, perteneciente a la sierra piurana.

En la zona no existe un tratamiento adecuado para las aguas residuales, sólo la presencia de una poza de oxidación que hace el papel simplemente de un almacenamiento de efluentes, el problema radica en que estos efluentes, al superar la capacidad de esta poza discurren aguas abajo, llegando al canal de riego Real Palambra, afectando su calidad de agua. Este canal es usado por los pobladores para irrigar sus cultivos de café, banano u otros frutales.

Según el ingeniero Ramón Enrique Espinoza Paz, para que una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) sea diseñada correctamente el ingeniero responsable del diseño debe: (i) caracterizar el afluente (DBO, SST, pH, presencia de tóxicos). (ii) decidir el grado de tratamiento requerido en base a las diferentes posibilidades de disposición final y/o reúso. (iii) analizar las posibles alternativas para el grado de tratamiento deseado y el área disponible. (iv) comparar los costos tanto de capital como de operación y mantenimiento de las diversas alternativas. (v) tratar el tema de equipamiento, gastos de operación y dificultades en el mantenimiento. (vi) definir el grado de automatización necesario para las condiciones locales. (vii) completar el diseño con las especificaciones técnicas correspondientes

Este trabajo se hizo siguiendo los criterios dados anteriormente por el Ing. Espinoza Paz, primero caracterizando al afluente (DBO y coliformes totales), luego se decidió hasta que punto podía ser tratado, para posteriormente plantear alternativas de tratamiento que puedan alcanzar tal nivel propuesto; para llegar a la alternativa diseñada en la presente tesis fue necesario el uso de matrices de selección, cuyo objetivo era escoger la alternativa más adecuada en base a los criterios dados en esta matriz, después de usar esta metodología se procedió a comparar los costos mediante el valor actual neto (VAN), dando como resultado la alternativa más adecuada. Para el diseño de esta alternativa, se siguieron criterios dados por el reglamento nacional de edificaciones (RNE) y la agencia de protección ambiental (EPA).



## Índice General

Introducción .....	1
Capítulo 1 .....	3
1. Problemática y objetivos de la investigación .....	3
1.1. La problemática de los servicios de saneamiento a nivel mundial .....	3
1.1.1. En Latinoamérica y el Caribe .....	4
1.1.1.1. Provisión de servicios de saneamiento .....	6
1.1.1.2. Gestión de las aguas residuales urbanas .....	9
1.1.2. En el Perú:.....	10
1.1.2.1. La situación actual del tratamiento de las aguas residuales en el Perú:.....	13
1.1.2.2. Las tecnologías de tratamiento usadas .....	16
1.1.2.3. La disposición final de los efluentes .....	17
1.2. Descripción de la problemática actual .....	17
1.3. Objetivos de la investigación.....	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Marco legal.....	18
Capítulo 2 .....	25
2. Agua residual y su tratamiento .....	25
2.1. Agua residual .....	25
2.1.1. Características principales del agua residual .....	26
2.1.1.1. Características físicas .....	26
2.1.1.2. Características químicas .....	27
2.1.1.3. Características biológicas .....	29
2.1.1.4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) .....	29
2.1.1.5. Demanda química de oxígeno (DQO).....	30
2.2. Tratamientos de aguas residuales domésticas.....	31

2.2.1. Tratamiento preliminar .....	31
2.2.1.1. Desbaste .....	31
2.2.1.2. Desarenado.....	32
2.2.1.3. Desaceitado y desengrasado .....	32
2.2.2. Tratamiento primario .....	33
2.2.2.1. Sedimentación primaria.....	33
2.2.2.2. Tanque Imhoff .....	33
2.2.3. Tratamiento secundario .....	34
2.2.3.1. Lagunas de estabilización .....	35
2.2.3.2. Proceso de lodos activados.....	36
2.2.3.3. Filtros biológicos .....	37
Capítulo 3 .....	39
3. Descripción general del área de estudio .....	39
3.1. Ubicación .....	39
3.2. Clima e hidrología .....	40
3.3. Población .....	41
3.3.1. Enfermedades más frecuentes en el distrito de Canchaque .....	41
3.4. Vivienda y servicios básicos.....	44
3.4.1. Vivienda .....	44
3.4.2. Agua y alcantarillado .....	44
3.4.3. Electricidad .....	50
3.5. Aspectos socio económicos.....	51
3.5.1. PEA según actividad económica .....	51
3.5.2. Actividades económicas .....	52
3.5.2.1. Agricultura .....	52
3.5.2.2. Ganadería.....	54
3.5.2.3. Comercio.....	55
Capítulo 4 .....	57
4. Estudio de alternativas de tratamiento.....	57
4.1. Situación actual de las aguas residuales a nivel local.....	57
4.2. Alternativas de tratamiento propuestas .....	59
4.3. Comparación de alternativas .....	63
4.4. Evaluación de alternativas.....	64
4.4.1. Primera etapa de evaluación: Matriz de selección .....	64

4.4.2. Selección de alternativas.....	67
4.4.3. Aplicación de la matriz de selección .....	71
4.4.4. Segunda etapa de evaluación: Evaluación económica.....	75
4.5. Sistema de tratamiento recomendado .....	77
Capítulo 5 .....	79
5. Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para Palambra.....	79
5.1. Alternativas de ubicación .....	79
5.2. Datos poblacionales .....	80
5.3. Caudal de diseño de aguas residuales.....	81
5.3.1. Dotación de agua potable .....	81
5.3.2. Cálculo del caudal de aguas residuales para el diseño .....	81
5.4. Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.....	82
5.4.1. Caudal de diseño .....	82
5.4.2. Calidad prevista del efluente.....	83
5.4.3. Diseño de las unidades.....	84
5.5. Costo estimado.....	93
Conclusiones y recomendaciones .....	95
Referencias bibliográficas .....	97
Anexos.....	101
Anexo A.1 – Población total (En miles a mitad de año) de la región por países (1950-2000)	103
Anexo A.2 – Población total (En miles a mitad de año) de la región por países (2000-2050)	103
Anexo B.1 – Acceso a agua por red pública, según región. Año 2015 .....	104
Anexo B.2 – Población que accede a agua por red pública, según región. Año 2015. ....	105
Anexo B.3 – Población sin acceso a agua por red pública según región. Año 2015. ....	106
Anexo B.4 – Población sin acceso a agua por red pública según región. Año 2015. ....	107
Anexo B.5 – Población con acceso a agua potable según departamento. Año 2015. ....	108
Anexo B.6 – Población con acceso a agua potable según departamento. Año 2015. ....	109
Anexo B.7 – Población con acceso al saneamiento básico según región. Año 2015. ....	110
Anexo C – Normativa de calidad de aguas para diferentes países. ....	111
Anexo D.1 – ECAS Categoría 1: Poblacional y Recreacional.....	112
Anexo D.2 – ECAS Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales.....	117
Anexo D.3 – ECAS Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales .....	120
Anexo D.4 – ECAS Categoría 4: Conservación del ambiente acuático .....	122

Anexo E.1 – Lectura de parámetros .....	126
Anexo E.2 – Resultados de análisis muestreo compuesto de la poza de oxidación .....	127
Anexo E.3 – Queja formal del encargado del canal “Real Palambra” al ANA.....	128

## **Introducción**

Las enfermedades relacionadas al manejo inadecuado de saneamiento básico (agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales) siguen siendo comunes en países donde: la extensión de este servicio es limitada, el uso ilegal de las aguas residuales para la producción de alimentos es común, así como la dependencia de las aguas superficiales contaminadas para usos potables y recreativos.

En 2012 se calcula que en países pobres y con rentas medias se dieron 842 000 muertes por el consumo de agua contaminada, instalaciones inadecuadas para lavarse las manos y servicios de saneamiento inapropiados o inadecuados. Los niños son los principales afectados como consecuencia de la incorrecta gestión de las aguas residuales. Se estima que 361 000 muertes de niños menores de 5 años se pudieron evitar en el mismo año si se reducían los riesgos vinculados con la higiene incorrecta de las manos, el saneamiento y el agua.

El presente trabajo, cuyo objetivo fundamental es proponer una alternativa adecuada para el tratamiento de las aguas residuales domésticas del caserío de Villa Palambla, ha sido dividido en cinco capítulos:

En el primer capítulo se expone la problemática de los servicios de saneamiento tanto a nivel mundial, latinoamericano y nacional, así como las normas vigentes que rigen el vertimiento de las aguas residuales.

En el segundo capítulo se presentan los conceptos fundamentales relacionados a la naturaleza del agua residual doméstica, así como a su tratamiento.

En el tercer capítulo se hace una caracterización socioeconómica del distrito de Canchaque.

En el cuarto capítulo se proponen 2 tratamientos de aguas residuales para el caserío de Palambla, se hace una breve descripción de ambos, así mismo se realiza un análisis de estas alternativas de tratamiento y a partir de los resultados obtenidos de la metodología usada (matriz de selección y evaluación económica), se escoge la alternativa más apropiada.

En el quinto capítulo, a partir de los parámetros analizados por el laboratorio de ingeniería sanitaria (LIS) de la Universidad de Piura, de las muestras tomadas en campo y a los criterios de diseño existentes, se procede al diseño de la alternativa de tratamiento

escogida para la zona y se hace una estimación aproximada de los costos que implicará dicho tratamiento.

Finalmente se exponen las conclusiones y algunas recomendaciones que son un resumen de lo analizado y determinado en los capítulos anteriores.

## **Capítulo 1**

### **Problemática y objetivos de la investigación**

#### **1.1. La problemática de los servicios de saneamiento a nivel mundial**

De acuerdo con la base de datos AQUASTAT<sup>1</sup>, se estima que a nivel mundial se extraen unos 3928 km<sup>3</sup> de agua dulce anuales. Se calcula que el 44 % de aquella agua (aproximadamente 1716 km<sup>3</sup> al año), se consume mayormente en agricultura por medio de la evaporación en las tierras de cultivo irrigadas. El 56 % restante se vierten al medio ambiente como aguas residuales tanto como efluentes municipales e industriales y agua de drenaje agrícola.

Debido al crecimiento poblacional acelerado a nivel mundial, se pronóstica también el incremento considerable de demanda de agua en las décadas siguientes. El crecimiento económico también requiere de aumentos en la demanda de agua para sectores como el agrícola; el cual es responsable del 70 % de la captación de agua mundial; y especialmente para la industria y producción de energía (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, 2017).

Las naciones super desarrolladas disponen de los recursos necesarios y le dan tratamiento al 70 % de sus aguas residuales, mientras que este porcentaje disminuye a 38 % cuando se trata de países con rentas medio-altas y al 28 % en países con rentas medio-bajas. En países en vías de desarrollo este porcentaje llega a ser muy bajo, ya que sólo se logra dar algún tipo de tratamiento al 8 % de las aguas residuales municipales e industriales. Esto es motivo para que la situación de personas de bajos económicos se agrave, los cuales se encuentran, expuestos directamente a las aguas residuales sin tratamiento como resultado de la inexistencia de servicios básicos de saneamiento.

Estas estimaciones corroboran la aproximación hecha por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, mundialmente conocida como FAO, según la cual es probable que más del 80 % del total de las aguas residuales se viertan en el entorno sin dárseles un tratamiento adecuado. El aumento de la cantidad de aguas residuales vertidas sin el tratamiento apropiado está acelerando el daño a la calidad

---

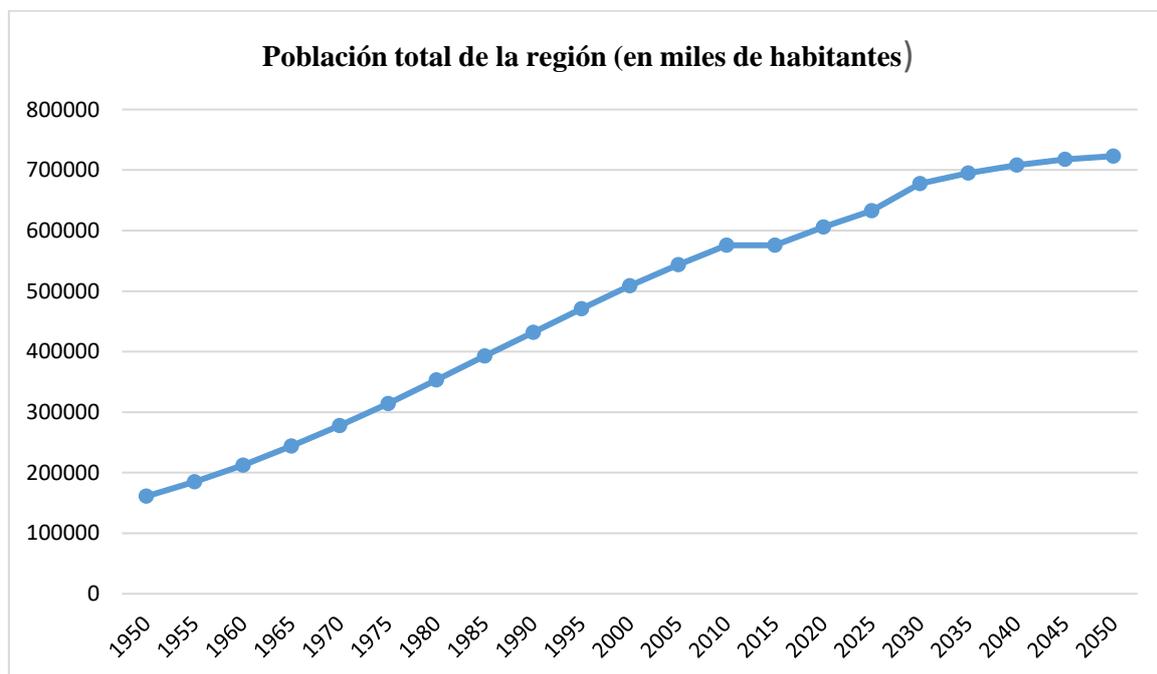
<sup>1</sup> AQUASTAT: es el sistema de información global sobre el agua de la FAO, desarrollado por la División de Tierras y Aguas. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm>

de aguas superficiales y subterráneas y ya que la contaminación del agua perjudica de manera importante a la disponibilidad de esta, creando la necesidad urgente de manejarla adecuadamente, con el propósito de evitar las consecuencias de la creciente escasez de agua.

Si bien es cierto, las instalaciones sanitarias domésticas han progresado notablemente desde 1990, aún sigue habiendo riesgos para la salud pública como resultado de un control deficiente, las pérdidas durante el transporte y el tratamiento inadecuado de las aguas residuales. Se calcula que solo el 26 % de los servicios de saneamiento y aguas residuales urbanas y el 34 % de las rurales previenen de forma eficaz el contacto humano con las heces a lo largo de toda la cadena de saneamiento, y por tanto esta puede considerarse manejada de forma segura.

### 1.1.1. En Latinoamérica y el Caribe

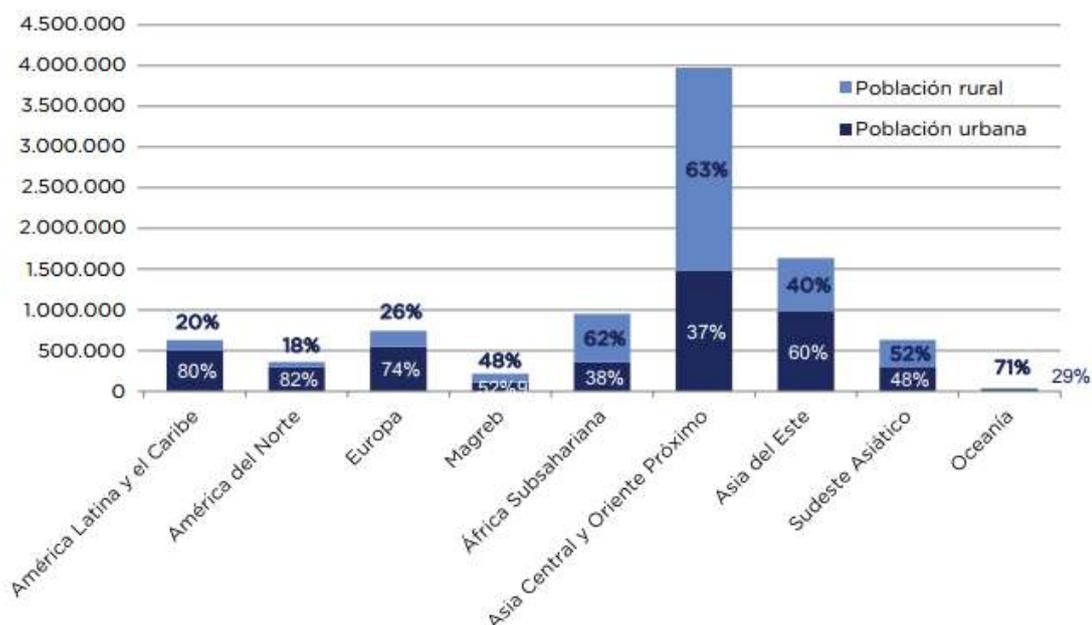
Según el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (UNDESA), Latinoamérica y el Caribe con el 80 % de la población viviendo en grandes áreas urbanas, es una de las regiones más urbanizadas mundialmente, y se proyecta que se urbanice aún más, se espera que para el año 2050, el 86 % de su población viva en grandes ciudades. En la Figura 1. se muestra las proyecciones poblacionales hechas por las Naciones Unidas hasta el año 2050.



**Figura 1.** Proyecciones poblacionales Latinoamérica y el Caribe 1950 – 2050.

**Fuente:** (Naciones Unidas, 2009)

El aumento poblacional unido con la concentración demográfica en grandes áreas urbanas produce uno de los mayores retos que enfrentarán los ingenieros y autoridades, porque se dará la necesidad urgente de aumentar la infraestructura de agua y alcantarillado existente, además del desafío de mejorar la calidad y la eficiencia de la prestación de estos servicios. En la **Figura 2.** se muestra la población mundial urbana y rural por regiones.



**Figura 2.** Población mundial urbana y rural por regiones al año 2015.

**Fuente:** (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2014)

De acuerdo con estimaciones, la población urbana continuará desarrollándose y multiplicando su medida con respecto a la población total, hasta alcanzar el 82 % (503 millones de habitantes) en el año 2020, y el 84 % (559 millones de habitantes) en el año 2030, por lo que este crecimiento debe seguir siendo parte fundamental en el diseño de proyectos de saneamiento y de la política pública. Además, no se debe olvidar a la población rural, la cual se conservará en torno a unos 110 millones de habitantes, por lo que se hace importante determinar cuál será el rumbo de las inversiones y las acciones que se tomarán en los centros urbanos latinoamericanos. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015)

Según UNICEF y la Organización Mundial de la Salud (OMS), pese a que el suministro de agua y los servicios de saneamiento han crecido aceleradamente y para el año 2015 el 88 % de la población urbana tenía acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas, en gran parte de la región no existió el crecimiento simultáneo del tratamiento de las aguas residuales, además se estima que un porcentaje entre el 20% y 30% de las aguas residuales recogidas por los sistemas de alcantarillado, reciben tratamiento. Por lo que no es de extrañar, que el alcantarillado urbano es una preocupación fuerte para los gobiernos, ya que es la causa fundamental de la contaminación del recurso hídrico.

Unos pocos países latinoamericanos han realizado avances sustanciales en el tratamiento de las aguas residuales. Entre los países que tratan más de la mitad de sus aguas residuales destacan Brasil, México y Uruguay. Chile trata casi todas sus aguas residuales urbanas. Debido a las fuertes inversiones que demanda tratar aguas residuales, la mayoría de los países no puede hacerle frente a este desafío.

América Latina y el Caribe tendrían que gastar más de 33 000 millones de dólares para tratar el 64 % de aguas residuales al año 2030. De acuerdo con otras estimaciones, es necesario invertir 30 000 millones de dólares para disminuir en un 50 % el porcentaje de aguas residuales sin tratar. Además, se requiere aproximadamente otros 34 000 millones de

dólares para la ampliación de los sistemas de drenaje de aguas pluviales, lo que disminuirá la contaminación ocurrida por la escorrentía urbana descontrolada.

### 1.1.1.1. Provisión de servicios de saneamiento

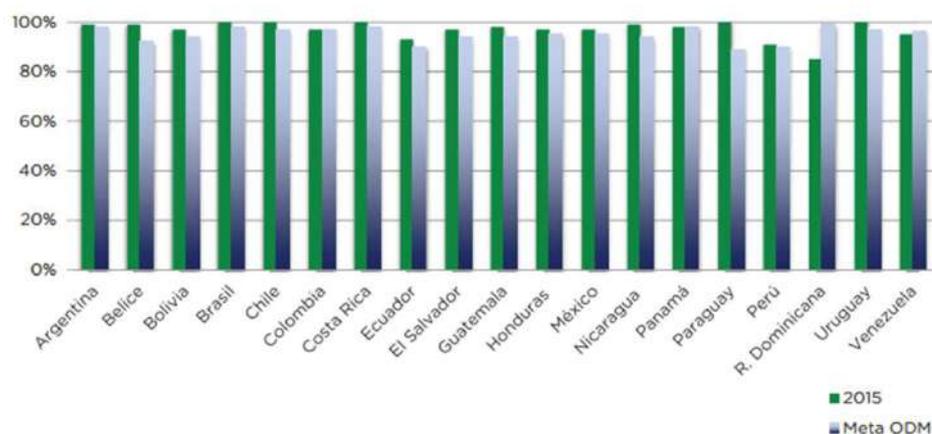
Desde el año 2000 se han desarrollado avances importantes en la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de efluentes, debido al aumento de la inversión en infraestructura, trayendo consigo el mejoramiento de la calidad de vida en las zonas urbanas (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015).

Sin embargo, aunque se hayan dado estos avances, 31 millones de latinoamericanos, de los cuales 20 millones viven en áreas rurales, no tienen acceso a sistemas públicos de agua. En el tema de alcantarillado, 107 millones de habitantes aún no cuentan con instalaciones de saneamiento mejorado, de las cuales 45 millones viven en área rural. Según información disponible, en el año 2015 un total de 19 millones defecaban al aire libre, la mayor parte en áreas rurales esparcidas, localizadas principalmente en Bolivia, Colombia, Perú y Venezuela.

En América Latina y el Caribe, el nivel de cobertura de los servicios urbanos es mayor al registrado en las áreas rurales. Conforme a lo estimado por la OMS y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), en las áreas urbanas la cobertura de agua segura alcanza al 97 % de la población, y la del saneamiento comprende al 88 %, mientras que en las áreas rurales estos valores ascienden al 84 % y el 64 %, respectivamente.

#### Agua Potable

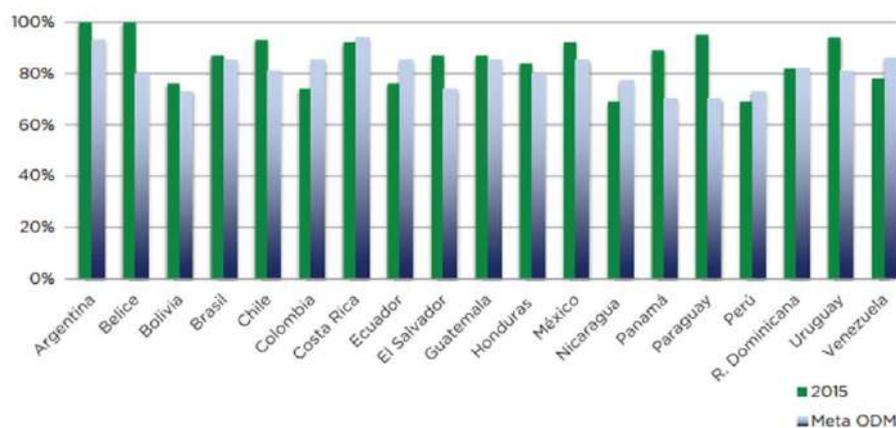
De acuerdo con datos del año 2015 sobre las áreas urbanas de algunos países, en Venezuela y República Dominicana no se ha podido llegar a la meta propuesta en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), referido al acceso a fuentes mejoradas de agua potable. En lo que respecta al área rural, ni en Colombia, Nicaragua, República Dominicana y Venezuela se ha logrado dicha meta. En las **Figuras 3 y 4** se muestra la población urbana y rural con acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, respectivamente.



**Figura 3.** Población urbana con acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable.

**Fuente:** (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015)

La cobertura de agua potable domiciliaria tiene aún grandes deficiencias al no cumplir con los estándares sanitarios adecuados. Además, se presentan problemas para prestar el servicio de manera continua, con las presiones adecuadas los siete días de la semana y las 24 horas del día. Por lo que, a pesar de los grandes niveles de cobertura que se estiman en estadísticas oficiales, estas deficiencias permanentes afectan de manera irregular e injusta a las poblaciones rurales y urbanas vulnerables que viven en las periferias de las ciudades.

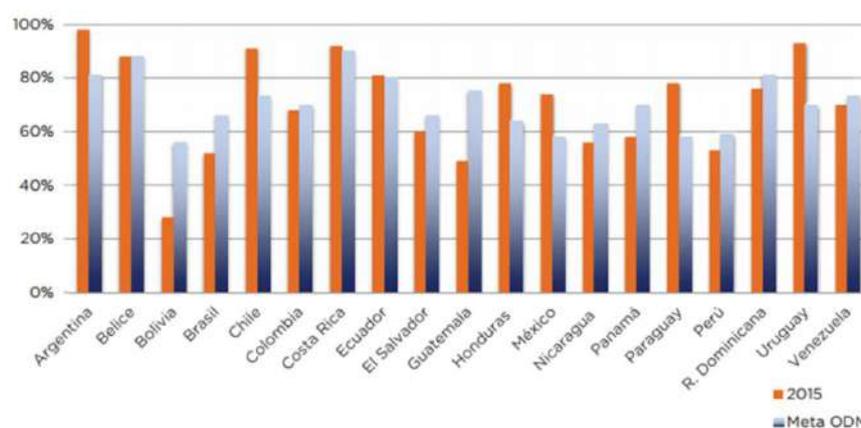


**Figura 4.** Población rural con acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable.

**Fuente:** (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015)

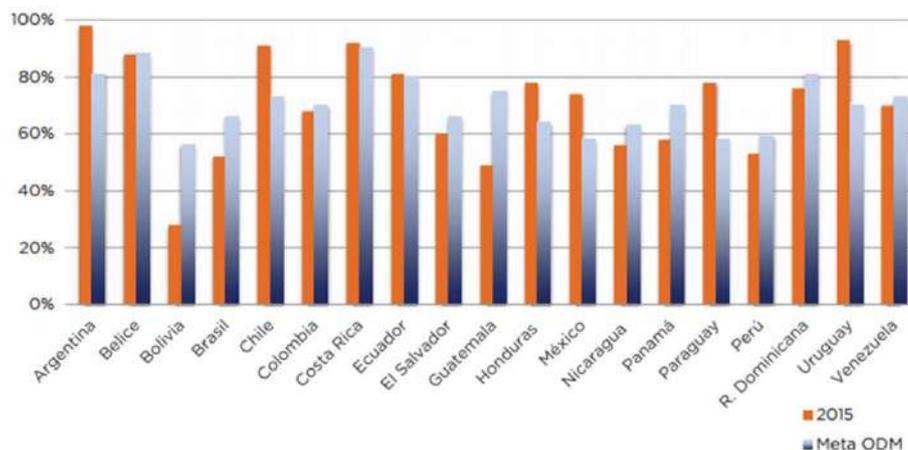
### Saneamiento

Los indicadores disponibles sobre la cobertura sanitaria revelan al igual que en el abastecimiento de agua potable, existe una situación caracterizada por constantes desigualdades e interrogantes entre las zonas rurales y urbanas latinoamericanas. De acuerdo con la información del Programa Conjunto de Monitoreo del Abastecimiento de Agua y Saneamiento, las naciones con más desigualdades e interrogantes entre las zonas urbanas y rurales, en cuanto al acceso a fuentes de agua potable son: Nicaragua (el acceso al agua potable es del 99 % en las áreas urbanas y apenas del 69 % en las áreas rurales), Bolivia (97 % y 76 %, respectivamente), Colombia (97 % y 74 %, respectivamente) y Perú (91 % y 69 %, respectivamente). En las **Figuras 5 y 6** se muestra la población urbana y rural con acceso a fuentes mejoradas de saneamiento, respectivamente.



**Figura 5.** Población urbana con acceso a fuentes mejoradas de saneamiento  
**Fuente:** (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015)

En el caso del saneamiento, los países donde existen grandes brechas entre las zonas urbanas y rurales son Bolivia (61 % de acceso al saneamiento en las primeras y 28 % en las segundas), Brasil (88 % y 52 %, respectivamente), Guatemala (78 % y 49 %, respectivamente) y Perú (82 % y 53 %, respectivamente). Los países que presentan menores diferencias e inequidades entre las áreas rurales y las urbanas son Argentina, México y Uruguay.



**Figura 6.** Población rural con acceso a fuentes mejoradas de saneamiento  
**Fuente:** (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015)

### Tratamiento de aguas residuales urbanas

En los últimos 20 años, la realidad ha empezado a cambiar, se le da mayor importancia, no solamente a los servicios de abastecimiento de agua y alcantarillado, sino además a la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Algunas de las razones de estos cambios son:

1. Los grandes niveles de cobertura de agua potable y saneamiento conseguidos como parte del proceso de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).
2. Las empresas prestadoras de servicio han progresado económicamente, en particular en las ciudades más grandes, ya que en los últimos años crecieron notablemente con el objetivo de recuperar sus costos de inversión.
3. El robusto desarrollo socioeconómico latinoamericano en la primera década del siglo, que terminó en el surgimiento de una clase media debido a la salida de muchas personas de la pobreza.

Otro motivo importante fue la unificación de las economías regionales a los comercios mundiales, es por esto por lo que el desarrollo de los tratamientos de aguas residuales es de suma importancia, ya que los problemas medioambientales y de salud pública vinculados a la contaminación del agua pueden echar a perder los trabajos hechos durante varios años para desarrollar los mercados de exportación.

Se estima que la tasa de cobertura al año 2015 de los tratamientos de aguas residuales urbanas es el doble que la tasa de cobertura de fines de la década de 1990, además las tecnologías de tratamiento más usadas (aproximadamente el 80 % tanto en términos de cantidad de instalaciones como en volumen de agua tratada), son las lagunas de estabilización, lodos activados y reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA).

### 1.1.1.2. Gestión de las aguas residuales urbanas

Entre las causas del aumento de vertidos de aguas residuales en Latinoamérica se encuentran:

1. El crecimiento poblacional: la población urbana pasó de 314 millones de habitantes en el año 1990 a aproximadamente 496 millones actualmente y se estima llegue a los 674 millones en el año 2050.
2. El aumento de los servicios de abastecimiento de agua y alcantarillado. Para el año 2015, el 88 % de la población urbana tenía acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas, de las que al menos un 60 % estaba conectado a sistemas de alcantarillado. Debido a que no se ha notado un crecimiento equivalente en el tratamiento de aguas residuales en gran parte de América Latina, el saneamiento urbano sigue siendo uno de los principales problemas de los gobiernos.

La población que no tiene acceso a la red de alcantarillado usa en la mayoría de los casos, sistemas de eliminación in situ, como por ejemplo letrinas y fosas sépticas. En este tipo de sistemas, los efluentes se eliminan por medio de escorrentía o percolación directa hacia los cursos de agua. A groso modo, los sistemas de alcantarillado urbano son un desafío mayor debido a que la recolección e interceptación por tuberías concentra los efluentes en una cantidad de sitios de eliminación limitada. Los sistemas de eliminación in situ conllevan a un problema mayor, la contaminación de aguas subterráneas, el cual es muy común incluso en las grandes ciudades latinoamericanas.

Los principales motivos para que la cobertura de tratamiento de aguas residuales se haya mantenido baja por muchas décadas fueron básicamente la necesidad de darle importancia al crecimiento de servicios de agua y alcantarillado, y las restricciones impuestas por los elevados costos de los tratamientos de aguas residuales. Esto llegó a ser muy problemático en un contexto donde los presupuestos de los gobiernos son limitados, las tarifas de los servicios hídricos no llegan a cubrir los costos de su prestación, el cumplimiento de la normativa vigente no es estricto y se debe dar importancia a otros problemas sociales urgentes. En consecuencia, casi la totalidad de las aguas residuales urbanas, incluyendo los residuos industriales, excepto los más tóxicos, eran eliminados en los cuerpos de agua más cercanos sin darles algún tipo de tratamiento. Debido a esto, muchos ríos, lagos y aguas costeras, principalmente aquellas ubicadas aguas abajo de las grandes ciudades resultaban y aún resultan, fuertemente contaminadas. Esto conlleva consecuencias graves, no solo para el medio ambiente, sino también para la salud y el bienestar de la población y el desarrollo socioeconómico general de la región, especialmente en el caso de la industria y el turismo.

