

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**"TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL  
CAMPUS N° II DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL  
SANTA PARA USO DEL RIEGO EN ÁREAS VERDES"**

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

**TESISTAS:**

**Bach. ALFARO VEGA, Yajaira Adely**

**Bach. FERNANDEZ NEYRA, Yeltsin Davis**

**ASESOR:**

**Ms. SPARROW ALAMO, Edgar Gustavo**

**NUEVO CHIMBOTE - PERU  
2019**



## DEDICATORIA

*Con bastante aprecio a mis padres, por su paciencia y esmero, por sus consejos que supieron guiarme por el buen camino. Apoyándome en los momentos más difíciles de mi vida.*

*A mi hija Romina Rivera Alfaro, porque desde que llego a mi vida se convirtió en mi motor y motivo principal para culminar mis estudios y seguir luchando día a día para lograr ser una profesional.*

*A mi hermana Karin Alfaro, por brindarme siempre su apoyo incondicional, dedicación y las veces que hizo el papel de madre con mi pequeña hija.*

*A aquellos amigos, que siempre me brindaron su apoyo moral incondicional, por creer en mí y acompañarme en los buenos y malos momentos.*

***Yajaira Adely Alfaro Vega***



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por permitirnos llegar a este momento tan especial e importante de nuestras vidas, por mantenernos firme y no dejarnos decaer durante este esfuerzo, por los triunfos y los momentos difíciles.

A nuestros padres, por ser el pilar más importante de nuestra formación y por darnos siempre su cariño y apoyo incondicional, corrigiendo nuestras faltas y celebrando nuestros logros.

A nuestros amigos por brindarnos innumerables momentos de compañía.

También a nuestra alma mater “Universidad Nacional del Santa” que fue parte de nuestra formación profesional; de la misma manera a los docentes que nos inculcaron el conocimiento académico y al Ing. Edgar Sparrow Álamo por su orientación brindada durante la realización de nuestro trabajo de investigación.

**Los Autores**



## CONTENIDO

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**CONTENIDO**

**CONTENIDO DE TABLAS**

**CONTENIDO DE FIGURAS**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

### **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

1.1.	ANTECEDENTES .....	1
1.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.3.	OBJETIVOS .....	6
1.3.1.	OBJETIVO GENERAL .....	6
1.3.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
1.4.	FORMULACIÓN DE LA HIPOTESIS .....	6
1.5.	JUSTIFICACIÓN.....	6
1.6.	LIMITACIONES DEL TRABAJO.....	7
1.7.	VARIABLES .....	7
1.7.1.	Variable Dependiente .....	7
1.7.2.	Variable Independiente.....	7

### **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1.	Aguas Residuales .....	8
2.2.	Características de las Aguas Residuales .....	8
2.2.1.	Características físicas .....	10
2.2.2.	Características químicas .....	10
2.2.2.1.	Inorgánicas .....	10



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMPUS N° II DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA PARA USO DEL RIEGO EN ÁREAS VERDES”**

---

2.2.2.2. Orgánicos .....	11
2.2.3. Características biológicas .....	13
2.2.3.1. Bacterias .....	13
2.2.3.2. Hongos .....	14
2.2.3.3. Protozoos.....	14
2.2.3.4. Rotíferos.....	14
2.2.3.5. Algas .....	15
2.2.3.6. Virus.....	15
2.3. Tratamiento de Aguas Residuales .....	16
2.4. Clasificación de los métodos de tratamientos de las aguas residuales .....	16
2.4.1. Operaciones físicas unitarias.....	17
2.4.2. Procesos químicos unitarios.....	17
2.4.3. Procesos biológicos unitarios.....	17
2.5. Tipos de tratamiento de las aguas residuales .....	18
2.5.1. Tratamiento preliminar .....	19
2.5.1.1. Desbaste .....	20
2.5.1.2. Tamizado .....	20
2.5.1.3. Desarenador.....	21
2.5.1.4. Desaceitador y desengrasador: .....	22
2.5.2. Tratamiento primario .....	23
2.5.2.1. Sedimentación .....	23
2.5.2.2. Coagulación y Floculación.....	25
2.5.2.3. Tanques Imhoff.....	27
2.5.2.4. Digestión Primaria de Lodos.....	29
2.5.3. Tratamiento secundario .....	30
2.5.3.1. Lagunas aireadas.....	31
2.5.3.2. Proceso de lodos activados.....	32



2.5.3.3. Procesos Anaerobios.....	33
2.5.4. Tratamiento terciario .....	34
2.6. Reglamentos y objetivos del tratamiento del agua residual.....	35
2.6.1. Tendencias de la evolución del marco legal .....	36
2.6.2. Entidades vinculadas a la fiscalización ambiental de las aguas residuales municipales en el Perú .....	37
2.6.2.1. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.....	37
2.6.2.2. Autoridad Nacional del Agua (ANA).....	37
2.6.2.3. Gobiernos locales.....	38
2.6.2.4. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) .....	38
2.6.2.5. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) .....	39
2.6.2.6. Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS Saneamiento) .....	39
2.6.2.7. Ministerio de Salud (MINSa) .....	40
2.6.3. Norma OS.090 del reglamento nacional de edificaciones.....	40
2.7. Selección de la planta de tratamiento de aguas residuales .....	42
2.7.1. Necesidades del propietario .....	42
2.7.2. Experiencia previa.....	43
2.7.3. Elección de los procesos.....	44
2.7.4. Alternativas tecnológicas para el tratamiento de aguas residuales .....	46
2.8. Recuperación y reutilización de Aguas Residuales.....	47
2.8.1. Antecedentes .....	49
2.8.2. Aprovechamiento de aguas residuales tratadas.....	49
2.8.3. El concepto de reutilización.....	50
2.9. Alternativa seleccionada.....	53
2.9.1. Proceso de Lodos Activados.....	53
2.9.1.1. Cámara de rejillas medias.....	54
2.9.1.2. Sedimentador.....	54



2.9.1.3. Estanque ecualizador .....	55
2.9.1.4. Lodo activo modalidad aireación extendida.....	55
2.9.1.5. Sedimentador secundario .....	56
2.9.1.6. Lecho de secado.....	56
2.9.1.7. Desinfección.....	56

### **CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1. MÉTODOS .....	57
3.1.1. Recopilación de información Previa .....	57
3.1.1.1. Ubicación .....	57
3.1.1.2. Aspectos físicos .....	59
3.1.1.3. Condiciones Climatológicas.....	63
3.1.1.4. Accesibilidad .....	63
3.1.1.5. Límites .....	64
3.1.2. Análisis de información previa .....	64
3.1.3. Recopilación de datos.....	64
3.1.3.1. En gabinete .....	65
3.1.3.2. En campo.....	65
3.1.3.3. Estudio de la población futura y caudal de diseño .....	67
3.1.4. Análisis de datos .....	68
3.1.5. Procesamiento de datos .....	68
3.1.6. Interpretación de resultados .....	69
3.2. MATERIALES .....	69
3.2.1. Materiales usados en gabinete.....	69
3.2.1.1. Material bibliográfico .....	69
3.2.1.2. Software .....	70
3.2.1.3. Material electrónico .....	71
3.2.1.4. Otros.....	72



3.2.2. Materiales usados en campo ..... 72

3.2.3. Servicios ..... 72

#### **CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales..... 74

4.1.1. Datos poblacionales..... 74

4.1.1.1. Calculo de dotación por estudiante..... 74

4.1.1.2. Población de diseño ..... 74

4.1.2. Caudal de diseño de aguas residuales..... 76

4.1.3. Diseño del sistema de pre tratamiento..... 78

4.1.3.1. Diseño de cámaras de rejillas antes del sedimentador ..... 78

4.1.3.2. Sedimentador..... 79

4.1.4. Calculo hidráulico del tratamiento secundario..... 82

4.1.4.1. Diseño del reactor con aireación extendida..... 82

4.1.4.2. Diseño del tanque de ecualización..... 86

4.1.4.3. Diseño del Sedimentador ..... 86

4.1.4.4. Diseño de la cámara de contacto con cloro ..... 87

4.1.4.5. Diseño del lecho de secado ..... 88

4.2. Determinación de la rentabilidad del proyecto de tesis..... 89

4.2.1. Costo de producción por m<sup>3</sup> de agua residual ..... 89

4.2.2. Ingresos Anuales ..... 90

4.3. Discusión de resultados ..... 91

#### **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. CONCLUSIONES ..... 93

5.2. RECOMENDACIONES..... 97

#### **CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES**

#### **CAPÍTULO VII: ANEXOS**





**CONTENIDO DE TABLAS**

Tabla N° 01. Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus características .....	9
Tabla N° 02. Guía para la selección de los procesos de tratamiento.....	41
Tabla N° 03: Remoción esperada de materia orgánica, sólidos en suspensión y microorganismos patógenos, según el tipo de procesos de tratamiento de aguas residuales. ..	46
Tabla N° 04. Relación de alumnos matriculados 2018 - 02 .....	75
Tabla N° 05. Cálculos de Población de diseño .....	76
Tabla N° 06. Cálculos de caudales de agua .....	78
Tabla N° 07. Cálculos de Agua Residual .....	78
Tabla N° 08: Parámetros de diseño elegidos para las rejillas .....	79
Tabla N° 09: Tabulación de relación entre las dimensiones del sedimentador y tiempo .....	80
Tabla N° 10: Propuesta por Camp de acuerdo al diámetro de partícula .....	81
Tabla N° 11: Velocidades de sedimentación $w$ calculado por Arkhangelski (1935) en función del diámetro de partículas. ....	81
Tabla N° 12: Parámetros elegidos para el diseño del sedimentador .....	82
Tabla N° 13: Parámetros seleccionados para reactor .....	82
Tabla N° 14: Costos de Operación y Mantenimiento.....	89
Tabla N° 15: Resultados de ensayos microbiológicos .....	93
Tabla N° 16: Resultados de ensayos químicos .....	94
Tabla N° 17: Resultados de diseño.....	95



**CONTENIDO DE FIGURAS**

Figura N°01: Secuencia completa de tratamientos de aguas servidas domésticas por Lodos Activados .....	19
Figura N° 02: Esquema de desbaste de los residuos de un agua servida.....	20
Figura N° 03: Esquema de tamizado de un agua servida. ....	21
Figura N° 04: Esquema de un desarenador del agua servida.....	22
Figura N° 05: Esquema del desengrasado del agua servida .....	23
Figura N° 06: Esquema de sedimentación del agua servida.....	25
Figura N° 07: Esquema de coagulación - floculación del agua servida .....	27
Figura N° 08: Esquema de un tanque Imhoff .....	29
Figura N° 09: Esquema Digestión Primaria de Lodos .....	30
Figura N° 10: Preparación de los contenedores para tratamiento secundario .....	31
Figura N° 11: Pozas para laguna aireada de gran extensión.....	32
Figura N° 12: Esquema del proceso de digestión de lodos activos.....	33
Figura N° 13: Esquema del proceso de digestión anaerobia .....	34
Figura N° 14: Cámara de mezclado con agentes purificadores .....	35
Figura N° 15: Ejemplos de diagramas alternativos de flujo de procesos de tratamiento típicos (a) lodos activados (b) filtro percolador. ....	43
Figura N° 16: Flujograma de tecnologías empleadas en el tratamiento de Aguas Residuales. ....	47
Figura N° 17: Complejo Bioecológico de San Juan de Miraflores. ....	50
Figura N° 18: Flujograma de tecnologías de tratamiento de aguas residuales y potencialidades de reuso.....	52
Figura N° 19: Diagrama de Flujo del Sistema Propuesto .....	54
Figura N° 20: Ubicación del Proyecto.....	58
Figura N° 21: Localización de las áreas de estudio .....	59
Figura N° 22: Cartas geológicas Chimbote (19 f) y Casma (19 g) .....	60



Figura N° 23: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según el Reglamento Nacional de Edificaciones. ....	62
Figura N° 24: Ubicación propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	66
Figura N° 25: Proceso propuesto para el tratamiento de agua residual.....	83
Figura N° 26: Reactor con Aireación Extendida.....	85
Figura N° 27: Sedimentador Secundario .....	87
Figura N° 28: Cámara de Contacto .....	88
Figura N° 29: Lecho de Secado .....	88
Figura N° 30: Estructura tarifaria y cuadro de asignaciones de consumo - Sedachimbote.....	90
Figura N° 31: Buzón N° 26 del Campus N° I de la Universidad Nacional del Santa.....	102
Figura N° 32: Punto de muestreo (buzón frente a Senati) .....	102
Figura N° 33: Medición de la temperatura del agua residual. ....	103
Figura N° 34: Medición del pH del agua residual.....	103
Figura N° 35: Recolección y recubrimiento de las muestras de las aguas residuales para su posterior traslado a los laboratorios de COLECBI.....	104
Figura N° 36: Levantamiento topográfico de la Zona de estudio, con estación total. ....	104
Figura N° 37: Realización de estudios topográficos de la zona donde se proyectará la PTAR. ....	105
Figura N° 38: Estructura tarifaria y cuadro de asignaciones de consumo, Chimbote, Casma y Huarney.....	105
Figura N° 39: Resultados de ensayos Microbiológicos y Físico Químicos.....	106
Figura N° 40: Resultados de ensayos Parasitológicos.....	107



## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se ha desarrollado los procedimientos y criterios adoptados para el Tratamiento de las Aguas residuales provenientes de las futuras infraestructuras, con el fin de reutilizarlas en el riego de las áreas verdes del Campus II de la Universidad Nacional del Santa. Teniendo como base experimental sistemas antes utilizados con éxito en algunas ciudades del Perú; los cuales utilizan las aguas residuales para que mediante un proceso de reconversión se obtenga agua menos dañina la cual se puede utilizar para el riego de áreas verdes. Generando así una disminución de los agentes contaminantes que afectan al medio ambiente y por ende contribuir a la disminución del impacto ambiental negativo, así como al ahorro de este elemento tan vital.

Mediante la recopilación de datos, estudios básicos de ingeniería y criterios de diseños establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones se determinó que para el Tratamiento de Aguas Residuales, para las condiciones y características del Campus universitario II de la Universidad Nacional del Santa proyectada al año 2029 es el tratamiento mediante Lodos Activados en la modalidad de Aireación Extendida el cual tiene una Remoción de la DBO hasta en un 95% de los sólidos en suspensión, y este es adecuado para áreas pequeñas y lugares interurbanos, y no produce olores desagradables por ser un proceso aerobio.



### **ABSTRACT**

In this research work has developed the procedures and criteria adopted for the treatment of wastewater from future infrastructure, in order to reuse them in the irrigation of the green areas of Campus II of the National University of Santa. Having as experimental base previously used systems with success in some cities of Peru; which uses wastewater so that through a reconversion process less harmful water can be obtained which can be used to irrigate green areas. Thus generating a decrease in the pollutants that affect the environment and therefore contribute to the reduction of negative environmental impact, as well as the saving of this vital element.

Through the collection of data, basic engineering studies and design criteria established in the National Building Regulations, it was determined that for Wastewater Treatment, for the conditions and characteristics of the University Campus II of the National University of Santa projected to the year 2029 is the treatment by activated sludge in the extended aeration mode which has a removal of the DBO up to 95% of the solids in suspension, and this is suitable for small areas and interurban places, and does not produce unpleasant odors because it is a aerobic process.



## 1.1. ANTECEDENTES

Se tiene como antecedente al proyecto de tesis del 2009 titulado “Planta de tratamiento de aguas residuales para regadío en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en dicho proyecto se analizaron dos alternativas, alternativa N° 01 Pre-tratamiento + Reactor UASB +Lagunas Facultativas, alternativa N° 02 Pre-tratamiento + Lodos Activados (modalidad aireación extendida) + Sedimentador Secundario+ Desinfección (cámara de contacto con cloro), después del análisis efectuado por el tesista eligió la alternativa N° 01 . Se obtuvo como población de diseño 27,588 habitantes, la UNMSM cuenta con un pozo, donde se extrae el agua y luego es distribuido hacia todas las facultades de la ciudad universitaria, el pago que realiza a SEDAPAL es por la cantidad de agua residual que la UNMSM vierte a los colectores de lima metropolitana (uso de la red de alcantarillado) siendo este pago de S/ 50,606 como promedio mensual. Las características principales del agua residual a tratar según su muestro es de  $3.54 \times 10^8$  NMP/100ml en coliformes fecales, 273.8 mg/L de  $DBO_5$ , 6.13 mg/L de aceites y grasas, pH 7.75. La cantidad de agua residual que se trataría, si se concretara el proyecto, es de 21,420 metros cúbicos por mes, el costo anual por operación y mantenimiento es de US\$/. 51,622 y el costo de ingreso anual que significa el ahorro de las cuotas que se paga a Sedapal es de US\$/. 89,684, teniendo un saldo positivo tanto económico como ambiental, siendo el proyecto justificable y viable para su futura ejecución.

También se tiene como antecedente, según el “manual para municipios ecoeficientes” a la Planta de tratamiento por lodos activados de aireación extendida, construida con fines de riego de áreas verdes, en una berma central de la Av. Universitaria en Comas. El cual trata el agua residual de 1,519 personas, un caudal de 6 litros por segundo, el área usada para la PTAR es de 910 metros cuadrados, esta PTAR solo trata desagüe doméstico y los costos que se consideran en esta planta son: Costo de inversión US\$ 166,500. Costo de operación y mantenimiento US\$ 31,400 por año y Costo de tratamiento US\$ 0.69 por m<sup>3</sup>.



El problema principal del sector de saneamiento peruano es la sostenibilidad deficiente del servicio de agua potable y de la gestión de aguas residuales y la principal causa de la contaminación de los cuerpos de agua del país son las aguas residuales domésticas y municipales. De acuerdo al INEI, el 24% de la población peruana no cuenta con servicio de agua potable de calidad adecuada; el 44% no está conectado a un sistema de alcantarillado y el 78% de las aguas residuales son descargadas sin tratamiento directamente a los ríos o al mar. Además, el 50% de las plantas de tratamiento de aguas residuales operan sobrecargadas (SUNASS, 2012). El 92% de las 143 PTARS son lagunas de estabilización (anaerobias, facultativas o aireadas), de las cuales 112 (78%) son de tipo facultativo, también se sabe que sólo existen 05 PTAR que operan con filtros percoladores, 03 con lodos activados, 02 con tanques Imhoff y una con un reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA). Existe sólo una planta de lodos activados de tipo secuencial (SBR) es la de Puente Piedra y la administra SEDAPAL (SUNASS, 2008). El 46% (23) de las EPS reguladas no realizan el tratamiento de aguas residuales municipales.

En el distrito de Nuevo Chimbote la EPS que regula las dos PTAR's que existen es SEDACHIMBOTE y estas plantas de tratamiento de aguas residuales son “Las Gaviotas” y “Centro Sur A” que tratan el 100 % de los desagües, mediante Lagunas de Oxidación, ubicados en los terrenos eriazos donados por la Marina de Guerra del Perú.

La cámara de bombeo “Villa María” impulsa el agua servida que recibe de un sector del distrito de Nuevo Chimbote hacia la planta de tratamiento “Las Gaviotas” a través de una línea de impulsión de 500 mm (20”) de diámetro y de GRP. Otro sector del distrito de Nuevo Chimbote descarga en la planta de tratamiento anteriormente mencionada a través de un sifón invertido de 450 mm (18”) de diámetro y de Concreto Pretensado. El desagüe de un pequeño sector del mismo distrito es tratado en la planta de tratamiento “Centro Sur A”, el cual es conducido por gravedad.



La planta de tratamiento “Las Gaviotas” trata un caudal promedio igual a 256,1 l/s; y la planta de tratamiento “Centro Sur A” trata un caudal promedio de desagüe igual a 17 l/s.

Las PTAR’s de Nuevo Chimbote no cuentan con la infraestructura sanitaria adecuada para el tratamiento de las aguas residuales, en los niveles preliminar, básico y definitivo. Lo que representa un peligro para la salud y el medio ambiente, teniendo en cuenta que las aguas depuradas de esta planta no cumplirían con los parámetros que usualmente se determinan en las bases de diseño en el RNE (NORMA OS. 090).

En este distrito, se encuentra ubicada la Universidad Nacional del Santa que cuenta con un área disponible que está destinada para el Campus Universitario II en la zona Este de la Ciudad Universitaria Actual, el cual tiene una superficie total de aproximadamente 92.30 ha. En la cual se ha instalado en el presente año el sistema de abastecimiento de agua potable y desagüe, pero que no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, que permita la captación, tratamiento, y reutilización de las aguas residuales, siendo esta muy necesaria para el desarrollo tecnológico de dicha casa de estudios.

Existen también proyectos de investigación relacionados con el problema de tratamiento de aguas residuales tenemos por ejemplo en el año 2007 en la Universidad Nacional del Santa se realizó una tesis que llevaba por título, Optimización en la producción de la planta de tratamiento de agua de Nuevo Chimbote con el empleo de arena y antracita en el lecho filtrante, realizado por la bachiller Sheila Legendre Salazar y consistía en mejorar la planta de tratamiento de agua de Nuevo Chimbote en los filtros cambiándolo a un sistema dual (arena y antracita), en las conclusiones se obtuvieron resultados positivos dado que aumentó en un 35% promedio la tasa de filtración a comparación de los filtros anteriores de un solo medio(arena).

En el 2010 en la misma universidad se realizó una tesis que llevaba por título, Diseño de una planta de tratamiento del tipo reactor anaeróbico de flujo ascendente por gravedad en el Distrito de Nuevo Chimbote, realizado por los Bachilleres Walter Cruz Regalado y David Miñano





Mendoza. Esta tesis consistía en diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales cuyo principio es trabajar con sistema anaeróbico haciendo que exista una población micro bacteriana totalmente distinta a los que existen en una laguna de oxidación, los resultados no fueron tan alentadores puesto que el diseño que resultó no era propicio para zonas con topografía plana puesto que se planteó un sistema a gravedad, además la demanda utilizada para 10 000 habitantes fue insuficiente.

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Sabiendo que el agua es un elemento necesario y vital en la vida de las personas, y que su mala dosificación en su consumo traería consecuencias negativas en un futuro no muy lejano; eso sumado a que la población sufre un proceso de crecimiento intenso, entonces es importante cuidar este recurso ya que su abastecimiento cada año es más escaso.

Se ha identificado una necesidad medio ambiental en el proyecto de construcción del Campus II de la Universidad Nacional del Santa, en lo que respecta a las Instalaciones Sanitarias; se trata de la no reutilización de las aguas servidas provenientes de las futuras infraestructuras, tales como:

- EAP de Medicina.
- EAP de Biotecnología.
- EAP de Derecho.
- EAP de Ingeniería Agrónoma.
- Colegio experimental.
- Institutos y Centros de Investigación.
- Áreas Experimentales.



Las cuales tienen como destino final el sistema de alcantarillado del distrito de Nuevo Chimbote para luego tratarlas y posteriormente verterlas al mar, desperdiciando así una gran cantidad de este elemento hídrico que podría usarse en el riego de áreas verdes de dicha casa de estudios.

Por tanto en la presente investigación se pretende conseguir el riego, recreación y mantenimiento de las áreas verdes como una fuente de recepción del tratamiento de dichas aguas, con el objetivo de promover la conservación del medio ambiente y favorecer a su vez la planeación y manejo de los espacios arbolados en las áreas proyectadas que comprenden, los parques naturales, los jardines de la población universitaria, los parques recreativos y los árboles de las banquetas; denominadas genéricamente áreas verdes, las cuales demandan una atención técnica y planificada para su manejo con el propósito de cumplir con los aspectos del bienestar ambiental y social que estas áreas verdes generan. En el medio urbano, las áreas verdes mitigan la contaminación del aire y el ruido, modifican microclimas y protegen el suelo de la erosión, además de proporcionar recreación y bienestar en general.

Una planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Campus II de la Universidad Nacional del Santa es esencialmente eficaz para el tratamiento de las aguas servidas y posteriormente reutilizarla en el riego de áreas verdes, contribuyendo así al cuidado del medio ambiente y al ahorro de este elemento tan vital.

Por lo cual, nos proponemos la siguiente interrogante:

**¿El diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Campus N° II de la Universidad Nacional del Santa será una solución óptima y económica en el riego de las áreas verdes?**



### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar el tratamiento de aguas residuales del Campus II de la Universidad Nacional del Santa para uso del riego en áreas verdes.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar las características topográficas del terreno.
- Determinar las propiedades físico-químicas y bacteriológicas de las aguas residuales.
- Determinar los parámetros necesarios para su diseño hidráulico, como la población con la que cuenta la zona de estudio.
- Realizar una comparación económica de costos de riego de áreas verdes usando agua potable y aguas residuales tratadas.

### **1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPOTESIS**

Si se diseña el Tratamiento de Aguas Residuales en el campus N° II de la Universidad Nacional del Santa, entonces se podrán usar para el riego en áreas verdes.

### **1.5. JUSTIFICACIÓN**

Se propone la elaboración de un diseño óptimo de una planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Campus II de la Universidad Nacional del Santa, con la finalidad de disminuir el impacto ambiental negativo.

Los beneficios inmediatos de la implementación de una planta de tratamiento en la zona son con respecto a:

- **Aspecto Económico**

Al reducir el gasto de agua potable en la irrigación de áreas verdes también se reduce el costo mensual impuesto por Seda Chimbote.



- **Aspecto Ambiental**

Se sustituirá el uso de agua potable para irrigar las áreas verdes del campus II de la Universidad Nacional del Santa, ahorrando la demanda del recurso.

## **1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO**

Dado que la ubicación del estudio del proyecto de tesis es en el Campus N° II de la Universidad Nacional del Santa cabe mencionar que en dicho Campus aún no está en funcionamiento debido a la falta de infraestructura, por este motivo será difícil obtener una población representativa y real para el desarrollo del proyecto.

En el Campus N° II se tiene ejecutado la primera parte del proyecto de red de agua y desagüe, por lo que el presente proyecto solo se limita al estudio de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de esta primera etapa.

Según el Plan director del Campus N° II de la Universidad Nacional del Santa se cuenta con un plano de Ubicación donde se muestra la distribución de los espacios, pero esta distribución está sujeta a cambios de último momento según su conveniencia, pudiendo afectar esto a la alteración de datos de población y de ubicación del presente proyecto.

## **1.7. VARIABLES**

### **1.7.1. Variable Dependiente**

- Diseño del Tratamiento de Aguas Residuales del Campus II de la Universidad Nacional del Santa.

### **1.7.2. Variable Independiente**

- Escases de áreas verdes en el Campus II de la Universidad Nacional del Santa.



## 2.1. Aguas Residuales

Es esencialmente el agua que desprende la comunidad una vez ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada. Desde el punto de vista de las fuentes de generación, podemos definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

Si se permite la acumulación y estancamiento de agua residual, la descomposición de la materia orgánica que contiene puede conducir a la generación de grandes cantidades de gases malolientes, A este hecho cabe añadir la frecuente presencia en el agua residual bruta, de numerosos microorganismos patógenos y causantes de enfermedades que habitan en el aparato intestinal humano o que pueden estar presentes en ciertos residuos industriales. También suele contener nutrientes, que pueden estimular el crecimiento de plantas acuáticas, y pueden incluir también compuestos tóxicos. Es por todo ello que la evacuación inmediata y sin molestias del agua residual de sus fuentes de generación, seguida de su tratamiento y eliminación, es no solo deseable sino también necesaria en toda sociedad industrializada (Metcalf & Eddy, 1995).

## 2.2. Características de las Aguas Residuales

El conocimiento de la naturaleza del agua residual es fundamental de cara al proyecto y explotación de las infraestructuras tanto de recogida como de tratamiento y evacuación de las aguas residuales, así como para la gestión de calidad medioambiental.

A continuación, se describen brevemente los constituyentes físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales, los contaminantes importantes de cara al tratamiento de las aguas (Metcalf & Eddy, 1995).



**Tabla N° 01.** Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus características

<b>Características</b>	<b>Procedencia</b>
<b>Propiedades físicas:</b>	
Color	Aguas residuales domesticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domesticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
Temperatura	Aguas residuales domesticas e industriales.
<b>Constituyentes Químicos:</b>	
<b>Orgánicos:</b>	
Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Grasas animales, aceites y grasa	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Pesticidas	Residuos agrícolas.
Fenoles	Vertidos industriales.
Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Otros	Degradación natural.
<b>Inorgánicos:</b>	
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de aguas subterráneas.
Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de aguas subterráneas.
Metales pesados	Vertidos industriales.
Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
Ph	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Fosforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía.
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.



---

Azufre	Agua de suministro; aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Gases:	
Sulfuro de hidrogeno	Descomposición de residuos domésticos.
Metano	Descomposición de residuos domésticos.
Oxigeno	Agua de suministro; infiltración de agua superficial.
<b>Constituyentes Biológicos:</b>	
Animales	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
Plantas	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
Protistas:	
Eubacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
Arqueobacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
Virus	Aguas residuales domésticas.

---

*Fuente: Metcalf & Eddy, 1995; Pag. 54,55*

### 2.2.1. Características físicas

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad (Metcalf & Eddy, 1995).

### 2.2.2. Características químicas

Las características químicas tienen constituyentes orgánicos e inorgánicos

#### 2.2.2.1. Inorgánicas

Los constituyentes químicos inorgánicos de interés comprenden nutrientes, constituyentes no metálicos, metales y gases.

Entre los nutrientes están: amoníaco libre, nitrógeno (determinado como amoníaco por digestión de la muestra), nitritos, nitratos, y fósforo inorgánico. El nitrógeno y el fósforo son de gran importancia, ya que han sido identificados como nutrientes causantes principales del crecimiento indeseable de plantas acuáticas. Pruebas, como pH, alcalinidad, cloruros y sulfatos



son realizadas para estimar la capacidad de reutilización de aguas residuales tratadas y también como pruebas para el control de varios procesos de tratamiento. Las pruebas para metales y para otros constituyentes son usadas para estimar la capacidad de digestión de biosólidos y el compostaje de lodos en aplicaciones sobre el suelo (Tchobanoglous, 2000).

#### **2.2.2.2. Orgánicos**

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias.

Si existe suficiente oxígeno disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico continuara hasta que el desecho se haya consumido. Tres actividades más o menos diferenciadas pueden ocurrir. Primero, una parte del desecho se oxida hasta productos finales y con ellos los microorganismos obtienen energía para el mantenimiento de las células y la síntesis de nuevo tejido celular. Simultáneamente, otra fracción del desecho se convierte en tejido celular nuevo empleando la energía liberada durante la oxidación. Por último, cuando se consume la materia orgánica, las nuevas células empiezan a consumir su propio tejido celular con el fin de obtener energía para el mantenimiento celular; este tercer proceso es llamado respiración endógena.

Si se considera sólo la oxidación del carbono orgánico presente en el desecho, el oxígeno requerido para completar las tres reacciones anteriores es llamado DBO última. Esta demanda de oxígeno se conoce como última carbonácea o primera etapa de la DBO, y generalmente se denota como  $DBO_U$ .

La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia





orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La demanda química de oxígeno (DQO) se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. Para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes se requiere la ayuda de un catalizador como el sulfato de plata.

La DQO es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales industriales o municipales tóxicas a la vida biológica y se puede realizar en solo unas tres horas.

La interpretación correcta de los resultados de demanda de oxígeno, para la oxidación de la materia orgánica, mediante DBO o DQO, es problemática por los diferentes factores y variables que afectan dichos ensayos. En general, se espera que la DQO sea aproximadamente igual a la DBO última; pero, especialmente en aguas residuales industriales, existen factores que hacen que dicha afirmación no se cumpla. Dichos factores son (Romero, 1999):

- Muchos compuestos orgánicos oxidables por dicromato no son oxidables biológicamente.
- Ciertos compuestos inorgánicos como los sulfuros, sulfitos, tiosulfatos, nitritos y hierro ferroso son oxidados por dicromato e introducen una DQO inorgánica en el resultado del ensayo.
- La DBO está sujeta a error cuando se usan simientes bacteriales no aclimatadas adecuadamente al residuo.
- Ciertos compuestos orgánicos como los hidrocarburos aromáticos y la piridina no son oxidados por el dicromato.
- Para concentraciones de cloruros mayores a 1 g/L se debe ejecutar el ensayo con un testigo de concentración de cloruros igual al de la muestra.



- El tiempo de refluo debe ser siempre dos horas, puesto que el resultado de la DQO es función del tiempo de digestión.

### 2.2.3. Características biológicas

Las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano, y por el papel activo y fundamental de las bacterias y otros microorganismos dentro de la descomposición y estabilización de la materia orgánica, bien sea en el medio natural o en plantas de tratamiento de aguas residuales.

#### 2.2.3.1. Bacterias

Organismos eubacteriales, procarióticos y unicelulares. Morfológicamente se clasifican como cocos, bacilos, curvados o vibriones, espirales o espirillas o espiroquetas y filamentosas. Son los organismos más importantes en la descomposición y estabilización de la materia orgánica.

Así mismo, los organismos bacteriales patógenos que pueden acompañar las excretas humanas originan uno de los problemas sanitarios más graves en áreas de malas condiciones sanitarias.

Las bacterias se reproducen generalmente por fisión binaria, poseen pared celular, citoplasma con suspensiones coloidales de proteínas, carbohidratos y otros compuestos orgánicos. El citoplasma contiene ácido RNA, cuya función principal es sintetizar proteínas y ADN el cual contiene la información para la reproducción celular.

Las temperaturas inferiores a la temperatura óptima tienen mayor efecto significativo sobre el crecimiento bacterial que las temperaturas superiores.

La tasa de crecimiento se dobla aproximadamente con un incremento de 10°C hasta alcanzar la temperatura óptima. Los intervalos típicos óptimos de temperatura para las bacterias son:

Bacterias psicrófilas o criófilas	12-18 °C
Bacterias mesófilas	25-40 °C



Bacterias termofílicas

55-65 °C

### **2.2.3.2. Hongos**

Los hongos son protistas en su gran mayoría aerobios, aunque algunos son anaerobios, multicelulares, no fotosintéticos y quimioheterotróficos. La mayoría se alimentan de materia orgánica muerta y constituyen, junto con las bacterias, los organismos principalmente responsables de la descomposición del carbono. En el tratamiento de aguas residuales son importantes porque soportan medios ácidos de bajo pH, el pH óptimo para la mayoría de especies es de 5.6 y, además, requieren aproximadamente la mitad de nitrógeno que exigen las bacterias. Esto los hace particularmente abundantes en el tratamiento de residuos industriales de bajo pH y bajo contenido de nitrógeno. Por otra parte, como resisten ambientes de baja humedad, son importantes en procesos de compostaje.

### **2.2.3.3. Protozoos**

Los protozoos son móviles, de tamaño microscópico, con estructura eucariótica y generalmente unicelulares. La mayoría de los protozoos son aerobios heterótrofos, algunos anaerobios aerotolerantes y un grupo reducido de anaerobios. Por lo general, los protozoos son de tamaño mayor al de las bacterias y con frecuencia las usan como fuente de energía. Es por eso que los protozoos son usados para el pulimento de los efluentes de procesos de tratamiento biológico, al alimentarse de bacterias y materia orgánica particulada.

### **2.2.3.4. Rotíferos**

Son eucarióticos, animales aerobios, heterotróficos y multicelulares. Su nombre se deriva del hecho de que tienen dos juegos de cilios sobre la cabeza que usan para moverse y capturar comida. Los rotíferos son muy efectivos en el consumo de bacterias floculadas y dispersas, y algunas partículas de materia orgánica. Su presencia en un efluente indica un proceso de purificación biológica bajo condiciones aerobias muy eficientes.



#### **2.2.3.5. Algas**

Las algas son eucarióticas unicelulares o multicelulares, autotróficas y fotosintéticas.

En lagunas fotosintéticas las algas proveen el oxígeno requerido para la actividad biológica aeróbica. Estas usan los nutrientes y el dióxido de carbono producidos, estableciéndose una relación simbiótica algas-bacterias, responsable del tratamiento del agua. Son indeseables en aguas superficiales, pues cubren las superficies de lagos y embalses. Proliferan en lagos eutróficos o enriquecidos nutricionalmente; alteran la calidad del agua produciendo sabores y olores indeseables, al igual que algunos efectos tóxicos sobre peces y otro tipo de vida acuática. El control del contenido de carbono, nitrógeno, fósforo y de algunos elementos como hierro y cobalto son algunas de las soluciones propuestas para desestimular el crecimiento de algas en aguas.

El uso que hacen las algas del CO<sub>2</sub>, en la fotosíntesis, puede conducir a lagunas con pH alto, especialmente en aguas de baja alcalinidad; en otros casos, las algas usan el Ion bicarbonato como fuente del carbono requerido para su crecimiento celular y se presentan variaciones altas de pH durante el día. Así mismo, cuando el pH aumenta, las formas predominantes de alcalinidad tienden a ser las de los carbonatos e hidróxidos; si el agua residual contiene suficiente calcio, este se precipitará como carbonato al excederse el producto de solubilidad. Las algas constituyen la fuente principal de oxígeno en las lagunas fotosintéticas durante el día y pueden desarrollar condiciones de sobresaturación de oxígeno disuelto (OD). Sin embargo, durante la noche, el consumo respiratorio puede conducir a concentraciones mínimas de OD. El aumento de nutrientes o eutrofización en el agua ocasiona crecimientos excesivos de algas.

#### **2.2.3.6. Virus**

Los virus son parásitos intracelulares obligados que se multiplican únicamente dentro de una célula huésped donde reorientan el sistema bioquímico de la célula para reproducirse a sí



mismos. Los virus pueden también existir en estado extracelular, en el cual la partícula de virus (conocida como virion) es metabólicamente inerte. Los bacteriófagos son virus que infectan las bacterias huésped; no han sido implicados en infecciones de humanos.

El virus constituye uno de los riesgos más importantes para la salud; en general, se considera que para exterminarlos con cloro se requieren dosis superiores a la del punto de quiebre, lo cual hace necesario eliminar el cloro residual libre de las aguas residuales desinfectadas (Romero, 1999).

### **2.3. Tratamiento de Aguas Residuales**

Las aguas residuales recogidas en comunidades y municipios deben ser conducidas, en última instancia, a cuerpos de agua receptores o al mismo terreno. La compleja pregunta acerca de que contaminantes contenidos en el agua residual, y a qué nivel deben ser eliminados de cara a la protección del entorno, requiere una respuesta específica en cada caso concreto. Para establecer dicha respuesta específica en cada caso concreto. Para establecer dicha respuesta es preciso analizar las condiciones y necesidades locales en cada caso, y aplicar tanto los conocimientos científicos como la experiencia previa de ingeniería, respetando la legislación y las normas reguladoras de la calidad del agua existentes (Metcalf & Eddy, 1995).

### **2.4. Clasificación de los métodos de tratamientos de las aguas residuales**

El grado de tratamiento necesario puede determinarse comparando las características del agua residual cruda con las exigencias del efluente correspondiente.

Los contaminantes presentes en el agua residual pueden eliminarse con procesos químicos, físicos y/o biológicos. Los métodos individuales suelen clasificarse en operaciones físicas unitarias, procesos químicos unitarios, y procesos biológicos unitarios. A pesar de que estas operaciones y procesos se utilizan conjuntamente en los sistemas de tratamiento, se ha



considerado ventajoso estudiar las bases científicas de cada uno de ellos por separado, ya que los principios básicos son comunes (Metcalf & Eddy, 1995).

#### **2.4.1. Operaciones físicas unitarias**

Los métodos de tratamiento en los que predomina la acción de fuerzas físicas se conocen como operaciones físicas unitarias. Puesto que la mayoría de estos métodos han evolucionado directamente a partir de las primeras observaciones de la naturaleza por parte del hombre, fueron los primeros en ser aplicados al tratamiento de las aguas residuales. El desbaste, mezclado, floculación, sedimentación, flotación, transferencia de gases y filtración son operaciones unitarias típicas (Metcalf & Eddy, 1995).

#### **2.4.2. Procesos químicos unitarios**

Los métodos de tratamiento en los cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos o gracias al desarrollo de ciertas reacciones químicas, se conocen como procesos químicos unitarios. Fenómenos como la precipitación, absorción y la desinfección son ejemplos de los procesos de aplicación más común en el tratamiento de aguas residuales. En la precipitación química el tratamiento se lleva a cabo produciendo un precipitado que se recoge por sedimentación. En la mayoría de los casos, el precipitado sedimentado no sólo contendrá los constituyentes que puedan haber reaccionado con los productos químicos añadidos, sino que también estará compuesto por algunas sustancias arrastradas al fondo durante la sedimentación del precipitado. La absorción es un proceso mediante el cual se eliminan compuestos específicos de las aguas residuales sobre superficies sólidas basándose en las fuerzas de atracción entre cuerpos (Metcalf & Eddy, 1995).

#### **2.4.3. Procesos biológicos unitarios**

Los procesos de tratamiento en los que la eliminación de los contaminantes se lleva a cabo gracias a la actividad biológica se conocen como procesos biológicos unitarios. La principal



aplicación de los procesos biológicos es la eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua residual en forma, tanto coloidal, como en disolución. Básicamente estas sustancias se convierten en gases, que se liberan a la atmósfera, y en tejido celular biológico, eliminable por sedimentación. Los tratamientos biológicos también se emplean para eliminar el nitrógeno contenido en el agua residual. Mediante un adecuado control del medio, el agua residual se puede tratar biológicamente en la mayoría de los casos (Metcalf & Eddy, 1995).

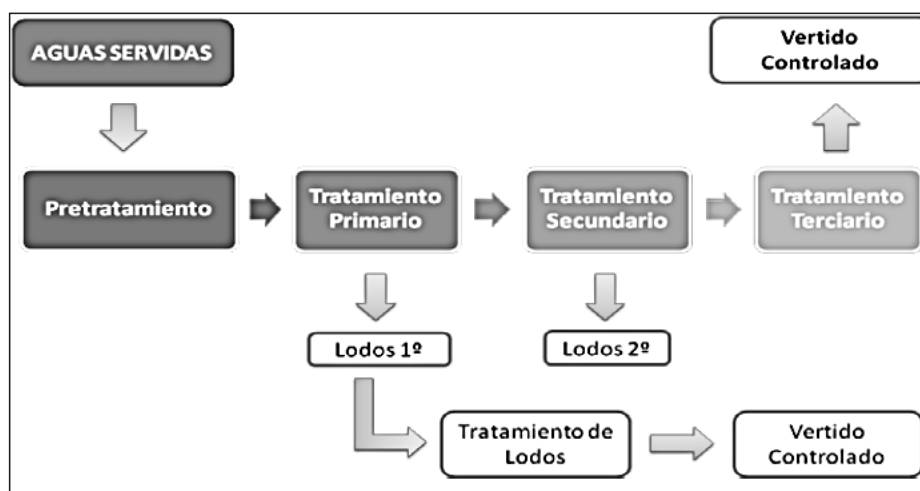
## **2.5. Tipos de tratamiento de las aguas residuales**

El proceso de autodepuración es inherente a los cuerpos de agua, ocurre gracias a la presencia de diversos microorganismos como bacterias y algas, que descomponen los desechos, metabolizándolos y transformándolos en sustancias simples tales como dióxido de carbono, nitrógeno, entre otros, además de ciertos microorganismos que absorben algunas sustancias inorgánicas.

Es por esto que, al arrojar sustancias extrañas a los cuerpos de agua, si estas se encuentran dentro de ciertas concentraciones límites, se inicia el proceso de autodepuración, este proceso se aplica a sustancias orgánicas como detergentes, fenoles, ciertas sustancias inorgánicas, entre otros. De lo contrario, si son vertidos que pasan las concentraciones límites para que el cuerpo de agua inicie el proceso de autodepuración natural, es necesario un tratamiento.

El diseño eficiente y económico de una planta de tratamiento de aguas servidas requiere de un cuidadoso estudio basado en aspectos, tales como: el caudal ( $m^3/s$ ), el uso final del producto final (agua tratada), el área disponible para la instalación, la viabilidad económica, características meteorológicas (clima, precipitación). En tal sentido, teniendo en mente que la solución tecnológica más adecuada es aquella que optimiza la eficiencia técnica en la forma más simple y menos costosa, la tecnología debe hacer uso de los recursos humanos y materiales

disponibles en el país. Asimismo, cabe señalar que la selección de los procesos y/o el tipo de planta serán diferentes dependiendo de cada caso específico. El Fondo Nacional del Ambiente (FONAM) y la Norma OS. 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones clasifican los procesos del tratamiento de aguas servidas de la siguiente manera:



**Figura N°01:** Secuencia completa de tratamientos de aguas servidas domésticas por Lodos Activados

Fuente: FONAM (2010), *Oportunidades de Mejoras Ambientales por el Tratamiento de Aguas Residuales en el Perú*; pág. 10

### 2.5.1. Tratamiento preliminar

Esta etapa no afecta a la materia orgánica contenida en el agua servida. Se pretende con el pretratamiento la eliminación de materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos cuya presencia en el efluente perturbaría el tratamiento total y el funcionamiento eficiente de las máquinas, equipos e instalaciones de la estación depuradora.

En el pretratamiento se efectúa un desbaste (rejillas) para la eliminación de las sustancias de tamaño excesivo y un tamizado para eliminar las partículas en suspensión. Un desarenado, para eliminar las arenas y sustancias sólidas densas en suspensión y un desengrasado para eliminar los aceites presentes en el agua servida, así como elementos flotantes. Como principales procesos de tratamiento preliminar tenemos: desbaste, tamizado, desarenador, desengrasador y desaceitador.



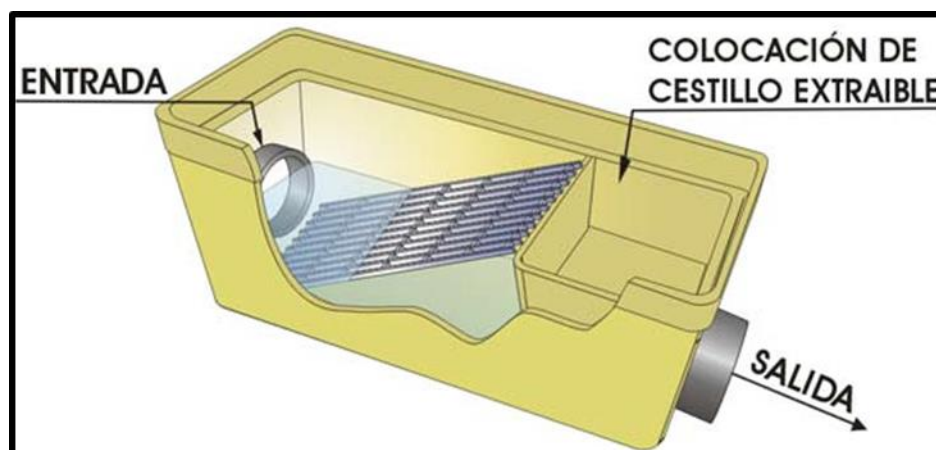
### 2.5.1.1. Desbaste

Esta operación consiste en hacer pasar el agua servida a través de una reja. De esta forma, el desbaste se clasifica según la separación entre los barrotes de la reja en:

- **Desbaste fino:** Con separación libre entre barrotes de 10-25mm.
- **Desbaste grueso:** Con separación libre entre barrotes de 50-100mm.