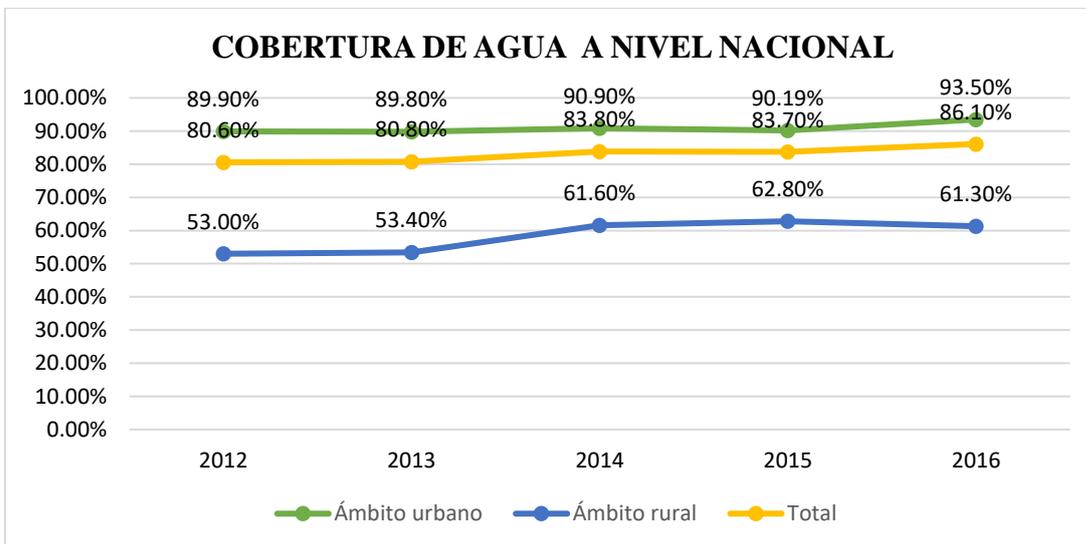
Un problema básico y permanente es el uso de agua contaminada (que normalmente se trata de aguas fluviales que tienen niveles inaceptables de contaminación, pero además aguas residuales crudas y, en algunos casos, aguas residuales tratadas), para actividades de riego cerca de las grandes ciudades (agricultura periurbana), en particular en zonas áridas y semiáridas. Esto lo hacen la mayoría de los

agricultores de pequeña escala, quienes cultivan frutas y verduras para el mercado local. La causa principal para el riego con aguas residuales es la gran pelea por la obtención de agua en las cuencas fluviales donde se encuentran ubicadas las grandes ciudades. El hecho de que las aguas residuales urbanas sean una fuente de agua confiable, de bajo costo y rica en nutrientes dio un estímulo extra. El inconveniente es que las normas sanitarias no son tomadas en serio, en parte debido a que los sistemas de control y monitoreo son frágiles y, en algunos casos, no existen. Sin embargo, hay casos de reutilización de aguas residuales exitosas para riego, en países como Argentina, Bolivia, Chile, México y Perú.

### 1.1.2. En el Perú:

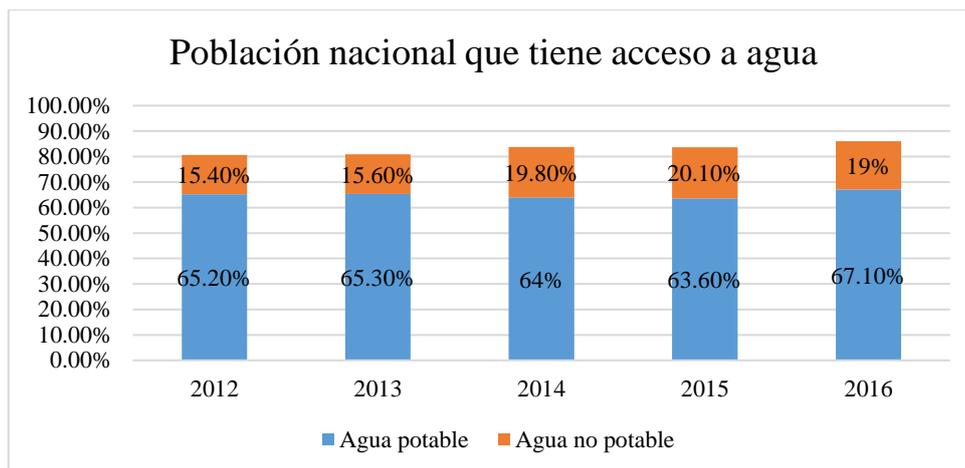
#### Agua Potable

De acuerdo con el INEI, para el año 2015, el 83,7 % de los peruanos, tenía acceso a agua por medio de la red pública, de los cuales 63,6% era acceso a agua potable y 20,1 % a agua no potable. Lima, es la región con mayor cobertura de agua potable, con un 90,4 %, le siguen las regiones de Ica con 88,0 %, Tacna con 87,7 %, la provincia Constitucional del Callao con 86,9 % y Arequipa con 84,4 %, sin embargo, también resaltan las regiones de Huancavelica, Amazonas y Pasco como las regiones con menos cobertura de agua potable a nivel nacional. En la **Figura 7** se muestra el avance en la cobertura de agua potable a nivel nacional, desde el año 2012 al año 2016 y en las **Figuras 8, 9 y 10** se muestra el avance en la cobertura de agua tanto potable como no potable nacional, de la población urbana y población rural respectivamente



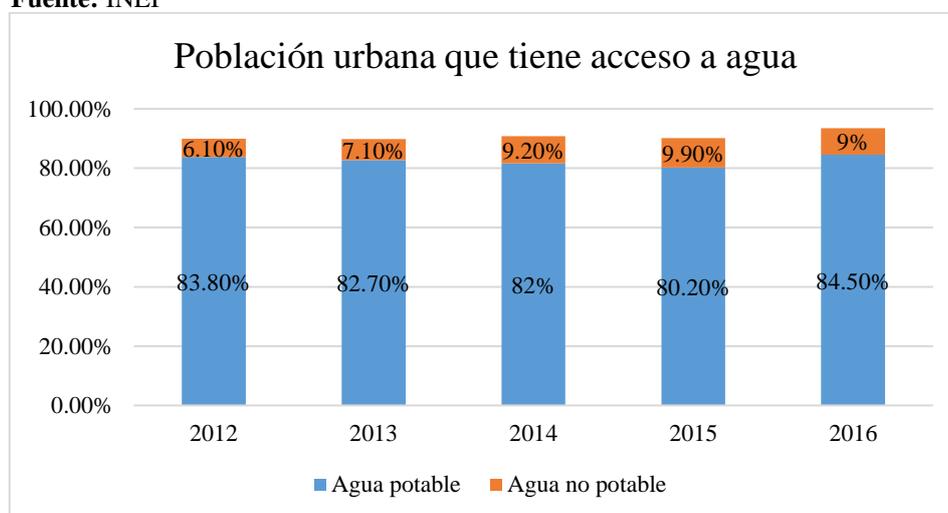
**Figura 7.** Cobertura nacional de agua

Fuente: INEI



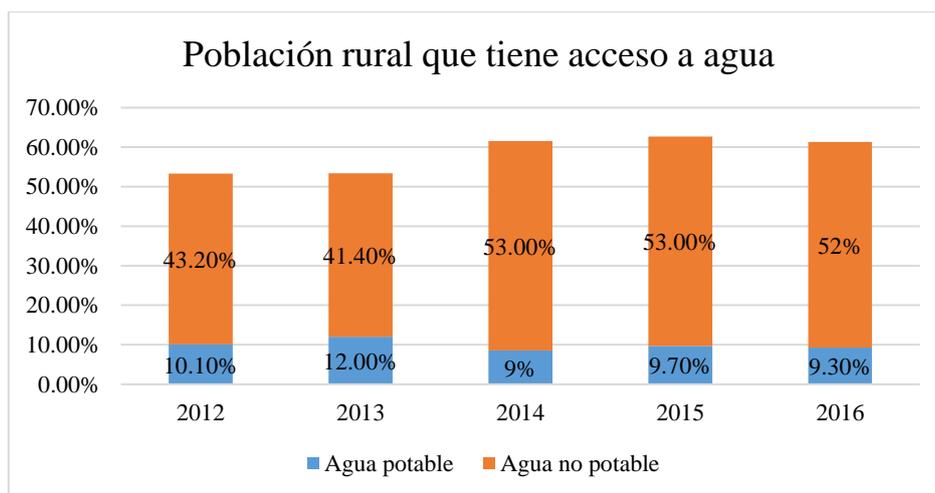
**Figura 8.** Cobertura nacional de agua.

Fuente: INEI



**Figura 9.** Población urbana con acceso agua.

Fuente: INEI

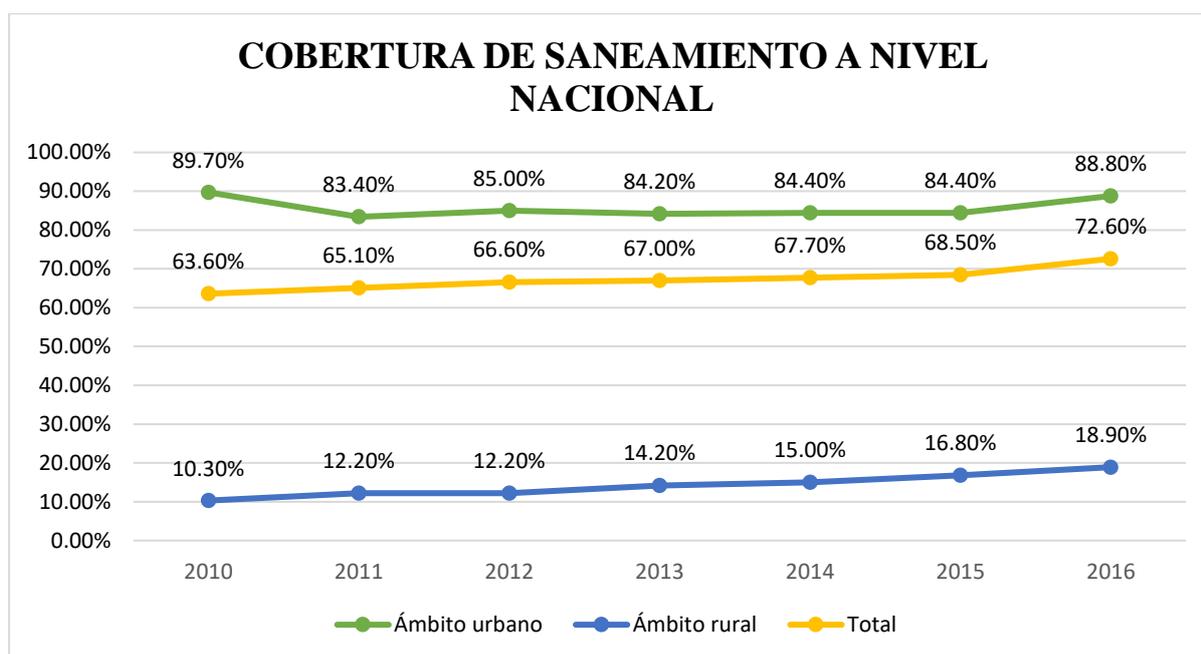


**Figura 10.** Población rural con acceso agua.

Fuente: INEI

## Saneamiento

Para la mitad de del año 2016, el 72,6 % de peruanos, es decir aproximadamente 22 millones 856 mil personas, contaba con desagüe por red pública de alcantarillado (68,9% dentro de la vivienda y el 3,7% red pública fuera de la vivienda, pero dentro del edificio). Además, el 11,1 % (3 millones 505 mil peruanos), usan letrinas para eliminación de excretas, el 8,7% (2 millones 744 mil) lo hace a través de pozo séptico y el 7,6 % (2 millones 383 mil) no cuentan con alguna forma adecuada de eliminación de excretas. En la **Figura 11** se muestra el avance en la cobertura de saneamiento a nivel nacional, desde el año 2012 al año 2016.



**Figura 11.** Cobertura nacional de saneamiento.  
Fuente: INEI

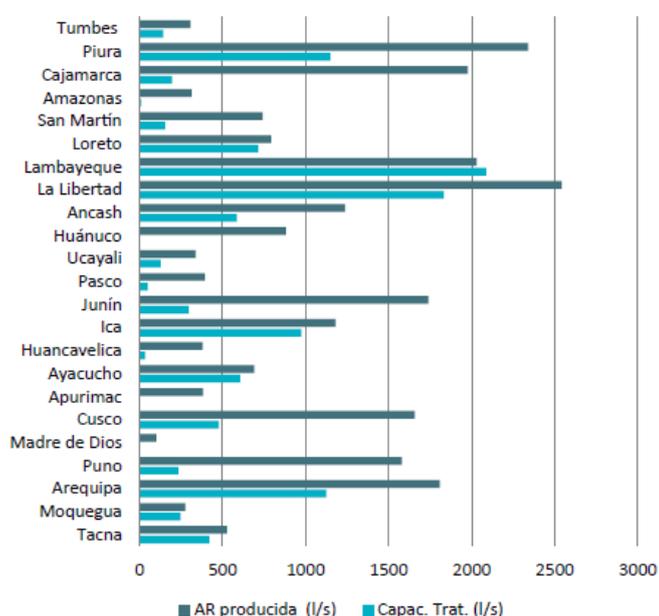
De acuerdo con el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, en el ámbito urbano y rural, la brecha existente es bastante amplia. En el año 2014, la cobertura de saneamiento a nivel urbano alcanzaba un 84,4 %, a diferencia del sector rural, que apenas contaba con un 15 % de cobertura de alcantarillado. Además, unos 3,8 millones de personas que viven en zonas urbanas no cuentan con servicios de alcantarillado mientras que 6 millones de habitantes de zonas rurales padecen el mismo problema.

En el año 2015, solo en las regiones de Lima y Tacna, un poco más del 90% de su población tienen en sus viviendas red pública de alcantarillado y en las regiones de Moquegua, Ica y la provincia Constitucional del Callao más del 80%. En 11 regiones del Perú menos del 50 % de su población cuentan con este servicio. Mientras que Ucayali, Loreto, y Pasco, son las poblaciones con mayor déficit de este servicio.

### Aguas residuales

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) junto al Ministerio de Agricultura y Riego, realizaron un estudio en el 2015, donde se evaluó 541 distritos/ciudades con más de 10 000 personas en las 25 regiones del Perú, aquellas ciudades fueron escogidas por sus proyecciones para junio del 2015.

Para estimar la producción de aguas residuales se tuvo en cuenta que cada habitante produce 162 L/día y la tasa de cobertura urbana de saneamiento propia de cada región. Se puede afirmar que el Perú estaría generando 42,5 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales domésticas, donde la costa contribuye con el 66 % del total, es decir unos 27,9 m<sup>3</sup>/s, a diferencia de la selva, cuyo aporte es del 10 % es decir 4,25 m<sup>3</sup>/s. En la **Figura 12** se muestra la producción de aguas residuales y la capacidad de tratamiento de cada región del Perú.



**Figura 12.** Producción de aguas residuales y la capacidad de tratamiento de cada región del Perú.

**Fuente:** (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2016)

#### 1.1.2.1. La situación actual del tratamiento de las aguas residuales en el Perú:

Para fines del año 2007, se esperaba que el Perú tuviese una población de 28,3 millones de habitantes, de estos, había 21,1 millones que vivía en zonas urbanas, por tanto, el margen restante, es decir 7,2 millones vivía en zonas rurales.

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento reporto en el 2009 que tenía 50 EPS bajo su supervisión, estas EPS daban servicios de agua potable y alcantarillado a un total de 314 distritos a nivel nacional, teniendo bajo su administración a un total de 18,1 millones de habitantes, en otras palabras, se daba servicio a un 85 % de la población urbana y un 62 % de la población a nivel nacional.

Actualmente de las 253 localidades a las cuales las EPS dan servicio, en 89 de ellas no se da tratamiento a los efluentes, de modo que el agua residual que generan esas localidades es vertida directamente a cuerpos de agua como ríos, mares, pampas o drenes,

contaminando el medio ambiente y afectando a la salud de esas localidades. En el resto de las localidades, la mayor parte o toda el agua residual generada es llevada a plantas de tratamiento de aguas residuales. En la **Tabla 1** se muestra las 4 localidades más grandes que no tienen una PTAR.

**Tabla 1.** Las 4 localidades más grandes que no tienen una PTAR

N°	Localidad, EPS	Caudal vertido al alcantarillado (L/s)
1	Huancayo, SEDAM HUANCAYO S.A.C.	384
2	Huánuco, SEDA HUÁNUCO S.A	251
3	Sullana, EPS GRAU S.A.	200
4	Cajamarca, SEDACAJ S.A.	192

**Fuente:** (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), Cooperación Alemana, implementada por la GIZ Programa de Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento (Proagua II)., 2015)

Al momento de la evaluación en campo hecha por la SUNASS, se identificó a 204 PTAR construidas y en construcción en el ámbito de las EPS, de las cuales 172 están en el ámbito de las EPS y son operadas por la EPS o se encuentran en proceso de transferencia. De las 32 PTAR en construcción se tienen a 11 que sustituirán a las existentes y el resto ayudarán a aumentar la cobertura del tratamiento de aguas residuales. En la **Tabla 2** se muestra la cantidad de PTAR en el ámbito de las EPS hasta el 1 de julio de 2014.

**Tabla 2.** PTAR en el ámbito de las EPS hasta el 1 de julio de 2014.

EPS	N° de PTAR		
	Existentes		En construcción
	En Funcionamiento (EPS o en transferencia)	Paralizada	
EMUSAP AMAZONAS	-	-	-
SEDA HUÁNUCO S.A	3	-	-
EMAPACOP S.A	1	-	2
EPS SEDALORETO S.A	1	-	-
EMAPA CAÑETE S.A	2	-	3
EMSA PUNO S.A	3	-	-
EPSSMU S.R.L.	-	-	-
AGUAS DE TUMBES	17	-	-
EMAPA PASCO S.A	-	-	1
EMAPISCO S.A.	2	-	-
SEDACAJ S.A.	-	-	2
EPS TACNA S.A	2	-	-
EMAPAVIGS S.A.C	2	-	1
SEDACHIMBOTE S.A	6	2	-
EPSASA	3	-	-
EMAPA SAN MARTIN S.A	1	-	1
EMAPAT S.R.L	-	-	-
SEMAPACH S.A.	5	1	-
EPS SELVA CENTRAL S.A	3	1	-
EMAPA MOYOBAMBA S.R.L	-	-	-
EMAPA HUANCAVALICA S.A.C	-	-	-
EPS MOQUEGUA S.A.	3	-	1
EMAPA Y S.R.L	1	-	-
EMAPA HUARAL S.A	-	-	-
EMAPA HUACHO S.A.	-	-	-
SEDAPAL	22	1	1
EPS ILO S. A.	1	-	-
SEDALIB S.A.	12	-	1
EPSEL S.A	24	1	6
SEDAPAR S.A.	8	-	3
EPS - SEDACUSCO S.A.	1	-	-
EPS GRAU S.A	28	2	2
EPS CHAVIN S.A	-	-	-
EMAQ S.R.L.	-	-	1
EMAPAB S.R.L	-	-	-
SEMAPA BARRANCA S.A	1	-	-
EMAPICA S.A.	4	1	-
EMPSSAPAL S.A.	-	-	1
EPS SIERRA CENTRAL S.R.L	-	-	-
NORPUNO S.A.	1	-	-
SEDAJULIACA S.A	1	-	-
EPS MANTARO S.A.	2	-	1
EMUSAP ABANCAY S.A.C.	-	-	1
EMSAP CHANKA S.C.R.L	-	-	-
EPS MARAÑÓN S.R.L.	3	-	3
SEDAM HUANCAYO S.A.C	-	-	-
EMSAPA CALCA S.R.L.	-	-	-
EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L	-	-	1
EMPSAPA YAULI S.R.L.	-	-	-
SEDAPAR S.R.L. (Rioja)	-	-	-
TOTAL	163	9	32

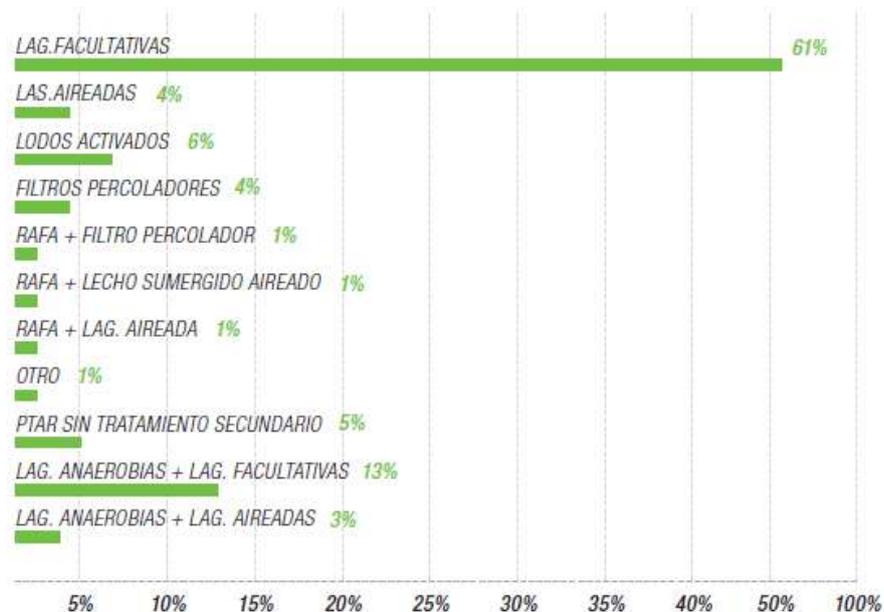
**Fuente:** (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), Cooperación Alemana, implementada por la GIZ Programa de Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento (Proagua II), 2015)

Se puede observar en la anterior tabla que:

- El 82% del total de las PTAR que se encuentran operativas o en transferencia a las EPS se encuentran ubicadas en la costa.
- 5 EPS tienen plantas de tratamiento de aguas residuales en construcción, pero ninguna PTAR funcionando.
- 16 EPS no tienen PTAR ni operativas ni en proceso de construcción en su área de servicio.
- 29 EPS del total, tienen al menos una PTAR funcionando.

### 1.1.2.2. Las tecnologías de tratamiento usadas

En el sector del tratamiento de agua residual, existe una gran variedad de procesos que pueden ser usados tanto para el tratamiento del agua como para el de lodos. Escoger un adecuado tratamiento depende de factores técnico- científico y económico. Cuando ya se tiene el tipo de tecnología a usar, ayudará a establecer la calidad sanitaria del efluente, entonces se podrá pensar en las alternativas y tipos de reúso. Se muestra en la **Figura 13** la distribución de las tecnologías empleadas en el tratamiento secundario en las PTAR.



**Figura 13.** Distribución de las tecnologías empleadas en el tratamiento secundario en las PTAR.

**Fuente:** (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), Cooperación Alemana, implementada por la GIZ Programa de Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento (Proagua II), 2015).

Se puede observar que nuestro país usa en su mayoría lagunas ya sean anaerobias, facultativas y aireadas, de forma individual o combinadas como tecnología para el tratamiento secundario, aunque también se usa el proceso de lodos activados ya sea en sus variedades tanto de flujo continuo como SBR, lechos fijos sumergidos, filtros percoladores y reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA).

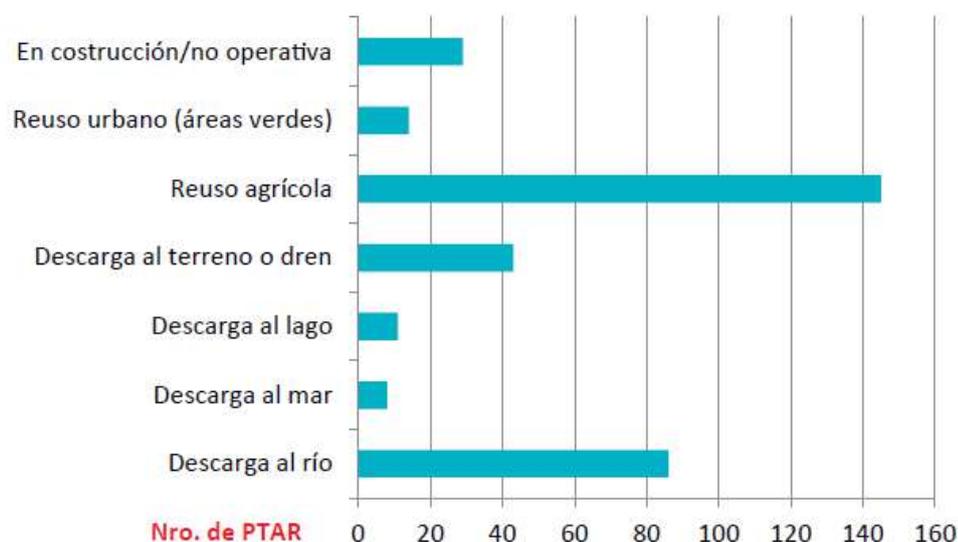
Según los datos brindados por SUNASS en el documento “Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de las entidades prestadoras de

servicios de saneamiento”, publicado el año 2015, indica que actualmente existe en el Perú:

- 134 Lagunas
- 7 Filtros Percoladores
- 10 PTAR con procesos de Lodos Activados
- 3 RAFAS

### 1.1.2.3. La disposición final de los efluentes

Los efluentes llegan a un punto de disposición final, que no necesariamente es un cuerpo natural de agua. La SUNASS hizo un estudio en el 2015, en el que se identificó cuál era el paradero final de los efluentes, en la Figura 14 se observa la disposición final de los efluentes.



**Figura 14.** Disposición final de los efluentes  
**Fuente:** (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2016)

Se observa que si bien es cierto hay tan sólo 8 PTAR que descargan sus efluentes finales al mar, se debe tener en cuenta que ellas tienen en su dominio cerca del 48 % del agua residual tratada (14,3 m<sup>3</sup>/s), gracias a la planta La Taboada, que vierte 14 m<sup>3</sup>/s de los desagües limeños.

## 1.2. Descripción de la problemática actual

Actualmente las aguas residuales y los residuos sólidos son vertidos en la cuenca de la quebrada El Limón y el Río Puzmalca, muy cerca de la capital del distrito de Canchaque, y para el caso de Villa Palambra, estas son dejadas en una poza, dado que esta zona no dispone de sistemas de tratamiento de aguas residuales, la salud de la población asentada en la parte baja del cauce en mención está siendo afectada debido a la alta contaminación de residuos fecales de las aguas de río Puzmalca o Canchaque. Es por esto por lo que se hace necesario proponer un tratamiento efectivo para tratar los efluentes generados por la población, para su posterior reúso en riego de áreas agrícolas cercanas.

### 1.3. Objetivos de la investigación

#### 1.3.1. Objetivo general

Proponer una alternativa adecuada para el tratamiento de las aguas residuales domésticas del Caserío de Villa Palambla.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- Exponer la problemática y el estado actual de la poza de oxidación de Palambla.
- Recoger muestras y analizarlas para determinar el nivel de carga orgánica y coliformes totales que poseen.
- Proponer el diseño de la planta de tratamiento de agua residual.
- Reducir el riesgo de enfermedades gastrointestinales.
- Ayudar a mantener en buenas condiciones al medio ambiente.

### 1.4. Marco legal

El código sanitario peruano (Decreto de ley N° 17505), en su cuarta sección, denominada “Saneamiento Ambiental”, contiene artículos relacionados con la preservación de recursos del agua, los cuales son:

- **Artículo 145:** “Los recursos de agua deben ser conservados y preservados, no debiendo ser alterados sus condiciones naturales por causas externas que modifiquen sus propiedades con peligro para la salud pública”.
- **Artículo 146:** “Las industrias, las instituciones, las entidades nacionales o extranjeras, y todas las personas, deben acatar bajo responsabilidad las normas de salud pública para preservar los recursos del agua”.
- **Artículo 148:** “Cualquier planteamiento de desarrollo de servicios relacionados con el saneamiento ambiental, cuando la magnitud y jerarquía de éstos lo justifique, debe ejecutarse bajo la debida coordinación y aprobación de la Autoridad de Salud”.
- **Artículo 150:** “El agua potable y alcantarillado público, así como los sistemas individuales o locales de abastecimientos de agua y disposición de aguas servidas, constituyen aspectos específicos de Saneamiento que guardan estrecha relación con la salud, de ahí que la Autoridad de la Salud tiene la potestad de fiscalizar, cuando lo juzgue necesario, los estudios, los proyectos, ejecución de obras e instalaciones, en los aspectos mencionados”.
- **Artículo 151:** “Todas las personas, naturales o jurídicas, públicas o privadas, que proyecten o administren sistemas de agua potable o alcantarillado, están sujetas a las disposiciones de este Código, y a los Reglamentos Sanitarios”.

Por otro lado, el **Código de Medio Ambiente y Recursos Naturales** (Decreto de Ley #613) en su artículo 108, establece lo siguiente: “El Estado debe fijar el destino de las aguas residuales, estableciendo zonas en las que quede prohibido descargar aguas residuales de fuentes industriales o domésticas, urbanas o rurales, en las aguas superficiales

y subterráneas, interiores o marinas, sin tratamiento previo y en cantidades y concentraciones que sobrepasen los límites máximos permisibles (LMP)”.

Además, la “**Ley General de Aguas**” (**Decreto de Ley N°17752**) establece en el artículo 22 que “Está prohibido verter o emitir cualquier residuo, sólido, líquido o gaseoso que pueda contaminar las aguas, causando daños o poniendo en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna o comprometiendo su empleo para otros usos. Podrán descargarse únicamente cuando:

- Sean sometidos a los necesarios tratamientos previos.
- Se compruebe que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.
- Se compruebe que con su lanzamiento submarino no se causará perjuicio a otro uso.
- En otros casos que autorice el Reglamento.

La Autoridad Sanitaria dictará las providencias y aplicará las medidas necesarias para el cumplimiento de la presente disposición. Si no obstante la contaminación fuere inevitable, podrá llegar hasta la revocación del uso de las aguas o la prohibición o la restricción de la actividad dañina”.

La calidad de los cuerpos de agua en general, respecto a sus usos, se encuentran clasificadas en la **Tabla 3**

**Tabla 3.** Usos según la calidad del cuerpo de agua receptor

<b>Uso</b>	<b>Descripción</b>
Clase I	Abastecimiento de agua sin tratamiento para consumo doméstico.
Clase II	Fuentes de abastecimiento de agua tratada.
Clase III	Agua de riego para cultivos alimenticios que generalmente se comen crudos.
Clase IV	Aguas usadas para recreación donde hay contacto corporal con el agua.
Clase V	Aguas usadas para el cultivo de mariscos.
Clase VI	Aguas usadas para la recreación sin contacto corporal y protección general del ambiente.

**Fuente:** (Ley general de las aguas, 1969)

De acuerdo con el uso, las aguas se registrarán con los siguientes valores, mostrados en las **Tablas 4 y 5**

**Tabla 4.** Límites bacteriológicos

<b>Parámetro</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
Coliformes fecales, NMP/ 100ml	0	4000	1000	1000	200	4000
Coliformes totales, NMP/ 100ml	8,8	20 000	5000	5000	1000	20 000
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (mg/l)	5	5	15	10	10	10
Oxígeno disuelto (OD) (mg/l)	3	3	3	3	5	4

**Fuente:** (Ley general de las aguas, 1969)

**Tabla 5.** Límites de sustancias potencialmente peligrosas

<b>Sustancias potencialmente peligrosas (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
Selenio	10	10	50	5	10
Policlorobifenilos	1	1	1+	2	2
Mercurio	2	2	10	0.1	0.2
Esteres estalatos	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Cadmio	10	10	50	0.2	4
Cromo	50	50	1000	50	50
Níquel	2	2	1+	2	**
Cobre	1000	1000	500	10	*
Plomo	50	50	100	10	30
Zinc	5000	5000	25 000	20	**
Cianuros	200	200	1+	5	5
Fenoles	0,5	1	1+	1	100
Sulfuros	1	2	1+	2	2
Arsénico	100	100	200	10	50
Nitratos	10	10	100	N.A	N.A

**Fuente:** (Ley general de las aguas, 1969)

#### **Leyenda:**

\*: Pruebas de 96 horas LC50 multiplicadas por 0,1

\*\* : Pruebas de 96 horas multiplicadas por 0,2

LC50: Dosis letal por provocar 50 % de muertes o inmovilización de la especie del BIO ENSAYO

1+: Valores a ser determinados. En caso de sospechar su presencia e aplicará los valores de la columna V provisionalmente

(2): Para el uso de aguas IV, la Tabla 5 no es aplicable

N.A.: Valor no aplicable

### **REGLAMENTO DE LA LEY N° 29338 – LEY DE RECURSOS HÍDRICOS, APROBADO POR DECRETO SUPREMO N° 001-2010-AG**

- **Artículo 131: Aguas residuales y vertimientos. Para efectos del Título V de la Ley se entiende por:**
  - a) Aguas residuales, aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo.
  - b) Vertimiento de aguas residuales, es la descarga de aguas residuales previamente tratadas, en un cuerpo natural de agua continental o marítima. Se excluye las provenientes de naves y artefactos navales.
- **Artículo 132°.- Aguas residuales domésticas y municipales:**
  - 132.1 Las aguas residuales domésticas, son aquellas de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.

132.2 Las aguas residuales municipales son aquellas aguas residuales domésticas que puedan incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial siempre que éstas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

- **Artículo 133°.- Condiciones para autorizar el vertimiento de aguas residuales tratadas:**

133.1 La Autoridad Nacional del Agua podrá autorizar el vertimiento de aguas residuales únicamente cuando:

- a) Las aguas residuales sean sometidas a un tratamiento previo, que permitan el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles – LMP.
- b) No se transgredan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, ECA - Agua en el cuerpo receptor, según las disposiciones que dicte el Ministerio del Ambiente para su implementación.
- c) Las condiciones del cuerpo receptor permitan los procesos naturales de purificación.
- d) No se cause perjuicio a otro uso en cantidad o calidad del agua.
- e) No se afecte la conservación del ambiente acuático.
- f) Se cuente con el instrumento ambiental aprobado por la autoridad ambiental sectorial competente.
- g) Su lanzamiento submarino o subacuático, con tratamiento previo, no cause perjuicio al ecosistema y otras actividades lacustre, fluviales o marino costeras, según corresponda.