En cuanto a los barrotes, estos han de tener unos espesores mínimos según sea:

- **Reja de gruesos:** entre 12-25mm.
- **Reja de finos:** entre 6-12 mm. También tenemos que distinguir entre los tipos de limpieza de rejas igual para finos que para gruesos:
  - a. Rejas de limpieza manual.
  - b. Rejas de limpieza automática.



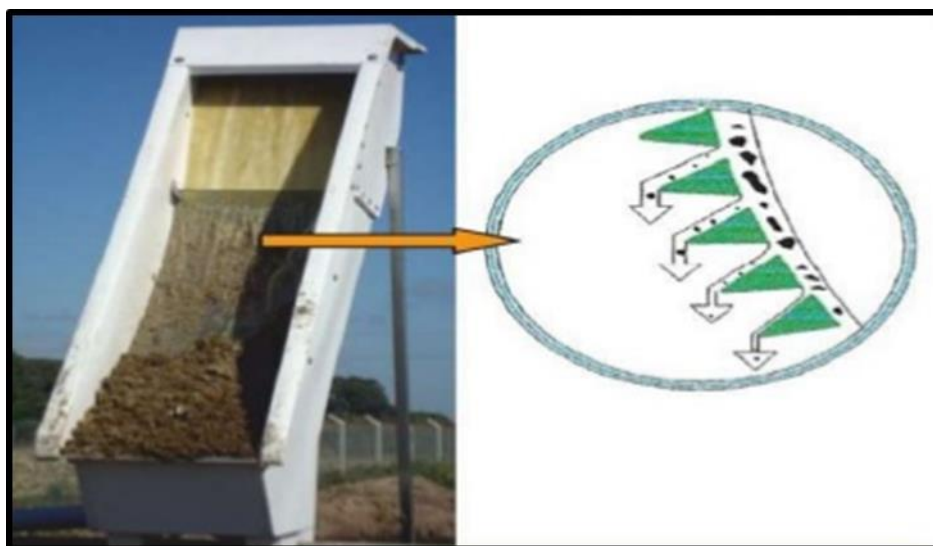
**Figura N° 02:** Esquema de desbaste de los residuos de un agua servida

*Fuente: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura, Propuesta de Mejora de Tratamiento de Aguas Residuales en una Empresa Pesquera, 2013; pág. 12.*

### 2.5.1.2. Tamizado

Consiste en una filtración sobre soporte delgado, y sus objetivos son los mismos que se pretenden con el desbaste, es decir, la eliminación de materia que por su tamaño pueda interferir en los tratamientos posteriores. Según las dimensiones de los orificios de paso del tamiz, se distingue entre:

- **Macrotamizado:** Se hace sobre chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0,2 mm. Se utilizan para retener materias en suspensión, flotantes o semiflotantes, residuos vegetales o animales, ramas, de tamaño entre 0,2 y varios milímetros.
- **Microtamizado:** Hecho sobre tela metálica o plástica de malla inferior a 100 micras. Se usa para eliminar materias en suspensión muy pequeñas contenidas en el agua de abastecimiento (Plancton) o en aguas servidas pre tratadas. Los tamices se incluirán en el pretratamiento de una estación depuradora en casos especiales cuando las aguas servidas brutas llevan cantidades excepcionales de sólidos en suspensión, flotantes o residuos.



**Figura N° 03:** Esquema de tamizado de un agua servida.

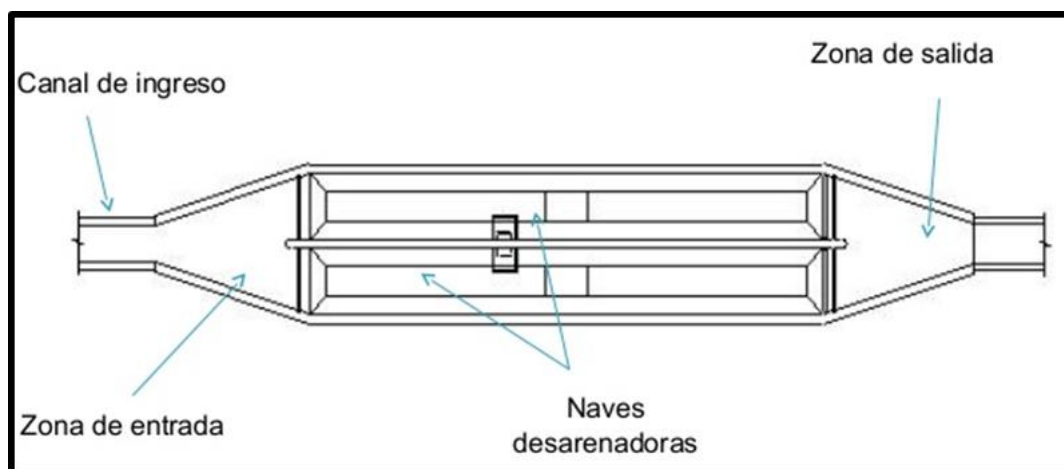
*Fuente: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura, Propuesta de Mejora de Tratamiento de Aguas Residuales en una Empresa Pesquera, 2013; pág. 12.*

### 2.5.1.3. Desarenador

El objetivo de esta operación es eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguiente.

Los desarenadores se diseñan para eliminar partículas de arenas de tamaño superior a 0,200 mm y peso específico medio 2,65, obteniéndose un porcentaje de eliminación del 90%. Si el peso

específico de la arena es bastante menor de 2,65, deben usarse velocidades de sedimentación inferiores a las anteriores.



**Figura N° 04:** Esquema de un desarenador del agua servida

Fuente: Internet. <https://es.slideshare.net/ingmariocastellon/desaarenadores-convencionales>

#### 2.5.1.4. Desaceitador y desengrasador:

El objetivo en este paso es eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores.

El desaceitado consiste en una separación líquido-líquido, mientras que el desengrase es una separación sólido-líquido. En ambos casos se eliminan mediante insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y mejorar la flotabilidad.

Se podría hacer esta separación en los decantadores primarios al ir provistos éstos de unas rasquetas superficiales de barrido, pero cuando el volumen de grasa es importante, estas rasquetas son insuficientes y la recogida es deficitaria.

Si se hacen desengrasado y desarenado junto en un mismo recinto, es necesario crear una zona de tranquilización donde las grasas flotan y se acumulan en la superficie, evacuándose por vertedero o por barrido superficial, y las arenas sedimentan en el fondo y son eliminadas por uno de los métodos que desarrollamos en el apartado anterior.



**Figura N° 05:** Esquema del desengrasado del agua servida

Fuente: <https://www.iagua.es/noticias/teqma/importancia-separacion-aceites-y-grasas-tratamiento-agua-residual-urbana>.

### 2.5.2. Tratamiento primario

El tratamiento primario que recibe las aguas servidas consiste principalmente en la remoción de sólidos suspendidos flocculantes bien mediante sedimentación o floculación, en la neutralización de la acidez o alcalinidad excesivas y en la remoción de compuestos inorgánicos mediante precipitación química. En algunos casos se puede utilizar la coagulación como auxiliar del proceso de sedimentación.

Entre los principales procesos y operaciones de tratamiento primario están: sedimentación, coagulación y floculación, tanques imhoff y digestión primaria de lodos.

#### 2.5.2.1. Sedimentación

La separación de los sólidos por gravedad se basa en la diferencia que existe entre los pesos específicos del líquido que es la fase continua y el de las partículas, las cuales constituyen la fase discreta. Para que se produzca la separación entre el líquido y los sólidos pueden seguirse dos caminos: aquellas partículas que tienen un peso específico mayor que el del agua sedimentada, y que aquellas otras con un peso específico menor que el del agua flotante. Se



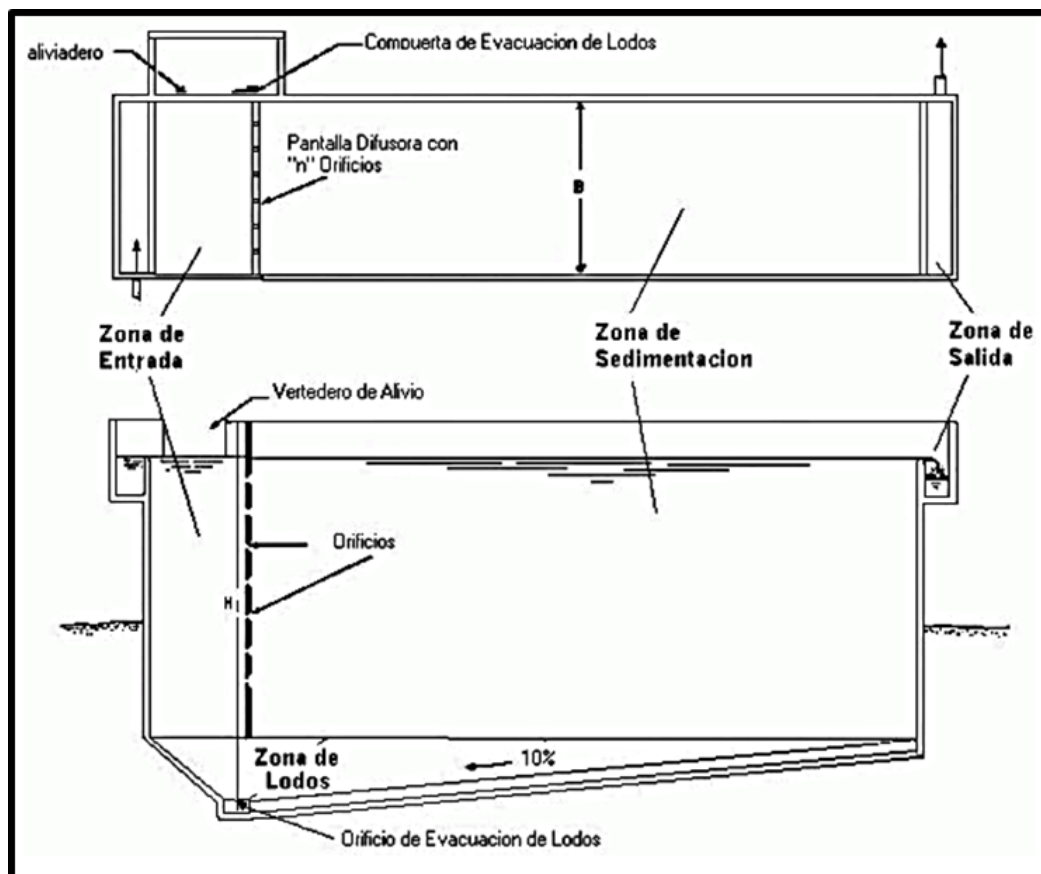
puede pues utilizar la sedimentación o la flotación para separar del agua servida los sólidos en suspensión presentes en ella.

Existe la sedimentación floculante o llamada también sedimentación de partículas aglomerables. Se presentan cuando la velocidad de asentamiento de las partículas aumenta a medida que descienden hacia el fondo del tanque. Los aumentos en la velocidad de sedimentación se deben a que las partículas incrementan su tamaño por acción de la floculación que ocurre en el tanque. Esta floculación puede deberse a la acción de barrido que ejercen algunas partículas, o a corrientes de densidad o turbulencia.

Asimismo, se tiene la sedimentación primaria, que es uno de los procesos más utilizados en los sistemas de tratamiento de aguas servidas, bien sea como tratamiento único, o bien como proceso de tratamiento anterior o previo al tratamiento biológico propiamente dicho. El objetivo fundamental de la sedimentación primaria es remover de las aguas servidas aquella fracción de los sólidos que es sedimentable, además de la carga orgánica asociada con dichos sólidos. La base o criterio práctico de diseño es la carga superficial, la cual usualmente se expresa en términos de  $m^3/día/m^2$  o  $m^3/h/m^2$ , o sea el resultado de dividir el caudal en  $m^3/día$  o  $m^3/h$  por la superficie total del tanque de sedimentación en metros cuadrados.

Se recomienda que la carga superficial de un sedimentador primario para aguas servidas domésticas no exceda el valor de  $24 m^3/día/m^2$ , cuando el caudal de tratamiento es inferior a  $4000 m^3/día$ . Si el caudal de aguas servidas a tratar es mucho mayor que  $4000 m^3/día$ , entonces es posible utilizar cargas superficiales del orden de los  $30-32 m^3/día/m^2$  y aún mayores.

Para el diseño se debe considerar las zonas de entrada y de salida del tanque de sedimentación, la profundidad mínima que debe tener el tanque y sobre la forma y tamaño que este debe tener. Además, es preciso recordar que las variaciones bruscas en la temperatura del agua, así como las características de cada agua servidas pueden afectar considerablemente la eficiencia del tanque en la remoción de sólidos sedimentables.



**Figura N° 06:** Esquema de sedimentación del agua servida

Fuente: Guía Para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores Pág. 17. <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>

### 2.5.2.2. Coagulación y Floculación

Los procesos de coagulación-floculación facilitan el retiro de los sólidos en suspensión y de las partículas coloidales. Algunas veces existe la confusión entre estas dos por el hecho que frecuentemente ambas operaciones se realizan de forma simultánea. En ese sentido, se define a la coagulación como la desestabilización de la suspensión coloidal, mientras que la Floculación se limita a los fenómenos de transporte de las partículas coaguladas para provocar colisiones entre ellas promoviendo su aglomeración.

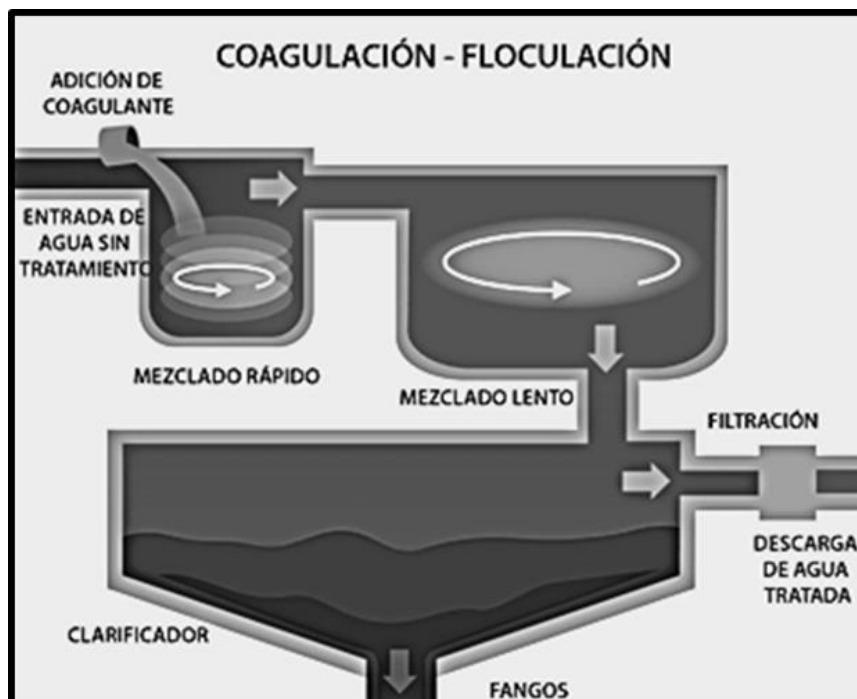
Por tanto, la Coagulación es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado coagulante.



Históricamente, los coagulantes metálicos, sales de Hierro y Aluminio, han sido los más utilizados en la clarificación de aguas y eliminación de DBO y fosfatos de aguas servidas. Tienen la ventaja de actuar como coagulantes-floculantes al mismo tiempo. Sin embargo, tienen el inconveniente de ser muy sensibles a un cambio de pH. Si éste no está dentro del intervalo adecuado la clarificación es pobre y pueden solubilizar Fe ó Al y generar problemas. Entre los coagulantes más utilizados son: sulfato de alúmina, sulfato férrico, cloruro férrico.

La floculación es un proceso de separación de líquido-sólido utilizado para la remoción de partículas o sólidos suspendidos en las aguas servidas. Se usa principalmente para la separación de grasas, aceites, material fibroso y otros sólidos de densidad baja. Los principales componentes de un proceso de flotación son el compresor de aire, un tanque de retención donde se almacenan las aguas servidas presurizadas, una válvula reductora de presión y el tanque de flotación. El proceso puede realizarse bien inyectando el aire directamente a las aguas servidas crudas, o bien al efluente recirculado del tanque de flotación, el cual se mezcla con las aguas servidas crudas. Los floculantes más usados son los siguientes: oxidantes, adsorbentes, sílice activa.

Los factores, que pueden promover la coagulación-floculación, son el gradiente de la velocidad, el tiempo, y el pH. El tiempo y el gradiente de velocidad son importantes al aumentar la probabilidad de que las partículas se unan. Por otra parte, el pH es un factor prominente en el retiro de coloides.



**Figura N° 07:** Esquema de coagulación - floculación del agua servida

Fuente: Internet <http://biotecnologiaurp.blogspot.com/2011/05/procesos-de-manufactura.html>

### 2.5.2.3. Tanques Imhoff

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

Los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas servidas domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se llama tanques de doble cámara.

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

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

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

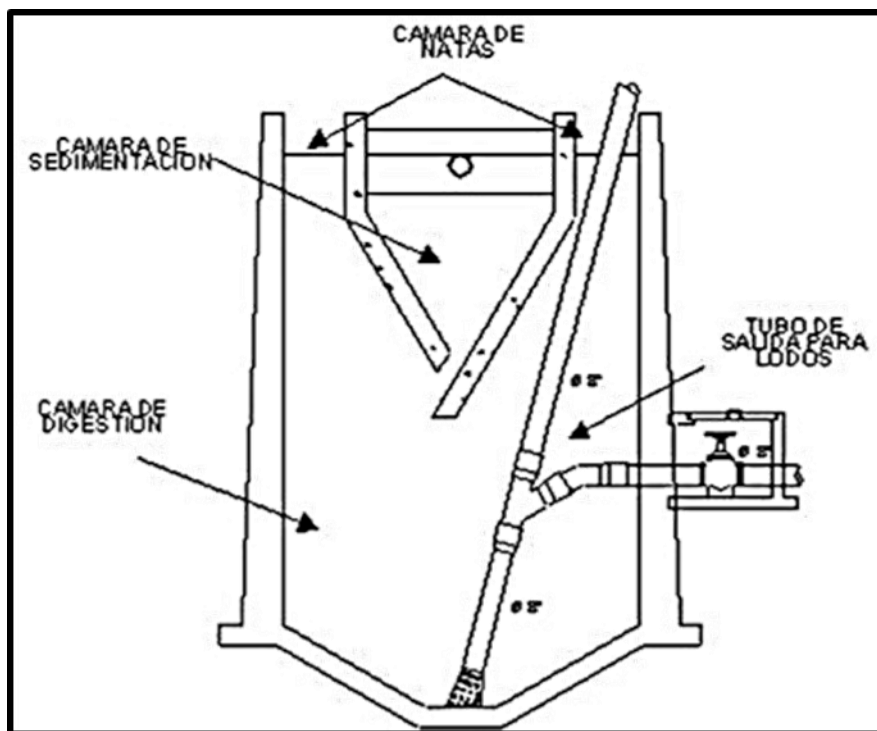




Durante la operación, las aguas servidas fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente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

Estas unidades no cuentan con unidades mecánicas que requieran mantenimiento y la operación consiste en la remoción diaria de espuma, en su evacuación por el orificio más cercano y en la inversión del flujo dos veces al mes para distribuir los sólidos de manera uniforme en los dos extremos del digestor de acuerdo con el diseño y retirarlos periódicamente al lecho de secado.

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



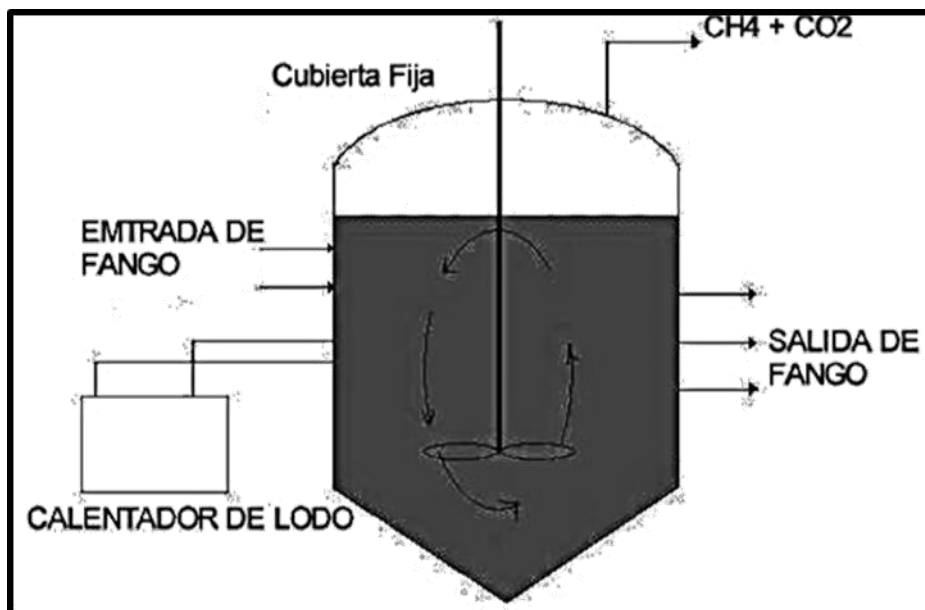
**Figura N° 08:** Esquema de un tanque Imhoff

Fuente: Internet, <https://es.slideshare.net/ciimsa/ptarpequeas>

#### 2.5.2.4. Digestión Primaria de Lodos

En la decantación primaria y secundaria se producen lodos primarios o secundarios. Estos lodos están compuestos por agua y partículas sólidas. El agua se encuentra agregada o como agua capilar. Las proteínas hidrófilas absorben, por otra parte, moléculas de agua. La proporción del líquido es del 95 - 99 %.

El volumen de lodos que se produce depende del tipo de tratamiento de las aguas servidas y de factores externos, como la climatología o el volumen residual tratado. Estos lodos pueden entrar rápidamente en putrefacción y producir, además, malos olores. En tal sentido, la digestión de los lodos primarios requiere de sistemas que garanticen tiempos de detención de sólidos superiores a los 25 días cuando se tienen aguas servidas con temperaturas promedio entre los 20 – 25 °C.



**Figura N° 09:** Esquema Digestión Primaria de Lodos

Fuente: Internet, <https://es.slideshare.net/yazminmendozacastillo/digestion-anaerobia-31879582>

### 2.5.3. Tratamiento secundario

Su finalidad es la reducción de la materia orgánica presente en las aguas servidas una vez superadas las fases de pretratamiento y tratamiento primario. El tratamiento secundario o biológico ha sido diseñado, tomando como ejemplo el proceso biológico de autodepuración, anteriormente mencionado, que ocurre naturalmente. La aplicación de éste en aguas servidas, previene la contaminación de los cuerpos de agua antes de ser descargadas. En estos procesos, la materia orgánica biodegradable de las aguas servidas domésticas actúa como nutriente de una población bacteriana a la cual se le proporciona oxígeno y condiciones controladas, en resumen, el tratamiento biológico es por tanto una oxidación de la materia orgánica biodegradable con participación de bacterias que se ejecuta para acelerar un proceso natural y evitar posteriormente la presencia de contaminantes y la ausencia de oxígeno en los cuerpos de agua.