133.2 La Autoridad Nacional del Agua, dictará las disposiciones complementarias sobre características de los tratamientos y otras necesarias para el cumplimiento de la presente disposición.

- **Artículo 135°.- Prohibición de efectuar vertimientos sin previa autorización**

135.1 Ningún vertimiento de aguas residuales podrá ser efectuado en las aguas marítimas o continentales del país, sin la autorización de la Autoridad Nacional del Agua.

135.2 En ningún caso se podrá efectuar vertimientos de aguas residuales sin previo tratamiento en infraestructura de regadío, sistemas de drenaje pluvial ni en los lechos de quebrada seca.

- **Artículo 147°.- Reuso de agua residual**

Para efectos del Reglamento se entiende por reuso de agua residual a la utilización, de aguas residuales tratadas resultantes de las actividades antropogénicas.

- **Artículo 148°.- Autorizaciones de reuso de aguas residuales tratadas**

Podrá autorizarse el reuso de aguas residuales únicamente cuando se cumplan con todas las condiciones que se detallan a continuación:

- a) Sean sometidos a los tratamientos previos y que cumplan con los parámetros de calidad establecidos para los usos sectoriales, cuando corresponda.
- b) Cuenten con la certificación ambiental otorgada por la autoridad ambiental sectorial competente, que considere específicamente la evaluación ambiental de reuso de las aguas.
- c) En ningún caso se autorizará cuando ponga en peligro la salud humana y el normal desarrollo de la flora y fauna o afecte otros usos.

### **LEY N° 28611.- LEY GENERAL DEL AMBIENTE**

- **Artículo 31.- Del Estándar de Calidad Ambiental**

31.1 El Estándar de Calidad Ambiental - ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

31.2 El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. Es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

31.3 No se otorga la certificación ambiental establecida mediante la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, cuando el respectivo EIA concluye que la implementación de la actividad implicaría el incumplimiento de algún Estándar de Calidad Ambiental. Los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental también deben considerar los Estándares de Calidad Ambiental al momento de establecer los compromisos respectivos.

31.4 Ninguna autoridad judicial o administrativa podrá hacer uso de los estándares nacionales de calidad ambiental, con el objeto de sancionar bajo forma alguna a personas jurídicas o naturales, a menos que se demuestre que existe causalidad entre su actuación y la transgresión de dichos estándares. Las sanciones deben basarse en el incumplimiento de obligaciones a cargo de las personas naturales o jurídicas, incluyendo las contenidas en los instrumentos de gestión ambiental.

- **Artículo 32.- Del Límite Máximo Permisible**

32.1 El Límite Máximo Permisible - LMP, es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio. En la **Tabla 6** se muestran los valores actuales de los LMP de agua potable.

**Tabla 6.** Valores actuales de los LMP de agua potable

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Unidad</b>	<b>LMP</b>
Coliformes totales	UFC/100 mL	0 (ausencia)
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	0 (ausencia)
Bacterias heterotróficas	UFC/100 mL	500
pH	-	6,5-8,5
Turbiedad, UNT	UNT	5
Conductividad	25°C u.S./cm	1500
Color	UCV- Pt-Co	20
Cloruros	mg/L	250
Sulfatos	mg/L	250
Dureza	mg/L	500
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> /L	50
Hierro	mg/L	0,3
Manganeso	mg/L	0,2
Cobre	mg/L	3
Aluminio	mg/L	0,2
Plomo	mg/L	0,1
Cadmio	mg/L	0,003
Arsénico	mg/L	0,1
Mercurio	mg/L	0,001
Crom	mg/L	0,05
Flúor	mg/L	2
Selenio	mg/L	0,05

Fuente: Sunass

En la **Tabla 7** se muestran los LMP para los efluentes de PTAR.

**Tabla 7.** LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Unidad</b>	<b>LMP</b>
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	10 000
DBO	mg/L	100
DQO	mg/L	200
pH	-	6,5-8,5
Sólidos totales en suspensión	mL /L	150
Temperatura	° C	<35

Fuente: Diario oficial El Peruano

- **Artículo 122.- Del tratamiento de residuos líquidos**

122.1 Corresponde a las entidades responsables de los servicios de saneamiento la responsabilidad por el tratamiento de los residuos líquidos domésticos y las aguas pluviales.

122.2 El sector vivienda, construcción y saneamiento es responsable de la vigilancia y sanción por el incumplimiento de LMP en los residuos líquidos domésticos, en coordinación con las autoridades sectoriales que ejercen funciones relacionadas con la descarga de efluentes en el sistema de alcantarillado público.

122.3 Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes. El manejo de las aguas residuales o servidas de origen industrial puede ser efectuado directamente por el generador, a través de terceros debidamente autorizados a o a través de las entidades responsables de los servicios de saneamiento, con sujeción al marco legal vigente sobre la materia.

## **Capítulo 2**

### **Agua residual y su tratamiento**

#### **2.1. Agua residual**

El agua residual es aquella cuyas características originales han sido modificadas debido al uso del hombre, quien le aporta contaminación sólida y líquida por lo que representan un peligro potencial y requieren un tratamiento previo antes de ser reusadas o vertidas a un cuerpo natural de agua (Metcalf & Eddy, 1996).

Entre las aguas residuales más comunes; de acuerdo con su origen, se encuentran:

#### **Aguas Residuales Municipales**

Aquellas provenientes de la ciudad o una gran población, conteniendo una gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas. La mayoría de las veces son recolectadas por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria).

#### **Aguas Residuales Industriales**

Provenientes de procesos industriales cuya composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales; se encuentran compuestos químicos (ácidos, bases, iones metálicos, entre otros) y materia orgánica (en suspensión, dilución, etc.). Este tipo de aguas residuales debido a su composición, no deben ser vertidas en el sistema de alcantarillado público.

Se pueden clasificar en 5 grupos a las industrias, de acuerdo con sus vertidos:

1. Industrias con efluentes principalmente orgánicos (papeleras, azucareras, mataderos, entre otros.).
2. Industrias con efluentes orgánicos e inorgánicos (refinerías y petroquímicas, coquerías, textiles, etc.).
3. Industrias con efluentes principalmente inorgánicos (limpieza y recubrimiento de metales, explotaciones mineras y salinas, etc.).
4. Industrias con fluentes con materia en suspensión (lavaderos de mineral y carbón, corte y pulido de mármol, etc.).

5. Industrias con efluentes con refrigeración (centrales térmicas, centrales nucleares).

### 2.1.1. Características principales del agua residual

Brevemente se describirá algunas de las características del Agua residual, las cuales son muy importantes para su posterior estudio. Una vez estudiadas estas características se podrá determinar el tratamiento más adecuado.

#### 2.1.1.1. Características físicas

##### Temperatura

La temperatura del agua residual, por lo general es un poco mayor que el agua de abastecimiento. Si sucede lo contrario, es decir si el agua residual tiene una temperatura menor que la del agua, quiere decir que existe infiltración de aguas subterráneas o superficiales.

Si la temperatura es mayor a lo normal, indica que hay descargas de residuos industriales calientes. Conforme la temperatura aumenta, la viscosidad disminuye y por consiguiente aumenta la eficiencia de la sedimentación de las partículas presentes en el desagüe.

##### Color

El color es una característica del agua residual que indica su edad, por ejemplo, un color grisáceo es sinónimo de un agua residual reciente. A medida que aumenta el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al producirse condiciones más próximas a las anaerobias, el agua residual pasa de un color gris a gris oscuro para finalmente tornarse de un color negro. Cuando el agua residual toma este color, suele clasificarse como agua séptica. En cualquiera de los anteriores casos mostrados (color gris, gris oscuro y negro) se produce la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual (Metcalf & Eddy, 1996).

##### Olor

La presencia de malos olores en el agua residual es debida a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor particular, algo desagradable, pero a diferencia del olor del agua séptica resulta más tolerable. El olor característico del agua residual séptica a huevos podridos es gracias a la presencia de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios (Metcalf & Eddy, 1996). En la **Tabla 8** se muestran algunos compuestos olorosos asociados al agua residual bruta.

Los malos olores son la causa principal del rechazo por parte de la población a la implantación de instalaciones de aguas residuales en su área de influencia (vecindad), por lo que toma mucha importancia estudiar los efectos que producen, cómo se detectan, cómo se caracterizan, medirlos y sobre todo cómo evitarlos.

**Tabla 8.** Compuestos olorosos asociados al agua residual bruta

Compuestos olorosos	Fórmula química	Calidad del olor
Aminas	$\text{CH}_3\text{NH}_2, (\text{CH}_3)_3\text{H}$	A pescado
Amoniaco	$\text{NH}_3$	Amoniaco
Diaminas	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2,$ $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$	Carne descompuesta
Sulfuro de hidrógeno	$\text{H}_2\text{S}$	Huevos podridos
Mercaptanos (ejm: metilo y etilo)	$\text{CH}_3\text{SH}, \text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{SH}$	Coles descompuestas
Mercaptanos (ejm: butilo y crotilo)	$(\text{CH}_3)_3\text{CSH}, \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{SH}$	Mofeta
Sulfuros orgánicos	$(\text{CH}_3)_2\text{S}, (\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{S}$	Coles podridas
Escatol <sup>2</sup>	$\text{C}_9\text{H}_9\text{N}$	Materia fecal

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1996)

### Sólidos Totales

Están conformados por sólidos de distintos tamaños, que a su vez se definen como sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, coloides y sólidos disueltos.

#### Sólidos suspendidos

Conocidos también como “sólidos no filtrables”. Estas partículas tienen un tamaño superior a  $1,0 \mu\text{m}$  que son retenidas mediante filtración. Producen turbidez en el agua.

#### Sólidos filtrables

Conocidos como “sólidos disueltos”, se obtienen después de evaporar una muestra previamente filtrada con un filtro de  $1,0 \mu\text{m}$ .

#### Sólidos sedimentables

Son partículas (orgánicas y biológicas) con un tamaño mayor a  $10 \mu\text{m}$  que se depositan en un depósito cónico llamado “cono de Imhoff”, de 1 Litro, durante 1 hora. Mide la concentración de fango de decantación<sup>3</sup> primaria.

### 2.1.1.2. Características químicas

Estas características por lo general se afectan a partir de los desechos que ingresan al agua durante su uso.

#### Materia orgánica

La materia orgánica está formada en 90 % por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites provenientes de heces y orina de seres humanos, restos de alimentos y detergente. Estos contaminantes son biodegradables, es decir, pueden ser transformados en compuestos más simples por la acción de microorganismos naturales presentes en el agua,

<sup>2</sup> Escatol: Compuesto orgánico blanco cristalino medianamente tóxico, derivado del indol (a pesar de su nombre, no son alcoholes).

<sup>3</sup> Decantación: Proceso usado para separar dos sustancias mezcladas, una líquida de otra que no lo es o dos líquidos inmiscibles (por ejm. agua y aceite) mediante el vertido de la más densa.

cuyo desarrollo se ve favorecido por las condiciones de temperatura y nutrientes de las aguas residuales.

### Materia inorgánica

Se incluyen en este grupo todos los sólidos de origen generalmente mineral, como son sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas no biodegradables. En la **Tabla 9** se presenta la relación entre algunos constituyentes inorgánicos y el agua residual.

**Tabla 9.** Relaciones entre algunos elementos inorgánicos y el agua residual

Elemento	Relación con el agua residual
pH	El intervalo de concentraciones que es adecuado para la correcta proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. La medida de pH es un indicador muy importante en el tratamiento de las aguas residuales, independientemente de si hacemos tratamientos biológicos o físico químicos, es necesario conocer y en ocasiones ajustar el pH de entrada del agua a tratar, así como a lo largo de todo el proceso, ya que nos indica en cierto grado la dificultad del tratamiento a realizar. Se recomienda que el pH óptimo para el crecimiento de los organismos se encuentre entre 6,5 y 7,5.
Cloruros	Resultan de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua, intromisión del agua salada (en el caso de aguas costeras), evacuación de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales.
Nitrógeno	Elemento necesario para el desarrollo de protistas y plantas, es por ello que son llamados nutrientes o bio estimuladores. Constituyente básico para la síntesis de proteínas. Es importante conocer datos de su presencia en el agua y en qué cantidades se encuentra, para evaluar la posibilidad de usar tratamientos biológicos.
Fósforo	Es un elemento esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Junto al nitrógeno son los principales nutrientes de importancia en el vertido de aguas residuales tratadas. Si el vertido tiene nitrógeno y fósforo pueden acelerar la eutrofización <sup>4</sup> de lagos, ríos y embalses, y estimular el crecimiento de algas y plantas acuáticas fijadas a cursos de agua poco profundos.
Azufre	Indispensable en la síntesis de las proteínas y liberado en su degradación.

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1996)

### Gases.

Encontramos en el agua residual distintos tipos de gases a diferentes concentraciones.

**Oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>):** Es el más importante, y es un gas que va siendo consumido por la actividad química y biológica. El oxígeno disuelto adecuado es necesario para una buena calidad del agua. La temperatura, la presión y la salinidad son los factores que afectan la capacidad del agua para disolver el oxígeno.

**Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S):** Se forma a partir de una reacción biológica en sistemas de desagüe o plantas de tratamiento de aguas residuales. El H<sub>2</sub>S se genera a

<sup>4</sup> Eutrofización: Acumulación de residuos orgánicos en el litoral marino o en un lago, laguna, embalse, etc., que causa la proliferación de ciertas algas.

través de una fermentación anaeróbica (sin oxígeno) de materia orgánica presente en aguas residuales.

En el interior de una tubería, si no hay oxígeno, los microorganismos se alimentan y producen sulfuro de hidrógeno, con un característico hedor a huevo podrido. Esto se denomina septicidad, y es la causa del H<sub>2</sub>S y del hedor que lo acompaña.

**Metano (CH<sub>4</sub>):** Es el principal subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica del agua residual.

### 2.1.1.3. Características biológicas

Estas características se deben a la presencia de microorganismos en el agua residual, entre los cuales encontramos:

#### **Bacterias**

Tienen un rol importante en la descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Por ello resulta imprescindible conocer sus características, funciones, metabolismos y proceso de síntesis. Hay distintos tipos de bacterias presentes en el agua residual, las bacterias de origen fecal y las que intervienen en el proceso de biodegradación. En las aguas residuales brutas predominan especies que forman parte de grupos como: *Escherichia*, *Salmonella*, *pseudomonas*, *aeromonas*, *Serratia*, *Nocardia*, etc.

#### **Algas**

Su presencia en el agua residual es de suma importancia, ya que contribuyen, junto con las bacterias, a la estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Es importante resaltar que el crecimiento de las algas se ve beneficiado por la presencia en las aguas residuales de varias formas de nitrógeno y fósforo. Sin embargo, las algas pueden traer consigo grandes inconvenientes en las aguas superficiales ya que, si las condiciones son favorables, se reproducen rápidamente, provocando el recubrimiento del agua superficial por colonias flotantes y dando lugar a procesos de eutrofización.

Uno de los problemas más importantes al que le hace frente la ingeniería sanitaria es el que se refiere a la gestión de la calidad del agua, y es el de encontrar el proceso de tratamiento que hay que aplicar a las aguas residuales de cualquier origen, de tal forma que los efluentes no contribuyan al crecimiento de las algas y otras plantas acuáticas.

### 2.1.1.4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno necesaria para que una población microbiana heterogénea estabilice la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de aguas residuales.

Este parámetro es aplicable en aguas continentales, aguas residuales, aguas pluviales o de cualquier procedencia que pueda contener una cantidad significativa de materia orgánica. No es aplicable para agua potable, ya que al tener en su composición un

índice muy bajo de materia oxidable, la precisión de este parámetro no sería adecuada. En la **Tabla 10** se da a conocer los valores típicos de los componentes encontrados en aguas residuales municipales.

### 2.1.1.5. Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica a través de métodos químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua.

La relación  $\frac{DBO_5}{DQO}$  muestra la biodegradabilidad de las aguas residuales urbanas, en la **Tabla 11** los valores típicos de esta relación.

**Tabla 10.** Valores típicos del agua residual municipal

Constituyente	Concentración, mg/l		
	Fuerte	Media	Débil
Sólidos Totales:	1200	720	350
Disueltos totales	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos totales	350	220	100
Fijos	75	55	20
Volátiles	275	165	80
Sólidos sedimentables	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días a 20° C (DBO <sub>5</sub> )	400	220	110
Carbono orgánico total <sup>5</sup> (COT)	290	160	80
Demanda química de oxígeno (DQO)	1000	500	250
Nitrógeno (total como N):	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo (total como P):	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	200	100	50
Grasas	150	100	50

**Fuente:** (Metcalf & Eddy, 1996)

**Tabla 11.** Valores típicos de la relación DBO<sub>5</sub>/DQO

Rango de valores que toma la relación DBO <sub>5</sub> /DQO	
≥0,4	Aguas muy biodegradables
0,2-0,4	Aguas biodegradables
≤ 0,2	Aguas poco biodegradables

**Fuente:** (Centro de las Nuevas Tecnologías de Agua de Sevilla, 2008)

<sup>5</sup> Carbono orgánico total: Es la cantidad de carbono unido a un compuesto orgánico, se usa para determinar la concentración de materia orgánica presente en una muestra de aguas residuales.

## 2.2. Tratamientos de aguas residuales domésticas

Una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), es una instalación donde llegan aguas residuales crudas y mediante una combinación de varios procesos físicos, químicos y biológicos se consigue devolver un agua de mejor calidad, teniendo como base los parámetros normalizados de cada país y además un residuo sólido o fango (también conocido como bio sólido o lodo). En la **Tabla 12** se muestra un croquis de los tratamientos convencionales que se suelen dar en la mayoría de PTAR.

**Tabla 12.** Tratamientos convencionales de aguas residuales domésticas

<b>PRETRATAMIENTO</b>	<b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b>	<b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>	<b>TRATAMIENTO TERCARIO</b>
<p><b>Objetivo:</b> Eliminación de objetos gruesos, arenas y grasas.</p> <p><b>Operaciones básicas:</b> -Desbaste -Desarenado -Desengrasado</p>	<p><b>Objetivo:</b> Eliminación de materia sedimentable y flotante.</p> <p><b>Operaciones básicas:</b> -Decantación Primaria -Tratamientos fisicoquímicos (coagulación - floculación)</p>	<p><b>Objetivo:</b> Eliminación de materia orgánica coloidal.</p> <p><b>Procesos básicos:</b> -Degradación bacteriana. -Decantación secundaria.</p>	<p><b>Objetivo:</b> Eliminación de sólidos en suspensión, materia orgánica residual, nutrientes y patógenos.</p> <p><b>Procesos básicos:</b> -Floculación -Filtración -Eliminación de N y P -Desinfección</p>
<b>PROCESOS FÍSICOS</b>	<b>PROCESOS FÍSICO-QUÍMICOS</b>	<b>PROCESOS BIOLÓGICOS</b>	<b>PROCESOS FÍSICO, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS</b>

**Fuente:** (Centro de las Nuevas Tecnologías de Agua de Sevilla, 2008)

### 2.2.1. Tratamiento preliminar

Antes de pasar al proceso de tratamiento propiamente dicho, al agua residual cruda se le da un pre - tratamiento o tratamiento preliminar cuyo objetivo principal es el de eliminar sólidos gruesos y arenas con el objetivo fundamental de facilitar las etapas posteriores del tratamiento.

Se debe prestar muchísima importancia en el diseño y mantenimiento de esta etapa, pues de fallar algo aquí, tendrá consecuencias negativas en el resto de las instalaciones dando lugar a obstrucciones en tuberías, válvulas y bombas, desgaste de equipos, formación de costras, etc. objetos como arena, basura, plásticos, etc. son retirados en esta etapa.

#### 2.2.1.1. Desbaste

El desbaste mediante rejas es indispensable en una PTAR, es un proceso sencillo pero fundamental ya que se consigue evitar obstrucciones en las conducciones de la planta

y por tanto aumenta la eficiencia en la depuración y así evitar paradas inesperadas debido al bloqueo de los equipos mecánicos u otros problemas de obstrucción.

Es habitual hallar en el canal de entrada de una planta de tratamiento, rejas de desbaste, formadas por barrotos cuyo ancho por lo general es de 4 mm a 10 mm y su longitud de 25 mm a 75 mm, con una inclinación ya sea verticales y horizontales de 45° a 60° cuando se trata de limpieza manual y de 70° a 90° para limpieza mecanizada (Arteaga Nuñez, 2016). Las rejas deben permitir un flujo de las aguas sin producir grandes pérdidas de carga.

El procedimiento consiste en hacer pasar el agua residual cruda (por lo general la velocidad de paso esta entre 0,6 a 1,2 m/s, cuando la limpieza es manual y de 0,6 a 0,9 m/s cuando se trata de limpieza mecanizada) por las rejas; que se pueden clasificar de acuerdo con la separación entre barrotos en: desbaste de gruesos, donde el espacio entre barrotos es de 50 a 100 mm y desbaste de finos, donde el espaciamiento entre barrotos es de 10 a 25 mm (Arteaga Nuñez, 2016).

### **2.2.1.2. Desarenado**

Según el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM), en el pre- tratamiento se debe retirar las partículas más pesadas que el agua, que no hayan sido retenidas en el desbaste, y que poseen un tamaño mayor a 200 micras, principalmente arenas, aunque también otras sustancias como semillas, cáscaras, etc.

Este proceso se realiza primordialmente para: 1) proteger las bombas y el resto de los equipos mecánicos de la abrasión<sup>6</sup> y del desgaste, 2) disminuir la formación de depósitos de sólidos pesados en unidades y conductos aguas abajo, y 3) reducir la frecuencia de limpieza de los digestores por la acumulación en exceso de las arenas. Los canales desarenadores pueden ser de flujo variable o de flujo constante.

Por lo general, los desarenadores tienen su lugar en las PTAR, después del proceso de desbaste (donde ya se ha removido sólidos gruesos) y antes de los tanques de sedimentación primaria. Se los puede encontrar en tres clases, siendo los más usados: 1) de flujo horizontal para canales de sección cuadrada o rectangular, 2) aireados y 3) de vórtice.

Mediante la norma de saneamiento S090 - Reglamento Nacional de Construcciones, se hace obligatorio la inclusión de desarenadores en las plantas de tratamiento que cuentan con sedimentadores y digestores, en el caso de las lagunas de estabilización es opcional.

### **2.2.1.3. Desaceitado y desengrasado**

El objetivo principal de esta etapa es retirar grasas, aceites, espumas y otros materiales que posean una densidad menor que la del agua, que pueden dañar los procesos de tratamiento posteriores (Fondo Nacional del Ambiente (FONAM), 2008).

En el desaceitado ocurre una separación líquido-líquido, a diferencia del desengrasado donde se da una separación sólido-líquido. Si se quisiera hacer desengrasado y desarenado en un mismo depósito, se debe crear una zona de tranquilización donde las

---

<sup>6</sup> Abrasión: Proceso de desgaste o pulido producido por el impacto de los granos de arena sobre la superficie de los equipos expuestos a la acción del viento.

grasas flotan y se acumulan en la superficie, evacuándose a través de vertedero o por barrido superficial, y las arenas sedimentan en el fondo y son eliminadas ya sea por el sistema de cribas o por el desarenador.

## **2.2.2. Tratamiento primario**

La finalidad del tratamiento primario es la remoción de materia sedimentable y flotante, lográndose una reducción de contaminación biodegradable, ya que una parte de los sólidos que se eliminan está formada por materia orgánica, esta remoción se puede dar mediante sedimentación o floculación, en la neutralización de la acidez o alcalinidad en exceso y retirando compuestos inorgánicos a través de precipitación química.

### **2.2.2.1. Sedimentación primaria**

Es uno de los procesos más empleados en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, ya sea como tratamiento único o como etapa previa al tratamiento biológico.

El objetivo de la sedimentación primaria es concentrar y remover sólidos suspendidos orgánicos del agua residual y la carga orgánica que traigan consigo dichos sólidos.

El proceso se da reduciendo la velocidad de circulación de las aguas residuales, entonces el régimen de circulación se torna menos turbulento y las partículas que se encuentran en suspensión se van depositando en el fondo del sedimentador. Se usan tanques de sedimentación ya sean rectangulares o cilíndricos cuya eficiencia es de aproximadamente 60 % - 65 % de sólidos suspendidos y 35% de DBO existente en el agua residual (Silva J., 2004).

Para diseñar estos tanques de sedimentación, se debe tomar en cuenta las zonas de entrada y de salida del tanque, la profundidad mínima que vaya a tener y sobre la forma y tamaño que vaya a tener. Otro factor a tener en cuenta son los cambios bruscos de temperatura, además las características propias de cada agua residual pueden reducir de forma considerable la eficiencia de remoción de sólidos sedimentables (Fondo Nacional del Ambiente (FONAM), 2008).

### **2.2.2.2. Tanque Imhoff**

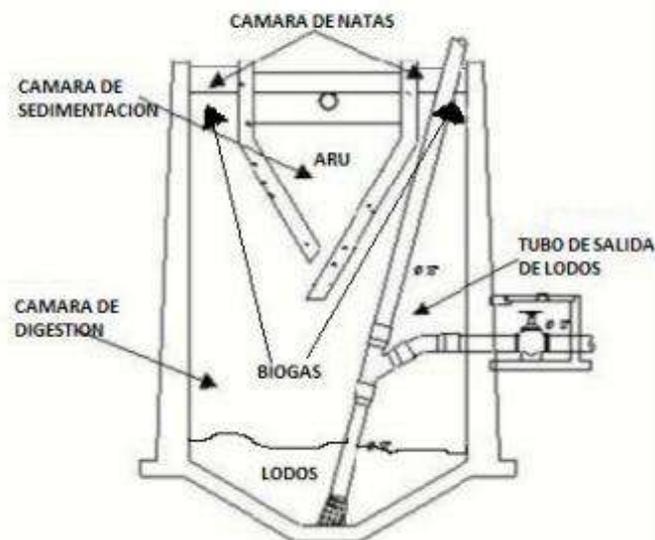
La finalidad del uso de tanques Imhoff es la remoción de sólidos suspendidos. Por lo general son muy eficaces para hacer uso de ellos en pequeñas comunidades (5000 habitantes o menos), ya que unen la sedimentación primaria y la digestión de lodos sedimentados en una sola unidad, es por esto por lo que se les suele denominar tanques de doble cámara (Organización Panamericana de la Salud, “Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización”. , 2005).

Son operativamente muy simples y no demandan el uso de componentes mecánicos, pero para su uso, es obligatorio que las aguas residuales municipales hayan pasado previamente por las cribas y el desarenador. Por lo general el tanque Imhoff tiene forma rectangular y está dividido en tres compartimientos, los cuales son:

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

En la **Figura 15** se muestran las partes de un tanque Imhoff.

El compartimiento de sedimentación tiene una forma circular o rectangular cuyas paredes tienen forma de V y una ranura en la parte inferior, dejando que los sólidos se depositen en el compartimiento de digestión. El gas que se produce en la cámara de digestión sube por las rejillas de ventilación de gas en el borde del reactor. Se mueven partículas de lodo a la superficie del agua, creando una capa de escoria. El lodo se acumula en la cámara de digestión de lodos, donde se compacta y parcialmente es estabilizado por medio de la digestión anaerobia. La fracción líquida se queda sólo por algunas horas en el tanque, a la vez que se mantienen los sólidos durante varios días, incluso meses en la cámara de digestión de lodos.



**Figura 15.** Tanque Imhoff y sus compartimientos.

**Fuente:** (Organización Panamericana de la Salud, "Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización". , 2005)

### 2.2.3. Tratamiento secundario

El tratamiento secundario o biológico es el encargado de la disminución de materia orgánica en agua residual, una vez terminados los procesos de pre - tratamiento y de tratamiento primario. Esta etapa de tratamiento ha sido diseñada imitando el proceso biológico de autodepuración natural. Este proceso se hace con la ayuda de microorganismos (principalmente bacterias) que, habiendo las condiciones aerobias y otras condiciones controladas, el agua residual doméstica se comporta como alimento para la población bacteriana.

La biomasa bacteriana puede estar sostenida en un lecho fijo, como superficies inertes (rocas, escoria, plástico o cerámicos) o también puede encontrarse suspendida en el agua a tratar.

Usando el tratamiento secundario se espera la reducción de aproximadamente el 85 % de DBO y sólidos suspendidos, pero no la remoción de cantidades significativas de nitrógeno y fósforo, metales pesados y bacterias patógenas.

### 2.2.3.1. Lagunas de estabilización

Las lagunas de estabilización son cuerpos de agua contruidos artificialmente, con grandes períodos de retención hidráulica con el objetivo de mejorar las condiciones sanitarias del agua residual embalsada, donde el proceso de depuración se da sin el uso artificial de oxígeno a través de energía electromecánica.

Esta alternativa de tratamiento viene a ser una combinación de sedimentación, digestión y conversión de desechos orgánicos por bacterias y algas. Son usadas para tratar aguas residuales municipales, aunque también se usan para tratar el agua residual de industrias como la azucarera, la producción de papel o incluso de otras áreas como la petroquímica y la porcelana, por mencionar algunas (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), “Manual de agua potable, alcantarillado y Operación y mantenimiento de PTARM: Lagunas de estabilización”., 2015).

Resultan ventajosas debido a los bajos costos de implantación, su operación es simple, llegan a ser proyectos simples y el terreno es re aprovechable. Aunque las dificultades que se tienen son las grandes áreas de terreno para su construcción, el exceso de algas en el efluente final y los malos olores que se generan en las lagunas anaeróbicas (Arteaga Nuñez, 2016).

Aquellas lagunas que reciben el agua residual cruda son lagunas primarias. Las secundarias son aquellas que reciben el efluente de la laguna primaria; y así se va dando sucesivamente, pudiéndose llamar terciarias, cuaternarias, etc. Aquellas lagunas después de las secundarias reciben el nombre de lagunas de acabado, maduración o pulimiento.

Según el fin del tratamiento de las aguas residuales, podemos clasificar a las lagunas de estabilización en: lagunas anaerobias (remoción de sólidos y materia orgánica), lagunas facultativas (remoción de materia orgánica y microorganismos patógenos) y lagunas de maduración (remoción de patógenos). En la **Figura 16** se muestra el sistema de lagunas de estabilización de la Universidad de Piura y en la **Figura 17** las lagunas de estabilización de Catacaos.



**Figura 16.** Sistema de lagunas de estabilización UDEP  
**Fuente:** Google Imágenes



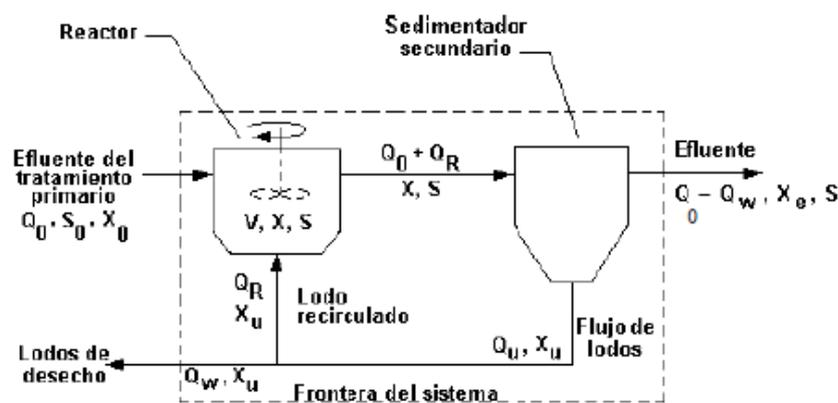
**Figura 17.** Lagunas de estabilización Catacaos

Fuente: Google Imágenes

### 2.2.3.2. Proceso de lodos activados

Es la forma de tratamiento biológico más usada al momento de tratar aguas residuales, se empezó a desarrollar en el año 1914 en Inglaterra por Fowler, Arden, Munford y Lockett, ellos trabajaban en unos experimentos con cultivos biológicos en suspensión dentro de un tanque aireado, donde por primera vez se recirculaba la biomasa suspendida que se había formado por medio de la aireación. Aquella masa en suspensión fue denominada “lodos activados” y era la encargada del proceso de depuración.

El proceso en general está formado por microorganismos o por aglomerados bacterianos, que luego formarán lo conocido como “flóculo”, es por esto que reciben el nombre de activados y lodos por el aspecto de color café que presentan. En la **Figura 18** se muestra un sistema típico del proceso de lodos activados.



**Figura 18.** Sistema típico del proceso de lodos activados.

Fuente: (Valdez Chávez, C. and Vázquez González, A., 2003)

El efluente del tratamiento primario que tiene una concentración de materia orgánica es vertido a un tanque de aireación, aquí las bacterias se encargan de la metabolización de esa materia orgánica a través de la utilización de oxígeno, dando lugar a

nuevas bacterias y produciendo dióxido de carbono y agua. Aunque una parte de las bacterias mueran y una vez sucedido esto, liberan su contenido celular, el cual es usado como alimento para el resto de las bacterias. Esa mezcla es separada en el sedimentador secundario, aquí el agua tratada es clarificada y a los lodos se los recircula al tanque de aireación.