Para que la transformación biológica se haga efectiva y de manera eficiente, deben existir condiciones adecuadas para el crecimiento bacteriano, considerando temperatura (30 – 40 °C),

oxígeno disuelto, pH adecuado (6,5-8,0), salinidad (menor a 3 000 ppm). En estos procesos, actúan como sustancias inhibidoras las sustancias tóxicas, como metales pesados Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb y otros, así como cianuros, fenoles y aceites, por este motivo es necesario evitar la presencia de estos.

La biomasa bacteriana puede estar soportada en un lecho fijo, como superficies inertes (rocas, escoria, material cerámico o plástico) o puede estar suspendida en el agua a tratar, siendo estos de lecho móvil o lecho fluidizado. En cada una de estas situaciones la concentración de oxígeno en el agua determina la existencia de bacterias aeróbicas, facultativas o aerobias. Los procesos aerobios con biomasa suspendida que más se aplican son los de lagunas aireadas y los de lodos activados, además los procesos anaerobios.



**Figura N° 10:** Preparación de los contenedores para tratamiento secundario

*Fuente: Internet, <http://jumapam.gob.mx/planta-tratadora-el-creston/>*

### 2.5.3.1. Lagunas aireadas

Son embalses de agua servida que ocupan una gran superficie de terreno, por lo que se emplean cuando éste es un bien barato. El agua servida así dispuesta se oxigena mediante aireadores superficiales o difusores sumergidos para generar oxidación bacteriana. Estos dispositivos crean una turbulencia que mantiene la materia en suspensión. El tiempo de residencia normal

de este proceso es de 3 a 6 días, tiempo en que las bacterias poseen un crecimiento acelerado, dependiendo de las condiciones climáticas y suponiendo una aireación suficiente. La separación de sólidos de este tratamiento se logra por decantación que demora de 6 a 12 horas. La calidad del efluente de este proceso es inferior al de lodos activados, cuya diferencia fundamental es que en el primero no hay recirculación de lodos.



**Figura N° 11:** Pozas para laguna aireada de gran extensión

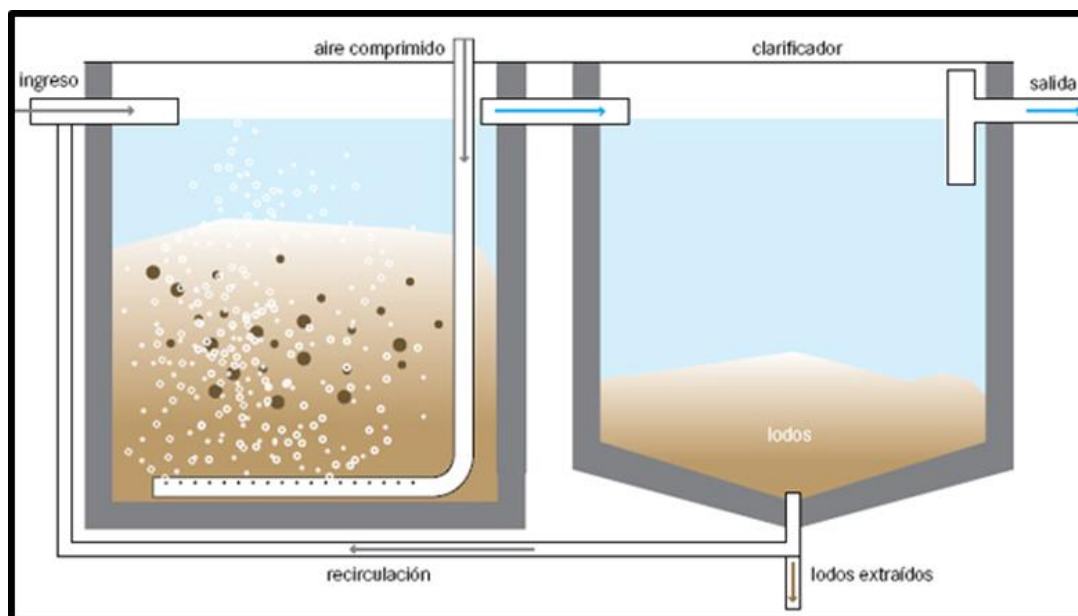
*Fuente: Estudio y Análisis Técnico - Económico de Planta de Tratamientos de Aguas Residuales, Pág. 19.*

### 2.5.3.2. Proceso de lodos activados

El agua servida aireada se mezcla con bacterias aeróbicas que se han desarrollado con anterioridad. A diferencia del anterior, la mezcla del agua servida, previamente decantada, se agita por medio de bombas para que la materia esté en suspensión y en constante contacto con oxígeno en el interior de piscinas de concreto armado. La materia orgánica degradada del agua servida flocula, por lo que luego se puede decantar. Una parte de la biomasa sedimentada se devuelve al tratamiento biológico, para mantener una población bacteriana adecuada, y el resto se separa como lodo.

Las ventajas principales de este proceso son el corto tiempo de residencia de la biomasa en las piscinas (6 horas), permitiendo tratar grandes volúmenes en espacios reducidos y la eficiencia

en la extracción de las materias suspendidas. Sin embargo, la eficiencia en la eliminación de bacterias patógenas es baja. El agua tratada en un proceso de lodos activados o en lagunas aireadas puede servir para regadío si previamente se somete a cloración para desinfectarla.



**Figura N° 12:** Esquema del proceso de digestión de lodos activos

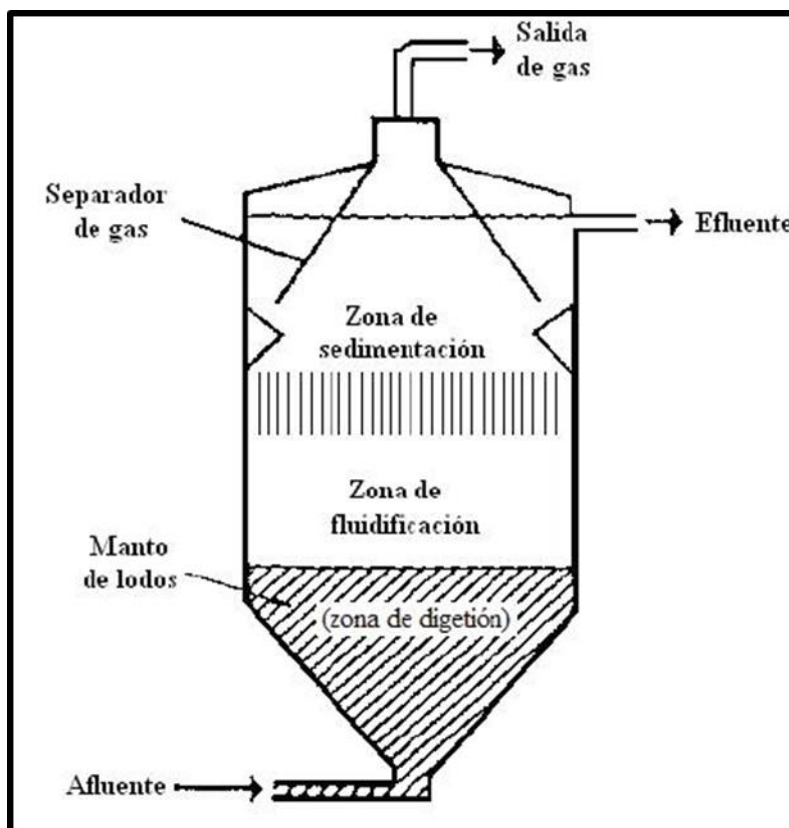
Fuente: Internet, <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t10.html>

### 2.5.3.3. Procesos Anaerobios

También podemos considerar en los procesos anaerobios que consiste en una serie de procesos microbiológicos que ocurren dentro de un recipiente hermético, que realizan la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos, pero es desarrollado principalmente por bacterias. Ejemplos de tratamientos anaeróbicos son los tanques sépticos y los reactores anaerobios que tratan el agua en un sistema sin luz, oxígeno ni movimiento.

Las ventajas principales serían que generalmente requiere de instalaciones menos costosas, y no hay necesidad de suministrar oxígeno, por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético es menor. Produce una menor cantidad de lodos (el 20% en comparación con un sistema de lodos activos).

Por otro lado, sus desventajas serían que es más lento que el tratamiento aeróbico, es decir, requiere un mayor tiempo de contacto o retención hidráulica, así como más tiempo de aclimatación, lo que impide el tratamiento de grandes volúmenes de aguas servidas.



**Figura N° 13:** Esquema del proceso de digestión anaerobia

Fuente: Internet, [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432012000300008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432012000300008)

#### 2.5.4. Tratamiento terciario

Los objetivos del tratamiento terciario son eliminar la carga orgánica remanente de un tratamiento secundario, eliminar microorganismos patógenos, eliminar color y olor indeseables, remover detergentes, fosfatos y nitratos residuales, que ocasionan espuma y eutrofización respectivamente. La cloración es parte del tratamiento terciario o avanzado que se emplea para lograr un agua más pura, incluso hasta llegar a potabilizarla si se desea.

En el tratamiento de aguas servidas, es importante tener en cuenta el manejo de los lodos provenientes de los tratamientos primario y secundario. Estos lodos, no tienen valor económico,

pero si ocasionan daños al medio ambiente.

Para estabilizar estos lodos, es decir, destruir las bacterias patógenas y volverlos inocuos al medio ambiente, el lodo se concentra por sedimentación y coagulación-floculación durante el tratamiento secundario. Este lodo, así concentrado, se puede tratar con cal como bactericida y eliminar el agua mediante exposición al sol, filtros de arena, filtros al vacío o centrifuga. Sin embargo, éstas técnicas poseen costos elevados y problemas técnicos.

El lodo deshidratado puede disponerse en vertederos, incinerarlo, o lo más deseable, usarlo como fertilizante y acondicionador del suelo, aunque su composición limita este empleo.



**Figura N° 14:** Cámara de mezclado con agentes purificadores

*Fuente: Internet, <http://www.sayta.mx/blog/?-que-es-el-tratamiento-del-agua>*

## 2.6. Reglamentos y objetivos del tratamiento del agua residual

Los métodos de las aguas residuales empezaron a desarrollarse ante la necesidad de velar por la salud pública y evitar las condiciones adversas provocadas por la descarga del agua residual al medio ambiente. Con el progresivo crecimiento de las ciudades de los Estados Unidos, se puso de manifiesto la importancia de la limitada disponibilidad de terreno para el tratamiento y





evacuación de las aguas residuales por irrigación y filtración intermitente, métodos bastante comunes a principio del siglo XV. El propósito del tratamiento era acelerar la acción de las fuerzas de la naturaleza, bajo condiciones controladas, en instalaciones de tratamiento de tamaño comparativamente menor (Metcalf & Eddy, 1995).

En general los objetivos que plantearon el 1970 estaban relacionados con eliminación de la materia en suspensión y los flotantes, tratamiento de la materia orgánica biodegradable y eliminación de los organismos patógenos. Desgraciadamente estos objetivos no se cumplían uniformemente en el territorio de los Estados Unidos. Prueba de ello es el gran número de plantas que seguían vertiendo aguas parcialmente tratadas hasta bien entrados los años sesenta.

Desde el inicio de los setenta hasta 1980, aproximadamente los objetivos del tratamiento de las aguas residuales estaban más relacionados con criterios estéticos y medioambientales. Los objetivos en la reducción de la DBO, los sólidos en suspensión y los organismos patógenos se mantuvieron, aunque a mayor nivel. También se empezó a considerar la conveniencia de eliminar nutrientes como el nitrógeno o el fósforo, especialmente en el caso de cursos de agua interiores y lagos. Con el fin de mejorar la calidad de las aguas superficiales, las agencias tanto estatales como federales, hicieron grandes sus esfuerzos para la mejora de la efectividad y extensión de los tratamientos del agua residual (Metcalf & Eddy, 1995).

### **2.6.1. Tendencias de la evolución del marco legal**

Los reglamentos y normativas siempre están sujetos a modificaciones conforme aumenta la información disponible acerca de las características del agua residual, la efectividad de los procesos de tratamiento y el impacto ambiental de las descargas. Puede anticiparse que las normativas futuras se centrarán en la implantación del WQA de 1987. Los puntos más importantes serán el control de los efectos contaminantes de las aguas pluviales y de las fuentes de contaminación difusas, la presencia de compuestos tóxicos en las aguas residuales y, como



ya se ha dicho antes, la gestión global de los fangos (incluyendo el control sobre sustancias tóxicas). Para aplicaciones y casos específicos, seguirán teniendo gran importancia la eliminación de nutrientes, el control de los organismos patógenos y la eliminación de sustancias orgánicas e inorgánicas, como los compuestos orgánicos volátiles y los sólidos disueltos totales.

## **2.6.2. Entidades vinculadas a la fiscalización ambiental de las aguas residuales municipales en el Perú**

### **2.6.2.1. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento**

Es el ente rector del estado en los asuntos relacionados al sector saneamiento y tiene las siguientes funciones:

- Formular, normar, dirigir, coordinar, ejecutar y supervisar la política nacional en dicho sector, así como evaluar permanentemente sus resultados, adoptando las correcciones y medidas correspondientes.
- Generar las condiciones para el acceso a los servicios de saneamiento en niveles adecuados de calidad y sostenibilidad.
- Asignar los recursos económicos a los gobiernos locales y las EPS Saneamiento para la construcción de obras de saneamiento y otorgar la certificación ambiental a dichos proyectos.
- Fiscalizar el cumplimiento de los compromisos ambientales contenidos en los instrumentos de gestión ambiental de los proyectos de saneamiento a nivel nacional y de los límites máximos.

### **2.6.2.2. Autoridad Nacional del Agua (ANA)**

Autoriza los vertimientos de aguas residuales tratadas con las opiniones previas técnicas favorables de la dirección general de salud ambiental del ministerio de salud y de la autoridad ambiental sectorial, las cuales son vinculantes.



Verifica el cumplimiento de los ECA en los cuerpos de agua e impone sanciones, y puede suspender las autorizaciones otorgadas si verifica que el agua residual tratada, puede afectar la calidad del cuerpo receptor o sus bienes asociados.

Autoriza el reuso de agua residual, bajo la previa acreditación de que no se pondrá en peligro la salud humana y el normal desarrollo de la fauna y flora, o se afecte otros usos.

### 2.6.2.3. Gobiernos locales

**Municipalidades provinciales:** Tienen la función de regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial. Por ello, administran o contratan los servicios de una EPS Saneamiento o la que haga sus veces. Asimismo, son responsables por el acceso y la prestación de los servicios de saneamiento en el ámbito de su provincia.

**Municipalidades distritales:** conjuntamente con su municipalidad provincial, tienen la función de administrar y reglamentar directamente o por concesión, el servicio de agua potable, alcantarillado y desagüe, cuando por economías de escala resulte eficiente centralizar provincialmente el servicio.

### 2.6.2.4. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)

El OEFA ejerce funciones de evaluación, supervisión y fiscalización en lo referido al tratamiento de las aguas residuales provenientes de las actividades económicas de sectores como la mediana y gran minería, hidrocarburos en general, electricidad, procesamiento industrial pesquero, acuicultura de mayor escala, así como producción de cerveza, papel, cemento y curtiembre de la industria manufacturera.

Los titulares de las actividades económicas descritas deben cumplir con no exceder los LMP para los efluentes que generan antes de que sean descargados a la red de alcantarillado o a los



cuerpos receptores. El OEFA es la autoridad facultada para supervisar directamente en estos casos, así como también de aplicar sanciones en caso se excedan los LMP.

Asimismo, como ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, supervisa la labor fiscalizadora de las EFA, entre las cuales se encuentran las municipalidades distritales y provinciales, los gobiernos regionales, la Autoridad Nacional del Agua, o los ministerios (Producción, Agricultura y Riego, etc.) que tienen la responsabilidad de supervisar el adecuado manejo de las aguas residuales respecto de las actividades económicas que se encuentran dentro del ámbito de su competencia.

#### **2.6.2.5. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS)**

Es la entidad que vela por la calidad del servicio que deben brindar las EPS Saneamiento. Norma, regula, supervisa y fiscaliza, dentro del ámbito de su competencia, la prestación de servicios de saneamiento a nivel nacional y, de acuerdo a su rol regulador, también es responsable de sancionar y solucionar controversias y reclamos.

#### **2.6.2.6. Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS Saneamiento)**

Tienen como finalidad operar y mantener en condiciones adecuadas los componentes de los sistemas de abastecimiento de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, y deben prestar dichos servicios con oportunidad y eficiencia. Para ello, las EPS Saneamiento están obligadas a:

- Producir, distribuir y comercializar agua potable, así como recolectar, tratar y disponer adecuadamente las aguas servidas.
- Recolectar las aguas pluviales y disponer sanitariamente las excretas.
- Ejecutar programas de mantenimiento preventivo anual a fin de reducir riesgos de contaminación de agua para consumo, de interrupciones o restricciones de los servicios.



- Realizar un control de los Valores Máximos Admisibles (VMA) a través de laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), estando facultado para imponer sanciones en caso el generador incumpla con las obligaciones dispuestas en la normativa vigente, sin perjuicio de la aplicación de sanciones establecidas en otras leyes y reglamentos.

#### **2.6.2.7. Ministerio de Salud (MINSA)**

El Ministerio de Salud, a través de Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), tiene la función de establecer las normas técnicas sanitarias para el abastecimiento de agua para consumo humano; y el manejo, reúso y vertimiento de aguas residuales domésticas y disposición de excretas. Asimismo, vigila la calidad sanitaria de los sistemas de aguas saneamiento para la protección de la salud de la población. También, diseña e implementa el sistema de registro y control de vertimientos con relación a su impacto en el cuerpo receptor.

#### **2.6.3. Norma OS.090 del reglamento nacional de edificaciones**

El objetivo principal es normar el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales en los niveles preliminar, básico y definitivo.

La presente norma está relacionada con las instalaciones que requiere una planta de tratamiento de aguas residuales municipales y los procesos que deben experimentar las aguas residuales antes de su descarga al cuerpo receptor o a su reutilización.

#### **Ítem 4.3.11**

En ningún caso se permitirá la descarga de aguas residuales sin tratamiento a un cuerpo receptor, aun cuando los estudios del cuerpo receptor indiquen que no es necesario el tratamiento. El tratamiento mínimo que deberán recibir las aguas residuales antes de su descarga, deberá ser el tratamiento primario.



### Ítem 4.3.12

Una vez determinado el grado de tratamiento, se procederá a la selección de los procesos de tratamiento para las aguas residuales y lodos. Se dará especial consideración a la remoción de parásitos intestinales, en caso de requerirse. Se seleccionarán procesos que puedan ser construidos y mantenidos sin mayor dificultad, reduciendo al mínimo la mecanización y automatización de las unidades y evitando al máximo la importación de partes y equipos.

### Ítem 4.3.12

Para la selección de los procesos de tratamiento de las aguas residuales se usará como guía los valores del cuadro siguiente:

**Tabla N° 02.** Guía para la selección de los procesos de tratamiento

PROCESO DE TRATAMIENTO	REMOCIÓN (%)		REMOCIÓN ciclos log <sub>10</sub>	
	DBO	Sólidos en suspensión	Bacterias	Helmintos
Sedimentación primaria	25-30	40-70	0-1	0-1
Lodos activados (a)	70-95	70-95	0-2	0-1
Filtros percoladores (a)	50-90	70-90	0-2	0-1
Lagunas aeradas (b)	80-90	(c)	1-2	0-1
Zanjas de oxidación (d)	70-95	80-95	1-2	0-1
Lagunas de estabilización (e)	70-85	(c)	1-6	0-4

- (a) Precedidos y seguidos de sedimentación
- (b) Incluye laguna secundaria
- (c) Dependiente del tipo de lagunas
- (d) Seguidas de sedimentación
- (e) Dependiendo del número de lagunas y otros factores como: temperatura, periodo de retención y forma de lagunas

*Fuente: Norma OS.090 del RNE, Ítem 4.3.12*



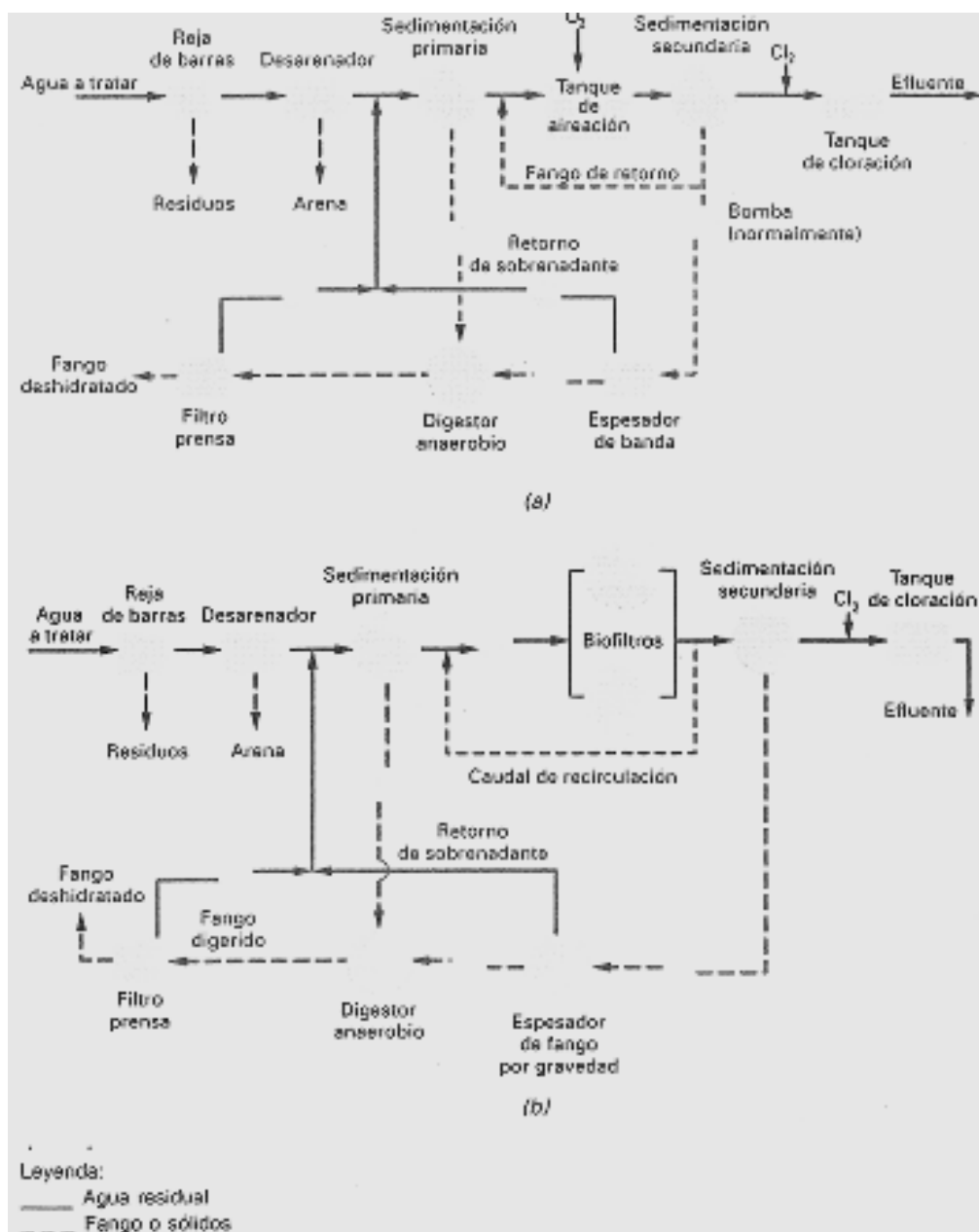
## 2.7. Selección de la planta de tratamiento de aguas residuales

Los diagramas de flujo de procesos son representaciones gráficas de las combinaciones de las operaciones y los procesos unitarios que se emplean para alcanzar los objetivos específicos del tratamiento. En la figura 15, se muestran algunos ejemplos de diagramas de flujo de procesos. La experiencia práctica es fundamental para el proyecto y distribución física de las instalaciones y para la elaboración de los planos y prescripciones técnicas. El objetivo de este apartado es la descripción de los principales elementos que hay que tener en cuenta para la elección de los diagramas de flujo de procesos. Estos factores son los siguientes: necesidades del propietario de la instalación, experiencia previa, requisitos de las agencias e instituciones de control, análisis y elección de los procesos, compatibilidad con las instalaciones existentes; costes, consideraciones medioambientales y otras consideraciones importantes, como los equipos, de personal y las consideraciones energéticas.

### 2.7.1. Necesidades del propietario

Un factor que a menudo se pasa por alto en la elección del proceso de tratamiento son las necesidades del propietario. Estas pueden ser de diversas índoles; razones de coste y facilidades de financiación del proyecto, posibilidades de explotación que requieran personal, preferencias en el tipo de proceso basadas en la experiencia personal, preocupación por el desarrollo de procesos y equipos de contrastada eficacia o por la innovación en los procesos, y las preocupaciones por los posibles impactos ambientales. Las necesidades del propietario son especialmente importantes en el caso de pequeñas comunidades en las que no existe experiencia previa alguna en la construcción y explotación de los sistemas de tratamiento. Tanto para proyectos grandes como pequeños, es importante que el propietario y el Ingeniero encargado del proyecto lleguen a un acuerdo total acerca de sus metas y objetivos individuales, de manera

que se satisfagan las necesidades del propietario y que el proceso de tratamiento diseñado sea capaz de cumplir con las funciones básicas para las cuales ha sido concedido.



**Figura N° 15:** Ejemplos de diagramas alternativos de flujo de procesos de tratamiento típicos  
(a) lodos activados (b) filtro percolador.

Fuente: Metcalf & Eddy, 1995; Pag. 149.

## 2.7.2. Experiencia previa

Cada vez se presta mayor atención al rendimiento de las plantas de tratamiento y a su fiabilidad en el cumplimiento estricto de las cada vez más restrictivas limitaciones de los vertidos de aguas





residuales. La experiencia previa en el proyecto y explotación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales es importante en la selección del proceso de tratamiento, de manera de que conozco de manera realista las posibilidades y limitaciones de los diversos procesos. El trabajo con sistemas cuyos rendimientos son conocidos elimina muchas de las incertidumbres que se plantean en el proyecto de las instalaciones, y evita los errores que se producen como consecuencia de un proyecto inadecuado. A partir de las plantas ya construidas y de su explotación, es posible obtener información de sus rendimientos, problemas de mantenimiento, facilidad o dificultad en el control de los procesos y de su capacidad de adaptación a la variación en las condiciones de trabajo. Debido a que no existe referencia histórica alguna sobre el funcionamiento de los sistemas innovadores, estos deben ser analizados cuidadosamente mediante una serie de evaluaciones progresivas. Dado que el marco normativo es cada vez más exigente, es importante analizar los riesgos asociados a cada uno de los procesos antes de hacer la elección final.

### **2.7.3. Elección de los procesos**

Cuando se quiere optar por un sistema de tratamiento de aguas residuales se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Identificar las exigencias de calidad del agua a tratar para su disposición en un cuerpo receptor o con fines de reuso, de manera coherente con la realidad local (actual y proyectada).
- Buscar las mejores posibilidades del reuso de las aguas tratadas, para obtener el mayor beneficio social (salud pública), ambiental (gestión ambiental de los recursos hídricos) y económico.



- Incluir dentro de los costos de inversión, operación y mantenimiento, un presupuesto para la intervención social y los análisis de agua necesarios para la evaluación y monitoreo del sistema de tratamiento.
- Contar con la información básica para elaborar el estudio definitivo y el expediente técnico, cuyo contenido y especificaciones se encuentran regulados en sus aspectos técnicos y de parámetros de calidad del agua.
- Planificar la disponibilidad del área, conseguir la aceptación de la población (la cual debe ser capacitada y sensibilizada), y, por último, lograr el compromiso y organización de la sociedad civil y sus autoridades.
- Conocer la normatividad legal y técnica sobre plantas de tratamiento de aguas residuales. Se deberá considerar también la calidad del efluente, para los fines de aprovechamiento deseado.
- Ser eficiente en la remoción de patógenos y ajustarse a los parámetros convencionales de los procesos más empleados (ver tabla N° 3).
- Contar con personal responsable del mantenimiento y operación de la planta, debidamente capacitado y sensibilizado.



**Tabla N° 03:** Remoción esperada de materia orgánica, sólidos en suspensión y microorganismos patógenos, según el tipo de procesos de tratamiento de aguas residuales.

Procesos de tratamiento	Remoción (%)		REMOCIÓN (ciclos log <sub>10</sub> )		
	DBO	Sólidos en suspensión	Bacterias	Helmintos	Quistes
Sedimentación primaria	25-30	40-70	0-1	0-1	0-1
Lodos activados (a)	70-95	70-95	0-2	0-1	0-1
Filtros percoladores (a)	50-90	70-90	0-2	0-1	1-2
Lagunas aereadas (b)	80-90	(c)	1-2	0-1	0-1
Zanjas de oxidación (d)	70-95	80-95	1-2	0-1	
Lagunas de estabilización (e)	70-85	(c)	1-6	1-4	2-4
Biofiltros	80-95	80-95	1-2	0-2	0-1
Desinfección	-	-	1-2	1-3	0-1

- (a) Precedidos de tratamiento primario y seguidos de sedimentación secundaria.  
(b) Incluye laguna secundaria.  
(c) Dependiente del tipo de lagunas.  
(d) Seguidas de sedimentación.  
(e) Dependiendo del número de lagunas y otros factores como: Temperatura, periodo de retención y forma de las lagunas.  
1 ciclo de log<sub>10</sub> = 90% remoción;  
2 ciclos = 99%;  
3 ciclos = 99.9%; etc.

*Fuente: Feachem et-al., 1983; Mara et al., 1992; Yáñez, 1992; Norma Técnica OS.090.*

#### 2.7.4. Alternativas tecnológicas para el tratamiento de aguas residuales

Las tecnologías mostradas en el diagrama siguiente y descritas a continuación, sobre el tratamiento de aguas residuales, resume las condiciones técnicas de cada una, especificando sus alcances y limitaciones, así como sus ventajas y desventajas.

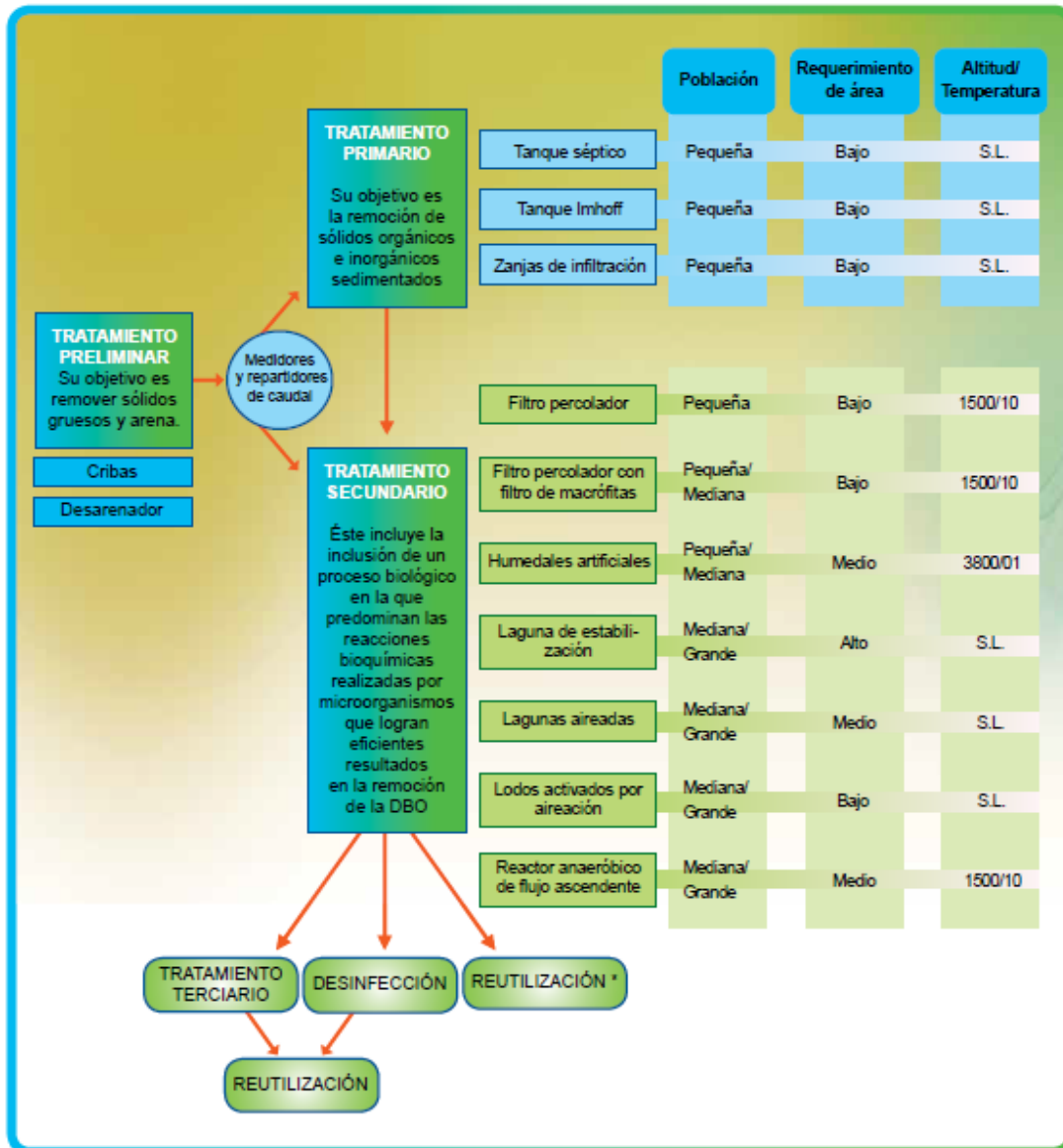


Figura N° 16: Flujograma de tecnologías empleadas en el tratamiento de Aguas Residuales.

Fuente: Manual para Municipios Ecoeficientes, Pág. 26.

## 2.8. Recuperación y reutilización de Aguas Residuales

En los últimos años, debido a la creciente escasez de agua fresca, la necesidad de proteger el medio ambiente y aprovechar económicamente las aguas residuales se ha promovido internacionalmente el reúso controlado de efluentes, lo que representa:

- Reducir considerablemente la carga contaminante que se dispone en los cuerpos receptores superficiales, subterráneos y zonas costeras mediante vías simples, efectivas y de menor costo.



- Incrementar el potencial aprovechable de los recursos hídricos, así como su mejor manejo al liberar grandes cantidades de agua fresca de mejor calidad para otros usos.
- Mejorar importantes áreas agrícolas aportándole materias orgánicas y nutrientes.

La implementación de sistemas integrados de tratamiento y el uso de aguas residuales domésticas deberá considerar la calidad del agua en sus tres dimensiones: sanitaria, agronómica y ambiental. La calidad sanitaria estará determinada por las concentraciones de parásitos, representados por los huevos de helmintos y los coliformes fecales como indicador de los niveles de bacterias, así como virus causantes de enfermedades entéricas al ser humano. La calidad agronómica estará relacionada con las concentraciones de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y oligoelementos), así como de aquellos elementos limitantes o tóxicos para la agricultura, como la salinidad y cantidades excesivas de boro, metales pesados y otros. Finalmente, la calidad ambiental en principio involucra todos los indicadores antes mencionados y otros. En la práctica, estará más relacionada con las concentraciones de sólidos, materia orgánica, nutrientes y elementos tóxicos que pueden generar impactos negativos en los cuerpos de agua.

Un tratamiento eficiente de las aguas residuales, un estricto cumplimiento de las normas establecidas por los organismos nacionales e internacionales para su reúso en riego agrícola, así como un adecuado nivel de información técnico sanitaria de todos los factores que intervienen en el uso productivo de estas aguas, permitiría el aprovechamiento seguro de un gran volumen de agua con gran valor agronómico.

Aunque el tratamiento secundario constituye un nivel de tratamiento suficiente para la mayoría de los casos, en determinadas circunstancias se hace necesario el tratamiento terciario o avanzado. La existencia de tratamientos avanzados incrementa las posibilidades de reutilización de los fangos, hecho que se tiene en cuenta a la hora de planificar una instalación.



### **2.8.1. Antecedentes**

En el pasado, la evacuación de las aguas residuales se llevaba a cabo en la mayoría de los municipios y comunidades de la manera más sencilla posible, sin tener en cuenta las desagradables condiciones que se daban en el lugar de vertido. El riego constituyó, probablemente, el primer método de evacuación, de aguas residuales, aunque fue la dilución el primero en adoptarse de manera generalizada. La evacuación de efluentes y su efecto sobre el medio ambiente precisan hoy en día de mayor atención debido al crecimiento industrial y urbano.

### **2.8.2. Aprovechamiento de aguas residuales tratadas**

El manejo racional de los recursos hídricos en el Perú presenta dificultades, debido a la escasa disponibilidad y a la baja calidad de las aguas, originadas por la competencia de las actividades, que las derrochan y contaminan. Esas aguas contaminadas se descargan a los cuerpos receptores, que luego son utilizados como fuentes de agua para bebida y para el riego de los productos agrícolas, o terminan en áreas destinadas a la recreación, tales como las playas, incrementando el riesgo de enfermedades infecciosas, especialmente en los grupos más vulnerables.

Paradójicamente, el Perú fue uno de los primeros países latinoamericanos que logró experiencias exitosas en el uso de las aguas residuales domésticas para el desarrollo de áreas verdes productivas y recreativas en el desierto costero. El Proyecto de San Juan de Miraflores, implementado desde 1964, constituyó un modelo internacional para tratar esta agua a bajo costo y aprovecharla en cultivos agrícolas, piscícolas y forestales, que permitieron desarrollar 600 hectáreas en el desierto del sur de Lima. Luego le siguieron muchos proyectos en Tacna, Piura, Chiclayo, Trujillo e Ica, entre otros que, juntos, sobrepasan las 5,000 hectáreas agrícolas regadas con aguas residuales, aunque una quinta parte se realiza con agua sin tratar.



**Figura N° 17:** Complejo Bioecológico de San Juan de Miraflores.

*Fuente: Manual para Municipios Ecoeficientes, Pág. 56.*

### 2.8.3. El concepto de reutilización

Entre el año 2000 y 2003, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo del Canadá (IDRC) ejecutaron una de las investigaciones de mayor envergadura acerca del manejo del agua residual doméstica en la Región Latinoamericana. En esta investigación, denominada “Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial”, participaron catorce países. Su tarea consistió en analizar las experiencias de manejo de las aguas residuales, recomendar estrategias para el diseño e implementación de sistemas que integren el tratamiento y el uso productivo de las aguas residuales, e identificar nuevas oportunidades de intervención en esta región.

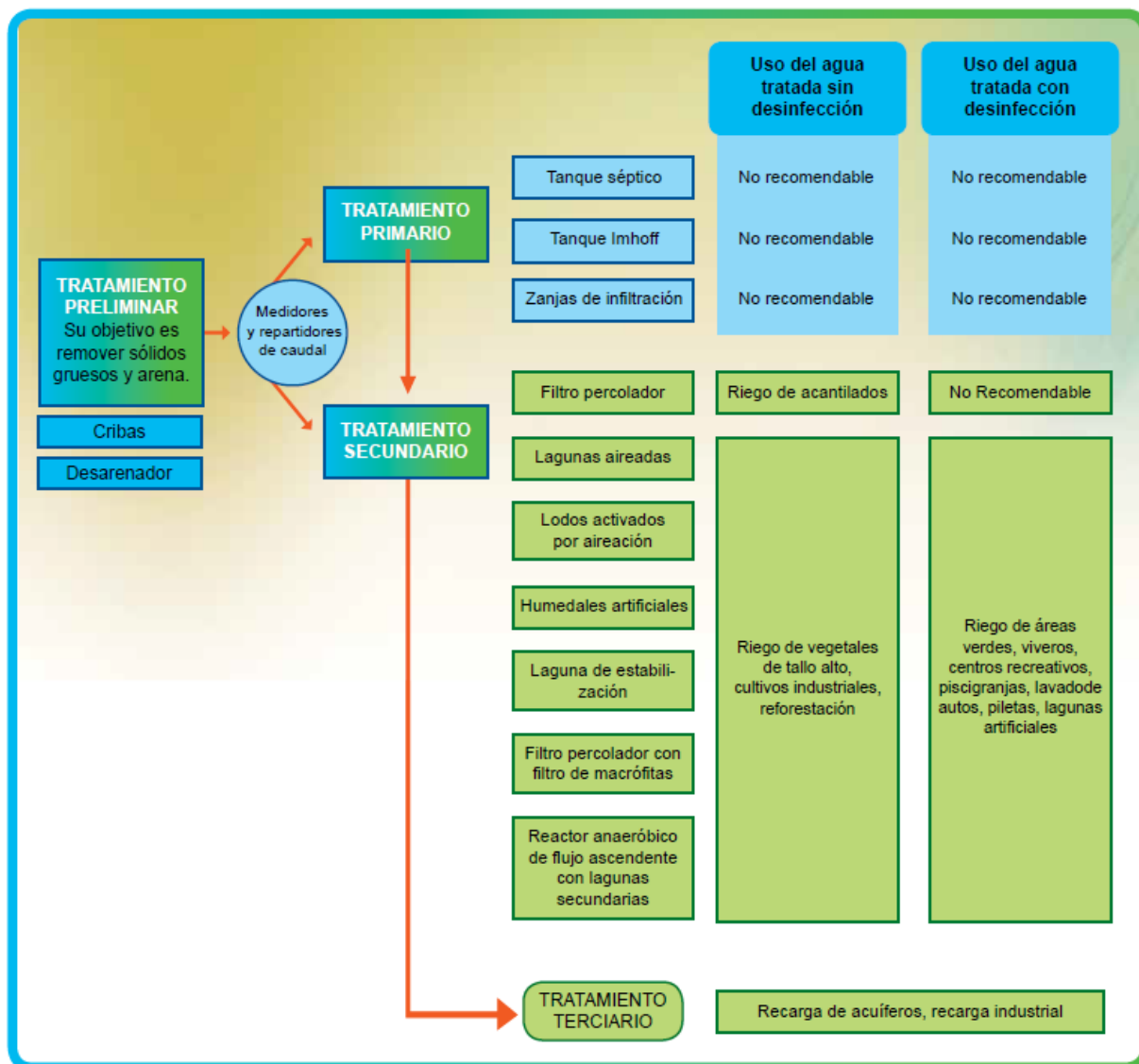
Las experiencias sistematizadas a través de este proyecto han permitido desarrollar un modelo de gestión para integrar el tratamiento al uso productivo de las aguas residuales domésticas, utilizando tecnologías de bajo costo y orientadas principalmente a remover los organismos patógenos para proteger la salud pública, en lugar de remover materia orgánica y nutrientes que sí son aprovechados por la agricultura o las áreas verdes.



Se resaltó que las lagunas de estabilización han constituido la tecnología más confiable para lograr este objetivo, además de requerir sólo el 20% de la inversión y el 10% de los costos de operación que otras opciones tecnológicas demandan.

El modelo indica que el uso de estas aguas en actividades como la forestación, que son menos exigentes en calidad sanitaria, permitiría reducir aún más el costo del tratamiento. Además, el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas en el riego agrícola significa reducir y hasta eliminar las descargas que generan impactos negativos en el ambiente. El modelo de gestión incorpora el tratamiento y uso del agua residual a la gestión eficiente de los recursos hídricos en una cuenca. La integración del tratamiento al uso agrícola permite controlar un incremento significativo de las tarifas, cuando en éstas se incorpore el costo del tratamiento, garantizando así una mayor sostenibilidad del servicio. Por último, la aceptación de este modelo implica que la comunidad asuma la responsabilidad de tratar sus aguas residuales con tecnología apropiada, valorando beneficios como la protección de la salud y el ambiente, y la generación de empleo y de alimentos de calidad. Toda la experiencia acumulada a nivel nacional e internacional permite asegurar que las aguas residuales tratadas pueden ser bien aprovechadas en el riego de áreas verdes productivas y recreativas. Por tanto, debe ser el sustento del desarrollo y mantenimiento de las áreas verdes municipales (parques y jardines) y privadas (colegios, clubes y cementerios), así como de entornos ecológicos que contribuyan a la protección ambiental de las ciudades y a la lucha contra la desertificación y el calentamiento global. En la figura 18 se muestran los sistemas de tratamiento de las aguas servidas que describe el presente manual y los posibles usos de los efluentes de dichos sistemas.





**Figura N° 18:** Flujograma de tecnologías de tratamiento de aguas residuales y potencialidades de reuso.

*Fuente: Manual para Municipios Ecoeficientes, Pág. 58.*

El vertido en aguas superficiales continúa siendo el método de evacuación de aguas residuales más común. No obstante, y con el fin de proteger el medio ambiente acuático, el gobierno ha desarrollado un marco normativo para los cuerpos receptores de agua, ya sean corrientes, ríos o aguas costeras y estuarios. En algunos lugares, las plantas de tratamiento se han diseñado y ubicado de tal manera que parte del efluente tratado pueda ser evacuado aplicándose al terreno y reutilizándose para diversos fines, como pueden ser el riego de áreas verdes o como agua para



refrigeración industrial. Se supone que esta tendencia aumentara en el futuro, especialmente en aquellas localidades y zonas áridas o semiáridas en la que existan escasas de agua.

Internacionalmente las actividades que más utilizan aguas residuales recuperadas son las siguientes:

- Riego agrícola y de áreas verdes de parques, cementerios, campos deportivos y jardines.
- Actividades industriales, fundamentalmente para torres de enfriamiento, alimentación de calderas y necesidades de los procesos. Los usos industriales varían grandemente, y para garantizar agua de calidad adecuada, por regla general, se requieren tratamientos avanzados.
- Recarga de acuíferos subterráneos.
- Alimentación de lagos recreativos, acuicultura, descarga de inodoros, sistemas contra incendios, aire acondicionado.

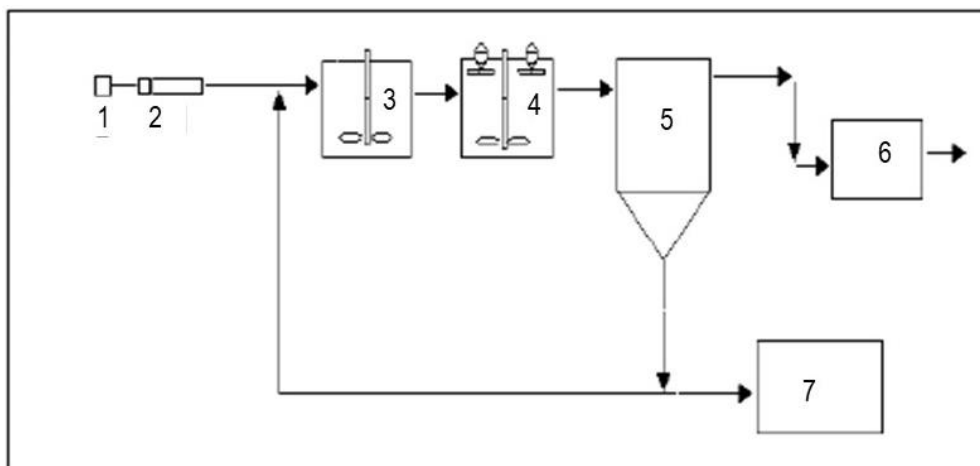
## 2.9. Alternativa seleccionada

### 2.9.1. Proceso de Lodos Activados

Se optó por este sistema debido a que puede implementarse en áreas pequeñas y generalmente no produce olores desagradables, siendo así apropiado para zonas con población cercana a la planta de tratamiento, además como tratamiento secundario la unidad de lodos activados ha demostrado eficiencia en la remoción de la DBO en un 95%.