### 2.2.3.3. Filtros biológicos

Los filtros biológicos o percoladores son unidades de tratamiento secundario del tipo biológico con medio adherido o asistido. Es decir, el agua residual pasa a través de un medio filtrante donde un grupo de bacterias y otros microorganismos, se desarrollan progresivamente adhiriéndose al empaque o medio filtrante formando una película biológica que precisamente permite la degradación biológica de la materia orgánica.

El empaque filtrante puede consistir en un lecho de roca volcánica, piedra chancada o material plástico con configuraciones especiales. Todos los empaques usados como medio filtrante buscan maximizar la superficie de contacto sobre la cual se forma la masa biológica útil para el tratamiento.

Mientras que los filtros biológicos con frecuencia se han considerado apropiados para las aplicaciones de efluente de baja calidad, el diseño y las técnicas de operación corrientes pueden dar como resultado un rendimiento que se aproxime al de las plantas con lodos activados. Las nuevas técnicas incluyen el uso de distribuidores accionados por electricidad, disposición en serie, y ventilación forzada. En la **Figura 19** se muestra los distintos medios filtrantes de los filtros biológicos.



**Figura 19.** Diferentes medios filtrantes.

**Fuente:** (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), “Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales: Procesos de oxidación bioquímica con biomasa fija”, 2015)



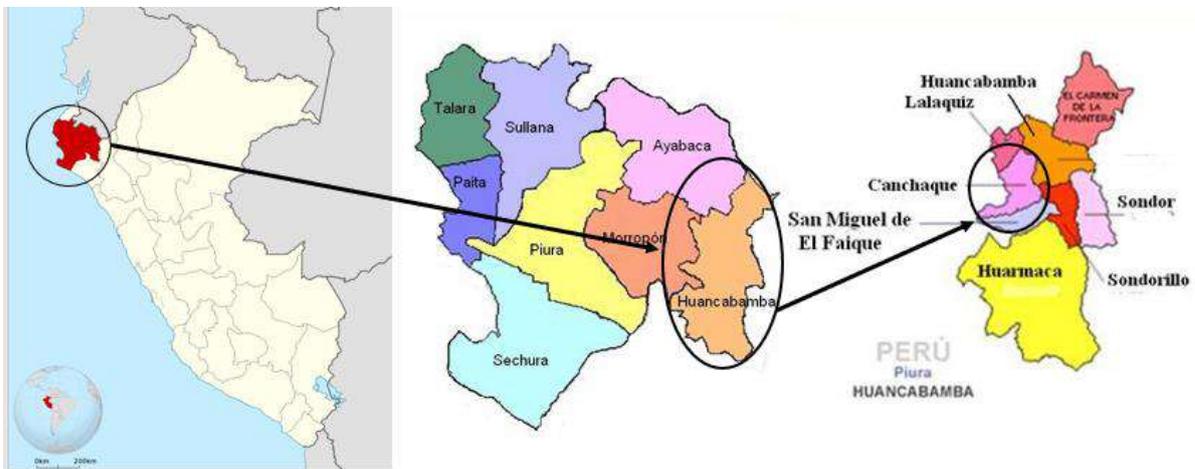
## Capítulo 3

### Descripción general del área de estudio

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales se escogen de acuerdo con el contexto de la sociedad que los requiera, por lo que en este capítulo se describirá a la población para la cual va destinada el tratamiento, es importante hacer notar que la mayoría de los datos presentados son del distrito de Canchaque, pero se consideran válidos para el caserío Villa Palambra ya que este caserío se encuentra a unos pocos kilómetros del centro del distrito de Canchaque.

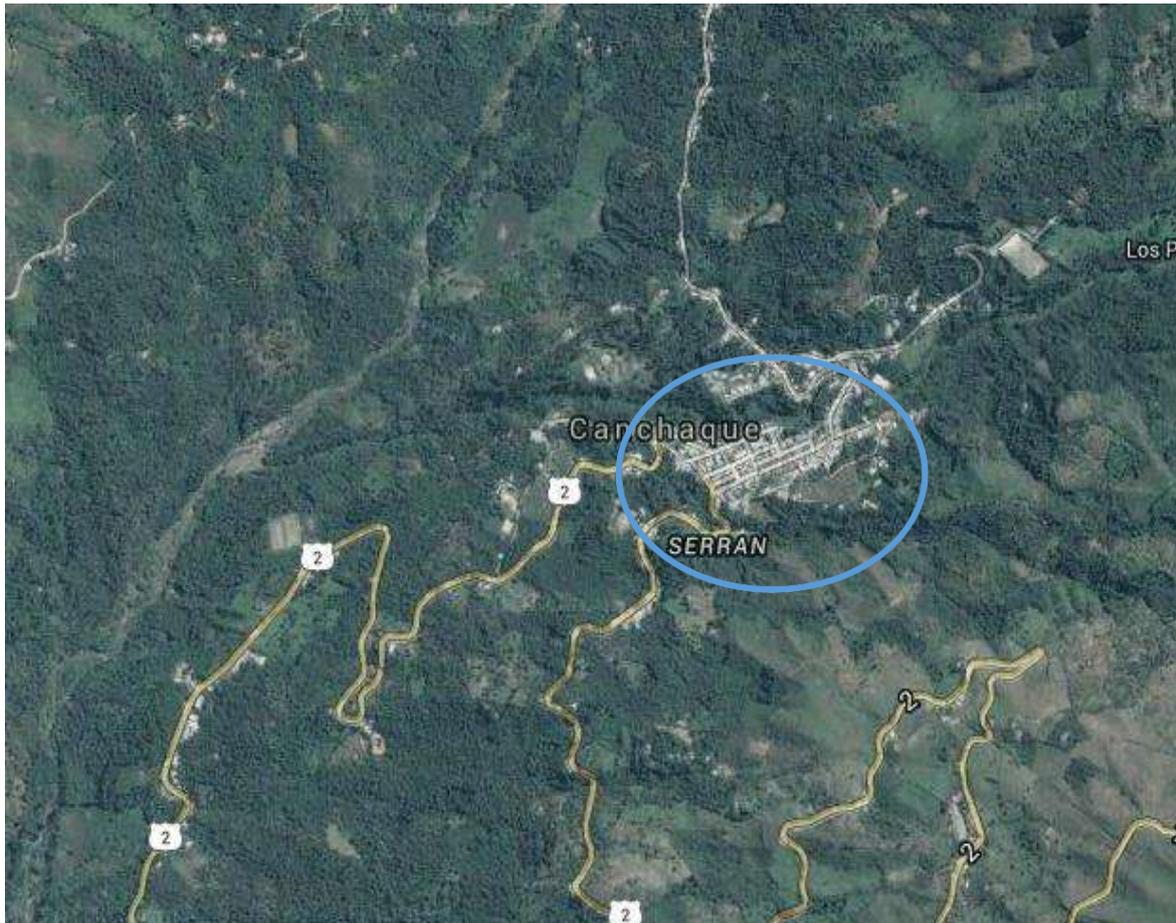
#### 3.1. Ubicación

Palambra pertenece al distrito de Canchaque, a 147 km de la ciudad de Piura. Geográficamente se ubica entre los  $5^{\circ} 22' 24''$  latitud sur y  $79^{\circ} 36' 15''$  longitud oeste y a una altitud de 1250 m.s.n.m. En la **Figura 20** se muestra la ubicación del distrito de Canchaque y en la **Figura 21** una foto satelital de Canchaque.



**Figura 20.** Ubicación del distrito de Canchaque.

**Fuente:** Google Imágenes



**Figura 21.** Foto Satelital – Distrito de Canchaque  
Fuente: Google Earth

### 3.2. Clima e hidrología

El clima de Canchaque es caluroso y seco en zonas bajas, templado en las zonas intermedias y frío en las zonas altas la mayor parte del año. En los meses de diciembre a abril, se presentan regímenes de lluvia de regular intensidad, en estos meses las quebradas canchaqueñas tienen su máximo caudal. El clima del distrito de Canchaque se diferencia en cada Eco región, así tenemos: En la **Figura 22** se muestra las temperaturas máximas y mínimas de Canchaque.

#### **Eco región del bosque seco ecuatorial**

Es la zona más baja de Canchaque, tiene un clima cálido y seco, cuyas temperaturas medias a lo largo del año son de 26 °C.

#### **Eco región de la selva alta o de los Yungas.**

Pertenece a las zonas medias de Canchaque, presentan clima variado, con temperaturas de 15 °C en promedio a lo largo del año, las precipitaciones ocurren, con mayor intensidad en los meses de diciembre a abril.

#### **Eco región del páramo**

Es la región más alta de Canchaque, donde no existen asentamientos poblacionales, tiene escasa vegetación y un clima frío con escasa precipitación.



**Figura 22.** Variación anual de temperatura de Canchaque.

Fuente: Weather Spark.

### VIENTOS:

El distrito presenta vientos de noreste a este suaves y moderados con periodos de variables, presentándose vientos huracanados en los meses de junio, julio y agosto.

### HUMEDAD

La humedad máxima media es de 85 % y la mínima media es de 55 %.

## 3.3. Población

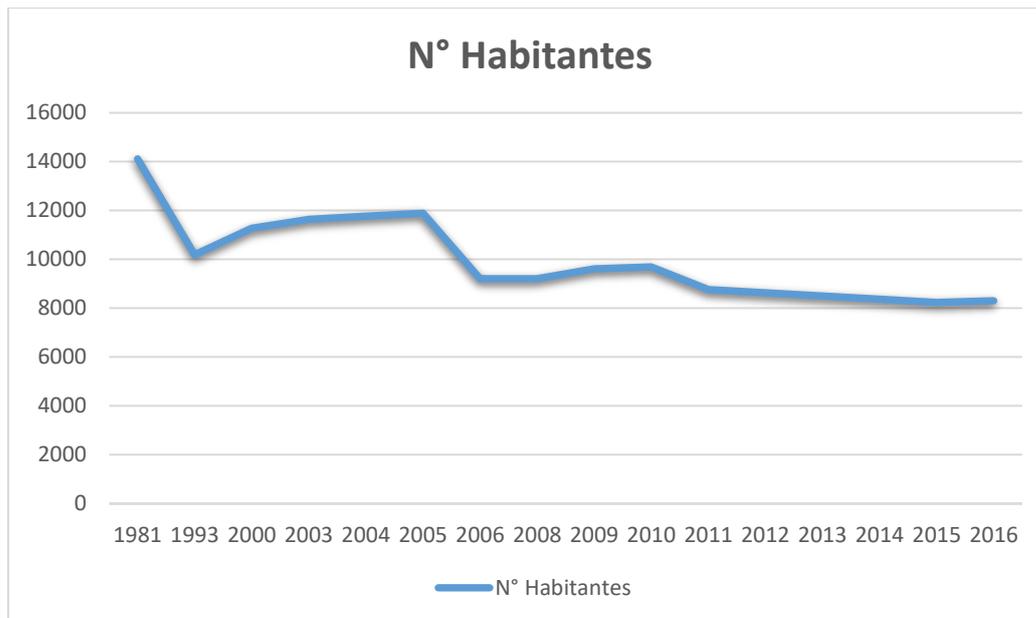
Según las estadísticas del Ministerio de Salud<sup>7</sup> (MINSA), Canchaque tiene una población estimada al año 2016 de 8300 habitantes, en comparación con el año 2015 presenta un leve crecimiento poblacional. En la **figura 23** se puede apreciar como varía demográficamente a través de los años.

### 3.3.1. Enfermedades más frecuentes en el distrito de Canchaque

En las **figuras 24 y 25** se muestran las enfermedades transmisibles más comunes en el ámbito de la red de salud Morropón- Chulucanas.

<sup>7</sup> Estadísticas del MINSA:

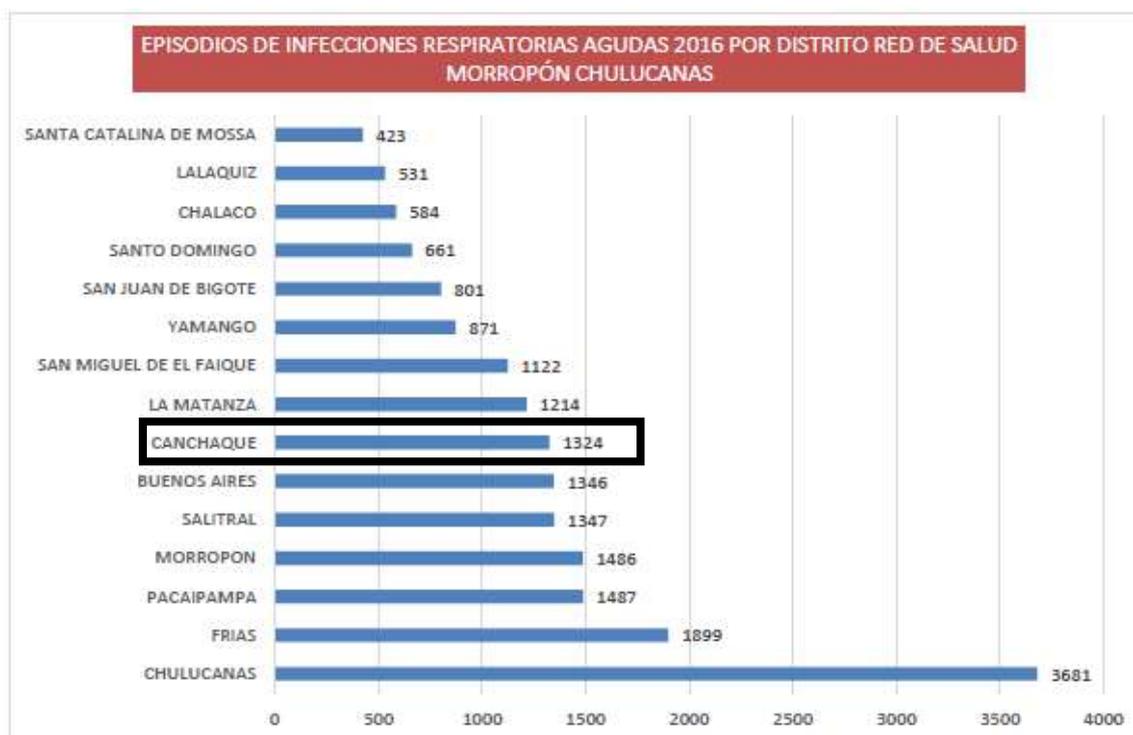
<http://www.minsa.gob.pe/estadisticas/estadisticas/Poblacion/PoblacionMarcos.asp?20>



**Figura 23.** Variación demográfica de Canchaque  
**Fuente:** Ministerio de Salud (MINSA)



**Figura 24.** Enfermedades diarreicas agudas en menores de 5 años.  
**Fuente:** (Comité provincial de seguridad ciudadana (COPROSEC) Morropón, 2017)



**Figura 25.** Infecciones respiratorias agudas en menores de 5 años.

**Fuente:** (Comité provincial de seguridad ciudadana (COPROSEC) Morropón, 2017)

Así mismo en la **Tabla 13.** se muestran las diez primeras causas de morbilidad.

**Tabla 13.** Diez primeras causas de morbilidad año 2016 - Canchaque

Enfermedad	Total	%
Infecciones agudas de las vías respiratorias	1394	17,6
Enfermedades de la cavidad bucal de las glándulas salivales y de los maxilares	811	10,2
Dorsopatias	401	5,1
Desnutrición	386	4,9
Enfermedades del esófago, del estómago y del duodeno	353	4,5
Otras enfermedades del sistema urinario	320	4,0
Artropatias	310	3,9
Enfermedades hipertensivas	283	3,6
Otras deficiencias nutricionales	283	3,6
Obesidad y otros tipos de hiperalimentación	264	3,3
Otras causas	3114	39,3
<b>Total General</b>	<b>7919</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Dirección de Red de Salud Morropón Chulucanas.

10,2 % sufre de enfermedades de la cavidad bucal, siendo este el porcentaje de afecciones reportadas en segundo lugar; las demás afecciones como artropatias, enfermedades hipertensivas, enfermedades del sistema urinario, entre otras muestran porcentajes bajos de incidencia.

### 3.4. Vivienda y servicios básicos

#### 3.4.1. Vivienda

Gran parte de las casas del distrito de Canchaque son de material rústico, aproximadamente el 80% están hechas de adobe, con piso de tierra y sólo el 15 % están construidas con ladrillo, sólo el 20 % de la población cuenta con servicios básicos, afectando su calidad de vida.

Las viviendas sobre todo de la zona rural se caracterizan por ser poco espaciaosas, oscuras, húmedas y de mala ventilación con un aproximado de 2 a 3 habitaciones produciéndose hacinamiento en algunas familias numerosas.

#### 3.4.2. Agua y alcantarillado

##### Agua

Por medio de los proyectos ejecutados por FONCODES<sup>8</sup>, la capital del distrito de Canchaque y el 87 % de los caseríos del distrito poseen servicio de agua entubada para consumo humano proveniente de quebradas o manantiales. En casi la mayoría de los caseríos, el agua es captada por medio de tuberías y llevada a las casas, sin recibir algún tipo de tratamiento. Debido al paso del tiempo y a los periodos lluviosos, el sistema de red se encuentra en mal estado, existen caseríos donde su red de agua potable ha colapsado y no se ha realizado mantenimiento. La administración del servicio de agua lo realizan las Juntas Administradora de agua potable (JAAPs) o comité comunal, sin embargo, la ineficacia de las juntas y oposición de la población para pagar el servicio no ayuda a realizar el mantenimiento adecuado del sistema de red de agua potable.

De acuerdo al estudio de pre inversión del proyecto “Mejoramiento de la trocha carrozable Canchaque- Cruce Maraypampa – La Vaquería – Coyona del Distrito de Canchaque- Provincia de Huancabamba- Piura” elaborado por San Carlos Ingenieros EIRL, la zona urbana de Canchaque dispone de una nueva red de captación de agua potable de casi 8 km. desde la quebrada “Rollo de Oro”, aunque el estado de conservación del sistema de red es moderado, en algunos sectores está a punto de colapsar, incluso en las paredes de las tuberías se ha encontrado material sedimentado, lo que se supone es debido a los relaves de la mina turmalina.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) realizó análisis para determinar la calidad de las aguas de la cuenca de Piura, como parte del “Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca Chira-Piura”, en el distrito de Canchaque se hizo un monitoreo en 4 puntos, los cuales se detallan en la **Tabla 14** y los resultados de dichos análisis para Canchaque se encuentran en la **Tabla 15**

---

<sup>8</sup> FONCODES: Programa que trabaja con los gobiernos locales (para las personas en situación de pobreza) contribuyendo al desarrollo inclusivo del país. Se apoya en el liderazgo de sus gobiernos locales, preferentemente rurales, y en la participación ciudadana.

**Tabla 14.** Puntos de monitoreo en el distrito de Canchaque

<b>Punto de monitoreo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Altura (msnm)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>
1378QMina1	Quebrada Puente Fierro o mina, captación agua potable Palambla	1897	0,430
1378RCanc1	Rio Canchaque, 100 m aguas arriba del puente Canchaque	1253	0,150
1378RCanc2	Rio Canchaque, 300 m aguas arriba del puente La Afiladera	834	6,5
1378RPusm1	Río Pusmalca, 100 m aguas arriba del puente Pusmalca.	1310	4,2

**Fuente:** (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2013)

Los valores resaltados en amarillo de la **tabla 15** superan los establecidos de acuerdo con los estándares de calidad ambiental (ECAS) para aguas categoría 1-A2 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional), en la última columna de dicha tabla. La lista completa de los ECAS se encuentra en el **anexo D.1**.

**Tabla 15.** Resultados analíticos de los puntos de muestreo en el distrito de Canchaque 2011 y 2012

PARÁMETRO	Unidad	Oct.	Dic.	Mar.	Oct.	Dic.	Mar.	Oct.	Dic.	Mar.	Oct.	Dic.	Mar.	ECA cat. 1 - A2
		QMina1			RCanc1			RPusm1			RCanc2			
pH	-	7,48	8,54	11,8	7,5	7,99	6,38	7,2	8,15	6,2	7,58		5,11	5,5-9,0
Temperatura	°C	15,4	15,7	16	17,5	19,5	21,2	15,8	18,9	19	15,3		18,5	-
Oxígeno disuelto	mg/L	-	-	5,83	-	-	5,07	-	-	5,36	-		6,82	>=5
Conductividad	uS/cm	36,3	-	772	6,38	-	69,1	-	-	59,1	-		72,8	1600
Coliformes termo tolerantes	NMP/100mL	<1,8	<1,8	79	330	270	230	<1,8	<1,8	490	4,5		13 000	2000
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,8	<1,8	-	1700	1300	-	<1,8	<1,8	-	4,5		-	3000
DBO	mg/L O <sub>2</sub>	<2,0	<2,0	3,7	<2,0	<2,0	4,2	<2,0	<2,0	3,8	<2,0		6,4	5
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	3,3	<2,0	4,9	4,5	2,7	5,7	<2,0	<2,0	7,3	2,6		6,4	20
Aceites y grasas	mg/L	0,37	<0,2	0,47	0,63	<0,2	0,25	<0,2	<0,2	<0,20	<0,20		0,2	1
HTP	mg/L			<0,2		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,20	<0,20		<0,20	0,2
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01		0,02	2
Nitratos, N-NO <sub>3</sub>	mg/L	0,07	0,06	0,24	0,13	<0,06	0,13	<0,06	<0,05	0,13	0,13		0,20	10
Nitrógeno total	mg/L	-	-	0,39	-	-	0,13	-	-	0,58	-		0,26	-
Fosfatos	mg/L	0,107	0,085	0,134	0,074	<0,008	0,116	0,017	0,017	0,088	0,120		0,125	-
Fósforo total	mg/L	0,01	0,01	0,06	0,05	0,02	0,04	0,01	0,01	0,02	0,05		0,04	0,15
Cianuro WAD	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002		<0,002	0,08
Cianuro libre	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002		<0,002	0,022
Sulfuros	mg/L	<0,002	<0,002	-	<0,002	<0,002	-	<0,002	<0,002	-	<0,002		-	**
Calcio total	mg/L	5,9126	6,2661	11,5337	11,0663	10,258	7,9352	9,1885	9,1885	6,6332	12,817		7,8078	-
Sodio total	mg/L	1,9094	2,8638	2,7106	4,4482	5,348	3,1735	4,9485	4,9485	3,0252	6,9788		3,4992	-
Aluminio total	mg/L	0,028	0,0808	3,8844	0,4288	0,0745	1,1563	0,0364	0,0364	0,6603	0,0391		1,7638	0,2
Antimonio total	mg/L	0,0003	0,0007	0,0008	<0,0002	0,0005	0,0008	0,0003	0,0003	0,0008	0,0003		0,0016	0,006
Arsénico total	mg/L	0,0174	0,0234	0,042	0,0283	0,0235	0,0133	0,0183	0,0183	0,0107	0,0156		0,0102	0,01

**Fuente:** (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2013)

**Tabla 15.** Resultados analíticos de los puntos de muestreo en el distrito de Canchaque 2011 y 2012 (continuación)

PARÁMETRO	Unidad	Oct.	Dic.	Mar.	Oct.	Dic.	Mar.	Oct.	Dic.	Mar.	Oct.	Dic.	Mar.	ECA cat. 1 - A2
		QMina1			RCanc1			RPusm1			RCanc2			
Bario total	mg/L	0,0038	0,0045	0,026	0,0099	0,0052	0,011	0,0057	0,0057	0,0073	0,0075		0,0202	0,7
Magnesio total	mg/L	1,0125	0,9919	2,8658	3,2425	3,6521	2,5192	2,1135	2,1135	1,6279	4,806		2,7645	-
Potasio total	mg/L	0,6373	1,2605	1,5739	1,0286	1,5234	1,0499	1,204	1,204	0,7286	1,5102		1,2019	-
Berilio total	mg/L	<0,0006	<0,0006	0,0012	<0,0006	<0,006	<0,006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006		<0,0006	0,04
Boro total	mg/L	0,0226	0,0012	0,0067	0,0429	0,0029	<0,0012	0,006	0,006	<0,0012	0,0087		<0,0012	0,5
Cadmio total	mg/L	<0,0002	<0,0002	0,0003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0005	<0,0002		0,0003	0,003
Cobalto total	mg/L	<0,0002	0,0003	0,0036	0,0005	<0,0002	0,0007	0,0003	0,0003	0,0078	0,0002		0,0052	-
Cobre total	mg/L	0,0019	0,0053	0,0144	0,0115	0,002	0,0074	0,0137	0,0137	0,1627	0,0062		0,0956	2
Cromo hexavalente	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	0,05
Cromo total	mg/L	<0,0005	<0,0005	0,0083	0,0019	<0,0005	0,0026	<0,0005	0,0007	0,0007	<0,0005		0,0036	0,05
Hierro total	mg/L	<0,0031	0,0098	3,2423	0,3935	0,0636	1,0132	0,0369	0,0369	0,5747	0,0039		2,5409	1
Litio total	mg/L	<0,0012	<0,0012	0,0016	<0,0012	<0,0012	<0,0012	<0,0012	<0,0012	0,0017	<0,0012		0,0020	-
Manganeso total	mg/L	0,0037	0,0078	0,0828	0,0149	0,0157	0,0209	0,0098	0,0098	0,0681	0,0106		0,0900	0,4
Mercurio total	mg/L	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	0,002
Níquel total	mg/L	<0,0004	<0,0004	0,0026	0,0008	<0,0004	0,001	<0,0004	<0,0004	0,0010	<0,0004		0,0025	0,025
Plata total	mg/L	<0,0002	<0,0002	0,0026	0,0008	<0,0004	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002		0,0004	0,05
Plomo total	mg/L	0,0004	0,0003	0,0034	0,0052	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0008	<0,0002		0,0047	0,05
Selenio total	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002		0,0003	0,05
Uranio total	mg/L	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003		<0,0003	0,02
Vanadio total	mg/L	0,0007	-	0,0058	0,0009	-	0,0016	0,0008	-	0,0004	0,0017		0,0042	0,1
Zinc total	mg/L	0,0024	0,003	0,0308	0,0075	0,0013	0,0201	0,0095	0,0095	0,052	0,0055		0,0380	5

Fuente: (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2013)

Se realizó una visita de campo para conocer el estado actual de la infraestructura usada para abastecer de agua potable a Palambla, se puede ver en la **Figura 26** la captación de agua en Puesto Fierro, además de algunos elementos usados en el sistema de abastecimiento como cajas de agua, pozos como se muestra en la **Figura 27**, además de algunas tuberías que producto de la erosión logran ser visibles a lo largo de la carretera Puesto Fierro- Palambla, tal y como se aprecia en la **Figura 28**, así también se puede apreciar los filtros lentos y el tanque de cloración usado para mejorar la calidad del agua potable como se ve en la **Figura 29**.



**Figura 26.** Captación de agua Puesto Fierro.

**Fuente:** Elaboración propia - Visita de campo (2017)



**Figura 27.** Algunos elementos usados en el abastecimiento de agua potable de Palambla.

**Fuente:** Elaboración propia - Visita de campo (2017)



**Figura 28.** Tuberías visibles a lo largo de la carretera Puente Fierro-Palambra.

**Fuente:** Elaboración propia - Visita de campo (2017)



**Figura 29.** Filtros lentos a la izquierda y tanque de cloración a la derecha

**Fuente:** Elaboración propia - Visita de campo (2017)

### Alcantarillado

Solo el 20 % de las localidades de Canchaque tienen acceso a sistemas de alcantarillado (Canchaque, Los Ranchos y Palambra), y no todas las viviendas cuentan con el servicio.

El 80% de los pueblos dispone de letrinas sanitarias, las mismas que se encuentran en un estado de conservación regular. Canchaque no cuenta con lagunas de oxidación, todas las aguas servidas, sin ningún tratamiento caen directamente a la cuenca de la “Quebrada Limón” que aguas abajo se unen con la “Quebrada Pusalca”, contaminándose el agua de estas dos cuencas hidrográficas, que son utilizadas por la población de la zona baja tanto para el consumo humano como para la agricultura y ganadería. (Municipalidad Provincial de Canchaque, 2012). En la **Tabla 16** se muestra el estado de la infraestructura de agua y saneamiento de las distintas localidades de Canchaque.

En las localidades que no cuentan con sistema de alcantarillado, es común la micción y disposición de excretas al aire libre (en espacios muy cercanos a las viviendas), esto sumado a los establos de animales dentro de las casas, producen grandes niveles de

contaminación, además de las enfermedades gastrointestinales y endémicas. Las aguas servidas son eliminadas tirándolas a las vías públicas o afuera de sus casas, debido a la naturaleza de estas aguas (contienen restos biológicos putrescibles), se genera presencia de moscas y organismos vivos contaminantes.

**Tabla 16.** Estado de la infraestructura de agua y saneamiento.

Localidad	Agua		Saneamiento	
	Tipo de sistema	Estado de servicio	Tipo de sistema	Estado de servicio
Canchaque	GCT <sup>9</sup>	Regular	Alcantarillado	Regular
Los Ranchos	GST	Regular	Alcantarillado	Regular
Pajonal	GCT	Regular	Letrina seca	Regular
Sapse	GST	Regular	Letrina seca	Regular
Maraypampa	GCT	Regular		
Coyona	GCT	Regular	Letrina seca	Regular
San Francisco	GCT	Regular	Letrina seca	Regular
Cilia	GCT	Regular	Letrina seca	Regular
Palambla	GCT	Regular	Alcantarillado	Regular
Pampa Minas	GCT	Regular		
Santa Rosa	GCT	Regular		
Huajambe Alto	GCT	Regular	Letrina seca	Regular
Huajambe Bajo	GCT	Regular	Letrina seca	Regular
Soccha Baja	GCT	Regular	Letrina seca	Regular
Los Potreros	GCT	Regular		

**Fuente:** (Municipalidad Provincial de Canchaque, 2012)

En vista de esta situación el Ministerio de Salud ha realizado campañas acerca del agua, eliminación de residuos sólidos y excretas, explicando las ventajas del uso de tecnología adecuada para cada caso, en especial ha promocionado la construcción y mantenimiento de letrinas sanitarias y pozos sépticos, según estadísticas se ha llegado a que el 40 % de la población de los centros poblados afectados tengan letrinas. En la **Figura 30** se muestra el estado de las letrinas.

### 3.4.3. Electricidad

El distrito de Canchaque y los caseríos de Santa Rosa y Palambla, además de la capital del Distrito de San Miguel del Faique, tienen electricidad gracias a las siguientes fuentes generadoras presentadas en la **Tabla 17**.

<sup>9</sup> GCT: Gravedad con tratamiento, GST: Gravedad sin tratamiento.



**Figura 30.** Letrinas en mal estado.

**Fuente:** (Municipalidad Provincial de Canchaque, 2012)

**Tabla 17.** Fuentes generadoras de energía eléctrica

<b>Generador de Energía</b>	<b>Potencia instalada (kW)</b>	<b>Potencia efectiva (kW)</b>
Turbina Hidráulica	93	60
Generador Volvo Penta TDG-100	150	130
Generador Volvo Penta TDG-120	200	180
<b>TOTAL</b>	<b>443</b>	<b>370</b>

**Fuente:** (Municipalidad Provincial de Canchaque, 2012)

### 3.5. Aspectos socio económicos

#### 3.5.1. PEA según actividad económica

El último censo de población y vivienda realizado el año 2007, nos muestra que Canchaque tiene una Población Económicamente Activa (PEA) de 2653 personas que representa una tasa de actividad del 43 %, de este total el 63,5 % son varones y el 21 % son mujeres. En la **Tabla 18** se muestra la participación de la población en la actividad económica.

En cuanto a la PEA ocupada según actividad económica, el 62,8 % de trabajadores en el distrito se ocupan en empleos relacionados con agricultura, el 9,6 % están empleados como docentes que desarrollan enseñanza en las instituciones educativas y de educación superior, 3,9% son administradores públicos. Otras ocupaciones desarrolladas en el distrito están relacionadas con los transportes, hoteles y restaurantes, servicios sociales y de salud, entre otros. En la **Tabla 19** se muestra la PEA distrital ocupada por actividad principal.

**Tabla 18.** Población económicamente activa en el distrito año 2007

VARIABLE / INDICADOR	Provincia HUANCABAMBA		Distrito CANCHAQUE	
	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%
<b>PARTICIPACIÓN EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA (14 y más años)</b>				
<b>Población Económicamente Activa(PEA)</b>	<b>33 235</b>		<b>2653</b>	
<b>Tasa de actividad de la PEA</b>		<b>42,3</b>		<b>43</b>
Hombres		66,4		63,5
Mujeres		18,5		21
<b>PEA ocupada</b>	<b>30 841</b>	<b>92,8</b>	<b>2562</b>	<b>96,6</b>
Hombres	23 988	92,5	1952	96,4
Mujeres	6853	94	610	97,1

Fuente: INEI Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

### 3.5.2. Actividades económicas

La población del distrito de Canchaque, se dedican principalmente a la agricultura y ganadería, destinando la producción para el autoconsumo y consumo local y en menor medida para abastecer el mercado de la región Piura, en el caso de la producción de café, su destino es el mercado regional, nacional e internacional y frutas (naranja y granadilla) al mercado de Piura.

#### 3.5.2.1. Agricultura

Canchaque usa el 13,5 % de la superficie total de la provincia de Huancabamba para agricultura, de acuerdo con el Plan de Infraestructura Económica Provincial (PIEP) de Huancabamba, el distrito de Canchaque tiene una superficie total (agrícola y no agrícola) de 29 419 ha, de las que sólo el 20,6 % (6065 ha) son superficie agrícola.