El sistema de tratamiento de agua residual consistirá en la construcción de lo siguiente:

**PRE-TRATAMIENTO + LODOS ACTIVADOS** (Modalidad aireación extendida) +  
**SEDIMENTADOR SECUNDARIO + DESINFECCIÓN** (cámara de contacto con cloro)



**Figura N° 19:** Diagrama de Flujo del Sistema Propuesto

*Fuente: Propia*

1. Cámara de recepción y de rejas medias
2. Desarenador
3. Estanque ecualizador
4. Estanque o reactor con aireación extendida
5. Sedimentador secundario
6. Cámara de contacto con cloro
7. Lecho de secado

### **2.9.1.1. Cámara de rejas medias**

Ubicada a la entrada del recinto de la planta. Tiene por finalidad retener cuerpos extraños o sólidos gruesos que pueden alterar posteriormente el proceso de tratamiento, por ejemplo, tablas, ramas, trapos, basura, etc. El material es de fierro, con inclinación de 45°, tiene 18 barras de 6.25 mm de espesor, con separación entre barrotes de 25 mm.

### **2.9.1.2. Desarenador**

El desarenador es una estructura diseñada para retener la arena que traen las aguas servidas a fin de evitar que ingresen al proceso de tratamiento y lo obstaculicen creando serios problemas.



Su funcionamiento se basa en la reducción de la velocidad del agua y de las turbulencias, permitiendo así que el material sólido transportado en suspensión se deposite en el fondo, de donde es retirado periódicamente. Normalmente se construyen dos estructuras paralelas, para permitir la limpieza de una de las estructuras mientras la otra está operando.

### **2.9.1.3. Estanque ecualizador**

Es un estanque o cámara de digestión primaria que sirve de PRE-aireación y homogenización del caudal afluyente, cuya función es dotar de caudales de diseño al sistema de lodos activados. Y en momentos de poco caudal permite que el sistema de lodos activados trabaje siempre con un caudal determinado.

El diseño del estanque ecualizador es el mismo que el de lodos activados, ya que cuando se realiza el mantenimiento de este último, el estanque ecualizador permite que el sistema de tratamiento total no se interrumpa.

### **2.9.1.4. Lodo activo modalidad aireación extendida**

La masa de agua doméstica en este estanque es agitada y aireada para evitar la sedimentación de sólidos y mantener su condición aeróbica.

El agua residual ingresa al estanque de aireación donde se mezcla con lodo. Lo resultante es conocido como licor de mezcla, el cual es aireado dentro del mismo estanque. Las bacterias que naturalmente se encuentran en el agua doméstica, se nutren de la materia orgánica que se encuentra en suspensión y en disolución, generándose un aumento de la población microbiana y un consumo de oxígeno.

Como subproductos del metabolismo celular se liberan anhídrido carbónico y agua. Todo este proceso, junto a una agitación de la masa de agua, y la exudación de polímeros naturales por parte de algunas bacterias, genera un aumento de tamaño y peso de las partículas (proceso conocido como floculación).



#### **2.9.1.5. Sedimentador secundario**

Una vez que se ha logrado metabolizar la materia orgánica y flocular las partículas, se hace pasar la mezcla a un estanque de sedimentación de flujo laminar donde se separan los sólidos por decantación, los que se acumulan en su fondo, obteniéndose en la zona superior agua clarificada (efluente). Por el hecho que estos lodos contienen gran cantidad de microorganismos y en menor medida materia orgánica, ellos son retornados al reactor, de modo de mantener una cantidad constante de biomasa activa en aireación (encargada de la degradación de materia orgánica), el sedimentador es de tipo circular.

#### **2.9.1.6. Lecho de secado**

A medida que transcurre la operación de una planta de este tipo, se produce un aumento del lodo y de la flora bacteriana en el estanque de aireación, en el de sedimentación, y en la recirculación, hasta llegar a un momento en que se requiere retirar parte de él, para evitar problemas de saturación y asegurar un adecuado balance entre la materia orgánica y los microorganismos en la etapa de aireación. Para alojar y deshidratar el lodo en exceso, se dispone de un lecho de secado.

#### **2.9.1.7. Desinfección**

El agua clarificada que abandona el sedimentador, al nivel de superficie (por rebalse), es conducida a un pequeño estanque donde se efectúa su desinfección mediante cloración por hipoclorito de sodio. Se persigue reducir la cantidad de microorganismos patógenos, para eliminar la posibilidad de provocar contagio de personas y otros seres vivos producto del contacto con el curso de agua receptora. Luego de esta etapa se obtiene el Efluente final de la planta, que será apto para fines de regadío.



### 3.1. MÉTODOS

Los métodos son procedimientos sistematizados que sirven para la solución de problemas, en este caso el problema planteado al inicio de la presente investigación. Estos métodos deben ser seleccionados teniendo en cuenta lo que se investiga, por qué, para qué, y cómo se investiga.

#### 3.1.1. Recopilación de información Previa

Para iniciar la presente investigación fue necesario hacer una recopilación preliminar de información, tanto física como digital, relacionada al tema. Se sumó a la información acumulada durante el transcurso de los diez ciclos académicos en la universidad; material bibliográfico como libros de sistemas de tratamiento de agua, libros de estructuras hidráulicas, libros de mecánica de suelos y libros sobre pavimentos. De la biblioteca de la Universidad Nacional del Santa se pudieron obtener algunas tesis con información relevante para la investigación. Así también, se realizó una búsqueda virtual en internet, de la que se obtuvieron algunos libros, investigaciones, y estudios con información relevante para la realización de la presente tesis de investigación.

La información Básica obtenida se muestra a continuación:

##### 3.1.1.1. Ubicación

**Departamento** : Ancash.

**Provincia** : Santa.

**Distrito** : Nuevo Chimbote.

**Referencia** : Entre las Avenidas Central, Agraria, Alcatraces y la futura Vía Expresa.

Departamento de Ancash

Provincia del Santa

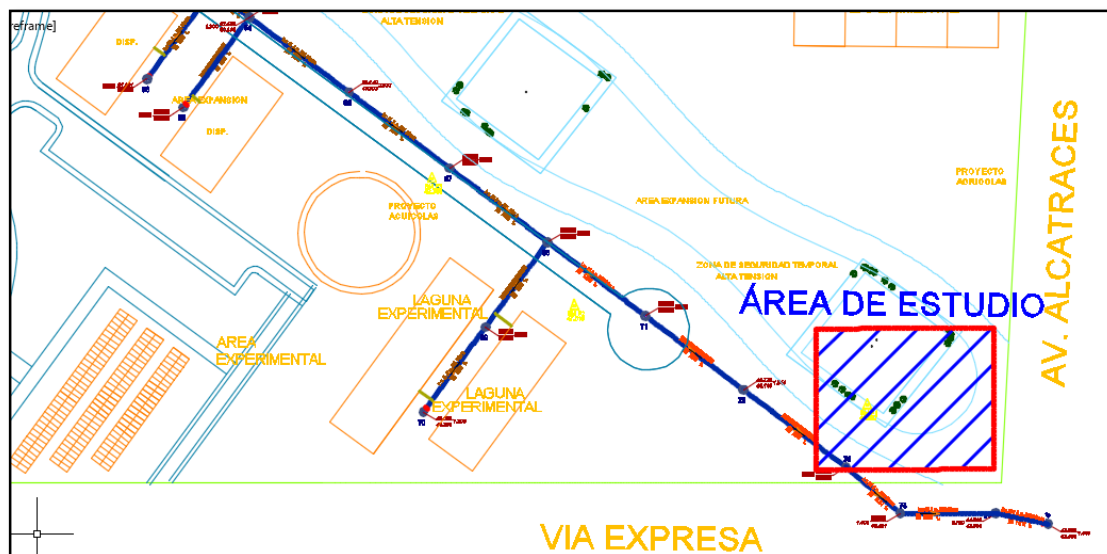


Distrito de Nuevo Chimbote



Figura N° 20: Ubicación del Proyecto

Fuente: Propia



**Figura N° 21:** Localización de las áreas de estudio

*Fuente: Propia*

### 3.1.1.2. Aspectos físicos

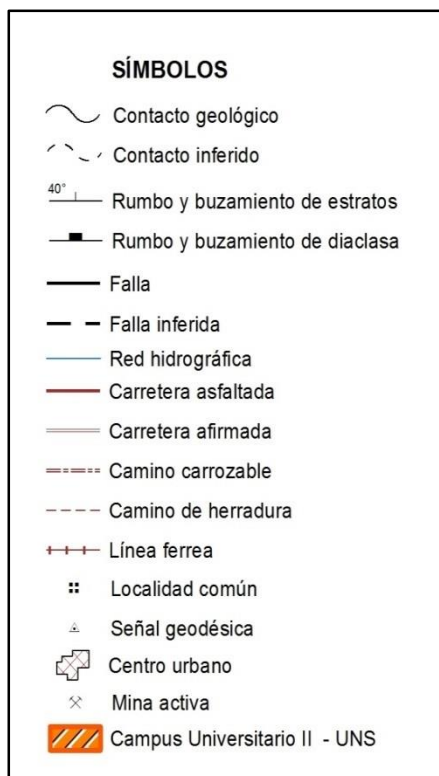
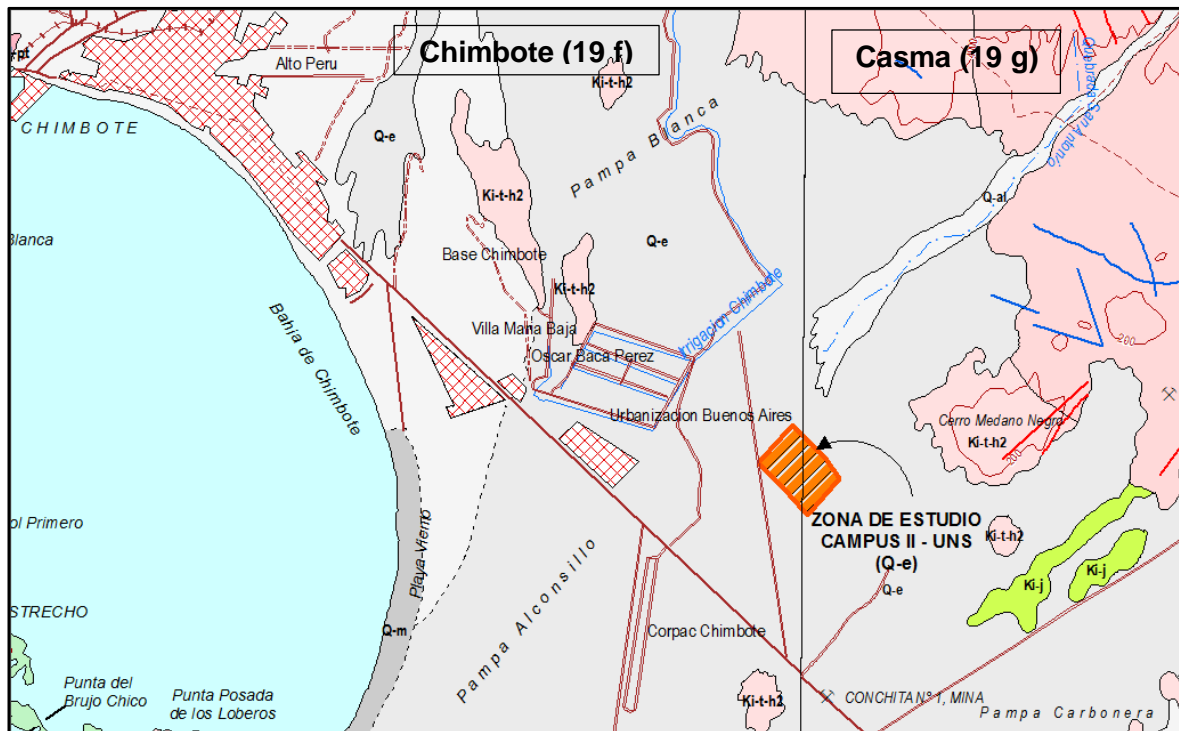
#### a) Topografía:

El campus universitario II de la Universidad Nacional del Santa, zona de estudio del presente proyecto presenta una topografía ondulada cuyas cotas varían aproximadamente desde los 67.00 metros hasta los 44.00 metros sobre el nivel del mar, presentando una pendiente promedio de 7%.

#### b) Geología:

El área donde se encuentra asentado el campus universitario II de la Universidad Nacional del Santa, corresponde a las hojas de la Carta Geológica Nacional denominadas como: Chimbote (19 f) y Casma (19 g). El desarrollo morfológico alcanzado ha sido generado a través de diversos episodios tectónicos los que han dado lugar a los rasgos geomorfológicos actuales, los mismos que han sido clasificados en unidades como: Depósitos Aluviales Cuaternarios.





**LEYENDA**

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDADES	UNIDADES INTRUSIVAS
				LITOESTRATIGRAFICAS	
C E N O Z O I C A	C U A T E R N A R I O			Depósitos Aluviales Q-al	
				Depósitos Estílicos Q-e	
				Depósitos Marinos Q-m	
M E S O Z O I C A	C R E T Á C E O	I N F E R I O R			SUPERUNIDAD SANTA ROSA Ki-t-h2 Tonalta Huancanga 2
					GRUPO CASHA Fm. La Zorra Ki-z
					SUPERUNIDAD PATAP Ki-cd-pt Complejo de Diques Cuzallados Ki-md-pt Microsiorita Diabasa Ki-gi-di-pt Gabro, Diorita

**Figura N° 22:** Cartas geológicas Chimbote (19 f) y Casma (19 g)

*Fuente: Propia*



### **Geología local:**

La zona de estudio se encuentra ubicado en una lomada de arenas eólicas a manera de cobertura el mismo que cubre a las siguientes formaciones:

#### ➤ **Depósitos Eólicos Recientes (Q-e)**

Que constituyen los últimos transportes de materiales de una edad reciente y se caracterizan por su escasa a moderada compacidad y ausencia de litificación y cementación de sus componentes.

##### **a) Hidráulica**

El Campus universitario II de la Universidad Nacional del Santa, zona de estudio del presente proyecto presenta un canal de tierra de tercer orden que conduce agua del canal Carlos Leight que atraviesa el campus II, el cual es utilizado para el riego de las áreas verdes y frutales de la Universidad Privada San Pedro.

##### **b) Sismicidad**

Dentro de los alcances de la Norma Técnica de Edificaciones E.030 de “Diseño sismorresistente”, la zona del Proyecto, se encuentra ubicada en la Provincia de Santa y Departamento de Ancash; la cual está dentro de la denominada Zona 4 de la clasificación de “Zonas Sísmicas” del territorio nacional (Ver Figura N° 44: Zonificación Sísmica del Perú), correspondiéndole un factor de zona de  $Z=0.45$ ; interpretándose como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. Además, le corresponde una sismicidad alta de intensidad IX en la Escala Mercalli Modificado.



**Figura N° 23:** Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según el Reglamento Nacional de Edificaciones.

*Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E.030 de “Diseño sismorresistente”*

La descripción litológica realizada en el EMS, indica que la zona estudiada se emplazará sobre suelo arenoso, según la Norma E.030, a un Perfil Tipo S<sub>2</sub>: Roca o suelos muy rígidos, teniéndose los siguientes parámetros:

Periodo que define la plataforma del factor C (T<sub>p</sub>): T<sub>p</sub> = 0.60 s

Periodo que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante. (T<sub>L</sub>): T<sub>L</sub> = 2.00 s

Factor de Zona (Z): Z = 0.45

Factor de Uso (U): U = 1.5 (Edificaciones Esenciales Categoría A: unidades de la planta de tratamiento de agua potable, reservorio apoyado, almacén, etc.)

Factor de Uso (U): U = 1.0 (Edificaciones Comunes Categoría C: Oficinas, laboratorios, caseta de guardianía, etc.)

Factor de Suelo (S): S = 1.05



### 3.1.1.3. Condiciones Climatológicas

#### a) Temperatura

En Chimbote encontramos una temperatura máxima anual promedio de 24.4 °C, alcanzándose en el mes de febrero una temperatura máxima promedio de 27.8 °C. La temperatura máxima anual promedio es 17.1 °C registrándose en el mes de julio una temperatura, mínima promedio de 14.8 °C.

#### b) Precipitación Pluvial

Las precipitaciones pluviales se presentan esporádicamente en los meses de verano, pero de muy poca magnitud, cabe mencionar que un caso extraordinario fue el que se presentó en el verano de los años 1983 y 1998, donde lluvias de magnitudes mayores a las acostumbrados causaron serios problemas a las diversas zonas de la Provincia del Santa.

#### c) Humedad Atmosférica

La Humedad relativa anual es de 89 % con una mínima de 72% y una máxima de 91%.

#### d) Vientos

La zona de estudio soporta vientos con un promedio anual de entre 9.90 a 10.20 Km/h.

### 3.1.1.4. Accesibilidad

El campus universitario II de la Universidad Nacional del Santa se encuentra enmarcado dentro de las siguientes avenidas.

**Avenida Central:** Avenida perpendicular a la Panamericana Norte, y que comunica a la Universidad Nacional del Santa con las Urbanizaciones de Bruces, Los Olivos, así como con el ingreso para San Luis, Belén, etc.

**Avenida Agraria:** Avenida principal que separa al Campus Universitario II del A.H. Bella Vista.



**Avenida Alcatraces:** Avenida perpendicular a la Panamericana Norte, y que comunica a la Universidad Nacional del Santa con los Asentamiento humanos de Los Cedros, Las Begonias, Los Ángeles, Los Jardines, etc.

**Vía Expresa:** Futura avenida que conectara directamente la carretera Panamericana Norte con la Universidad Nacional del Santa.

### 3.1.1.5. Límites

**Norte** : AH. Bella Vista (Av. Agraria)

**Sur** : UPIS Belén, AH. Belén, Universidad San Pedro (Vía Expresa)

**Este** : AH. Bella Vista (Av. Alcatraces)

**Oeste** : Urb. Garatea, Campus universitario I de la UNS, Universidad Cesar Vallejo (Av. Central)

### 3.1.2. Análisis de información previa

Una vez recopilada la información se procedió a realizar un análisis minucioso de esta.

Se complementó este análisis, con las consultas realizadas a nuestro asesor de tesis, quien siempre tuvo a bien resolver nuestras dudas. Es a partir de este análisis es que se pudo comprender qué información y qué datos, iban a ser necesarios para la realización de la presente investigación.

### 3.1.3. Recopilación de datos

En la elaboración del presente trabajo de investigación, se recopilaron datos en gabinete y en campo, siendo las mayores fuentes de datos los registros de calidad del aguas residuales del campus I, instituciones del Estado como la Universidad Nacional del Santa a través de la Oficina de Infraestructura Física la cual proporciono los planos directores y topográficos de los



campus universitario I y II y la Oficina Central de Estadística e Informática la cual proporciono los datos de población universitaria (estudiantil, docente, administrativos, etc.) de la UNS para realizar las proyecciones de población futura.

### **3.1.3.1. En gabinete**

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la recopilación de datos en gabinete se realizó principalmente a través de solicitudes de información a Oficina de Infraestructura Física de la UNS (planos directores y topográficos de los campus universitario I y II) y la Oficina Central de Estadística e Informática de la UNS (datos de población universitaria actual). Luego de realizadas las solicitudes correspondientes se mantuvo el contacto para verificar que el proceso de las mismas siga su curso sin problemas; y finalmente, luego del periodo establecido, nos fue entregada la data con la información solicitada.

### **3.1.3.2. En campo**

De las visitas a campo pudimos reunir los datos necesarios para realizar una correcta selección del sistema de tratamiento del agua residual que mejor se adecúe al área de estudio y los posteriores diseños hidráulicos. A continuación, mencionaremos las actividades que se realizaron en campo:

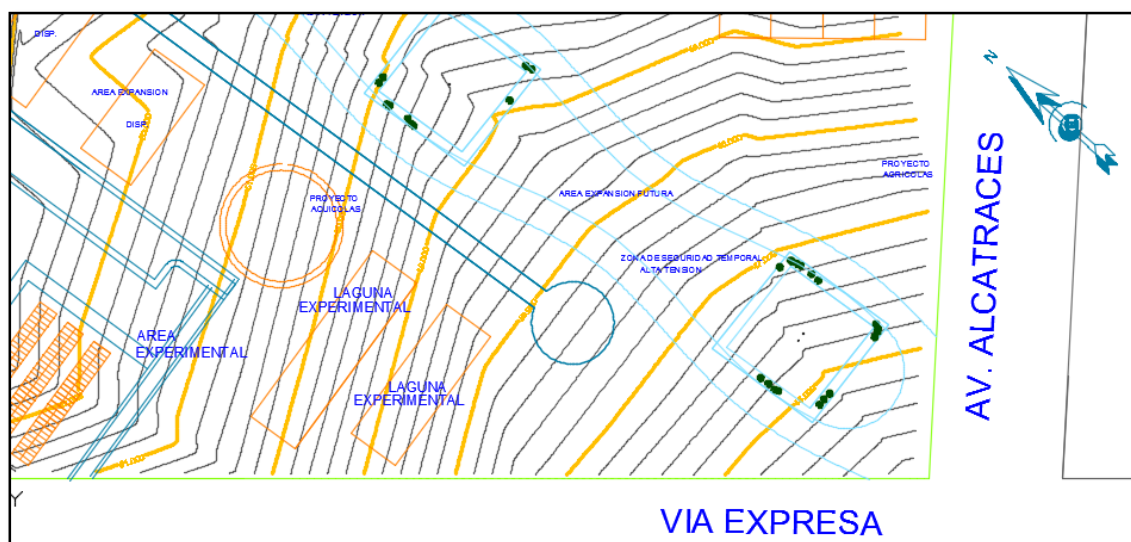
#### **➤ Reconocimiento de la zona de estudio**

El campus universitario II de la Universidad Nacional del Santa posee un cerco de albañilería armada, una garita de seguridad en la paralela a la Avenida Central, un módulo de servicios higiénicos, un canal de concreto trapezoidal que abastece de agua para riego al pedagógico y albergue san pedrito, un canal de tierra que abastece de agua para riego a la Universidad San Pedro y vestigios de lo que fueron tierras de cultivo y granjas para la crianza de animales.

También se tiene en el Campus II dos proyectos ejecutados, la primera etapa de red de agua y desagüe, el cual fue ejecutado en el año 2017; y la escuela de Medicina Humana, proyecto ejecutado en el 2019.

En el campus universitario II se presentan interferencias de las líneas de alta tensión de 138 KV de propiedad de la EPS Hidrandina S.A. que cruzan diagonalmente el campus II, por lo cual se debe realizar los trámites para la reubicación de las seis torres de alta tensión y sus respectivas líneas por ser un peligro para la población universitaria al encontrarse dentro del campus universitario II.

En el Plan Director del Campus Universitario II, no se señala la ubicación de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) por lo que se hace una propuesta para su respectiva ubicación, de acuerdo a las cotas obtenidas en el levantamiento topográfico realizado, se tiene que, para instalar un sistema por gravedad, esta planta de tratamiento se ubicaría en la cota más baja.