El área agrícola esta fragmentada en unidades pequeñas agrícolas familiares con extensiones promedio de 1.5 a 5 ha y **la superficie no agrícola de 23 353 ha** que corresponde a 13 800 ha de pastos naturales, 7159 ha de montes y bosques y 2395 ha son otra clase de tierras. En la **tabla 20** se muestra la superficie agrícola por distrito de la Provincia de Huancabamba.

La producción agrícola de Canchaque se desarrolla en tres pisos ecológicos:

- 1. Parte baja:** Se cosecha arroz, maíz amarillo duro, soya, frijol caupi y frutales como mango ciruelo, papaya, paca, palto, cocotero, cacao, limón y maracuyá.
- 2. Parte media,** se cultivan café, plátano, granadilla, naranja, chirimoya, lúcuma y caña de azúcar, en temporales se cultiva maíz amiláceo, frijol, zarandaja y camotes.

3. **Parte alta**, se desarrollan cultivos temporales tales como maíz amiláceo, papa, oca, olluco, trigo, cebada, arveja, frijol. En los tres pisos ecológicos se cultivan pasturas de la especie “elefante”, “grama” o paja gateadora y otras especies de pastos naturales.

**Tabla 19.** Población económicamente activa ocupada según ocupación principal

VARIABLE / INDICADOR	Provincia HUANCABAMBA		Distrito CANCHAQUE	
	Cifras Absolutas	%	Cifras Absolutas	%
<b>PEA ocupada según ocupación principal</b>	<b>30 841</b>	<b>100</b>	<b>2562</b>	<b>100</b>
Miembros p.ejec.y leg.direct., adm.púb.y emp	52	0,2	9	0,4
Profes., científicos e intelectuales	1963	6,4	273	10,7
Técnicos de nivel medio y trab. Asimilados	455	1,5	59	2,3
Jefes y empleados de oficina	445	1,4	43	1,7
Trab.de serv.pers.y vend.del comerc.y mcdo	1270	4,1	155	6
Agricult.trabaj.calif.agrop.y pesqueros	15 438	50,1	938	36,6
Obreros y oper.minas,cant.,ind.manuf.y otros	1268	4,1	68	2,7
Obreros construc.,conf.,papel, fab., instr	1008	3,3	92	3,6
Trabaj.no calif.serv.,peón,vend.,amb., y afines	8076	26,2	847	33,1
Otra	66	0,2	10	0,4
Ocupación no especificada	800	2,6	68	2,7
<b>PEA ocupada según actividad económica</b>	<b>30 841</b>	<b>100</b>	<b>2562</b>	<b>100</b>
Agric., ganadería, caza y silvicultura	22 028	71,4	1610	62,8
Pesca	8	0	1	0
Explotación de minas y canteras	15	0		
Industrias manufactureras	1171	3,8	63	2,5
Suministro de electricidad, gas y agua	37	0,1	1	0
Construcción	813	2,6	103	4
Comercio	1302	4,2	152	5,9
Venta, mant.y rep. veh.autom.y motoc	101	0,3	8	0,3
Hoteles y restaurantes	325	1,1	48	1,9
Trans., almac. y comunicaciones	611	2	44	1,7
Intermediación financiera	15	0	1	0
Activid.inmobil., empres. y alquileres	257	0,8	22	0,9
Admin.púb. y defensa; p. segur.soc.afil	504	1,6	101	3,9
Enseñanza	1811	5,9	246	9,6
Servicios sociales y de salud	267	0,9	35	1,4
Otras activ. serv.comun.soc y personales	234	0,8	17	0,7
Hogares privados con servicio doméstico	511	1,7	42	1,6
Organiz. y órganos extraterritoriales	--	--	--	--
Actividad económica no especificada	831	2,7	68	2,7

**Fuente:** INEI Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

Dentro de los principales cultivos del distrito encontramos:

**Café:** Es el cultivo principal y el de mayor importancia económica, generando ingresos para el sustento de la familia. El tipo de café más predominante es el “criollo” pero a partir

de varios años se ha incluido otras variedades como el café “caturra”. El rendimiento promedio es de 230 kg/ha de las que una pequeña parte de la producción se vende en la zona o en la misma chacra a los intermediarios, y la mayor parte es destinada para el mercado internacional, nacional, regional y local.

**Cacao:** A nivel de la subcuenca del río Bigote son alrededor de 460 hectáreas cultivadas por 409 familias productoras. En el distrito de Canchaque, se estima que hay instaladas 165 hectáreas que son conducidas por unas 164 familias, los caseríos donde se concentra la producción de cacao son: La Soccha, Los Ranchos, Las Vegas, Sapse, Papayal Bajo, Pajonal, Cilia, San Francisco, Huabal. La zona de producción de cacao en la subcuenca está localizada entre los 150 – 900 m.s.n.m.

**Maíz:** Se siembra bajo riego en algunos caseríos de la parte baja del distrito y en secano en la parte alta del distrito, se suele sembrar mayormente entre los meses de diciembre a enero, cosechándose entre julio y agosto, teniendo una producción promedio de 1200 kg/ha. El principal problema de cultivar maíz es el manejo tradicional, es decir falta modernización de técnicas de cultivo, otro problema es la falta de liquidez de agricultores para empezar sus campañas agrícolas. Se destina la producción de maíz para el autoconsumo, para alimentar a las aves y cerdos, una pequeña parte es para la venta local y regional.

**Frutales:** En Canchaque además se cosechan frutales como el naranja, granadilla, plátano, chirimoya, guaba, guayaba, palta, lima, entre otros, cuyo destino es en gran parte para el autoconsumo, debido a su poca producción.

**Tabla 20.** Superficie agrícola por distrito.

Distrito	Superficie total para la actividad agrícola		Superficie agrícola			Porcentaje de la superficie agrícola total.
	N° (ha)	%	Total	En secano	Bajo riego	
<b>Superficie total</b>	<b>21 7493</b>		<b>58 446</b>	<b>33 041</b>	<b>25 405</b>	<b>26,9</b>
				<b>56,5 %</b>	<b>43,5 %</b>	
<b>Huancabamba</b>	33 662	15,5	9382	6480	2902	27,9
<b>Canchaque</b>	29 419	13,5	6065	4790	1276	20,6
<b>Carmen de la frontera</b>	10 191	4,7	3450	1039	2412	33,9
<b>Huarmaca</b>	85 454	39,3	20 126	7689	12437	23,6
<b>Lalaquiz</b>	8652	4,0	4082	2536	1545	47,2
<b>San Miguel del Faique</b>	8379	3,9	6326	5237	1089	75,5
<b>Sóndor</b>	29 685	13,6	3633	1480	2153	12,2
<b>Sondorillo</b>	12 050	5,5	5381	3791	1590	44,7

Fuente: (Municipalidad Provincial de Huancabamba, 2007).

### 3.5.2.2. Ganadería

La crianza ganadera de Canchaque es extensiva, es decir el ganado es criado en invernadas. Principalmente las pasturas de la zona son el pasto elefante y la paja gateadora.

La ganadería es complementa con la crianza de otras especies de animales (cuyes, gallinas, etc.) que las familias destinan a la caja de ahorros familiar. En Canchaque predomina la crianza de vacunos y porcinos. En la **Tabla 21** se muestra la población ganadera de Canchaque.

**Tabla 21.** Población de ganado de Canchaque.

Tipo de ganado	Cantidad de cabezas
Vacunos	4476
Porcinos	1456
Ovinos	469
Caprinos	531
Llamas	4
<b>TOTAL</b>	<b>6936</b>

Fuente: (INEI, 2012)

### 3.5.2.3.Comercio

Otra actividad económica importante en Canchaque es el comercio, brindando servicios de hospedajes, alimentación y transportes, en los últimos años, gracias a la cantidad creciente de turistas que llegan a conocer la belleza del distrito, ha aumentado también la demanda de restaurantes. En la **Figura 31** se muestran algunos hoteles de Canchaque.



**Figura 31.** Hotel El Cafetal a la izquierda y a la derecha el Hotel La Villa del AUCA.

Fuente: Google Imágenes

La creciente cantidad de turismo a la zona se debe a las actividades agrícolas por el mayor impulso que viene tomando la producción y comercialización del café y cacao, otra parte de los visitantes son mayormente jóvenes que viajan a la zona en busca del paisaje que caracteriza a Canchaque y un grupo reducido pero importante son los viajeros que están camino a Huancabamba o Piura y que se detienen en Canchaque para hacer uso de los servicios de alimentación generalmente. En la **Figura 32** se muestran algunos destinos turísticos de Canchaque.



**Figura 32.** El cerro Huayanay a la izquierda y los Peroles de Canchaque a la derecha.

**Fuente:** Google Imágenes.

## Capítulo 4

### Estudio de alternativas de tratamiento

#### 4.1. Situación actual de las aguas residuales a nivel local

En Palambla existe una poza de oxidación, la cual se usa como almacenamiento de las aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado. Esta poza hace más de diez años ha colapsado, encontrándose actualmente muy deteriorada, lo que hace que las aguas residuales discurran directamente hacia el canal conocido como “Real Palambla”, de uso agrícola y ganadero, el cual se encuentra ubicado a aproximadamente a unos 200 metros de la poza, contaminando sus aguas, contribuyendo sobre todo a la propagación de posibles enfermedades y constituir en focos de contaminación ambiental. En la **figura 33** se aprecia la basura existente a la entrada de la poza de oxidación y en la **figura 34** se muestra la presencia de monte y el color del agua residual de la poza, el cual cubre la poza de oxidación, evidenciando el descuido que sufre esta poza.



**Figura 33.** Basura a la entrada de la poza de oxidación.

**Fuente:** Elaboración propia - Visita de campo (2017)



**Figura 34.** A la izquierda la presencia de monte en la poza y a la derecha el color del agua residual.  
**Fuente:** Elaboración propia - Visita de campo (2018).

Se hizo un muestreo compuesto de DBO y de coliformes totales en el lugar (**Figura 35**)



**Figura 35.** Toma de muestras en la poza de oxidación  
**Fuente:** Elaboración propia - Visita de campo (2018).

**Tabla 22.** Resultados del análisis hecho en la poza de oxidación.

	Valor
<b>DBO (mg/L)</b>	378
<b>Coliformes totales (NMP/100 mL)</b>	920 000

**Fuente:** Laboratorio de ingeniería sanitaria de la Universidad de Piura.

De acuerdo con los resultados mostrados en la **tabla 22**, la poza de oxidación muestra una fuente de contaminación importante, debido a la cantidad de coliformes totales (920 000 NMP/100 mL) y de materia orgánica (378 mg/L), además al momento de los muestreos presentaba un color muy oscuro, característico de un agua residual y un olor fuerte, para el presente trabajo se usará estos valores para el diseño del tratamiento de aguas residuales propuesto.

## 4.2. Alternativas de tratamiento propuestas

De acuerdo con el Ing. Guillermo León Suematsu, seleccionar la mejor alternativa de tratamiento de aguas residuales, se ve condicionada por los requerimientos y exigencias de las leyes ambientales, a los usos a los cuales se destinen las aguas residuales tratadas y usos de los cuerpos receptores de ésta, tomándose en cuenta aspectos tales como: objetivo de calidad del efluente; requerimiento de equipos y energía; tratamiento y disposición de lodos; nivel de dificultad de la operación y mantenimiento; requerimiento de terreno; costos de inversión inicial, operación y mantenimiento; impacto ambiental; sostenibilidad (tales como tarifas, capacidad de gestión, disposición a pagar por parte de la población, etc.).

Debido a que Palambla es una zona rural que posee una población de 321 habitantes, se propone como alternativas los siguientes tratamientos de aguas residuales domésticas, debido a que son económicos y a la alta eficiencia de remoción de materia orgánica que poseen:

### **Alternativa A – Filtros percoladores**

Los filtros percoladores son unidades de tratamiento secundario del tipo biológico con medio adherido o asistido. Es decir, el agua residual pasa a través de un medio filtrante donde un grupo de bacterias y otros microorganismos, se desarrollan progresivamente adhiriéndose al empaque o medio filtrante formando una película biológica que precisamente permite la degradación biológica de la materia orgánica. El empaque filtrante puede consistir en un lecho de roca volcánica, piedra chancada o material plástico con configuraciones especiales.

Todos los empaques usados como medio filtrante buscan maximizar la superficie de contacto sobre la cual se desarrolla la masa biológica útil para el tratamiento. En el filtro se dan procesos de consumo de la materia orgánica; es decir, los microorganismos se nutren de las sustancias orgánicas contenidas en el líquido entrante y las asimilan, por lo que el efluente sale con menor carga contaminante (Ministerio del ambiente (MINAM)., 2009). En la **figura 36** se muestra un filtro percolador y en la **figura 37** se muestran un modelo plástico usado como material de relleno.

### **Alternativa B - Humedales artificiales de flujo subsuperficial**

Los humedales artificiales están formados normalmente por una o más cuencas o canales de poca profundidad que cuentan con un recubrimiento en el fondo para prevenir la percolación al agua freática susceptible de ser contaminada, y una capa sumergida de suelo para las raíces de la vegetación macrófita emergente seleccionada. En la **figura 38** se muestran varios modelos de humedales subsuperficiales

Los humedales artificiales cumplen con 3 funciones fundamentales que los hacen muy útiles para el tratamiento de aguas residuales (Rodríguez J., 2009):

- Fijan físicamente los contaminantes y materia orgánica en la superficie del suelo.
- Usan y transforman los elementos por intermedio de los microorganismos.

Logran niveles de tratamiento eficientes con un bajo consumo de energía y bajo costo de mantenimiento.



**Figura 36.** Filtro percolador.

**Fuente:** Google imágenes.



**Figura 37.** Medios plásticos usados para relleno de filtro percolador.

**Fuente:** Google imágenes.

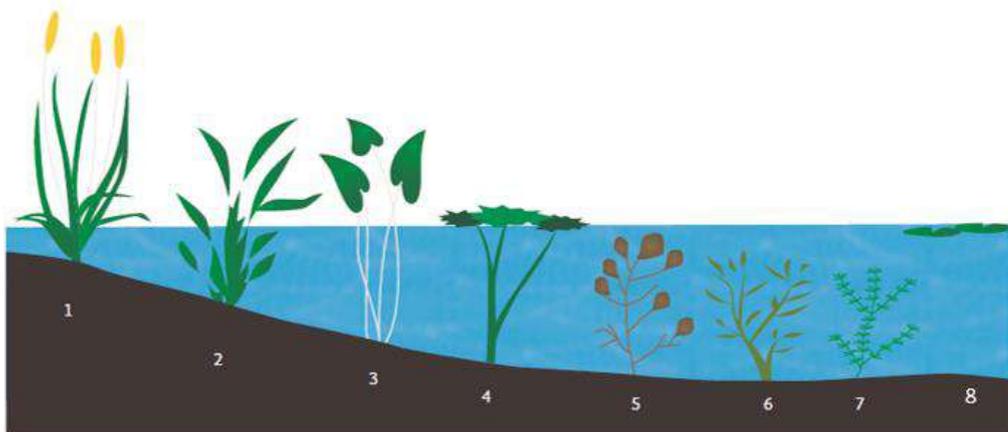


**Figura 38.** Modelos de humedales artificiales subsuperficiales.

**Fuente:** (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), “Manual de agua potable, alcantarillado y Operación y mantenimiento de PTARM: Humedales artificiales”, 2015)

Para Fernandez et al. (2004), según el lugar donde crezcan (ver **Figura 39**) dentro del cuerpo de agua, podemos clasificar a las macrófitas en:

- **Emergentes:** Sus raíces se fijan al fondo, aunque crecen lo adecuado para que sus hojas aprovechen la luz fuera del agua, entre las más comunes están la *Thypha sp* (Tule) y *Juncus sp* (Junco).
- **Sumergidas:** Crecen sólo dentro del agua, podemos encontrar dentro de este tipo a la *Elodea canadensis* (Elodea) y la *potamogeton sp* (Espiga de agua, también conocida como “pasto de agua” o “lila de agua”).
- **Flotantes:** Especies vegetales que viven en la superficie del agua, entre las usadas se encuentran, el *Eichornia crassipes* (lirio acuático) y *Lemna sp* (lenteja de agua).

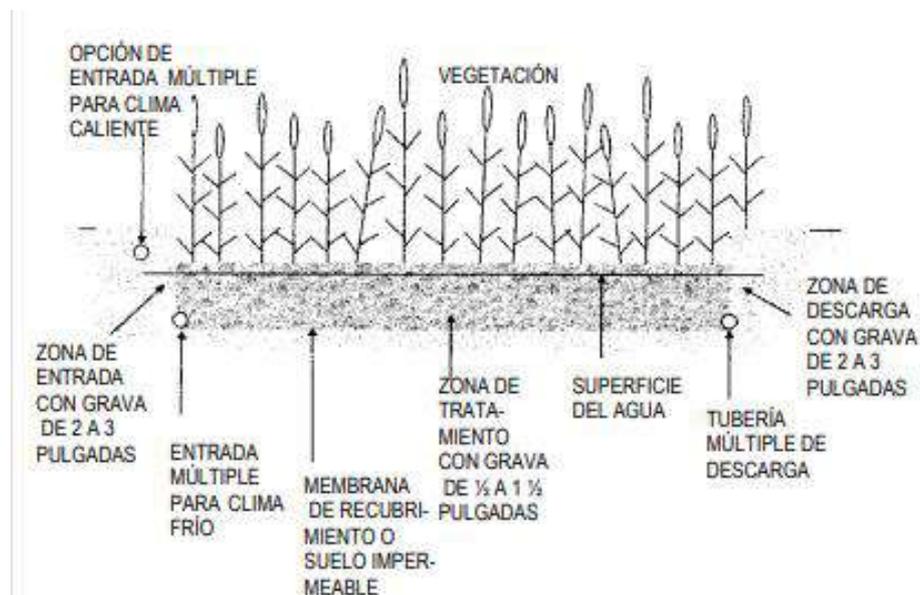


**Figura 39.** Tipos de macrófitas: Emergentes (1-4), sumergidas (5-7) y flotantes (8).  
**Fuente** (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), “Manual de agua potable, alcantarillado y Operación y mantenimiento de PTARM: Humedales artificiales”, 2015)

Según Estrada (2010), la elección de macrófitas, depende del tipo de humedal artificial que se va a emplear:

- Humedal de flujo superficial: usar macrófitas sumergidas, flotantes y/o emergentes
- Humedal de flujo subsuperficial: usar macrófitas emergentes.

Este tipo de humedales está diseñado para el tratamiento de aguas residuales o en la fase final de tratamiento de una PTAR. En la **figura 40** se muestra un ejemplo de un humedal artificial de flujo subsuperficial



**Figura 40.** Humedal artificial de flujo subsuperficial.  
**Fuente:** (United States Environmental Protection Agency (EPA), 2000)

En los humedales de flujo subsuperficial, la grava es el medio más usado en los EE. UU. y Europa, sin embargo, también se puede usar otros medios como roca triturada, arena y otro tipo de materiales del suelo.

Las ventajas que presenta este tipo de humedales en comparación a los de flujo superficial es que, al poseer un nivel constante subsuperficial de agua, se previene la presencia de mosquitos y olores desagradables, además se elimina el riesgo de que el público entre en contacto con el agua parcialmente tratada.

#### 4.3. Comparación de alternativas

En la **tabla 23** se presenta una comparación de las alternativas propuestas

**Tabla 23.** Ventajas y desventajas de las propuestas de tratamiento

Proceso de tratamiento	Cuadro comparativo	
	Ventaja	Desventajas
<b>1. Filtros percoladores</b>	<p>Requiere área o espacio físico moderado, mucho menor al del sistema de lagunas, por lo que puede implementarse en áreas intraurbanas.</p> <p>Su operación es sencilla, y en zonas con pendientes accidentadas puede ser implementado.</p> <p>La generación de olores es muy baja.</p>	<p>Esta alternativa puede tener una aplicación limitada en aguas residuales con altas cargas orgánicas contenidas en los efluentes.</p> <p>El nivel de remoción patógena es bajo, por ello en nuestro país se usa sólo para el riego de áreas verdes sin acceso al público, como en la cobertura vegetal del acantilado de la Costa Verde, en la ciudad de Lima.</p> <p>Son instalaciones particularmente diseñadas para pequeñas y medianas poblaciones.</p> <p>La baja temperatura, puede disminuir la actividad biológica e incluso en zonas de inviernos severos podría ocasionar la formación de escarchas de hielo mermando la eficiencia del proceso.</p>
<b>2. Humedales artificiales</b>	<p>El sistema es muy estable en la operación y eficiente para la remoción de materia orgánica y nutrientes, condiciones que permiten disponer el efluente en ambientes naturales.</p> <p>Pueden operar sin ningún consumo energético, al carecer de equipos electromecánicos.</p> <p>La operación es sencilla y con bajo costo.</p> <p>Perfecta integración a el medio rural y urbano, como parques y jardines.</p> <p>Generalmente no producen olores desagradables.</p>	<p>Puede colmatarse en poco tiempo, cuando no cuentan con sistemas de pretratamiento adecuados.</p> <p>En zonas de altitud elevada puede ocurrir que las plantas empleadas no se adapten. Por ello, habría que realizar estudios <i>in situ</i> con especies nativas de la zona.</p>

**Fuente:** (Ministerio del ambiente (MINAM)., 2009)

#### 4.4. Evaluación de alternativas

##### 4.4.1. Primera etapa de evaluación: Matriz de selección

Esta primera etapa se basa en la selección de la mejor alternativa de tratamientos a ser implementada para tratar las aguas residuales del caserío Palambla aplicando el proceso de selección denominado **Método de Valor de Importancia Relativa**, por medio de una matriz de selección, se combina una serie de parámetros de evaluación, dando como resultado la mejor alternativa a implantar (Espinoza R., 2010).

Los principales parámetros usados para la evaluación se encuentran detallados en la **tabla 24** y se muestra el modelo de la matriz de selección, en la **tabla 25**.

En el acápite 4.4.2. Selección de alternativas, se busca mostrar mediante un ejemplo, el uso de la matriz de selección siguiendo una serie de pasos pre - establecidos.

**Tabla 24.** Principales parámetros usados para la evaluación de alternativas.

Parámetro	Descripción
Aplicabilidad del proceso	Indica que tan adecuado es el tratamiento propuesto con las características particulares del agua residual a tratar, así como la calidad que se requiere para el agua tratada. Engloba factores como: características del agua residual, eficacia de remoción, tolerancia a variación de caudal, intervalos de caudal en el cual el sistema es aplicable.
Generación de residuos	Los tipos y cantidades de residuos sólidos, líquidos o gaseosos generados por un proceso de tratamiento deben ser conocidos o estimados. Algunos aspectos que deben considerarse en el procesamiento de los residuos son el sitio de disposición final y el costo de tratamiento y disposición de estos.
Aceptación por parte de la comunidad	Este rubro, en algunos casos, puede ser el factor decisivo para que se realice o no la construcción de la planta de tratamiento. Una obra como ésta deberá ser aceptada por la organización a la que dará servicio (población, industria, etc.) y por los vecinos.
Generación de subproductos con valor económico o de uso	En algunas PTAR es posible generar subproductos con valor económico, los cuales pueden representar ventajas adicionales al tratamiento del agua, pues significan entradas de dinero y un aprovechamiento de recursos que contribuye a la sustentabilidad.
Vida útil	Este concepto responde a la interrogante sobre cuánto tiempo deberá operar la planta de tratamiento de aguas residuales.
Extensión de terreno requerido	El área requerida para la construcción de una planta de tratamiento puede ser factor fundamental en la toma de decisiones. La poca disponibilidad de terreno o el alto costo de este pueden influir de manera decisiva en la factibilidad del proyecto.

**Fuente:** (Universidad Nacional Autónoma de México, , 2013)

**Tabla 24.** Principales parámetros usados para la evaluación de alternativas (continuación).

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Costo	Inversión
	Operación y mantenimiento
Diseño y construcción	Criterios de diseño
	Experiencia del evaluador
	Tecnología ampliamente probada
	Complejidad en la construcción y equipamiento
Operación	Flexibilidad de la operación
	Confiabilidad del proceso
	Complejidad de operación del proceso
	Requerimientos de personal y uso de químicos.
	Disponibilidad de repuestos y centros de servicio
Entorno e impacto medio ambiental.	Influencia de la temperatura
	Producción de ruido
	Contaminación visual
	Producción de malos olores
	Generación de gases de efecto invernadero
	Condiciones para la reproducción de insectos y animales dañinos

**Fuente:** (Universidad Nacional Autónoma de México. , 2013)

Las alternativas de tratamiento de aguas residuales a evaluar son las indicadas en el acápite 4.2

**Tabla 25.** Modelo de matriz de selección a utilizar.

	A	B	C	D	E
#	%	PROCESO EVALUADO: RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0 = no aplica 1 = deficiente 3 = adecuado 5 = muy adecuado	C/5 (excepto en renglones 7.3, 8.5, 9.6 y 10.7)	D*A
1		APLICABILIDAD DEL PROCESO			
2		GENERACIÓN DE RESIDUOS			
3		ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD			
4		GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO			
5		VIDA ÚTIL			
6		REQUERIMIENTO DE ÁREA			
7		COSTO			
7.1		Inversión			
7.2		Operación y mantenimiento			
7.3		Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 7.3 D			
8		DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
8.1		Criterios de diseño			
8.2		Experiencia del evaluador			
8.3		Tecnología ampliamente probada			
8.4		Complejidad en la construcción y equipamiento			
8.5		Sumar las casillas 8.1C, 8.2C, 8.3C y 8.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotarlo en la casilla 8.5D			
9		OPERACIÓN			
9.1		Flexibilidad de operación			
9.2		Confiabilidad del proceso			
9.3		Complejidad de operación del proceso			
9.4		Requerimiento de personal			
9.5		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio			
9.6		Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C, 9.4C y 9.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotarlo en la casilla 9.6D			
10		ENTORNO			
10.1		Influencia de la temperatura			
10.2		Producción de ruido			
10.3		Contaminación visual			
10.4		Producción de malos olores			
10.5		Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)			
10.6		Condiciones para la reproducción de animales dañinos			
10.7		Sumar las casillas 10.1C, 10.2C, 10.3C, 10.4C y 10.5C y 10.6C y dividir el total entre 30. El resultado anotarlo en la casilla 10.7D			
11	100	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 11E			

**Fuente:** (Universidad Nacional Autónoma de México. , 2013)

#### 4.4.2. Selección de alternativas

Para el procedimiento de selección de la alternativa óptima se utiliza la metodología de matriz de selección con la ponderación de valores para los factores de evaluación escogidos, según la importancia relativa de los mismos, importancia determinada por un experto evaluador con experiencia en proyectos sanitarios. En la **tabla 26** se muestra un ejemplo de ponderación de acuerdo con el peso que se considera adecuado para cada factor evaluado. En este caso con fines de ejemplo, se considera un escenario de una pequeña ciudad, con 40 000 habitantes, lo que representa un caudal de 70 L/s.

**Tabla 26.** Ejemplo de valores de ponderación (la totalidad debe sumar 100%)

Parámetro	Descripción	Ponderación del evaluador (%)
Aplicabilidad del proceso	Por las características del proyecto (70 L/s) se desea que el proceso seleccionado pueda operar en el intervalo de caudal dado, que sea tolerante a variaciones de caudal y que pueda tratar con eficacia el agua residual influente. Dentro de los procesos contemplados hay diferencias en este rubro, sin embargo, se asigna una ponderación de 5 puesto que las diferencias no son cruciales para el proyecto.	5
Generación de residuos	Uno de los aspectos más importantes a considerar en la selección de un sistema de tratamiento es la generación de residuos. En el municipio no se cuenta con un relleno sanitario en condiciones aceptables y el traslado de lodos a otro resultaría muy costoso. Por ello las autoridades municipales han decidido favorecer aquel proceso que genere la menor cantidad de residuos y el que genere una mejor calidad de lodo para su disposición como mejorador de suelos. En este último caso, los campesinos recogerían el lodo en la planta de tratamiento.	10
Aceptación por parte de la comunidad	En la comunidad se efectuó una intensa campaña de concientización sobre la necesidad de las obras de drenaje y de la planta de tratamiento. La población, al cabo de la campaña estuvo de acuerdo en apoyar su construcción. Por ello, este rubro posee una ponderación de cero, ya que la población no muestra preferencia por algún tipo de tecnología (el rubro no aplica en este caso).	0
Generación de subproductos con valor económico o de uso	Uno de los aspectos que más interesó a la población y que fue esencial para lograr su apoyo fue el hecho de que se les comunicó que la planta de tratamiento, además de generar agua apta para riego, podría generar lodos (biosólidos) mejoradores de suelos, lo cual resultaría en ahorro de recursos para la compra de fertilizantes químicos. Puesto que así se manejó la información, el cumplir con ello es de suma importancia para el presidente municipal por lo cual se le asignó una ponderación relativamente alta.	10
Vida útil	Se desea que la planta de tratamiento posea una vida útil lo más larga posible pues será difícil contar con recursos para renovar la planta de tratamiento en mediano plazo.	5
Extensión de terreno requerido	Este rubro fue limitado por la disponibilidad de un terreno seguro, de acuerdo con el atlas municipal de riesgos naturales, por lo que únicamente podrán considerarse plantas de tratamiento compactas y no sistemas extensivos como las lagunas de estabilización, a pesar de ser una buena alternativa de tratamiento de aguas residuales municipales. Con esta restricción, este rubro carece ya de importancia, pues no hace diferencia.	0

**Fuente:** (Universidad Nacional Autónoma de México. , 2013)

**Tabla 26.** Ejemplo de valores de ponderación (la totalidad debe sumar 100%) (continuación)

Parámetro	Descripción	Ponderación del evaluador (%)
Costo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Inversión inicial.</b> Aunque se cuenta con dinero para construir la planta de tratamiento que sea necesaria para resolver la problemática de la población, es importante considerar aquella tecnología que sea eficaz y eficiente en el tratamiento del agua, es decir que haga lo que tenga que hacer al menor costo posible para obtener un ahorro de recursos que podrían ser destinados a otras acciones. Debido a que hay disponibilidad de dinero, este rubro no es limitante para el proyecto por lo que se le asigna una ponderación baja.</li> <li>• <b>Operación y mantenimiento.</b> Este es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta para seleccionar adecuadamente una tecnología. El municipio y la población desean un sistema con bajos costos de operación y mantenimiento, ya que esto incidirá en la tarifa que deberán cubrir por el servicio.</li> <li>• <b>Requerimiento de reactivos.</b> Esto puede representar un gasto fuerte al considerar que algunos reactivos son importados, generalmente son caros y hay que trasladarlos al municipio recorriendo una distancia importante. Los reactivos más usados pueden ser el gas cloro, hipoclorito de sodio, dióxido de cloro y polímeros para poder manejar los lodos. Por tal motivo, se ha considerado dar una relativa importancia a este rubro y se favorecerán aquellos procesos cuyo requerimiento de reactivos sea el mínimo.</li> <li>• <b>Requerimiento energético.</b> Este aspecto se considera de gran importancia porque incide directamente en el costo fijo de operación del sistema. Cualquier ahorro en este sentido viabilizará la operación de la planta y liberará recursos para otros servicios municipales importantes. Se cuenta con información de plantas de tratamiento cercanas al municipio que se han abandonado por no poder cubrir el costo de energía que demanda su operación.</li> <li>• <b>Gastos administrativos y de personal.</b> Se favorecerá el sistema que tenga menores requerimientos de personal especializado, dado el contexto del mercado profesional del municipio.</li> <li>• <b>Requerimiento de refacciones y material de mantenimiento.</b> En el mismo sentido, el sistema con menores necesidades en estos insumos deberá ser favorecido.</li> </ul> <p>La situación económica y social de su localidad y la experiencia recabada en plantas de la región llevan a asignar un peso específico particularmente alto a este aspecto, debido a su importancia en las finanzas municipales.</p>	35
Diseño y construcción	Se desea que la empresa que realice el trabajo sea seria y profesional con el cliente. Por otro lado, que existan criterios de diseño adecuados a las condiciones del municipio, que la tecnología se haya probado en otros lugares y que la construcción y equipamiento no sean complejos.	10
Operación	Se desea que la operación sea simple, flexible y confiable, además de que una persona con poca capacitación pueda hacer la función de operador. Se deben encontrar centros de repuestos y servicios cerca de la población por cualquier descompostura del equipo que pudiera ocurrir. Debido a que todos estos factores condicionan la buena operación de la planta, se ponderó este rubro con un alto valor.	20
Entorno e impacto medio ambiental	La población fue concientizada de la necesidad de una planta de tratamiento, con lo cual estuvo de acuerdo. Sin embargo, la población, al no conocer detalles de lo que aprobaban, solicitó al presidente municipal que se cuidaran los aspectos de generación de ruido, malos olores y animales dañinos, así como minimizar los eventuales impactos ambientales negativos. Además, se le solicitó que se hiciera un esfuerzo adicional para que la planta fuera atractiva a la vista y se integrara al entorno del sitio.	5

**Fuente:** (Universidad Nacional Autónoma de México. , 2013)

Para este ejemplo, se propone usar un sistema anaerobio seguido de un filtro percolador (Alternativa A) y otra opción es usar lodos activados por aireación extendida (Alternativa B), el siguiente paso después de la valoración a los parámetros es calificar a los procesos de tratamiento, el cual se llevará a cabo en las **tablas 27 y 28**.