**Figura N° 24:** Ubicación propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales.

*Fuente: propia*



➤ **Levantamiento Topográfico**

Para tener un conocimiento más certero y preciso de la topografía del área en estudio, se realizó un levantamiento topográfico con estación total, del área de planta de tratamiento de agua residuales instalaciones complementarias y del reservorio apoyado, los datos obtenidos se procesaron en gabinete. Los resultados se plasmaron en los planos e informe del levantamiento topográfico presentado en los anexos.

➤ **Estudio de la fuente de agua**

Para determinar el nivel de tratamiento que requiere la fuente de agua residual, se realizaron ensayos físico – químicos y microbiológicos del agua residual de en un punto del campus I, debido a que la red de desagüe del campus II aún no se encuentra en funcionamiento de muestreo, el punto de muestreo ubicado en el último buzón del campus I antes de evacuar las aguas residuales a la red de desagüe de la ciudad de Nuevo Chimbote, se tomaron muestras representativas.

Mediante la comparación de la data de calidad del agua residual proporcionada por el laboratorio de COLECBI donde se llevaron las muestras y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua, se determinó el grado de tratamiento requerido por el agua residual. Los datos tomados se procesaron en gabinete y los resultados de los mismos se presentan en el estudio de la fuente de agua en los anexos.

**3.1.3.3. Estudio de la población futura y caudal de diseño**

Se realizó la proyección de la población de los campus universitarios II al 2029 mediante la aplicación de los métodos aritmético, geométrico y parabólico, basándose en los datos de la población universitaria y docente proporcionados por la Oficina Central de Estadística e Informática de la Universidad Nacional del Santa.





En base a la proyección de la población a ser atendida, las edificaciones, y servicios existentes y proyectados según los planes directores de los campus universitarios II se determinó las dotaciones de diseño según la norma técnica IS.010: Instalaciones Sanitarias para Edificaciones, para finalmente calcular el caudal de diseño de la planta de tratamiento de agua residual.

Los datos tomados se procesaron en gabinete y los resultados de los mismos se presentan en el informe de cálculo de población futura y caudal de diseño.

#### **3.1.4. Análisis de datos**

Una vez se hubo recopilado todos los datos necesarios (en gabinete, en campo, y en laboratorio), se procedió a realizar un análisis detallado de estos. Se contrastó la data obtenida, tanto en gabinete, en campo, y en laboratorio, con la información bibliográfica que se reunió al inicio de la investigación. Este análisis también fue complementado con el asesoramiento de nuestro asesor de tesis, quien respondió a las interrogantes que nos surgían de manera continua.

#### **3.1.5. Procesamiento de datos**

Luego de realizado el análisis anterior, llegó el momento de procesar todos los datos recopilados (en gabinete, en campo, y en laboratorio). Si bien ya se mencionó en párrafos anteriores, es necesario resaltar que para realizar este procesamiento de datos fue necesario antes haber revisado detallada y concienzudamente gran cantidad de material bibliográfico y virtual. Luego de ello, y aplicando el conocimiento obtenido previamente, se hizo uso de distintos software (los cuales se especifican en la Sección Software), los cuales se tuvieron que manejar de manera integrada, es decir, se complementaron unos con otros en repetidas oportunidades, para obtener los resultados correctos.



### **3.1.6. Interpretación de resultados**

El procesamiento de toda la data recopilada derivó en la obtención de resultados, tales como: el relieve del área de estudio, ubicación de planta de tratamiento de agua residual y reservorio apoyado, parámetros sísmicos para el terreno de fundación, fuente del agua residual a utilizar, proyección de población del campus universitario II al 2029, caudales de diseño, nivel de tratamiento del agua residual, dosis y concentraciones de insumos químicos a utilizaren el tratamiento del agua residual. Una vez obtenidos los resultados del procesamiento de datos, se procedió a realizar un análisis e interpretación de los ellos. Este análisis de resultados y su posterior interpretación se plasmaron en el Capítulo IV: Resultados y Discusión, y en el Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.

## **3.2. MATERIALES**

Los materiales son medios auxiliares utilizados para registrar los datos obtenidos a través de los métodos, y para su posterior procesamiento, análisis e interpretación.

### **3.2.1. Materiales usados en gabinete**

#### **3.2.1.1. Material bibliográfico**

El material bibliográfico que fue utilizado durante la realización de la investigación comprendió: libros de hidráulica, tratamiento de aguas residuales, suelos, geotecnia, geología, diseño estructural de edificaciones y estadística (tanto en físico, como digitales), distintos artículos de investigación científica con información relevante para la investigación (como tesis y publicaciones de blogs o de instituciones ligadas al tema), Reglamentos y Manuales (tanto nacionales como extranjeros).



### 3.2.1.2. Software

El uso de software en la realización de investigaciones se ha tornado un aspecto muy importante, y en nuestro caso no fue la excepción, ya que nos acompañaron desde el inicio de nuestra investigación hasta el final. Dentro de los softwares de los que hicimos uso durante todo el transcurso de la investigación, podemos mencionar los siguientes:

*Google Earth Pro*: Es una herramienta muy útil para realizar georreferenciación y actualmente es de uso libre. Este programa es una versión profesional del clásico Google Earth que todos conocemos y al igual que su antecesor, muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. En la presente investigación este programa se utilizó para ubicar los puntos geográficos obtenidos con el GPS y obtener fotos satelitales del área de estudio.

*AutoCAD 2016*: Es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios, estructuras hidráulicas entre otros; es uno de los programas más usados por ingenieros y arquitectos. En la presente investigación este programa se utilizó para plasmar en planos, los trabajos de campo, diseños hidráulicos de las unidades de tratamiento de la planta, instalaciones complementarias y reservorio apoyado proyectado, resultados exportados del WaterCAD v8i.

*AutoCAD Civil 3D*: es una herramienta de diseño y cálculo muy útil en el desarrollo del diseño urbanístico, de carreteras, movimiento de tierras, cálculo topográfico, replanteo de información, etc. Esta poderosa herramienta de Autodesk, es de mucha utilidad en el campo de la Ingeniería Civil. Su aplicación va desde el diseño geométrico de carreteras hasta el desarrollo de proyectos



hidráulicos. En el presente trabajo de investigación el software AutoCAD Civil 3D se utilizó para procesar los datos obtenidos del levantamiento topográfico.

*Ms. Excel:* es una aplicación distribuida por Microsoft Office para hojas de cálculo. Este programa es utilizado mundialmente en distintos campos de estudio. En la presente investigación se hizo uso de este software para elaborar nuestras propias tablas de datos, hojas de campo, hojas de cálculo, proyección de población de los campus universitarios I y II al 2036, dotaciones campus universitarios II, caudales máximos y mínimos de diseño, dosis y concentraciones de insumos químicos a utilizar en el tratamiento del agua residual, diseños hidráulicos de las unidades de tratamiento de la planta, del reservorio apoyado, diseños estructurales de las instalaciones complementarias de la planta.

*Ms. Word:* es el procesador de texto más popular del mundo. Es un software destinado al procesamiento de textos. Fue creado por la empresa Microsoft, y actualmente viene integrado en la suite ofimática Microsoft Office. Este software también fue realmente importante en la realización de la investigación, ya que hicimos uso constante de él para la etapa de redacción del informe final de la presente tesis.

### **3.2.1.3. Material electrónico**

Este tipo de material también fue muy usado a menudo por los autores para la realización de la investigación. Entre los más resaltantes podemos mencionar los siguientes:

- Cámara fotográfica (Fotografías para informe).
- Computadora (Redacción del informe).
- Memoria USB (Almacenar información virtual).
- Impresora (Plasmar información en hojas)



- CD (Grabar información).
- Teléfonos (Coordinaciones)

#### **3.2.1.4. Otros**

También es necesario mencionar el uso de materiales como:

- Papel bond blanco A4
- Fotocopias
- Utilices de escritorio
- Cuaderno y folder

#### **3.2.2. Materiales usados en campo**

Al momento de realizar la inspección en campo y la recopilación de datos se necesitó hacer uso de ciertos materiales, entre los cuales podemos mencionar:

*USADOS EN EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:* Estación Total, GPS, Prismas, Nivel de Ingeniero, Wincha de lona de 50 metros, Mira Topográfica, todos con sus respectivos trípodes.

**MATERIALES UTILIZADOS EN LA TOMA DE MUESTRA DE AGUARESIDUAL:**

Botellas de plástico y vidrio.

#### **3.2.3. Servicios**

Si bien no está considerado como un material en sí, hubo muchos servicios que complementaron los métodos usados durante la elaboración de la presente tesis, entre los cuales podemos mencionar:

- Ensayos físico – químicos y bacteriológicos de calidad del agua residual.



- Prueba de Jarras (Jar Test).
- Movilidad.
- Ploteo de planos.
- Empastado de informe final.



#### **4.1. Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

##### **4.1.1. Datos poblacionales**

###### **4.1.1.1. Calculo de dotación por estudiante**

Según la Norma IS.010 - Instalaciones Sanitarias para Edificaciones del RNE, en el Punto 2.

Agua Fría, 2.2 Dotaciones; en el literal f) nos indica lo siguiente:

La dotación de agua para locales educacionales, se detalla según la siguiente tabla

<b><i>Tipo de Local educacional</i></b>	<b><i>Dotacion diaria</i></b>
<i>Alumnado y personal no Residente</i>	<i>50 L por persona</i>

###### **4.1.1.2. Población de diseño**

Mediante solicitudes realizadas a las oficinas de estadísticas de la Universidad Nacional del Santa se obtuvieron datos de los alumnos matriculados en los años recientes desde el 2105 hasta el 2018, donde se obtuvo la tasa de crecimiento de 2.00%.

En nuestro caso tenemos los siguientes datos:



Tabla N° 04. Relación de alumnos matriculados 2018 - 02

CODIGO	ESCUELA	CANTIDAD
110	INGENIERÍA EN ENERGÍA	281
120	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL	269
130	INGENIERÍA CIVIL	290
140	INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA	292
150	INGENIERÍA AGRÓNOMA	259
160	INGENIERÍA MECÁNICA	265
210	ENFERMERÍA	206
220	BIOLOGÍA EN ACUICULTURA	180
230	BIOTECNOLOGÍA	225
240	MEDICINA HUMANA	225
210	EDUCACIÓN INICIAL	252
320	EDUCACIÓN PRIMARIA	118
331	ED. SEC. LENGUA Y LITERATURA	63
334	ED. SEC. FILOSOFÍA, PSICOLOGÍA Y CC.SS.	62
335	ED. SEC. IDIOMAS: INGLÉS	1
336	ED. SEC. MATEMÁTICA, COMPUTACIÓN Y FÍSICA	54
337	ED. SEC. HISTORIA, GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES	48
338	ED. SEC. IDIOMAS: INGLÉS - FRANCÉS	149
340	COMUNICACIÓN SOCIAL	262
350	DERECHO Y CIENCIAS POLÍTICAS	299
<b>TOTAL DE ALUMNOS MATRICULADOS</b>		<b>3800</b>

Fuente: Oficinas de Estadísticas de la Universidad Nacional del Santa

Tasa de crecimiento UNS : 2.00%

Horizonte del proyecto : 10 años

Método Geométrico para hallar la población futura:

Ecuación del método geométrico:  $P_f = P_o ( 1 + r )^t$





Tabla N° 05. Cálculos de Población de diseño

DESCRIPCIÓN	POBLACIÓN 2019	POBLACIÓN FUTURA
<b>ESTUDIANTES MATRICULADOS</b>	<b>3800</b>	<b>3937</b>
Pregrado, Post grado	3230	3230
<b>DOCENTES</b>	<b>226</b>	<b>226</b>
Nombrados	118	118
Contratados	108	108
<b>PERSONAL ADMINISTRATIVO</b>	<b>125</b>	<b>125</b>
Nombrados	117	117
Contratados	8	8
Personal CAS	121	121
<b>TOTAL</b>	<b>3581</b>	<b>4288</b>

Fuente: Propia

Entonces tendremos que

Total de Personas No Residentes	4288
---------------------------------	------

Asimismo, no se está considerando en el diseño alumnado y personal Residente dado que este centro de estudios no albergará **estudiantes ni personal administrativo**.

#### 4.1.2. Caudal de diseño de aguas residuales

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

$$Q_p = \frac{\text{Dotación} \times \text{Población}}{86400}$$

Donde:

$Q_p$  = Caudal promedio (L/s)

Dotación: en L/hab/día

Población de diseño: N° de habitantes



Por tanto  $Q_p = 2.48 \text{ L/seg}$

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

$$K_1 = 1.3$$

$$Q_{md} = 3.22 \text{ L/seg}$$

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

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

Donde:

$K_2$  = Coeficiente de caudal máximo horario

$$K_2 = 2.0$$

$$Q_{mh} = 4.96 \text{ L/seg}$$

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

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

$K_3$  = Coeficiente de caudal mínimo horario

$$K_3 = 0.5$$

$$Q_{minh} = 1.24 \text{ L/seg}$$

En resumen, de cálculos se presenta a continuación en la Tabla N° 02



**Tabla N° 06.** Cálculos de caudales de agua

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNS</b>
Población (hab)	4288
Dotación (L/hab/día)	50
Caudal promedio (l/s)	2.48
Caudal máximo diario (l/s)	3.22
Caudal máximo horario (l/s)	4.96
Caudal mínimo horario (l/s)	1.24

*Fuente: 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 N° 06 se presenta los caudales de agua residuales para el diseño:

**Tabla N° 07.** Cálculos de Agua Residual

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>AGUA</b>	<b>AGUA RESIDUAL</b>
Caudal promedio (l/s)	2.48	1.98
Caudal máximo diario (l/s)	3.22	2.58
Caudal máximo horario (l/s)	4.96	3.97
Caudal mínimo horario (l/s)	1.24	0.99

*Fuente: Propia*

El diseño del sistema de tratamiento se ha realizado usando el caudal máximo horario de aguas residuales ( $Q_m = 3.97$  l/s). Ver Tabla N° 06.

### **4.1.3. Diseño del sistema de pre tratamiento**

#### **4.1.3.1. Diseño de cámaras de rejas medias antes del sedimentador**

Según la norma OS. 090, para tratamiento preliminar:

- a) Abertura o espaciamiento de las barras

Rejas medias: 20 hasta 50 mm (son las más comunes)

- b) Tipo de reja:



Reja sencilla de limpieza manual

c) Espesor de acero

Acero de sección rectangular de 5 a 15 mm de espesor y 30 a 75 mm de ancho.

Finalmente, para el diseño de las rejas usaremos los siguientes parámetros:

**Tabla N° 08:** Parámetros de diseño elegidos para las rejas

<b>PARAMETRO DE DISEÑO</b>	<b>VALOR USADO</b>
Abertura o espaciamiento de las barras	25 mm
Tipo de reja	Reja sencilla
Espesor de acero	6.25 mm
Ancho de barra	30 mm

*Fuente: Propia*

#### **4.1.3.2. Sedimentador**

Para el caudal:  $Q = 0.00397 \text{ m}^3/\text{s} \Leftrightarrow 3.97 \text{ l/s}$

De acuerdo a los parámetros de diseño el sedimentador consta de:

- a. Profundidad 1.7 m. (Cumple entre 1.5 a 2.5 m.)
- b. Ancho de 1.7 m. y largo 8.5 m. (relación 5/1)
- c. Relación largo profundidad:  $8.5/1.5 = 5/1$

Calculamos el volumen del sedimentador:

$$V_{\text{sed.}} = \text{Profundidad} \times \text{Ancho} \times \text{Largo}$$

$$V_{\text{sed.}} = 24.57 \text{ m}^3$$

Calculamos tiempo de retención:

De la tabla N° 09 analizamos los mejores resultados:



**Tabla N° 09:** Tabulación de relación entre las dimensiones del sedimentador y tiempo

<b>Profundidad (1.5 a 2.5 m)</b>	<b>Ancho</b>	<b>Largo</b>	<b>Volumen (litros)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>
	<b>Relación 5/1</b>			
1.50	1.50	7.50	16875.00	3.07
1.55	1.55	7.75	18619.38	3.38
1.60	1.60	8.00	20480.00	3.72
1.65	1.65	8.25	22460.63	4.08
<b>1.70</b>	<b>1.70</b>	<b>8.50</b>	<b>24565.00</b>	<b>4.47</b>
1.75	1.75	8.75	26796.88	4.87
1.80	1.80	9.00	29160.00	5.30
1.85	1.85	9.25	31658.13	5.76
1.90	1.90	9.50	34295.00	6.23
1.95	1.95	9.75	37074.38	6.74
2.00	2.00	10.00	40000.00	7.27
2.05	2.05	10.25	43075.63	7.83
2.10	2.10	10.50	46305.00	8.42
2.15	2.15	10.75	49691.88	9.03
2.20	2.20	11.00	53240.00	9.68
2.25	2.25	11.25	56953.13	10.35
2.30	2.30	11.50	60835.00	11.06

*Fuente: Implementación de una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas en la Localidad de Huaca III Etapa en el Distrito de Santa, Basada en el Diseño Hidráulico.*

Cálculo de la velocidad del flujo en el tanque del sedimentador:

Diámetro de partícula:

$$d_{\text{part.}} = 0.05 \text{ mm; para arena fina y limo.}$$

Según el manual de la Autoridad Nacional del Agua, usamos la fórmula de Camp:

$$v = a\sqrt{d}(\text{cm/s})$$

De la tabla N° 10 de Camp:



**Tabla N° 10: Propuesta por Camp de acuerdo al diámetro de partícula**

a	d (mm)
51	< 0.1
44	0.1 - 1
36	> 1

*Fuente: Manual: Criterios de Diseños de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico. ANA, Pág. 79*

Reemplazando los datos:

$$v = 51\sqrt{0.05}(\text{cm/s})$$

$$v = 11.4(\text{cm/s})$$

$$v = 0.114 (\text{m/s})$$

Según el ANA, la velocidad de un desarenador de baja velocidad es <1m/s, por lo que nuestro resultado es conforme.

Cálculo de la velocidad de sedimentación (w):

Según Arkhangelski, según el tamaño de partícula usado anteriormente tenemos que en la tabla el valor de la tabla N° 10 sería el siguiente:

**Tabla N° 11: Velocidades de sedimentación w calculado por Arkhangelski (1935) en función del diámetro de partículas.**

d(m)	W(cm/s)
0.05	0.178
0.10	0.692
0.15	1.560

*Fuente: Manual: Criterios de Diseños de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico. ANA, Pág. 81.*

De la tabla:

$$w = 0.178 \text{ cm/s}$$

$$w = 0.00178 \text{ m/s}$$



Finalmente, luego del análisis de los parámetros tenemos la siguiente tabla con los datos del diseño del sedimentador:

**Tabla N° 12:** Parámetros elegidos para el diseño del sedimentador

PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR CALCULADO
Profundidad	1.70 m
Ancho	1.70 m
Largo	8.50 m
Volumen	24565.00 l = 24.564 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención	4.47 horas
Velocidad de flujo	$v = 0.114$ (m/s)
Velocidad de sedimentación	$w = 0.00178$ m/s

*Fuente: Propia*

#### 4.1.4. Cálculo hidráulico del tratamiento secundario

##### 4.1.4.1. Diseño del reactor con aireación extendida

Datos disponibles:

Caudal medio del agua residual ( $Q$ ).....171.07m<sup>3</sup>/día

Caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ).....343 m<sup>3</sup>/día

Materia orgánica entrante ( $S_0$ ).....436 mg DBO<sub>5</sub> / l

Carga orgánica aplicada.....196.35 Kg DBO<sub>5</sub>/día

Eficiencia de remoción del DBO<sub>5</sub> = 95% (Norma técnica OS.090)

DBO<sub>5</sub> ( $S_e$ ) = 436\*(1-0.95) = 21.8 mg DBO<sub>5</sub> / l

**Tabla N° 13:** Parámetros seleccionados para reactor

Parámetro	Intervalo	Valor	Unidad
$Y$	0.4 – 0.8	0.7	KgSSVLM / KgDBO <sub>5</sub>
$K_d$	0.025 – 0.075	0.04	1/día
$\theta_c$	20 - 30	25	días
$Xt$	3,000 – 6,000	3,000	Mg / l
$Q_r / Q$	0.5 – 1.5	1	

*Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS 0.90*

El rango de parámetros se encuentra estipulado en la Norma Técnica Peruana OS.090.

Los valores seleccionados se escogieron basándose en la Norma Técnica Peruana y al desempeño de varias plantas de tratamiento de aguas domésticas.

Donde:

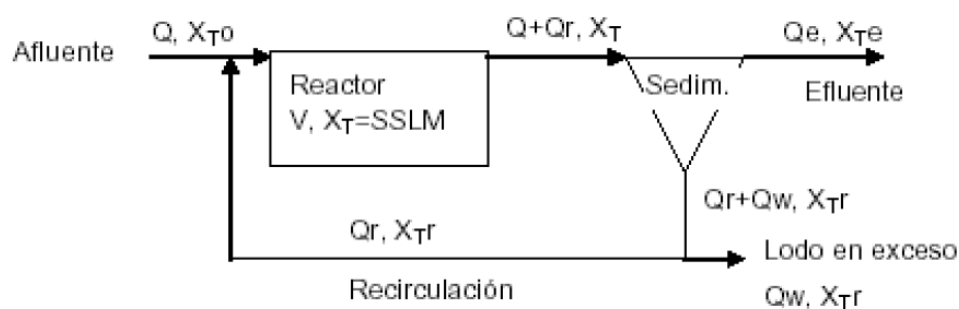
$Y$ : Coeficiente de producción

$K_d$ : Coeficiente de respiración o de decaimiento de primer orden

$\theta_c$ : Tiempo de residencia de los microorganismos

$X_t$ : Concentración de sólido suspendidos volátiles en el reactor

$Q_r / Q$ : Relación de recirculación.



**Figura N° 25:** Proceso propuesto para el tratamiento de agua residual

*Fuente: Propia*

**a. Cálculo del volumen**

Remplazando los valores de la tabla tenemos

$$V = \frac{\theta_c Q y (S_o - S_e)}{x(1 + k_d \theta_c)}$$

$$V = 206.67 \text{ m}^3$$

**b. Tiempo de retención hidráulico (TRH)**

$$TRH = V / Q = 29.04 \text{ horas}$$

Norma técnica peruana,  $TRH < 16 - 48 \text{ horas} >$





**c. Determinación de las dimensiones del estanque de aireación**

Para una altura del reactor  $H = 4$  m (propuesto) y relación largo / ancho ( $L / a = 3$ )

$$A_{sup} = V / H = 51.67 \text{ m}^2$$

Entonces tenemos que,  $a = 4.2$  m y  $L = 12.3$  m

**d. Relación: alimento / microorganismo (F/M)**

$$F / M = S_0 / X_t \cdot V = 0.7 \text{ KgDBO}_5 / \text{KgssvLM.día}$$

**e. Determinación de la producción observada ( $Y_{Obs}$ )**

$$Y_{Obs} = Y / (1 + K_d \cdot \theta_c)$$

$$Y_{Obs} = 0.35$$

**f. Producción de la producción de lodos  $P_x$**

$$P_x = \frac{Y_{obs} \cdot Q(S_0 - S_e)}{10^3}$$

$$P_x = 24.8 \text{ Kg / día}$$

**g. Concentración de sólidos suspendidos volátiles (SSV) en la recirculación ( $X_r$ )**

$$Q_r / Q = 1, \text{ entonces } Q_r = Q$$

$$X_r = X \cdot (Q_r + Q) / Q_r = 6,000 \text{ mg/l}$$

**h. Caudal del lodo de purga en la recirculación ( $Q_w$ )**

$$Q_w = V \cdot X / X_r \cdot \theta_c = 5 \text{ m}^3 / \text{día}$$

**i. Determinación del consumo de oxígeno ( $\text{Kg O}_2/\text{día}$ )**

$$\text{Kg O}_2 / \text{día} = Q_{mh} \cdot (S_0 - S_e) / F \cdot 10^3 \text{ g / kg} - 1.42 \cdot P_x$$

$$F = 0.7$$

Reemplazando valores obtenemos

$$\text{Kg O}_2 / \text{día} = 168 \text{ kg / día}$$

**j. Determinación del consumo de oxígeno/ hp.día (N)**

$$N = N_0 \cdot [ (\beta \cdot C_{WALT} - C_L) / C_{S20^\circ C} ] \cdot 1.024^{(T-20)} \cdot \alpha$$

$N_0$  = Requisitos de oxígeno en condiciones estándares

$$= 1.5 \text{ kgO}_2/\text{hp.hr}$$

$C_{WALT}$  = Concentración de saturación de oxígeno en condiciones de campo = 8.29 mg/l

$C_L$  = Nivel de oxígeno en el tanque de aireación = 2 mg/l

$C_{S20^\circ\text{C}}$  = Concentración de saturación de oxígeno en condiciones al nivel del mar = 9.08 mg/l

$\alpha$  = Factor de corrección que relaciona los coeficientes de transferencia de oxígeno = 0.9.