**Tabla 27.** Ejemplo de llenado de la matriz de selección – Alternativa A.

#	A	B	C	D	E
	%	PROCESO EVALUADO: <b>UASB+FILTRO PERCOLADOR</b> RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0 = no aplica 1 = deficiente 3 = adecuado 5 = muy adecuado	C/5 (excepto en renglones 7.3, 8.5, 9.6 y 10.7)	D*A
1	5	APLICABILIDAD DEL PROCESO	3	0,6	3
2	10	GENERACIÓN DE RESIDUOS	5	1	10
3	0	ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD	5	1	0
4	10	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO	5	1	10
5	5	VIDA ÚTIL	5	1	5
6	0	EXTENSIÓN DE TERRENO REQUERIDO	5	1	0
7	35	COSTO			
7.1		Inversión	5		
7.2		Operación y mantenimiento	5		
7.3		Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 7.3 D		1	35
8	10	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
8.1		Criterios de diseño	3		
8.2		Experiencia del evaluador	1		
8.3		Tecnología ampliamente probada	1		
8.4		Complejidad en la construcción y equipamiento	5		
8.5		Sumar las casillas 8.1C, 8.2C, 8.3C y 8.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotarlo en la casilla 8.5D		0,5	5
9	20	OPERACIÓN			
9.1		Flexibilidad de operación	5		
9.2		Confiabilidad del proceso	3		
9.3		Complejidad de operación del proceso	3		
9.4		Requerimiento de personal	5		
9.5		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio	5		
9.6		Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C, 9.4C y 9.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotarlo en la casilla 9.6D		0,84	16,8
10	5	ENTORNO			
10.1		Influencia de la temperatura	5		
10.2		Producción de ruido	5		
10.3		Contaminación visual	5		
10.4		Producción de malos olores	1		
10.5		Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)	5		
10.6		Condiciones para la reproducción de animales dañinos	5		
10.7		Sumar las casillas 10.1C, 10.2C, 10.3C, 10.4C y 10.5C y 10.6C y dividir el total entre 30. El resultado anotarlo en la casilla 10.7D		0,87	4,4
11	100	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 11E			89

**Fuente:** (Universidad Nacional Autónoma de México. , 2013)

**Tabla 28.** Ejemplo de llenado de la matriz de selección - Alternativa B

#	A	B	C	D	E
	%	PROCESO EVALUADO: <b>LODOS ACTIVADOS TIPO AIREACIÓN EXTENDIDA</b> RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0 = no aplica 1 = deficiente 3 = adecuado 5 = muy adecuado	C/5 (excepto en renglones 7.3, 8.5, 9.6 y 10.7)	D*A
1	5	APLICABILIDAD DEL PROCESO	5	1	5
2	10	GENERACIÓN DE RESIDUOS	3	0.6	6
3	0	ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD	5	1	0
4	10	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO	5	1	10
5	5	VIDA ÚTIL	3	0,6	3
6	0	EXTENSIÓN DE TERRENO REQUERIDO	3	0,6	0
7	35	COSTO			
7.1		Inversión	3		
7.2		Operación y mantenimiento	3		
7.3		Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotar en la casilla 7.3 D		0,6	21
8	10	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
8.1		Criterios de diseño	5		
8.2		Experiencia del evaluador	5		
8.3		Tecnología ampliamente probada	5		
8.4		Complejidad en la construcción y equipamiento	1		
8.5		Sumar las casillas 8.1C, 8.2C, 8.3C y 8.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotar en la casilla 8.5D		0,8	8
9	20	OPERACIÓN			
9.1		Flexibilidad de operación	3		
9.2		Confiabilidad del proceso	5		
9.3		Complejidad de operación del proceso	1		
9.4		Requerimiento de personal	1		
9.5		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio	1		
9.6		Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C, 9.4C y 9.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotar en la casilla 9.6D		0,44	8,8
10	5	ENTORNO			
10.1		Influencia de la temperatura	5		
10.2		Producción de ruido	3		
10.3		Contaminación visual	5		
10.4		Producción de malos olores	5		
10.5		Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)	3		
10.6		Condiciones para la reproducción de animales dañinos	5		
10.7		Sumar las casillas 10.1C, 10.2C, 10.3C, 10.4C y 10.5C y 10.6C y dividir el total entre 30. El resultado anotar en la casilla 10.7D		0,87	4,3
11	100	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 11E			<b>66,1</b>

**Fuente:** (Universidad Nacional Autónoma de México. , 2013)

Usando la matriz de selección para este ejemplo se puede ver que la opción basada en un UASB + Filtro percolador (Alternativa A), es mejor que la opción de implementación de lodos activados.

Sin embargo, los resultados finales obtenidos se deben en gran medida a la ponderación efectuada en cada rubro. Este es el motivo por el que el procedimiento para fijar pesos de cada rubro, debe ser razón de discusión entre los especialistas encargados del llenado de la

matriz, además los pesos varían en función de las limitaciones o las prioridades que tenga cada proyecto.

#### 4.4.3. Aplicación de la matriz de selección

Para el procedimiento de selección de la alternativa óptima se usó la metodología de matriz de selección con la ponderación de valores para los parámetros de evaluación escogidos, según la importancia relativa de los mismos, explicada en el punto 4.4.2, la importancia fue determinada tanto por el tesista como por el asesor de este presente trabajo, en base a los conocimientos y experiencia en proyectos de este tipo.

En la **tabla 29** se indica la ponderación de acuerdo con el peso que se consideró adecuado para cada factor evaluado y en las **tablas 30 y 31** se hace la evaluación de las dos alternativas propuestas.

**Tabla 29.** Tabla de ponderación con el peso adecuado para los factores evaluados.

Parámetro	Descripción	Ponderación del evaluador (%)
Aplicabilidad del proceso	Por las características del proyecto (<2 L/s) se desea que el proceso seleccionado pueda operar en el intervalo de caudal dado, que sea tolerante a variaciones de caudal y que pueda tratar con eficacia el agua residual.	5
Generación de residuos	Uno de los principales problemas de la poza de oxidación es que en una de sus esquinas se está derramando agua séptica, y esta llega al canal Real Palambra, usado para riego de cultivos como café, plátano, maíz en acequias cercanas. Se desea no sólo que no ocurra este tipo de problemas, sino que no se generen residuos alrededor de este sistema, por lo que se debería conversar con las autoridades para una campaña de sensibilización respecto al tema del cuidado del medioambiente.	5
Aceptación por parte de la comunidad	Se conversó con algunas familias del caserío, ellos mostraban su preocupación con la actual situación de la poza de oxidación, si bien es cierto, algunos no habían visto <i>in situ</i> la poza, si tenían conocimiento del pésimo estado en el que se encuentra, sin embargo, no les preocupa el tipo de alternativa de tratamiento que se escoja, simplemente que se solucione el problema, por lo que se tiene una ponderación de cero.	0
Generación de subproductos con valor económico o de uso	Se volvió importante y de interés para los pobladores, el hecho de poder generar agua apta para el riego de sus cultivos, debido además a que la comunidad en su mayoría es agrícola.	5
Vida útil	Se busca que la vida útil sea lo más larga, teniendo un diseño proyectado para mínimo 20 años, y se desea que, en el transcurso de ese tiempo, no haya inconvenientes de funcionamiento, que lleven a gastos imprevistos.	5
Extensión de terreno requerido	Debido a que es un caudal muy pequeño (< 2 L/s), el área a ocupar para el tratamiento no es tan grande, una opción es usar la actual ubicación donde se encuentra la poza de oxidación, o en caso contrario buscar un terreno con el área requerida para cualquiera de las dos opciones propuestas.	10

**Tabla 29.** Tabla de ponderación con el peso adecuado para los factores evaluados (continuación).

Parámetro	Descripción	Ponderación del evaluador (%)
Costo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Inversión inicial.</b> Se debe tener en cuenta que se requiere de un sistema económico, necesario para resolver la problemática actual de la población, además que suponga obtener un ahorro de recursos que podrían ser destinados a otras acciones.</li> <li>• <b>Operación y mantenimiento.</b> Este es uno de los aspectos para tener en cuenta para seleccionar adecuadamente un tratamiento. Se desea un sistema con bajos costos de operación y mantenimiento.</li> <li>• <b>Requerimiento de reactivos.</b> Ambas opciones, no demandan una cantidad importante de reactivos para su funcionamiento.</li> <li>• <b>Requerimiento energético.</b> Este aspecto se considera de gran importancia porque incide directamente en el costo fijo de operación del sistema. Sin embargo, los requerimientos energéticos de ambas alternativas son casi nulos.</li> <li>• <b>Gastos administrativos y de personal.</b> Conviene el sistema que tenga menores requerimientos de personal especializado.</li> <li>• <b>Requerimiento de refacciones y material de mantenimiento.</b> En el mismo sentido, el sistema con menores necesidades en estos insumos deberá ser favorecido.</li> </ul>	45
Diseño y construcción	Se desea existan criterios de diseño adecuados a las condiciones del caserío Villa Palambra, que las alternativas de tratamiento se hayan probado en otros lugares y que la construcción y equipamiento no sean complejos.	5
Operación	Se desea que la operación sea simple, flexible y confiable, además de que una persona con poca capacitación pueda hacer la función de operador. Se requiere además que la opción elegida tenga el menos equipo electromecánico posible para disminuir costos de repuesto y mantenimiento.	15
Entorno e impacto al medio ambiente	Se converso con el encargado de la JAAS y con el responsable del canal de riego agrícola y ganadero, los cuales muestran mucha preocupación por el estado actual de las aguas residuales y la contaminación que generan, además la gente tiene conocimiento de la necesidad de un correcto tratamiento de aguas residuales, solicitando que cualquiera sea el diseño, sirva para detener la actual contaminación ambiental.	5

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 30.** Aplicación de la matriz de selección - Alternativa A

#	A	B	C	D	E
	%	PROCESO EVALUADO: <b>Filtro percolador</b> RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0 = no aplica 1 = deficiente 3 = adecuado 5 = muy adecuado	C/5 (excepto en renglones 7.3, 8.5, 9.6 y 10.7)	D*A
1	5	APLICABILIDAD DEL PROCESO	5	1	5
2	5	GENERACIÓN DE RESIDUOS	3	0,6	3
3	0	ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD	5	1	0
4	5	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO	3	0,6	3
5	5	VIDA ÚTIL	3	0,6	3
6	10	EXTENSIÓN DE TERRENO REQUERIDO	3	0,6	6
7	45	COSTO			
7.1		Inversión	3		
7.2		Operación y mantenimiento	3		
7.3		Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 7.3 D		0,6	27
8	5	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
8.1		Criterios de diseño	5		
8.2		Experiencia del evaluador	3		
8.3		Tecnología ampliamente probada	1		
8.4		Complejidad en la construcción y equipamiento	5		
8.5		Sumar las casillas 8.1C, 8.2C, 8.3C y 8.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotarlo en la casilla 8.5D		0,7	3,5
9	15	OPERACIÓN			
9.1		Flexibilidad de operación	3		
9.2		Confiabilidad del proceso	3		
9.3		Complejidad de operación del proceso	5		
9.4		Requerimiento de personal	3		
9.5		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio	3		
9.6		Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C, 9.4C y 9.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotarlo en la casilla 9.6D		0,68	10,2
10	5	ENTORNO			
10.1		Influencia de la temperatura	3		
10.2		Producción de ruido	3		
10.3		Contaminación visual	5		
10.4		Producción de malos olores	5		
10.5		Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)	3		
10.6		Condiciones para la reproducción de animales dañinos	3		
10.7		Sumar las casillas 10.1C, 10.2C, 10.3C, 10.4C y 10.5C y 10.6C y dividir el total entre 30. El resultado anotarlo en la casilla 10.7D		0,63	3,17
11	100	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 11E			<b>63.9</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 31.** Aplicación de la matriz de selección - Alternativa B

#	A	B	C	D	E
	%	PROCESO EVALUADO: <b>Humedales artificiales.</b> RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0 = no aplica 1 = deficiente 3 = adecuado 5 = muy adecuado	C/5 (excepto en renglones 7.3, 8.5, 9.6 y 10.7)	D*A
1	5	APLICABILIDAD DEL PROCESO	5	1	5
2	5	GENERACIÓN DE RESIDUOS	3	0,6	3
3	0	ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD	5	1	0
4	5	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO	3	0,6	3
5	5	VIDA ÚTIL	3	0,6	3
6	10	EXTENSIÓN DE TERRENO REQUERIDO	3	0,6	6
7	45	COSTO			
7.1		Inversión	3		
7.2		Operación y mantenimiento	3		
7.3		Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotararlo en la casilla 7.3 D		0,6	27
8	5	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
8.1		Criterios de diseño	5		
8.2		Experiencia del evaluador	3		
8.3		Tecnología ampliamente probada	5		
8.4		Complejidad en la construcción y equipamiento	1		
8.5		Sumar las casillas 8.1C, 8.2C, 8.3C y 8.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotararlo en la casilla 8.5D		0,7	3,5
9	15	OPERACIÓN			
9.1		Flexibilidad de operación	3		
9.2		Confiabilidad del proceso	5		
9.3		Complejidad de operación del proceso	3		
9.4		Requerimiento de personal	3		
9.5		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio	1		
9.6		Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C, 9.4C y 9.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotararlo en la casilla 9.6D		0,84	12,6
10	5	ENTORNO			
10.1		Influencia de la temperatura	3		
10.2		Producción de ruido	3		
10.3		Contaminación visual	5		
10.4		Producción de malos olores	3		
10.5		Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)	3		
10.6		Condiciones para la reproducción de animales dañinos	3		
10.7		Sumar las casillas 10.1C, 10.2C, 10.3C, 10.4C y 10.5C y 10.6C y dividir el total entre 30. El resultado anotararlo en la casilla 10.7D		0,67	3,35
11	100	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 11E			67,5

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando la matriz de selección, se ve que la alternativa de tratamiento de aguas residuales a elegir sería los humedales artificiales, sin embargo, este método es muy subjetivo ya que cada evaluador tendrá una evaluación distinta de acuerdo con su criterio por lo que el puntaje obtenido para cada parámetro puede variar.

#### 4.4.4. Segunda etapa de evaluación: Evaluación económica

La evaluación económica, deja de lado la subjetividad que tiene la matriz de evaluación y determina la factibilidad económica. Se usará el Valor Actual Neto (VAN), el cual es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. La fórmula para obtener el VAN se presenta a continuación.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Donde:

$F_t$  : Son los flujos de dinero en el período t.

$I_0$  : Es la inversión inicial (t=0)

n: duración del proyecto de inversión

k: tasa de descuento<sup>10</sup>.

Esta evaluación económica se hizo en base a costos referenciales existentes de otros proyectos donde se usan filtros percoladores (parque Maria Reiche) o humedales artificiales (Oasis de Villa) como tratamiento para las aguas residuales de las localidades indicadas. En la **tabla 32** se hace una comparación de costos entre ambas plantas.

**Tabla 32.** Comparación de costos de acuerdo con la tecnología de tratamiento

	<b>Filtros percoladores (parque Maria Reiche)</b>	<b>Humedales artificiales (Oasis de Villa)</b>
<b>Costos de inversión (US\$/persona)</b>	93.54	53
<b>Costos de operación y mantenimiento (US\$/persona/año)</b>	10.65	1,15

**Fuente:** (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2016)

Se analizarán 2 opciones, la primera opción es cuál sería el mejor tratamiento de aguas residuales si cada habitante de Palambra pagara 5 soles mensuales (1,55 US\$/ mes) y la segunda opción es cuál sería el mejor tratamiento de aguas residuales si no se pagara por dicho servicio.

Para la primera opción se presentan los siguientes datos y se determina el Valor Actual Neto (VAN) de cada alternativa de tratamiento, cuyos resultados se encuentran en la **tabla 33**:

Período de diseño: 20 años

<sup>10</sup> Tasa de descuento: es la inversa a la tasa de interés, que sirve para aumentar el valor (o añadir intereses) en el dinero presente. La tasa de descuento, por el contrario, resta valor al dinero futuro cuando se traslada al presente.

Tasa de descuento: 12 %

Ingresos del sistema: 1,55 US\$ / persona/mes (18,6 US\$/ persona/año)

Población de diseño: 321 personas

**Tabla 33.** Valor actual neto (VAN) de ambas alternativas

Año	Población (Personas)	Ingresos (US\$)	Filtro percolador		Humedales Artificiales	
			Egresos (US\$)	Capital Neto (US\$)	Egresos (US\$)	Capital Neto (US\$)
0	321	-	-30 026,34	-30 026,34	-17 013	-17 013
1	321,02	5971	-3418,9	2552,1	-369,2	5601,8
2	321,04	5971,4	-3419,1	2552,3	-369,2	5602,2
3	321,07	5971,9	-3419,4	2552,5	-369,2	5602,6
4	321,09	5972,3	-3419,6	2552,7	-369,3	5603,0
5	321,11	5972,7	-3419,8	2552,9	-369,3	5603,4
6	321,13	5973,1	-3420,1	2553,0	-369,3	5603,8
7	321,16	5973,5	-3420,3	2553,2	-369,3	5604,2
8	321,18	5973,9	-3420,6	2553,3	-369,4	5604,6
9	321,20	5974,4	-3420,8	2553,6	-369,4	5605,0
10	321,22	5974,8	-3421,0	2553,8	-369,4	5605,4
11	321,25	5975,2	-3421,3	2553,9	-369,4	5605,8
12	321,27	5975,6	-3421,5	2554,1	-369,5	5606,2
13	321,29	5976,0	-3421,8	2554,2	-369,5	5606,5
14	321,31	5976,5	-3422,0	2554,5	-369,5	5606,9
15	321,34	5976,9	-3422,2	2554,7	-369,5	5607,3
16	321,36	5977,3	-3422,5	2554,8	-369,6	5607,7
17	321,38	5977,7	-3422,7	2555,0	-369,6	5608,1
18	321,40	5978,1	-3423,0	2555,1	-369,6	5608,5
19	321,43	5978,5	-3423,2	2555,3	-369,6	5608,9
20	321,45	5979,0	-3423,4	2555,6	-369,7	5609,3
Valor actual neto (VAN)			-10 955,33		24 847,28	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el VAN, sólo resulta rentable el tratamiento de agua residual usando humedales artificiales.

Para la segunda opción se presentan los siguientes datos y se determina el Valor Actual Neto (VAN) de cada alternativa de tratamiento, cuyos resultados se encuentran en la **tabla 34**, para esta opción se debe tener en cuenta que no habrá un aporte económico mensual por parte de los pobladores de Palambra.

Período de diseño: 20 años

Tasa de descuento: 12 %

Población de diseño: 321 personas

**Tabla 34.** Valor actual neto (VAN) de ambas alternativas

Año	Población (Personas)	Ingresos (US\$)	Filtros percoladores		Humedales Artificiales	
			Egresos (US\$)	Capital Neto (US\$)	Egresos (US\$)	Capital Neto (US\$)
0	321	-	-30 026,34	-30 026,34	-17 013	-17 013
1	321,02	-	-3418,9	-3418,9	-369,2	-369,2
2	321,04	-	-3419,1	-3419,1	-369,2	-369,2
3	321,07	-	-3419,4	-3419,4	-369,2	-369,2
4	321,09	-	-3419,6	-3419,6	-369,3	-369,3
5	321,11	-	-3419,8	-3419,8	-369,3	-369,3
6	321,13	-	-3420,1	-3420,1	-369,3	-369,3
7	321,16	-	-3420,3	-3420,3	-369,3	-369,3
8	321,18	-	-3420,6	-3420,6	-369,4	-369,4
9	321,20	-	-3420,8	-3420,8	-369,4	-369,4
10	321,22	-	-3421,0	-3421,0	-369,4	-369,4
11	321,25	-	-3421,3	-3421,3	-369,4	-369,4
12	321,27	-	-3421,5	-3421,5	-369,5	-369,5
13	321,29	-	-3421,8	-3421,8	-369,5	-369,5
14	321,31	-	-3422,0	-3422,0	-369,5	-369,5
15	321,34	-	-3422,2	-3422,2	-369,5	-369,5
16	321,36	-	-3422,5	-3422,5	-369,6	-369,6
17	321,38	-	-3422,7	-3422,7	-369,6	-369,6
18	321,40	-	-3423,0	-3423,0	-369,6	-369,6
19	321,43	-	-3423,2	-3423,2	-369,6	-369,6
20	321,45	-	-3423,4	-3423,4	-369,7	-369,7
Valor actual neto (VAN)			-55 574,31		-19 771,70	

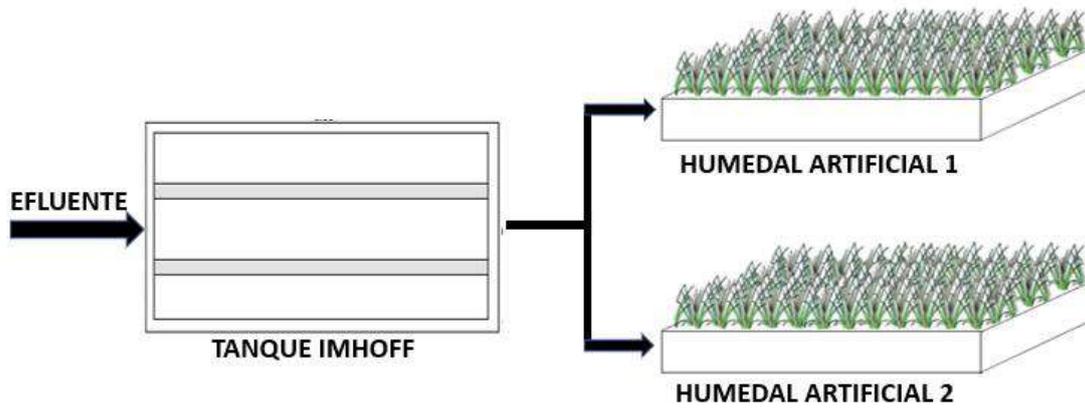
Fuente: Elaboración propia.

Si bien es cierto, ambas opciones no son rentables, para este caso se escoge el menor VAN, es decir aquel que no genera tantas pérdidas económicas, los humedales artificiales.

#### 4.5. Sistema de tratamiento recomendado

A partir de las evaluaciones hechas anteriormente, los humedales artificiales es la opción más conveniente, como se vio en las evaluaciones este sistema se adapta muy bien a las condiciones que presenta Palambla.

Los humedales artificiales generalmente se usan como único proceso de tratamiento, sin embargo, se propone el esquema de la **figura 41** para el tratamiento de las aguas residuales de Palambla.



**Figura 41.** Proceso de tratamiento propuesto  
**Fuente:** Elaboración Propia.

Se propone usar un tanque Imhoff seguido de humedales artificiales. El tanque Imhoff tiene una eficiencia de remoción de carga orgánica en un 30 % y los humedales artificiales disminuirán la carga orgánica en un 90 %.

## Capítulo 5

### Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para Palambla

#### 5.1. Alternativas de ubicación

La poza de oxidación descrita en el punto 4.1, se encuentra a casi 170 metros cuesta abajo desde la plaza de Palambla, en las coordenadas Latitud  $-5.3882490773811105$ , Longitud  $-79.61186093483079$ , estas coordenadas fueron tomadas en la visita de campo hecha para tomar muestras de agua residual de la poza para ser analizadas en el laboratorio de ingeniería sanitaria de la Universidad de Piura (LIS), en la **figura 42** se muestra una imagen satelital de la ubicación de la poza.



**Figura 42.** Ubicación actual de la poza de oxidación

Fuente: Google Earth

Según García y Corzo (2008), la selección de la ubicación de un sistema de humedales se realiza en función de variables que fundamentalmente afectan a su proceso constructivo y a los costes que éste conlleva, destacándose la accesibilidad, el precio y la calidad del terreno, la climatología y geología de la zona, entre otros.

Los humedales se deben situar en zonas llanas o con muy poca pendiente y que permitan a ser posible, la circulación del agua por gravedad en todos los elementos de la depuradora. Las llanuras próximas a los ríos aun cuando cumplen esta condición no son siempre adecuadas ya que pueden necesitar de diques de protección contra las inundaciones.

Por otra parte, los sistemas deben situarse alejados de zonas con bastante pendiente o taludes susceptibles de ser erosionados, puesto que si los materiales son arrastrados y entran en los humedales pueden acelerar el proceso de colmatación. En cualquier caso, se deberá evaluar las medidas necesarias para evitar la entrada de finos en los humedales

## 5.2. Datos poblacionales

De acuerdo con el censo distrital hecho en el año 2015 por la Municipalidad Distrital de Canchaque, el Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA), la Agencia Vasca de Cooperación para el Desarrollo y EGOAIZIA y publicado en el sitio web de información distrital de Canchaque, el caserío de Palambla cuenta con 321 personas, en la **tabla 35** se da a conocer el reporte por grupos de edad de dicho censo.

**Tabla 35.** Reporte por grupos de edad del caserío Villa Palambla

<b>Rango de edad (años)</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total</b>
<b>0 a 9</b>	32	19	51
<b>10 a 19</b>	23	25	48
<b>20 a 29</b>	16	23	39
<b>30 a 39</b>	24	15	39
<b>40 a 49</b>	8	22	30
<b>50 a 59</b>	21	17	38
<b>60 a más</b>	31	45	76
<b>Total</b>	<b>155</b>	<b>166</b>	<b>321</b>

**Fuente:** Sistema de información distrital Canchaque.

Según lo visto en el punto 3.3 la población del distrito de Canchaque mostró en el último año un crecimiento del 0,007 %, es casi 0 el porcentaje de crecimiento de este distrito, para motivos de la presente tesis, tomaremos dicho crecimiento para el Caserío Villa Palambla, se piensa que una de las causas de este casi nulo crecimiento es debido a que la gente se va del distrito a otras partes, para buscar una mejor vida, debido a que en la zona, el trabajo es limitado y las oportunidades de desarrollo también lo son.

Este tipo de sistemas se diseñan para las peores condiciones, dentro de las cuales podemos encontrar: crecimientos poblacionales inesperados, variaciones de caudal, etc.

Además de la población mostrada en la **Tabla 35**, se ha considerado una población flotante de 130 personas.

### 5.3. Caudal de diseño de aguas residuales

#### 5.3.1. Dotación de agua potable

El reglamento nacional de edificaciones S121.4. sugiere las siguientes dotaciones:

##### Zonas urbanas

- **Lotes mayores a 90 m<sup>2</sup>:**  
Climas fríos: 180 L/h/d  
Climas templados y cálidos: 220 L/h/d
- **Lotes de menos de 90 m<sup>2</sup>:**  
Climas fríos: 120 L/h/d  
Climas templados y cálidos: 150 L/h/d

##### Zonas rurales: No hay reglamento

- **Valores referenciales:**  
Costa: 60 L/h/d  
Sierra: 50 L/h/d  
Selva: 70 L/h/d  
  
Para el caso del caserío Palambra se trabajará con una dotación de 120 L/h/d.

#### 5.3.2. Cálculo del caudal de aguas residuales para el diseño

El cálculo del **caudal promedio** se ha realizado por medio de la siguiente fórmula:

$$Q_p = \frac{\text{Dotación} \times \text{Población}}{86\,400}$$

Donde:

$Q_p$  : Caudal promedio (L/s)

Dotación: en L/hab/día

Población de diseño: N° habitantes

El **caudal máximo diario** de agua potable se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Q_{md} = K_1 \times Q_p$$

Donde:

$K_1$ : Coeficiente de caudal máximo diario; 1,3.

El **caudal máximo horario** de agua potable se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_p$$

$K_2$ : Coeficiente de caudal máximo horario; 1,8

El **caudal mínimo horario** de agua potable se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Q_{minh} = \frac{Q_p}{K_3}$$

$K_3$ : Coeficiente de caudal mínimo horario; 2

El resumen de cálculos se presenta a continuación en la **tabla 36**:

**Tabla 36.** Cálculos de caudales de agua

	<b>Palambla</b>
Población (hab)	451
Dotación (L/hab. día)	120
Caudal promedio (lps)	0,63
Caudal máximo diario (lps)	0,81
Caudal máximo horario (lps)	1,12
Caudal mínimo horario (lps)	0,31

**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo con el S.121.8 del reglamento nacional de edificaciones (RNE), se ha considerado que el caudal de aguas residuales es igual al 80% del caudal de agua potable consumida. Por lo tanto, en la **tabla 37** se presenta los caudales de aguas residuales para el diseño:

**Tabla 37.** Caudales de agua residual

	<b>Agua</b>	<b>Agua residual</b>
Caudal promedio (lps)	0,63	0,5
Caudal máximo diario (lps)	0,81	0,65
Caudal máximo horario (lps)	1,12	0,9
Caudal mínimo horario (lps)	0,31	0,25

**Fuente:** Elaboración propia.

## 5.4. Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales

### 5.4.1. Caudal de diseño

El diseño del sistema de tratamiento se ha realizado usando el caudal promedio de aguas residuales ( $Q_m = 0,5$  lps). Ver **tabla 37**.

### 5.4.2. Calidad prevista del efluente

El agua tratada por este humedal artificial se puede emplear para riego, sin embargo, debe ser de vital importancia la eliminación de agentes patógenos, para su aprovechamiento. La normatividad peruana no establece límites permisibles de descarga a drenes agrícolas, por lo que este sistema debe asegurar una buena calidad bacteriológica del efluente a fin de evitar riesgos para las personas que manipulan el agua (regadores, operadores, etc.) así como la aparición de epidemias.

León (1995) recomienda un máximo de 1000 coliformes fecales por cada 100ml para riego sin restricciones de cultivos. Muchos ríos y acequias con una calidad bacteriológica de 1000 coliformes fecales por cada 100 ml son autorizados para riego. En la **tabla 38** se muestra las recomendaciones sobre la calidad microbiológica de las aguas residuales usadas para riego en agricultura.

**Tabla 38.** Calidad microbiológica recomendada en las aguas residuales usadas para riego en agricultura.

Categoría	Condiciones de aprovechamiento	Grupo expuesto	Coliformes Fecales
<b>A</b>	Riego de cultivos que comúnmente se consumen crudos, campos de deporte, parques públicos.	Trabajadores, consumidores, público	1000 CF/ 100 mL
<b>B</b>	Riego de cultivos de cereales, industriales y forrajeros, praderas y árboles.	Trabajadores	No se recomienda ninguna norma.
<b>C</b>	Riego localizado en la categoría B, cuando ni los trabajadores ni el público están expuestos.	Ninguno	No se aplica.

**Fuente:** (León Suematsu , “Parámetros de calidad para uso de aguas residuales. Guía de calidad de efluentes para la protección de la salud”, 1995)

Considerando esto, se ha establecido llegar a valores cercanos de este indicador, pero con algunas restricciones como el riego solo de cultivos de tallo alto, en los que los elementos aprovechables no estén en contacto directo con el agua residual tratada.

Hay que añadir a esto que, de acuerdo con muchas investigaciones, cuando se riegan cultivos de tallo alto y áreas verdes con aguas residuales correctamente tratadas, en cantidades moderadas, tienen una productividad mayor y favorece al crecimiento óptimo de las mismas, cabe resaltar que reduce los riesgos de contaminación y déficit de agua en zonas periurbanas.

### 5.4.3. Diseño de las unidades

#### Dimensionamiento Tanque Imhoff

Para el diseño de Tanque Imhoff se tomó en cuenta la Norma Técnica S090 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales” del Reglamento Nacional de Construcción. La norma anteriormente descrita nos recomienda usar los valores mostrados en la **tabla 39**. Además, se usó la “Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización” y las “Especificaciones técnicas para la construcción de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización” Lima. 2005 elaboradas por la Organización Panamericana de la Salud.

**Tabla 39.** Factores de capacidad relativa y tiempo de digestión de lodos

Temperatura (°C)	Tiempo de digestión (días)	Factor de capacidad relativa ( $f_{cr}$ )
5	110	2
10	76	1,4
15	55	1
20	40	0,7
>25	30	0,5

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

Asimismo, los parámetros de diseño de partida se muestran en la **tabla 40**.

**Tabla 40.** Parámetros de diseño iniciales

Ítem	Símbolo	Parámetros de diseño	Valores
1	-	Población actual	451 habitantes
2	-	Tasa de crecimiento	≈ 0 %
3	-	Población futura	451 habitantes
4	-	Dotación de agua	120 L/ (hab . día)
5	-	% de aguas residuales	80%
6	-	Temperatura promedio mes más frío	12 ° C
7	Cs	Tasa de sedimentación	1 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> . h)
8	R	Período de retención	2 horas (recomendable)
9	-	Borde libre	0,5 m
10	-	Volumen de digestión de lodos	28 L/hab. a 15° C
11	-	Relación L/B (teórico)	3,8
12	-	Relación L/H fondo sedimentador (teórico)	5-30
13	-	Espaciamiento libre pared digestor al sedimentador	0,35 m
14	-	Ángulo fondo sedimentador	50°
15	-	Distancia fondo sedimentador a altura máxima de lodos (zona muerta)	0,5 m
16	$f_{cr}$	Factor de capacidad relativa	1,24
17	-	Espesor muros sedimentador	0,3 m
18	-	Inclinación tolva en digestor	30 °
19	-	Número de troncos de pirámide en el largo	1
20	-	Número de troncos de pirámide en el ancho	1
21	-	Requerimiento lecho de secado	0,1 m <sup>2</sup> /habitante
22	-	Contribución <i>per cápita</i> de SS	70 gr SS/ (hab . día)
23	-	% de sólidos contenidos en el lodo	10 % (varía entre 8-12 %)

Fuente: Elaboración propia.

**El caudal de tratamiento será:**

$$Q_p = \frac{\text{Dotación} \times \text{Población}}{1000} * \% \text{ Contribución}$$

$$Q_p = \frac{451 * 120}{1000} * 0,8$$

$$Q_p = 43,30 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

**Sedimentador:**

- **Área de sedimentación ( $A_s$ )**

$$A_s = \frac{Q_p}{C_s}$$

Donde:  $C_s = 1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  **Ver tabla 40 ítem 7**

$$A_s = \frac{43.30}{24 * 1}$$

$$A_s = 1,90 \text{ m}^2$$

- **Volumen del sedimentador ( $V_s$ )**

$$V_s = R * Q$$

$$V_s = 2 * 1,8 = 3,6 \text{ m}^3$$

- **Ancho zona del sedimentador (B)**

Siendo una relación de  $L/B = 3,8$  **Ver tabla 40 ítem 11**

Entonces:  $L = 3,8B$

$$A_s = L * B$$

$$A_s = 3,8B^2$$

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{3,8}}$$

Reemplazando valores:

$$B = \sqrt{\frac{1,90}{3,8}} = 0,71 \text{ m}$$

Sin embargo, para posteriores condiciones posteriores que se deben cumplir será necesario que el ancho sea igual a:

$$B = 1 \text{ m}$$

- **Largo zona del sedimentador (L)**

$$L = 3,8B$$

$$L = 3,8 \text{ m}$$

**Altura del tronco de cono:**  $h_{tc} = 0,5 / \text{tang}.40^\circ = 0,59 \text{ m}$

**Altura de la zona rectangular de la cámara de sedimentación:**

**Sección del triángulo** =  $\frac{1}{2} (B * h_{tc}) = \frac{1}{2} * 1 * 0,59 = 0,295 \text{ m}^2$

**Sección rectangular** =  $1 * h_r$

**Volumen de sedimentación** =  $(0,295 + 1 h_r) * 3,8 = 3,6 \text{ m}^3$

$h_r = 0,65 \text{ m}$ .

La altura máxima de lodos estará 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador

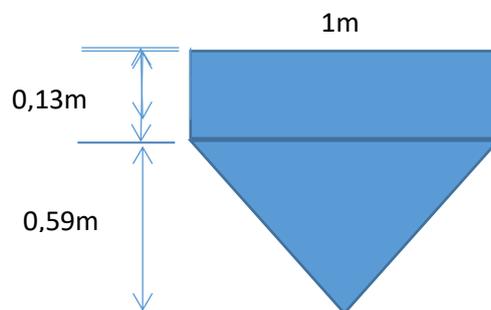
- **Altura total del sedimentador ( $H_s$ )**

$$H_s = H_{fs} + H + \text{borde libre}$$

Donde el borde libre = 0,5 m. **Ver tabla 40 ítem 9**

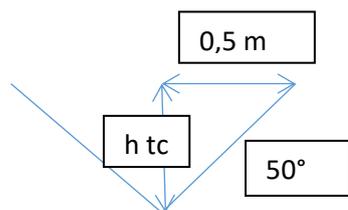
$$H_s = 0,59 + 0,65 + 0,5 = 1,74 \text{ m}$$

En la **figura 43** se muestran un diagrama del sedimentador



**Figura 43.** Vista frontal del sedimentador.  
Elaboración propia

Considerando un ángulo de 50° con la horizontal:



**Digestor:**

- **Volumen del digestor ( $V_d$ ):**

$$V_d = \frac{\text{Volumen digestión de lodos} * \# \text{Habitantes} * f_{cr}}{1000}$$

Debido a que T °C (mes más frío) es 12, de la **Tabla 39** obtenemos un  $f_{cr} = 1,24$ .

$$V_d = \frac{28 * 451 * 1,24}{1000} = 15,6 \text{ m}^3 = 16 \text{ m}^3$$

- **Ancho del Tanque Imhoff (Bimhoff):**

$$B_{imhoff} = B + (\text{Espaciamiento libre pared digestor al sedimentador} * 2) + \text{espesor muros de sedimentador} * 2$$

Donde el espaciamiento libre pared digestor al sedimentador = 2m y el espesor de los muros del sedimentador = 0,3 m. **Ver tabla 40 ítems 13 y 17.**

$$B_{imhoff} = 1 + (2+0,35) + (2*0,2) = 2,1 \text{ m}$$

- **Superficie libre (%)**

$$\% = \frac{2 * L * \text{Espaciamiento libre pared digestor al sedimentador}}{B_{imhoff} * L}$$

$$\% = \frac{2 * 0,35 * 3,8}{2,1 * 3,8} = 33\%$$

- **Altura del fondo del digestor ( $H_{fd}$ )**

$$H_{fd} = \frac{\left(\frac{B_{imhoff}}{2}\right)}{\text{Número de troncos de pirámide en el ancho} * \text{tg}(30)}$$

Donde el número de troncos de pirámide en el ancho = 1 **Ver tabla 40 ítem 20**

$$H_{fd} = \frac{\left(\frac{2.1}{2}\right)}{1 * \operatorname{tg}(60)} = 0,61 \text{ m}$$

- **Altura de lodos en el digestor**

Volumen de lodos unitario =  $16 / 1 = 16 \text{ m}^3$

Área triangular =  $\frac{1}{2} * 2,1 * 0,61 = 0,64 \text{ m}^2$

Área rectangular =  $hr * 2,1 \text{ m}^2$

$(2,1 \text{ hr} + 0,64) * 3,8 = 16$

**hr = 1.47 m.**

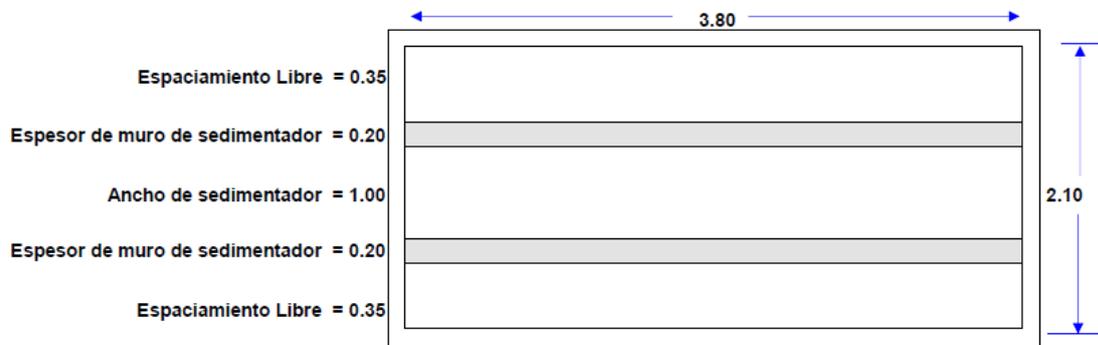
- **Altura total Tanque Imhoff ( $H_{imhoff}$ )**

$H_{imhoff} = H_s + \text{altura del lodo en digestor} + H_{fd} + \text{distancia fondo sedimentador a altura máxima de lodos.}$

Donde la altura del lodo en digestor = 1.47 m y distancia fondo sedimentador a altura máxima de lodos = 0.5m. **Ver tabla 40 ítem 15.**

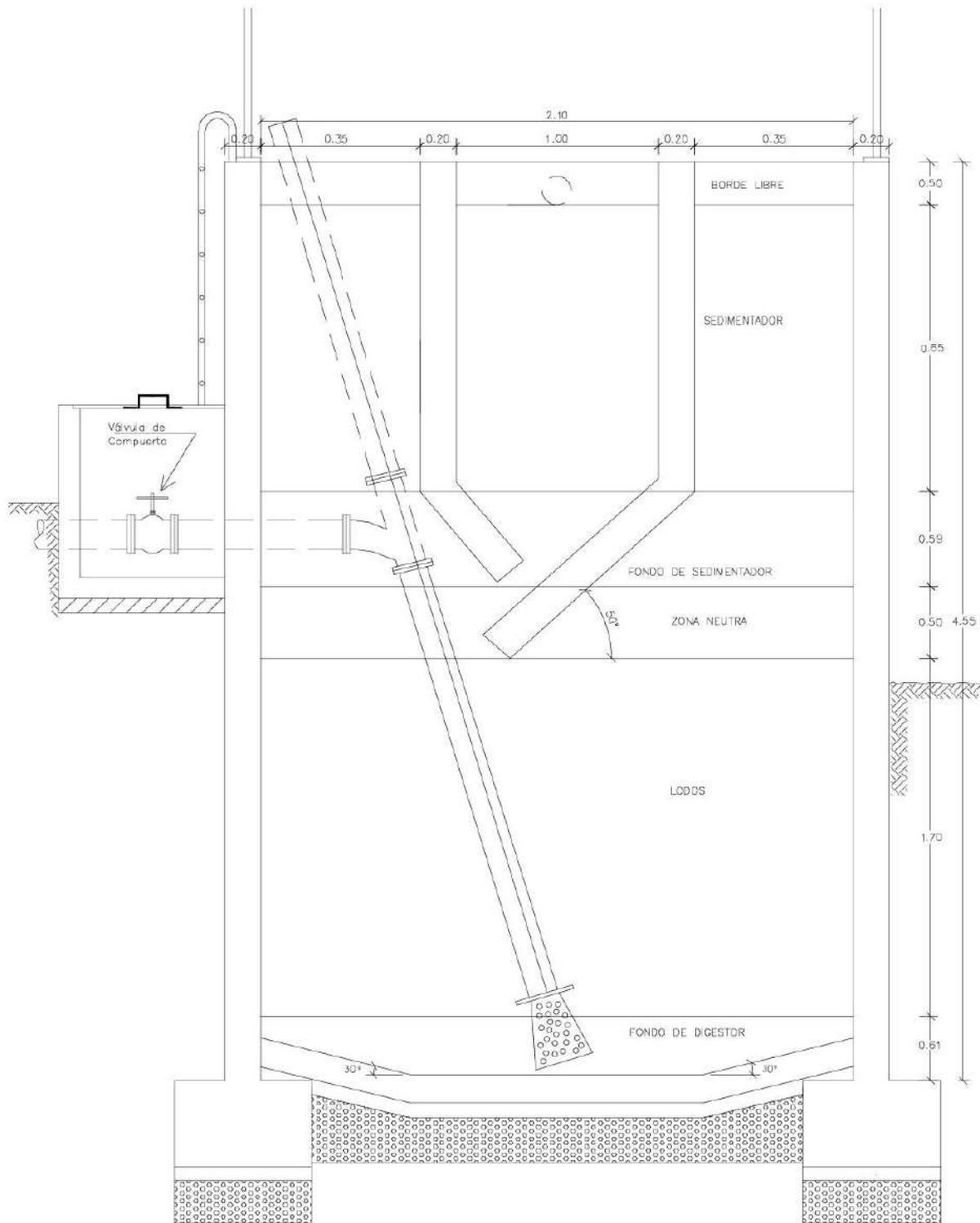
$$H_{imhoff} = 1.74 + 1.47 + 0.61 + 0.5 = 4.55 \text{ m}$$

En las **figuras 44 y 45** se muestran 2 vistas del diseño del Tanque Imhoff.



**Figura 44.** Dimensiones del tanque Imhoff propuesto – Vista de planta

**Fuente:** Elaboración propia



CORTE A-A

**Figura 45.** Dimensiones del tanque Imhoff propuesto – Vista de corte  
**Fuente:** Elaboración propia

### Dimensionamiento humedal artificial de flujo subsuperficial

Si bien es cierto no existe actualmente una norma técnica peruana que detalle los criterios para el diseño de humedales artificiales, se usaron las ecuaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. (EPA, por sus siglas en inglés) (United States Environmental Protection Agency (EPA), 1993).

Se presenta a continuación algunas consideraciones para el dimensionamiento de un humedal artificial de flujo subsuperficial:

**Pre dimensionamiento de la profundidad:** Suele ser de unos 50 a 80 cm. El agua fluirá a través del medio poroso y se recogerá en una red de tuberías de drenaje situada al fondo del lecho. La mayor parte de sistemas de flujo vertical en Reino Unido poseen una profundidad de entre 50-80 cm (Cooper *et al.*, 1996). Se asume para nuestro diseño una profundidad mínima de 0,6 m

**Selección del sustrato:** Los sustratos usados en humedales artificiales incluyen suelo, arena, grava, roca y materiales orgánicos (por ejemplo: compost). La acumulación de sedimentos y restos de vegetación ocurre por la baja velocidad del agua y a la alta productividad característica de estos sistemas. El sustrato, sedimentos y restos de vegetación son importantes debido a:

- Soportan a muchos de los microorganismos que viven en el humedal.
- La permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del humedal.
- La acumulación de restos de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el humedal (Lara, J., 1999).

Además, para la selección del lecho filtrante se debe usar la **tabla 41**

**Tabla 41.** Características típicas de los medios para humedales subsuperficiales

Tipo de material	Tamaño efectivo $d_{10}^{11}$ (mm)	Porosidad, n (%)	Conductividad hidráulica, $K_s$ ( $\frac{m_3}{m_2} / d$ )
Arena gruesa	2	28-32	100-1000
Arena gravosa	8	30-35	500-5000
Grava fina	16	35-38	1000-10 000
Grava media	32	36-40	10 000-50 000
Roca gruesa	128	38-45	50 000-250 000

**Fuente:** (United States Environmental Protection Agency (EPA), 1993).

Se propone usar arena con grava con una profundidad de 60 cm ( $h=0,6$  m).

**Selección de plantas:** La vegetación es un factor muy importante de los humedales artificiales. Por tanto, la elección de la especie se hará analizando los requerimientos del hábitat de cada una para escoger la que mayores ventajas presente y preferiblemente sean plantas locales adaptadas a las condiciones del lugar.

Para nuestro caso de estudio, se propone el uso de la especie *Typha angustifolia* (**Figura 46**), por ser la variedad de *Typha* más abundante en la región Piura (Saavedra B, 2017).

<sup>11</sup>  $d_{10}$  es el diámetro de una partícula en una distribución del peso de las partículas que es más pequeña que todo salvo el 10 % de las partículas.



**Figura 46.** *Typha angustifolia*

Fuente: Google imágenes

Los parámetros iniciales se muestran en la **Tabla 42**.

**Tabla 42.** Parámetros de diseño iniciales

Ítem	Símbolo	Parámetros de diseño	Valores
1	Co	DBO entrada	264,6 mg/L
2	Ce	DBO salida	25 mg/L
3	h	Profundidad	0,6 m
4	n	Porosidad	0,35
5	-	Número de unidades	4
6	Q	Caudal de entrada en cada unidad	21,6 m <sup>3</sup> /día
7	-	Temperatura promedio mes más frío	12 ° C
8	K <sub>20</sub>	Constante de temperatura (a 20° C)	<b>1,104d<sup>-1</sup></b>
9	-	Relación largo/ancho	3

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

La DBO entrada = 264,6  $\frac{mg}{L}$ , debido a que se espera que el tanque Imhoff tenga un 30 % de remoción de materia orgánica (DBO entrada = 378 \* 0,3 = 264,6  $\frac{mg}{L}$ )

El caudal de entrada se obtiene:  $Q_{unidad} = \frac{Q}{\# UNIDADES} = \frac{43.2}{2} = 21,6 m^3 / día$

### Cálculo del área necesaria.

Con la siguiente ecuación podremos hacer **el ajuste de la temperatura**, para llevar a cabo el cálculo del área superficial.

$$K_T = K_{20}(1,06)^{T-20}$$

El valor de la constante de temperatura (a 20° C) para humedales subsuperficiales es de 1.104 d<sup>-1</sup>. La temperatura promedio del mes más frío T = 12°C.

$$K_T = 1,104d^{-1}(1,06)^{12-20}$$

$$K_T = 0,69 d^{-1}$$

Debido a que serán 2 unidades el caudal de entrada de cada unidad será:  $10.8 \text{ m}^3/\text{día}$

Una vez hallado  $K_T$ , se procede a hallar **el valor del área superficial** mediante la siguiente ecuación:

$$A_S = \frac{Q(\ln C_o - \ln C_e)}{K_T (h)(n)}$$

Siendo:

$K_T$  = Constante de temperatura en  $\text{d}^{-1}$ .

$h$  = profundidad de diseño del sistema en m.

$n$  = porosidad del lecho de material del humedal (%).

$Q$  = caudal de entrada en  $\frac{\text{m}^3}{\text{día}}$

$$A_S = \frac{21,6 * (\ln 264,6 - \ln 25)}{0,69 (0,6)(0,35)}$$

$$A_S = 350,35 \text{ m}^2$$

Además

$$A_S = \text{largo} * \text{ancho}$$

De acuerdo con la **tabla 42**, la relación largo – ancho:

$$\frac{\text{largo}}{\text{ancho}} = 3$$

$$\text{largo} = 3 \text{ ancho}$$

Entonces:

$$A_S = 3 \text{ ancho}^2$$

$$\text{ancho} = \sqrt{\frac{A_S}{3}} = \sqrt{\frac{350,35}{3}} = 10,81 \text{ m}$$

$$\text{largo} = 3 * 10,81 = 32,42 \text{ m}$$

Sabiendo  $A_S$ , se calcula el tiempo de retención hidráulica:

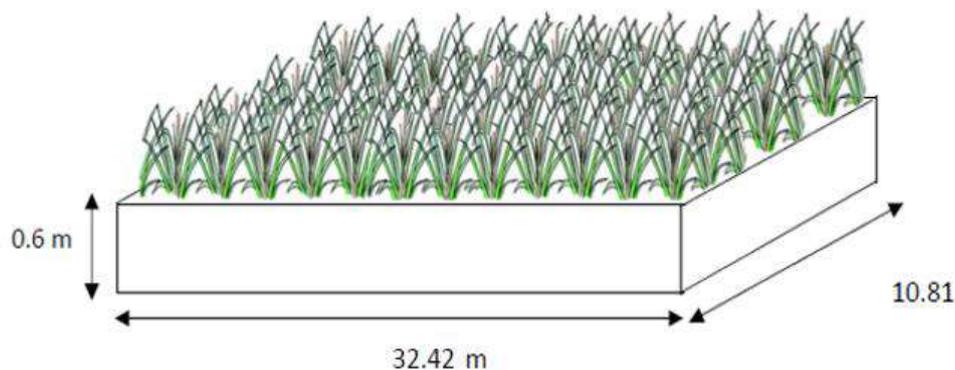
$$TRH = \frac{A_S * h * n}{Q}$$

$$TRH = \frac{350,35 * 0,6 * 0,35}{21,6} = 3,41 \text{ días}$$

Cálculo del área transversal

$$A_c = \text{ancho} * h = 10,81 * 0,6 = 6,48 \text{ m}^2$$

En la **figura 47** se muestra una representación del humedal artificial para Palambra.



**Figura 47.** Dimensiones de una de las unidades del humedal artificial  
**Fuente:** Elaboración propia

### 5.5. Costo estimado

El siguiente presupuesto para la “PTAR Palambra”, se realizó en base a presupuesto de otros proyectos como la PTAR del Caserío San Cristóbal (Castillo Q., 2017) y la PTAR del AA.HH Oasis – Villa El Salvador (Galindo Y. & Ruiz V., 2007), ver **Tabla 43**.

**Tabla 43.** Costos estimados de construcción de la planta de tratamiento

Partida	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Importe (S/.)	Parcial
Tanque Imhoff	Gbl	1	38 207,48	38 207,48	
Humedal subsuperficial de flujo horizontal	Gbl	2	45 194,08	90 388,16	
<b>Costo directo</b>					128 5953,64
<b>Gastos generales y utilidad</b>	%	<b>10</b>			12 859,56
<b>Impuesto (IGV)</b>	%	<b>19</b>			24 433,17
<b>Total presupuesto</b>					<b>165 888,37</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Costo estimado de la construcción de la PTAR Palambra: (US\$) 51 042,58**



## **Conclusiones y recomendaciones**

### **1. Conclusiones**

- Basados en la información estadística tanto del INEI como en Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), a nivel nacional no sólo existe una brecha importante entre servicios de saneamiento en el área urbana y el área rural, sino también a nivel latinoamericano, demostrándose la poca importancia que se le da a las poblaciones rurales.
- La provisión de los servicios de agua potable debe ser vista como un tema ligado al desarrollo de cada país, por lo que la toma de decisiones, el planteamiento de políticas y las inversiones en los diversos niveles, no solo corresponden a la institucionalidad ligada al recurso hídrico y a los servicios de agua potable y saneamiento, sino que deben contarse como un compromiso del más alto nivel político, incluyendo ministerios de finanzas, planificación, vivienda, salud, así como al poder legislativo, los gobiernos locales y una participación efectiva de los sectores productivos y de la sociedad civil.
- La matriz de decisión propuesta para la selección de alternativas tecnológicas para el tratamiento de aguas residuales es un instrumento eficaz y fácil de manejar que permite una toma de decisión objetiva basada en fundamentos técnicos generales e información de ingeniería básica de las tecnologías evaluadas.
- La falta de recursos económicos limita la construcción, operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales que utilizan energía eléctrica para su funcionamiento y requieren de equipos electromecánicos costosos, por esta razón es que se buscan soluciones eficientes y cuyo costo de operación y mantenimiento sea lo más bajo posible.
- En nuestro país recién se está dando importancia a tratamientos alternativos a las lagunas de estabilización (que es el tratamiento más usado en el Perú), por lo que hace falta más investigación en otros tipos de tratamientos como los humedales artificiales.

- No se debe dejar de lado o no darle importancia al tratamiento de aguas residuales en una ciudad. En el caso de Palambla, el descuido lleva más de 20 años con esa poza de oxidación, se espera que las quejas presentadas por el encargado del canal Real Palambla a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el presente trabajo, sirvan de aporte para resolver el problema del tratamiento de las aguas residuales de la localidad de Palambla.

## **2. Recomendaciones**

- Evaluar el estado de las redes de agua y alcantarillado de la ciudad, tal como se ha visto en las fotos, la mayoría de las tuberías de agua se encuentran visibles a lo largo de la carretera producto de la erosión, además es común el taponamiento y atoro del alcantarillado en el camino.
- Se debe empezar a incentivar en los pobladores de Villa Palambla la cultura del cuidado del agua, ya que es muy común no sólo encontrar conexiones clandestinas de agricultores a la red de agua potable, sino también el derroche que hacen de la misma.
- Es de importancia llevar un control adecuado de los niveles de contaminación que tienen las aguas de Villa Palambla, identificando puntos estratégicos donde se pueda llevar a cabo el muestro de la calidad del agua. Además de futuras investigaciones para determinar si los relaves pasivos de la mina Turmalina siguen contaminando aguas canchaqueñas y en qué magnitud.
- Es difícil establecer con cierta precisión la población flotante, por motivos de la presente investigación se consideró 130 como el número de habitantes que conforman esta población flotante, sin embargo, se debe tener en cuenta este parámetro ya que influye mucho en el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Sensibilizar a la población en proyectos de este tipo, haciéndoles hincapié de la importancia de estos y quitar de la mente, la idea que las aguas residuales no sirven para riego. Muchos estudios demuestran que un agua correctamente tratada, resulta muy beneficiosa para el riego de ciertos cultivos, debido a su alto contenido de nitrógeno y fósforo.
- El presente trabajo sirve de base para un proyecto real, sin embargo, de implementarse el mismo, es necesario hacer: un muestreo compuesto durante 24 horas (o dependiendo si la ciudad tiene una cámara de bombeo, en tal situación, sólo se hace hasta la hora donde la cámara de bombeo funciona), hacer un estudio de mecánica de suelos y un levantamiento topográfico para conocer el terreno.
- El presupuesto presentado es referencial y fue elaborado en base a proyectos similares, que contaban dentro de su estructura con un tanque imhoff o un humedal artificial de flujo subsuperficial, sin embargo, se recomienda hacer un estudio detallado de costos unitarios para trabajos posteriores.

## Referencias bibliográficas

1. Arteaga Nuñez, Francisco. Apuntes de clase del curso “Impacto y Gestión Ambiental”.2016.
2. Autoridad Nacional del Agua (ANA): “Plan de gestión de los recursos hídricos de la cuenca Chira-Piura”. 2013.
3. Autoridad Nacional del Agua. “Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas”. Lima. 2016.
4. Ayala & Diaz, “Manual para el diseño de unidades de tipo biológico en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en el Salvador”. Tesis Universidad de El Salvador. 2008.
5. Banco Interamericano de Desarrollo. “El futuro de los servicios de agua y saneamiento en América Latina: Desafíos de los operadores de áreas urbanas de más de 300.000 habitantes”. 2015.
6. Banco Interamericano de Desarrollo. “El futuro de los servicios de agua y saneamiento en América Latina: Documento para discusión”. 2015.
7. Carhuapoma A. & Silva R. “Determinantes de la Adopción de Tecnología de Producción Orgánica para el cultivo de Café en el distrito de Canchaque Provincia de Huancabamba”. Programa de actualización para la titulación profesional PATPRO 2011. Universidad Nacional de Piura.
8. Castillo Q. “Proyecto de saneamiento en el Caserío San Cristóbal, Distrito de San Miguel del Faique, Provincia de Huancabamba, Piura”. Trabajo de suficiencia profesional UDEP, 2017.
9. Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua de Sevilla (CENTA). “Manual de depuración de aguas residuales urbanas”. 2008.
10. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). “Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales: Procesos de oxidación bioquímica con biomasa fija”. Coyoaca, México, D.F. 2015.

11. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). “Manual de agua potable, alcantarillado y Operación y mantenimiento de PTARM: Lagunas de estabilización”. Coyoaca, México, D.F. 2015.
12. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). “Manual de agua potable, alcantarillado y Operación y mantenimiento de PTARM: Filtros rociadores”. Coyoaca, México, D.F. 2015.
13. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). “Manual de agua potable, alcantarillado y Operación y mantenimiento de PTARM: Humedales artificiales”. Coyoaca, México, D.F. 2015.
14. Comité provincial de seguridad ciudadana (COPROSEC) Morropón “Plan provincial de seguridad ciudadana COPROSEC Morropón”. 2017.
15. Del Cristo Marrero Hernández M. “Evolución de aguas residuales depuradas almacenadas en balsas”. Tesis Universidad de la laguna. 1998.
16. Espinoza R. “Planta de tratamiento de aguas residuales en San Juan de Miraflores”. Tesis Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales UDEP, 2010.
17. Fondo Nacional del Ambiente (FONAM) - Perú. “Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú”. 2008.
18. Galindo Y. & Ruiz V. “Evaluación, diagnóstico y mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales de flujo subsuperficial en el AA. HH Oasis- Villa El Salvador”. Tesis UNI. 2007.
19. Garcia Serrano, J & Corzo Hernández, A. “Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial”. 2008.
20. Goicochea Elias, M. and Fernández Loyola, C. “Disposición de las aguas residuales domésticas mediante emisarios submarinos”. Tesis UNI. 2002.
21. INEI. “Censos Nacionales XI de población y VI de vivienda”. 2007.
22. INEI. “IV Censo Nacional Agropecuario”. 2012.
23. INEI. “Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico”. Lima. 2016.
24. Lara, J. “Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales”. Tesis Máster en Ingeniería y Gestión Ambiental Universidad Politécnica de Barcelona. 1999.
25. León Suematsu Guillermo. “Parámetros de calidad para uso de aguas residuales. Guía de calidad de efluentes para la protección de la salud”. 1995.
26. León Suematsu Guillermo. “Tecnología de Tratamiento de Agua Residuales Usadas en América Latina y el Caribe. Criterios de Selección de Tecnologías. Separatas. Material de Clases - Facultad de Ingeniería Ambiental UNI”. 2001.

27. Metcalf & Eddy. “Ingeniería de las Aguas Residuales: Tratamiento, vertido y reutilización”. Editorial McGraw-Hill t1-t2. Tercera Edición. 1996.
28. Ministerio de agricultura (MINAG), Autoridad Nacional del Agua (ANA). “Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos de la cuenca Chira-Piura”. 2012.
29. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. “Reglamento Nacional de Edificaciones”. 2006.
30. Ministerio del ambiente (MINAM). “Manual para municipios ecoeficientes”. 2009.
31. Municipalidad Provincial de Canchaque. “Estudio de pre inversión a nivel de perfil denominado: Mejoramiento de la trocha carrozable Canchaque-Cruce-La Vaquería-Coyona del distrito de Canchaque- Provincia de Huancabamba- Piura”. San Carlos Ingenieros EIRL. 2012.
32. Municipalidad Provincial de Huancabamba. “Evaluación ambiental preliminar del proyecto mejoramiento y rehabilitación del aeródromo de Huancabamba”. DKA Ingeniería & Consultores Ambientales S.A.C. 2017.
33. Municipalidad Provincial de Huancabamba. “Plan de Infraestructura Económica Provincial (PIEP) de Huancabamba”.2007.
34. Naciones Unidas. “Proyección de población”. Santiago de Chile. 2009.
35. Organización Panamericana de la Salud. “Especificaciones técnicas para la construcción de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización”. Lima. 2005.
36. Organización Panamericana de la Salud. “Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores”. Lima. 2005.
37. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). “Informe sobre desarrollo humano 2014. Sostener el progreso humano: reducir vulnerabilidades y construir resiliencia”. Nueva York. 2014.
38. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. “Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas, cifras y datos”. 2017.
39. Ramalho, R. “Tratamiento de Aguas Residuales”. Editorial Reverte S.A. Primera Edición. 1996.
40. Red ALFA TECSPAR. “Manual de tecnologías sostenibles en tratamiento de aguas”. España: Jordi Morató; Gustavo Peñuela. 2014.
41. Rodriguez J. “Tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades”. Universidad de Sonora. 2009.
42. Rojas, Ricardo “Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales”. 2002.

43. Saavedra B. “Aplicación de macrofitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna UDEP”. Tesis UDEP. 2017.
44. Silva J. “Evaluación y rediseño del sistema de lagunas de estabilización de la Universidad de Piura”. Tesis UDEP, 2004.
45. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), Cooperación Alemana, implementada por la GIZ Programa de Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento (Proagua II). “Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento”. Lima 2015.
46. UNESCO. “Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos: Aguas residuales el recurso desaprovechado”. 2017.
47. United States Environmental Protection Agency (EPA). “Folleto informativo de tecnología de aguas residuales – Humedales de flujo subsuperficial”. 2000.
48. United States Environmental Protection Agency (EPA). “Guía para el diseño y construcción de un humedal construido con flujos subsuperficiales”. 1993.
49. Universidad de Belgrado. “Estudio comparativo de normas de calidad de agua potable en distintos países de América”. Argentina. 2007.
50. Universidad Nacional Autónoma de México. “Elección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales: Guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas”. 2013.
51. Universidad Técnica Particular de Loja. “Guía para la Selección de Tecnologías de Depuración de Aguas Residuales por Métodos Naturales”. 2010.
52. Valdez Chávez, C. and Vázquez González, A. “Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales”. Primera edición. 2003.

## **Anexos**



**Anexo A.1 – Población total (En miles a mitad de año) de la región por países (1950-2000)**

Países	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
<b>América Latina</b>	<b>160946</b>	<b>184695</b>	<b>212083</b>	<b>243927</b>	<b>277770</b>	<b>314299</b>	<b>353109</b>	<b>392620</b>	<b>431779</b>	<b>470537</b>	<b>508479</b>
Argentina	17 150	18 928	20 616	22 283	23 962	26 049	28 094	30 305	32 581	34 835	36 896
Bolivia	2714	3006	3351	3748	4212	4759	5355	5964	6669	7482	8317
Brasil	53975	62887	72774	84331	95991	108127	121618	136124	149527	161620	174167
Chile	6082	6764	7643	8647	9570	10413	11174	12102	13179	14395	15412
Colombia	12 000	13 827	16 005	18 556	21 327	23 962	26 881	29 984	33 186	36 436	39 763
Costa Rica	966	1129	1334	1582	1821	2051	2347	2697	3076	3475	3929
Cuba	5920	6540	7141	7950	8710	9432	9823	10064	10564	10885	11075
Ecuador	3387	3862	4439	5144	5970	6907	7961	9099	10272	11397	12305
El Salvador	2200	2433	2773	3243	3740	4233	4660	4996	5326	5724	5942
Guatemala	3146	3619	4140	4736	5419	6204	7014	7935	8908	10004	11229
Haití	3221	3516	3869	4275	4713	5144	5691	6388	7109	7837	8578
Honduras	1487	1718	2003	2353	2691	3107	3634	4236	4901	5589	6234
México	27741	32253	37877	44404	52029	60712	69321	76808	83906	91621	98957
Nicaragua	1295	1508	1774	2063	2399	2797	3250	3709	4137	4658	5100
Panamá	860	977	1126	1303	1506	1723	1949	2176	2411	2670	2950
Paraguay	1473	1675	1907	2177	2484	2805	3198	3702	4248	4799	5349
Perú	7632	8672	9931	11467	13193	15161	17324	19519	21765	23927	25997
República Dominicana	2365	2781	3294	3878	4502	5149	5808	6487	7179	7888	8560
Uruguay	2239	2372	2538	2693	2808	2829	2914	3009	3106	3218	3318
Venezuela	5094	6230	7579	9094	10721	12735	15091	17317	19731	22078	24402

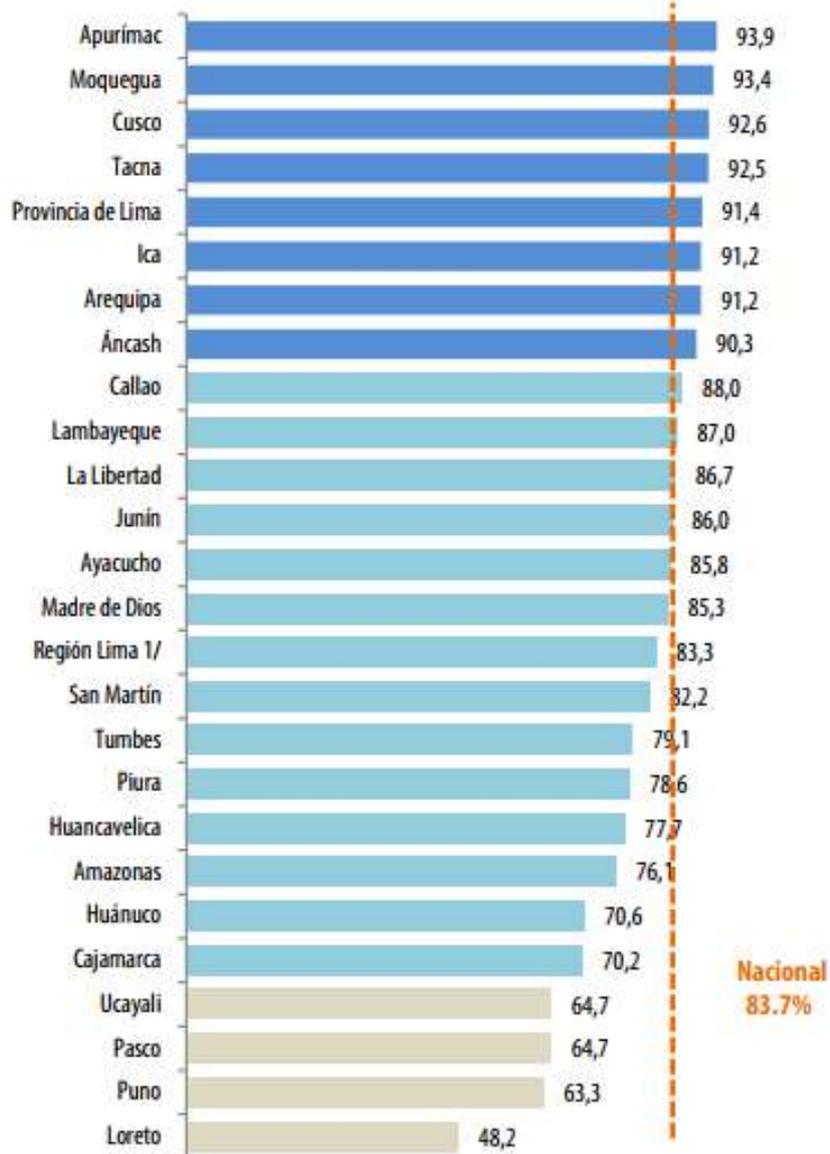
Fuente: Naciones Unidas. "Proyección de población". Santiago de Chile. 2009

**Anexo A.2 – Población total (En miles a mitad de año) de la región por países (2000-2050)**

Países	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>América Latina</b>	<b>508479</b>	<b>543622</b>	<b>575867</b>	<b>605531</b>	<b>632530</b>	<b>656590</b>	<b>677422</b>	<b>694620</b>	<b>707839</b>	<b>717360</b>	<b>722964</b>
Argentina	36896	38747	40738	42676	44486	46115	47534	48727	49786	50683	51382
Bolivia	8317	9182	10031	10854	11638	12368	13034	13626	14136	14564	14908
Brasil	174167	186110	195498	202954	209090	213754	216996	219031	219735	219417	217835
Chile	15412	16294	17133	17914	18606	19199	19675	20024	20253	20371	20388
Colombia	39763	43046	46299	49385	52278	54918	57262	59234	60806	61998	62874
Costa Rica	3929	4327	4639	4962	5255	5526	5767	5975	6148	6283	6383
Cuba	11075	11189	11203	11213	11193	11143	11051	10895	10670	10380	10030
Ecuador	12305	13060	13773	14550	15349	16128	16856	17507	18063	18518	18891
El Salvador	5942	6057	6192	6381	6616	6893	7172	7439	7686	7909	8111
Guatemala	11229	12709	14376	16195	18076	19984	21832	23582	25205	26681	27991
Haití	8578	9295	10089	10918	11752	12568	13363	14135	14873	15564	16192
Honduras	6234	6898	7621	8392	9141	9846	10490	11062	11554	11992	12373
México	98957	105001	110675	115735	120099	124019	127516	130263	132145	133186	133341
Nicaragua	5100	5455	5822	5822	6189	6529	6840	7121	7374	7599	7796
Panamá	2950	3231	3508	3508	4027	4267	4488	4683	4850	4984	5092
Paraguay	5349	5904	6460	6460	7533	8026	8483	8896	9266	9590	9867
Perú	25997	27833	29495	29495	32881	34478	35978	37345	38534	39526	40305
República Dominicana	8560	9237	9899	10515	11077	11585	12039	12436	12769	13039	13244
Uruguay	3318	3324	3372	3430	3493	3562	3622	3672	3710	3736	3750
Venezuela	24402	26724	29043	31291	33412	35370	37145	38713	40051	41144	42042

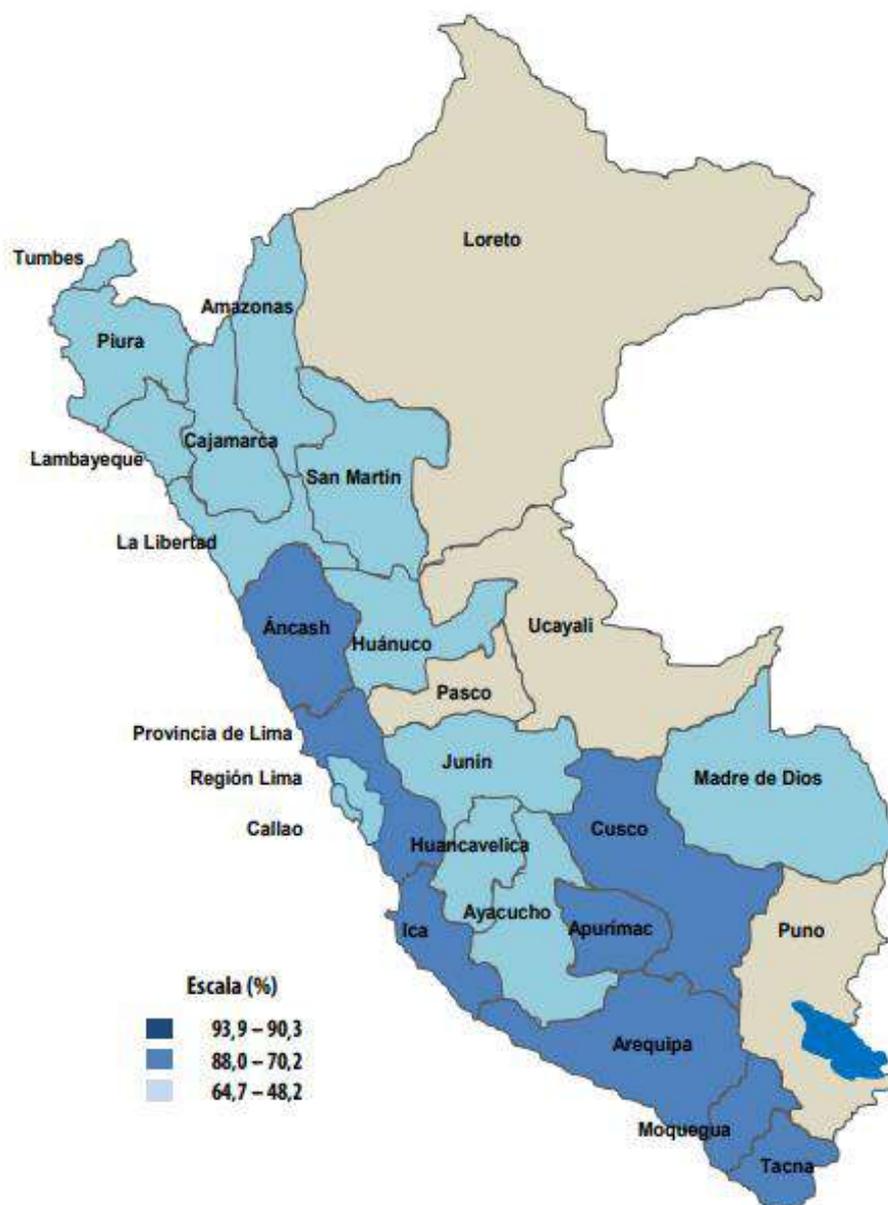
Fuente: Naciones Unidas. "Proyección de población". Santiago de Chile. 2009

### Anexo B.1 – Acceso a agua por red pública, según región. Año 2015



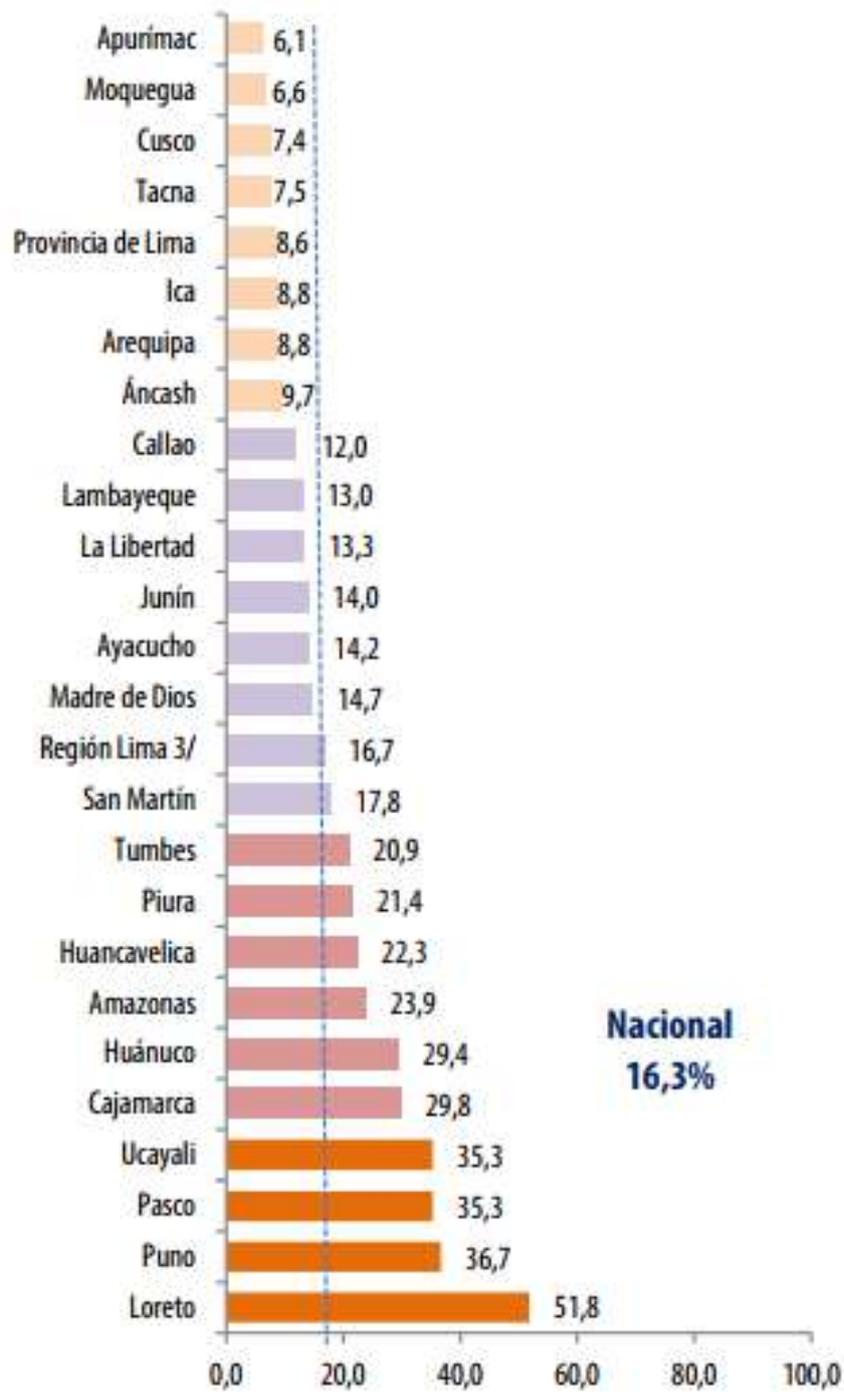
Fuente: INEI. "Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico". Lima. 2016.

**Anexo B.2 – Población que accede a agua por red pública, según región. Año 2015.**



Fuente: INEI. "Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico". Lima. 2016.

**Anexo B.3 – Población sin acceso a agua por red pública según región. Año 2015.**



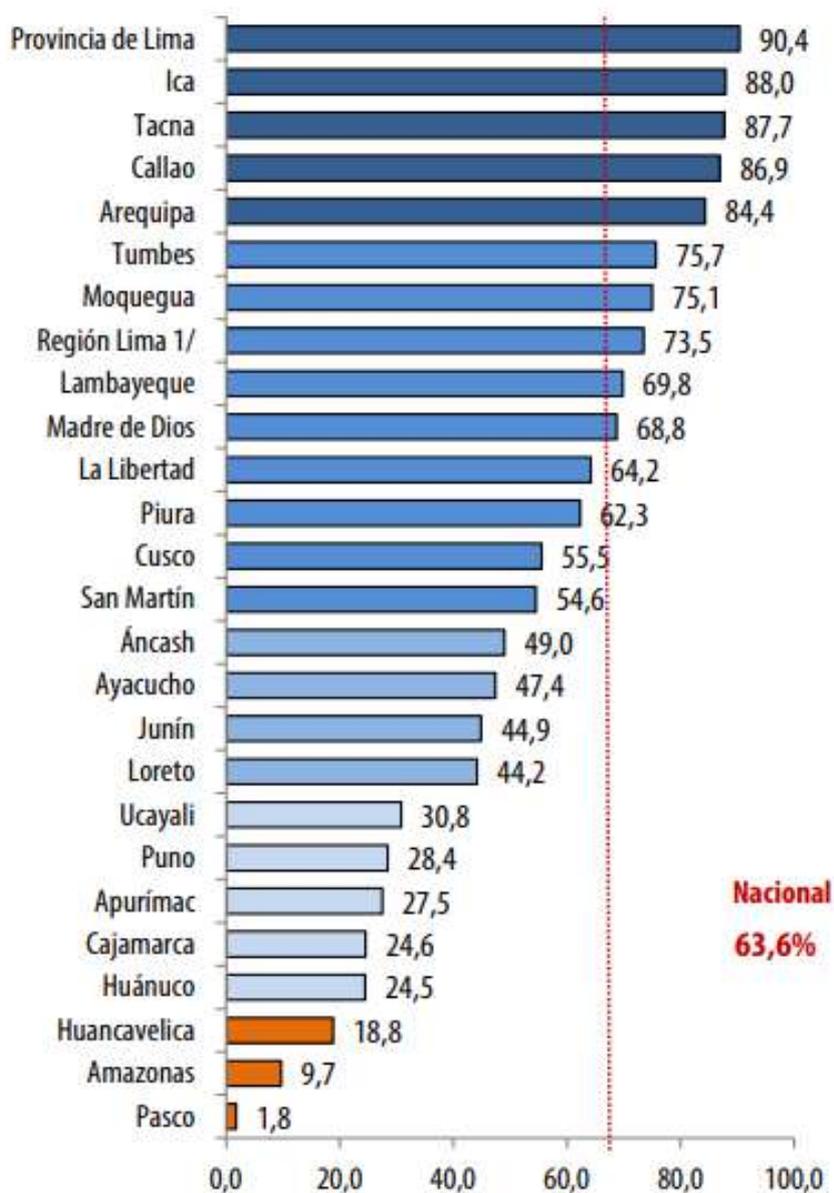
Fuente: INEI. "Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico". Lima. 2016.

**Anexo B.4 – Población sin acceso a agua por red pública según región. Año 2015.**



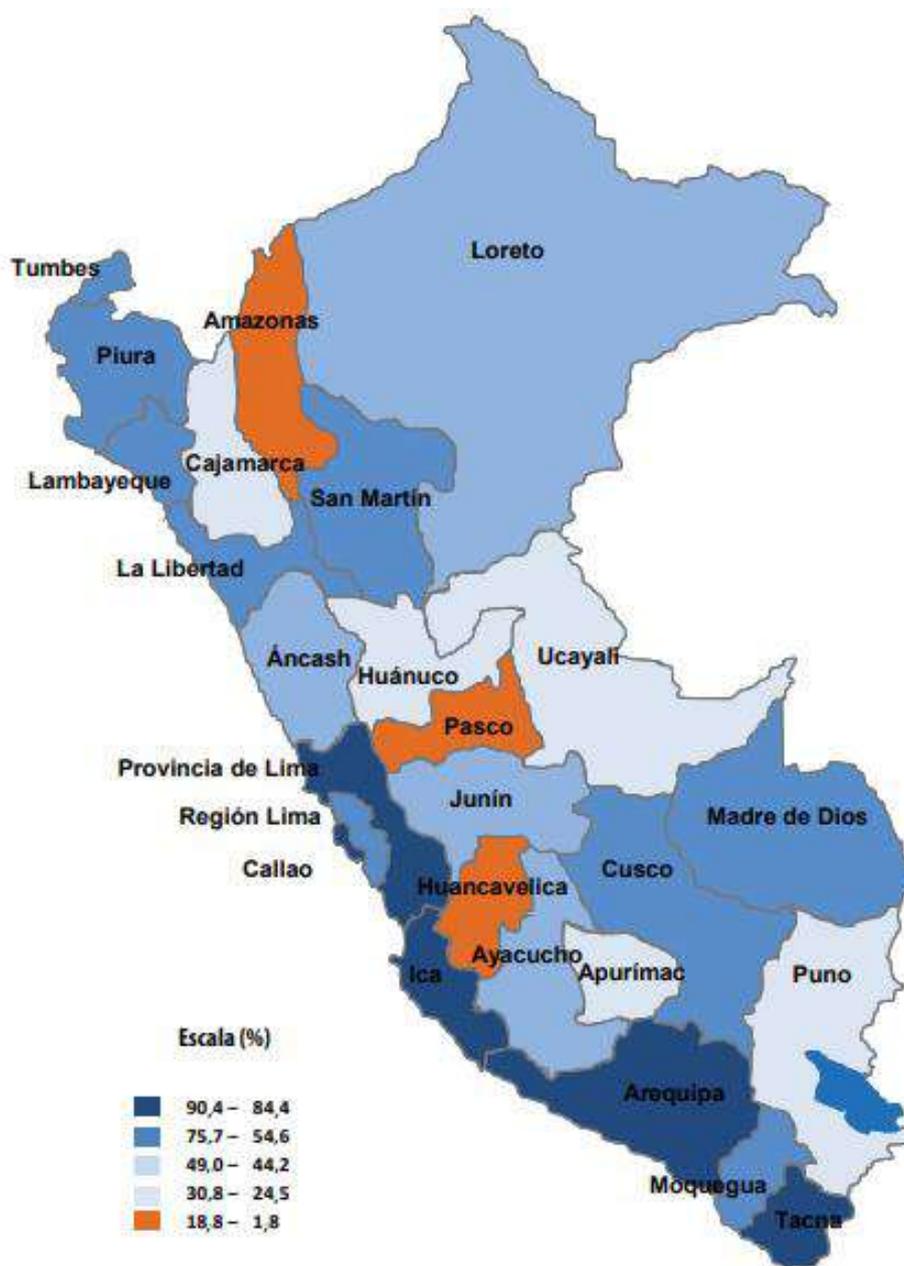
Fuente: INEI. "Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico". Lima. 2016.

### Anexo B.5 – Población con acceso a agua potable según departamento. Año 2015.



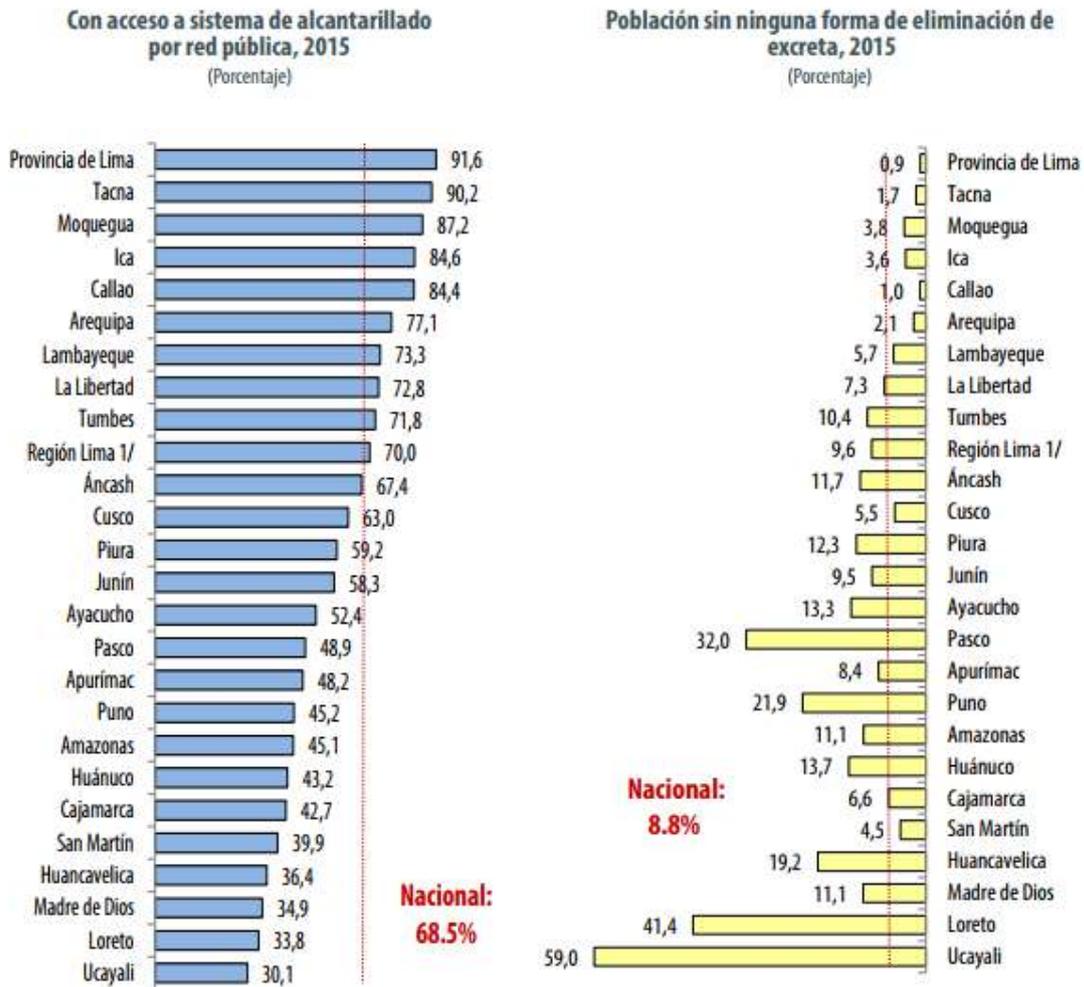
Fuente: INEI. "Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico". Lima. 2016.

**Anexo B.6 – Población con acceso a agua potable según departamento. Año 2015.**



Fuente: INEI. "Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico". Lima, 2016.

## Anexo B.7 – Población con acceso al saneamiento básico según región. Año 2015.



Fuente: INEI. "Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico". Lima. 2016.

**Anexo C – Normativa de calidad de aguas para diferentes países.**

Países	OMS	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México	Perú	CAPRE	EEUU	UE
<b>Microbiológicos (NMP/100ml)</b>										
Colifecales o E. Coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes totales	0	<3	0	1	0	0	0	<4	0	0
<b>Físicos y organolépticos</b>										
pH.	---	6.5-8.5	6.5-9.5	6.5-9.2	6.5-9.0	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
Sólidos totales (mg/l)	1000	1500	1000	1500	---	1000	1000	1000	500	1500
Dureza (mg/l)	---	400	500	---	160	500	500	400	---	---
Magnesio (mg/l)	---	---	---	125	36	125	---	50	---	50
Calcio (mg/l)	---	---	---	---	60	---	---	100	---	100
Turbiedad (NTU)	5.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	10.0
Cloruro (mg/l)	250.0	350.0	250.0	350.0	250.0	---	250.0	250.0	250.0	250.0
<b>Sustancias inorgánicas</b>										
Amoníaco (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	1.5	2.0	---	0.25	---	0.5	0.5	0.5	---	0.5
Antimonio	0.005	---	---	---	0.5	---	0.006	0.05	0.006	0.01
Arsénico	0.01	0.05	0.05	0.12	0.01	0.025	0.05	0.01	0.01	0.05
Bario	0.7	---	1.0	1.0	0.50	0.70	0.70	---	2.0	0.10
Boro	0.30	---	---	---	0.3	---	---	---	---	1.0
Cadmio	0.003	0.005	0.005	0.01	0.003	0.005	0.003	0.05	0.005	0.005
Cianuro	0.07	0.10	0.1	0.20	0.10	0.07	0.07	0.05	0.20	0.20
Cobre	2.0	1.0	1.0	1.50	1.0	1.50	2.0	2.0	1.30	3.0
Cromo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1	0.05
Fluoruro	1.5	*	1.5	1.20	1.20	1.50	1.50	1.50	4.0	1.50
Hierro	0.30	0.30	0.3	0.50	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20
Manganeso	0.50	0.10	0.1	0.20	0.10	0.15	0.10	0.50	0.05	0.05
Mercurio	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001
Molibdeno	0.07	---	---	---	0.07	---	---	---	---	---
Níquel	0.02	---	---	---	0.02	---	0.02	0.05	---	0.05
Nitrato	50.0	45.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	50.0	10.0	50.0
Nitrito	3.0	0.10	---	1.0	0.10	1.0	1.0	0.10	1.0	0.10
Plomo	0.01	0.05	0.10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,015	0,05
Selenio	0.01	---	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01	0.05	0.01
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	250.0	400.0	400.0	400.0	250.0	400.0	250.0	250.0	250.0	250.0
Zinc	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	5.0	5.0

*Fuente: "Estudio comparativo de normas de calidad de agua potable en distintos países de América". Universidad de Belgrado.2007. Actualizado con valores del 2012*

## Anexo D.1 – ECAS Categoría 1: Poblacional y Recreacional

### Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	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
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02

Parámetros	Unidad de medida	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
Zinc	mg/L	3	5	5
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8 - C40)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	( e )	1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
<b>BTEX</b>				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
<b>Organofosforados</b>				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
<b>Organoclorados</b>				
Aldrín + Dieldrín	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
<b>II. CIANOTOXINAS</b>				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
<b>III. BIFENILOS POLICLORADOS</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos,	N° Organismo/L	0	<5x10 <sup>6</sup>	<5x10 <sup>6</sup>

Parámetros	Unidad de medida	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
nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)				

Fuente: Diario oficial El Peruano

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO<sub>3</sub>--N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO<sub>3</sub>-).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N (NO<sub>2</sub>--N), multiplicar el resultado por el factor 3.28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO<sub>2</sub>-).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{E_{CA\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{E_{CA\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{E_{CA\text{Bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{E_{CA\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y

ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 1:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

**Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO3--N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO2--N)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella spp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Fuente: Diario oficial El Peruano

**Nota 2:**

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

**Anexo D.2 – ECAS Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales**

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino-costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras	Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO <sub>3</sub> -) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>					
Amoniaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
<b>ORGÁNICO</b>					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
<b>Bifenilos Policlorados</b>					
Bifenilos	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino-costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras	Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
Policlorados (PCB)					
<b>ORGANOLÉPTICO</b>					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
<b>MICROBIOLÓGICO</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

Fuente: Diario oficial El Peruano

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos ( $\text{NO}_3\text{-}$ ).

(d) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

**Área Restringida:** Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

$\Delta$  3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

### Nota 3:

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de  $\text{NH}_3$ ).

**Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoniac Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>)**

Temperatura (°C)	Ph							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

**Nota:**

(\*) El estándar de calidad de Amoniac total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(\*\*) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniac-N (NH<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniac (NH<sub>3</sub>).

### Anexo D.3 – ECAS Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (C)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> --N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> --N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> --N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	$\geq 4$		$\geq 5$
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	$\Delta 3$		$\Delta 3$
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
<b>ORGÁNICO</b>				
<b><u>Bifenilos Policlorados</u></b>				

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (C)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35		35
<b>Organoclorados</b>				
Aldrín	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	µg/L	1		11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminthos	Huevo/L	1	1	**

Fuente: Diario oficial El Peruano

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 4:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

### Anexo D.4 – ECAS Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
<b>INORGÁNICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
<b>BTEX</b>						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Bifenilos Policlorados</b>						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
<b>PLAGUICIDAS</b>						
<b>Organofosforados</b>						

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
<b>Organoclorados</b>						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Carbamato</b>						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

Fuente: Diario oficial El Peruano

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO<sub>3</sub>--N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO<sub>3</sub>-).

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

#### Nota 5:

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH<sub>3</sub>).

**Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoniaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH<sub>3</sub>)**

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
<b>Salinidad 10 g/kg</b>								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
<b>Salinidad 20 g/kg</b>								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
<b>Salinidad 30 g/kg</b>								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(\*) El estándar de calidad de Amoniaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben

tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(\*\*) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniaco-N ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoniaco ( $\text{NH}_3$ ).

**NOTA GENERAL:**

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo  $\Delta$  significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.
- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.
- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

### Anexo E.1 – Lectura de parámetros



A la izquierda el pH (6.38) y a la derecha la conductividad eléctrica (322  $\mu$ S)



Lectura de la temperatura ambiental (27.6 °C)

## Anexo E.2 – Resultados de análisis muestreo compuesto de la poza de oxidación



Laboratorio de Ingeniería  
Sanitaria

### INFORME DE ENSAYO N° 045-2 /18

Pág. 2 de 4

Código de laboratorio	Lab 069/18
Código de cliente	M1
Fecha de muestreo <sup>(C)</sup>	12/02/2018
Hora de muestreo <sup>(C)</sup>	08:30 a.m.
Lugar de muestreo <sup>(C)</sup>	Poza de Oxidación de Palambía
Coordenadas	E N Altitud(msnm)
Tipo de producto <sup>(C)</sup>	Agua residual

Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M	Resultado
<b>*Análisis Físicoquímicos</b>			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	2	378
<b>*Análisis Microbiológicos</b>			
Coliformes totales (NMP)	NMP/100 mL	1,8	920 000

Leyenda: L.D.M. = Limite de detección del método

<sup>(C)</sup>Datos proporcionados por el cliente

\*Resultado referencial con respecto a la normativa del método de ensayo

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la Acreditación otorgada por el INACAL-DA

Resultados de la poza de oxidación

### **Anexo E.3 – Queja formal del encargado del canal “Real Palambla” al ANA**

“AÑO DEL DIALOGO Y LA RECONCILIACION NACIONAL”

“CANCHAQUE CAPITAL TURISTICA DE LA REGION PIURA”

INFORME N° 01/2018-ANA-PDTE.CRPC-P.

AL: Ing. EMILIO CUSTODIO GONZALES

JEFE ENCARGADO OFICINA ENLACE CANCHAQUE

DE: Sr. SANTOS GENARO CHINGUEL CALDERON

ASUNTO: INFORMA SITUACION PROBLEMÁTICA TRAMOS DE CONTAMINACION DEL  
CANAL REAL PALAMBLA- CANCHAQUE

FECHA: PALAMBLA, DE ENERO DEL 2018

Por medio del presente me dirijo a usted, para saludarlo muy atentamente y al mismo tiempo informarle en detalle lo siguiente:

1°.- Que, el día 10 de diciembre del año 2017, conjuntamente los directivos, usuarios y autoridades representativas de las instituciones de este pueblo realizaron insitu el recorrido del canal denominado “Canal Real Palambla – Canchaque” con la finalidad de constatar la problemática ambiental existente para el uso adecuado de las aguas en las diferentes actividades agrícolas por parte de los usuarios regantes en la parte baja de este sector.

2°.- Que, en el trayecto, sector denominado barrio San Martín de Canchaque; se verificó la construcción de corrales para criaderos de chanchos sobre la base de la infraestructura del mismo canal creando obstáculos e impedimento al momento de realizar la limpieza, asimismo; los desperdicios y residuos fecales caen directamente al canal; actitudes negativas que de acuerdo a ley no se pueden permitir en aras de cuidar y proteger la salud ambiental como la vida de las personas, plantas y animales.

3°.- Que, en el sector Palambla aproximadamente a unos doscientos metros (200m) de distancia se encuentran ubicadas las lagunas de oxidación que por más de diez años esta infraestructura física ha colapsado, encontrándose en total deterioro, lo cual hace que las aguas servidas discurran directamente hacia el canal contaminando el agua que es de uso agrícola y ganadero exponiéndose a las posibles enfermedades y focos de contaminación ambiental.

4°.- Los usuarios regantes exigen de parte de las autoridades competentes la atención y pronta solución a esta problemática que viene creando malestar y preocupación constante para el buen uso de las aguas en la práctica de las actividades agrícolas.

Es todo lo que informo a usted para su conocimiento y demás fines.

Atentamente

---

SANTOS GENARO CHINGUEL CALDERON  
D.N.I.N°03210573  
DELEGADO CANAL REAL PALAMBLA- CANCHAQUE

**Fuente:** Santos Genaro Chinguel Calderón – Visita de campo (2018)