$\beta$  = Factor de corrección que relaciona los coeficientes de transferencia de oxígeno = 0.95

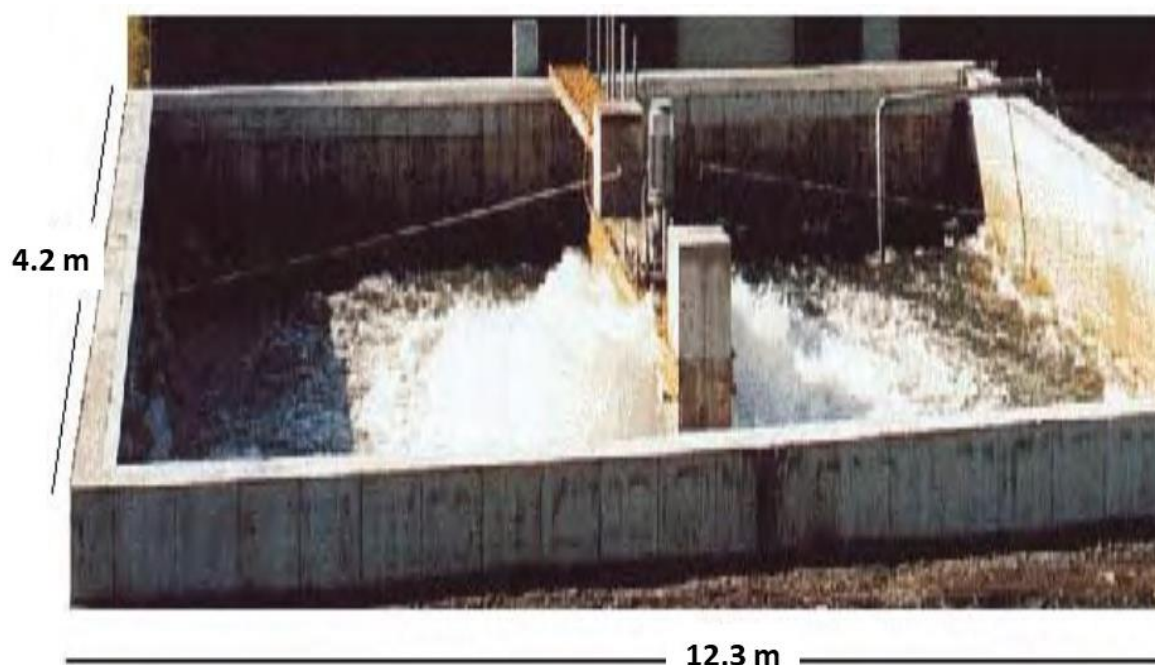
$T = 21.8^\circ\text{C}$

Entonces  $N = 0.912 \text{ kgO}_2 / \text{hp.hr} \Leftrightarrow 22 \text{ kgO}_2 / \text{hp. día}$

**k. Potencia requerida ( $P_{req}$ )**

$P_{req}$  = Demanda de oxígeno / consumo de oxígeno/hp.día (  $N$  )

$$P_{req} = 168 \text{ kgO}_2 / \text{día} / 22 \text{ kgO}_2 / \text{hp. día} = 8 \text{ hp}$$



**Figura N° 26:** Reactor con Aireación Extendida

*Fuente: Propia*



#### 4.1.4.2. Diseño del tanque de ecualización

Aunque es esta la primera cámara que se encuentra en la planta propuesta, se calcula en función a la cámara de aireación, que como podemos apreciar en los cálculos es calculada primero por ser la más importante.

La cámara de ecualización, también llamada Digestor primario debe tener un volumen igual de la cámara de aireación, lo cual resulta muy práctico porque se considerará que no trabajará al 100% de su capacidad. Ello dará un margen para sobre picos y un mayor periodo de retención para facilitar la limpieza de la cámara de aireación y el mantenimiento de sus equipos.

#### 4.1.4.3. Diseño del Sedimentador

##### a. Determinación del área superficial del sedimentador ( $A_S$ )

$$A_S = (1 + R) \cdot Q_{mh} \cdot X_r \cdot 3.6 / (C_S \cdot 1000)$$

$$\text{Relación de recirculación } (R = Q_r / Q_p) = 1$$

$$\text{Caudal máximo horario } (Q_{mh}) = 3.971 / \text{s}$$

$$\text{Carga de sólidos } C_S = 3.5 \text{ Kg} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\text{Concentración de sólidos en la recirculación } (X_r) = 6,000 \text{ SSVmg} / \text{l}$$

Entonces tenemos:

$$A_S = 49 \text{ m}^2$$

##### b. Determinación del radio del sedimentador ( $R_S$ )

$$R_S = (A / \pi)^{0.5} = 4 \text{ m}; \text{ por lo tanto el diámetro } D = 8 \text{ m}$$

##### c. Determinación de $h_2$

$$h_2 = \text{Tang} 5^\circ \cdot R_S = 0.35$$

##### d. Determinación de $h_1$

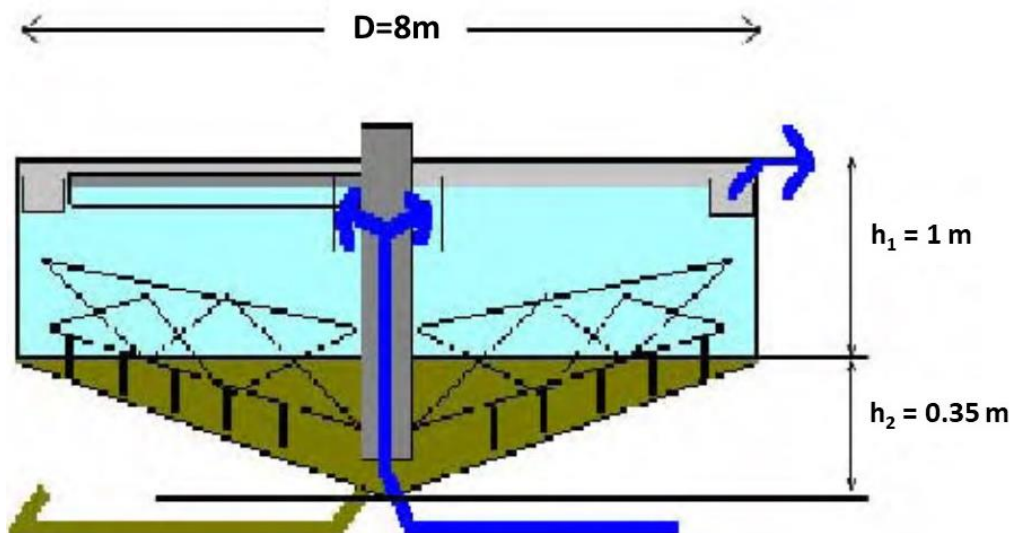
Relación:

$$R_S / (h_1 + h_2) = 3 \text{ (relación geométrica)}$$

Despejando tenemos:  $h_1 = 1 \text{ m}$

**e. Volumen del sedimentador**

$$V = \left[ \pi \cdot R_S^2 \cdot h_1 + (h_2 \cdot \pi \cdot \frac{R_S^2}{3}) \right] = 60 \text{ m}^3$$



**Figura N° 27:** Sedimentador Secundario

*Fuente: Propia*

**4.1.4.4. Diseño de la cámara de contacto con cloro**

**a. Consideraciones de diseño**

Caudal medio ( Q )..... 0.1188 m<sup>3</sup> / min.

Tiempo de retención ( t ).....15 a 30 min.

Dosis empleada.....10 mg / l

Altura Propuesta ( h ).....0.8 m

**b. Calculo del volumen teórico**

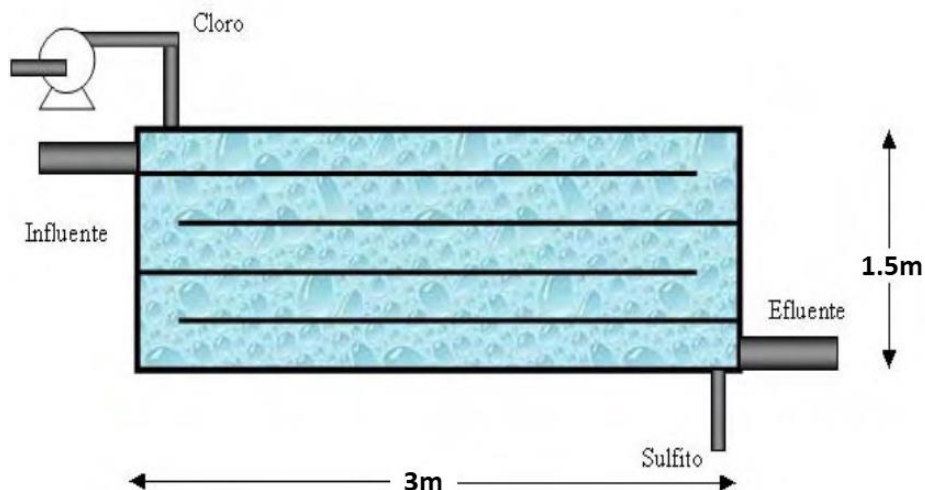
$$V = Q \cdot t = 0.119 \text{ m}^3 / \text{min} \cdot 30 \text{ min} = 3.6 \text{ m}^3$$

**c. Con la altura propuesta se determina el área**

$$A = V / h = 4.5 \text{ m}^2$$

Considerando una relación de  $L / a = 2$ , tenemos lo siguiente

$$L = 3\text{m}; a = 1.5 \text{ m}$$



**Figura N° 28:** Cámara de Contacto

*Fuente: Propia*

#### 4.1.4.5. Diseño del lecho de secado

##### a. Datos disponibles

Producidos de lodos ( $P_X$ ) = 24.8 Kg SS / día

Tasa de aplicación ( $T_S$ ) = 80 Kg SS / m<sup>2</sup> . año,

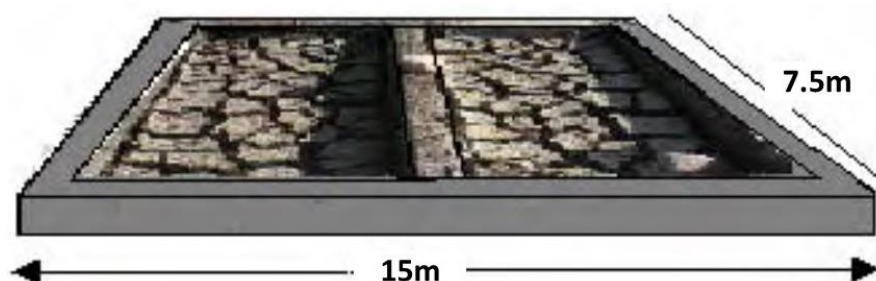
por norma  $T_s < 60 - 100 >$

Relación largo / ancho ( $L/a$ ) = 2

##### b. Área del lecho del secado

$$A_L = P_X / T_S = 113 \text{ m}^2$$

$$L = 15 \text{ m} ; a = 7.5 \text{ m}$$



**Figura N° 29:** Lecho de Secado

*Fuente: Propia*



## 4.2. Determinación de la rentabilidad del proyecto de tesis

El objetivo del estudio económico es ordenar y sistematizar la información de carácter monetario, que sirve para la evaluación económica del proyecto. Para poder determinar la rentabilidad de la planta proyectada.

### 4.2.1. Costo de producción por m<sup>3</sup> de agua residual

Se estimaron los costos de operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Campus N° II de la Universidad Nacional del Santa por un periodo de un año operando ocho (08) horas al día y de lunes a sábado, con la finalidad de calcular el costo por metro cúbico de agua residual tratada y producida:

**Tabla N° 14:** Costos de Operación y Mantenimiento

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	COSTO	IMPORTE
				S/. MES	S/. / AÑO
1.1	INGENIERO SUPERVISOR (1d/mes)	mes	12	300	3,600.00
1.2	VIGILANTE	mes	12	1500	18,000.00
1.3	OPERADOR ENCARGADO DE MANTENIMIENTO PERMANENTE	mes	12	2000	24,000.00
1.4	ENCARGADO DEL CONTROL Y FUNCIONAMIENTO (1 persona 4 días/mes)	mes	12	400	4,800.00
1.5	ENCARGADO MANTENIMIENTO GENERAL	mes	12	300	3,600.00
1.6	ENERGÍA ELECTRICA PARA MOTORES	mes	12	2500	30,000.00
1.7	AGUA	mes	12	50	600.00
1.8	HERRAMIENTAS Y UTENSILIOS, OTROS	Glb.	1	5000	5,000.00
1.9	INSUMOS QUÍMICOS (Hipoclorito de Calcio)	mes	12	2000	24,000.00
<b>TOTAL COSTO ANUAL</b>					<b>113,600.00</b>

*Fuente: Propia*

<b>VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL TRATADA</b>	<b>M3/AÑO</b>	1.98 Lt/seg	<b>62,441</b>
<b>COSTO POR METRO CÚBICO</b>	<b>S/ / M3</b>		<b>1.82</b>



Por lo tanto, el costo de producción del agua residual en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Campus N° II de la Universidad Nacional del Santa sería de S/ 1.82 por metro cúbico, calculado en base a una operación de ocho horas al día de lunes a sábado durante un año.

#### 4.2.2. Ingresos Anuales

Si bien es cierto que la construcción de la planta de tratamiento de agua residual no obtendrá ingresos directamente, el ahorro de las cuotas que se tendrá que pagar a Sedachimbote se considera como un ingreso. El cobro que realizará sedachimbote a la UNS en el Campus N° II, será por el abastecimiento de agua potable y por la descarga del agua residual hacia las alcantarillas de Nuevo Chimbote. A continuación, se calculará el ahorro de dinero que se obtendría si se efectuara el proyecto.

Para esto se necesitan los siguientes datos:

( INCREMENTO CHIMBOTE 4.37% AUTORIZADO MEDIANTE OFICIO N° 036-18-SUNASS-030)

1.- CARGO FIJO: S/. 2.22 + IGV

2.- CARGO POR VOLUMEN DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

CATEGORIA	ASIGNACION DE CONSUMO M3 / MES		RANGOS DE CONSUMO M3 / MES	TARIFAS S/. / M3			
				CHIMBOTE		CASMA / HUARMEY	
				Agua	Alcantarillado	Agua	Alcantarillado
SOCIAL	A	10	0 a más	0.4300	0.1774	0.2780	0.1440
DOMÉSTICA	A1	20	0 a 8	0.7369	0.3037	0.3290	0.1700
			9 a 20	0.9018	0.3716	0.4270	0.2210
			21 a más	1.8296	0.7536	0.8990	0.4640
COMERCIAL	IA	25	0 a 30	1.8296	0.7536	1.1350	0.5870
			31 a más	3.9097	1.6115	2.1350	1.1030
INDUSTRIAL	IA	100	0 a más	3.9097	1.6115	2.1250	1.0980
ESTATAL	A	60	0 a más	1.8296	0.7536	0.8790	0.4540

Nota : Las tarifas no incluyen IGV

VIGENTE A PARTIR DE LA FACTURACION DE ABRIL-18(CONSUMO DE MAR-18) QUINQUENIO REGULATORIO 2017-2022

Figura N° 30: Estructura tarifaria y cuadro de asignaciones de consumo - Sedachimbote.

Fuente: SEDACHIMBOTE



- Como se observa en la figura N° 25, la tarifa por M3 de agua potable consumida por la Universidad Nacional del Santa es de S/. 1.8296 / M3, el volumen de agua tratada para el uso en el riego de áreas verdes es de 62,441 metros cúbicos al año lo que significaría un gasto de S/ 114,242.05
- En la figura N° 25 también se verifica la tarifa que se pagaría a Sedachimbote por descargar el agua residual hacia las alcantarillas de Nuevo Chimbote, siendo esta de S/ 0.7536 /M3, lo que significa un gasto de S/ 47,055.54 como promedio anual.
- En conclusión, la cantidad de dinero que se pagaría a Sedachimbote por el abastecimiento de agua potable para riego en áreas verdes y por descargar el agua residual a las alcantarillas de Nuevo Chimbote ascendería a S/ 161,297.59 como promedio anual.

$$\text{Ingreso Anual} = S/ 114,242.05 + S/ 47,055.54 = S/ 161,297.59$$

Diferencia entre la tarifa de la EPS Sedachimbote y el costo anual de producción del agua residual:

$$\text{Diferencia} = \text{Ingresos} - \text{Costo de producción UNS}$$

$$\text{Diferencia} = S/161,297.59 - S/ 113,600.00$$

$$\text{Diferencia} = S/ 47,697.59$$

Como se observa existe un saldo (positivo) a favor de la Universidad Nacional del Santa de S/. 47,697.59, significando este un ahorro importante.

#### 4.3. Discusión de resultados

- Con el procesamiento de datos de los estudios topográficos y los datos del plano de replanteo de red de alcantarillado, se obtuvo la cota de recepción del efluente sería 46.080 m.s.n.m. cota que se encuentra a 1.546 metros por debajo de la cota de terreno natural, lo que es desfavorable para implantación de la planta ya que afecta la disposición final del agua tratada. por lo que se dispondrá de un tanque para captación del agua y desde ese





punto por medio de una bomba centrífuga de  $\frac{1}{2}$  HP, se impulsará hasta la cota 47.626 m.s.n.m. donde se ubica la entrada del sedimentador.

- Luego del procesamiento de datos y cálculos realizados analizando las diferentes normas y reglamentos establecidos para el diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, se concluyó finalmente que un sistema de tratamiento de aguas residuales con lodos activados (modalidad aireación extendida), demostró ser el más idóneo y apto para aplicarse en poblaciones con las características estudiadas, esto porque el sistema nos permitirá una mayor eficiencia en el porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), tratamiento continuo y para un caudal fijo, no produce olores desagradables, por ser un proceso aerobio y es muy apropiado para zonas interurbanas.



## 5.1. CONCLUSIONES

- De los estudios topográficos se concluye que el terreno es favorable para un sistema como el que se ha planteado y se determinó que el mejor lugar para la construcción de la planta se localiza a la altura del buzón 71 en la cota 46.080 según plano de topografía y de red de alcantarillado teniendo como referencia en la ubicación entre las avenidas Alcatraces y Vía Expresa.
- Los valores obtenidos de los estudios fisicoquímicos que se realizaron al agua residual que se encuentra en el último buzón dentro del campus I de la Universidad Nacional del Santa, antes de la entrega a la red de alcantarillado general del distrito; están muy por encima de los valores máximos requeridos para riego y bebida animal, según los Estándares de Calidad del Agua (ECA), los resultados son los siguientes:

Ensayos Microbiológicos:

**Tabla N° 15:** Resultados de ensayos microbiológicos

ENSAYOS	MUESTRA
Coliformes Totales (NMP/100mL)	35x10 <sup>8</sup>
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	35x11 <sup>7</sup>
Escherichia coli (NMP/100mL)	35x12 <sup>7</sup>
Enterococos Intestinales (NMP/100mL)	18x10 <sup>5</sup>
Salmonella en 1L	Ausencia
Vibrio cholerae en 1L	Ausencia

*Fuente: Propia*



Ensayos Físico Químicos:

**Tabla N° 16:** Resultados de ensayos químicos

ENSAYOS	MUESTRA
Aceites y Grasas (mg/L)	9
D.B.O. <sub>5</sub> (mg/L)	436
S.S.T. (mg/L)	29
D.Q.O. (mg/L)	672
Sólidos Sedimentables (mL/L/h)	<0.2
Oxígeno Disuelto (mg/L)	1.9
Ph	8.59
Temperatura (°C)	22.8

*Fuente: Propia*

- Después de haber realizado los estudios básicos de ingeniería y los cálculos hidráulicos podemos concluir que la Planta de Tratamiento de Agua Residuales para las condiciones y características de los campus universitario II de la Universidad Nacional del Santa proyectada al año 2030 es una planta de tratamiento de lodos activados modalidad de aireación extendida, de 1.98l/s, en concordancia con lo establecido en la Norma OS.090: Plantas de tratamiento de aguas residuales del Reglamento Nacional de Edificaciones, esto porque el sistema nos permitirá un adecuado control de malos olores y un adecuado tratamiento para su posterior reuso en el riego de áreas verdes.
- Con la recolección de datos obtenidos, de acuerdo al método empírico, mediante encuesta, entrevista, observación y medición, los cuales posteriormente fueron procesados con la ayuda de programas como Microsoft Excel y AutoCad se logró determinar los parámetros necesarios para su diseño hidráulico, así como también la población con que cuenta la zona de estudio del Campus II de la Universidad Nacional del Santa, Distrito de Santa, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.

En cuanto a los parámetros se obtuvieron los datos de diseños siguientes:



Tabla N° 17: Resultados de diseño

PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR CALCULADO
<b>Rejas</b>	
Abertura o espaciamiento	25 mm
Espesor	6.25 mm
Ancho	30 mm
<b>Sedimentador</b>	
Profundidad	1.70 m
Ancho	1.70 m
Largo	8.50 m
<b>Estanque de aireación</b>	
Ancho de la caja	4.20m
Largo de la caja	12.3 m
Altura	4.00 m
Potencia requerida	8 hp
<b>Estanque Ecuilizador</b>	
Ancho de la caja	4.20m
Largo de la caja	12.30 m
Altura	4.00 m
Potencia requerida	8 hp
<b>Sedimentador secundario</b>	
Radio sedimentador	4.00 m
Altura 2 (h <sub>2</sub> )	0.35 m
Altura 1 (h <sub>1</sub> )	1.00 m
<b>Cámara de contacto</b>	
Altura	0.8
Largo	3.00 m
Ancho	1.50 m
<b>Lecho de secado</b>	
Área	113.00 m
Largo	15.00 m
Ancho	7.50 m

Fuente: Propia



- En base al costo de producción anual de agua residual tratada por la planta de tratamiento propuesta para el Campus N° II de la Universidad Nacional de Santa es de S/ 113,600.00 el cual es menor a la tarifa que se pagaría el cual asciende a S/ 161,297.00 a la EPS Sedachimbote y en el corto plazo con la construcción de la planta de tratamiento de agua potable propuesta se ahorrara un monto de S/. 47,697.59.
- La Universidad Nacional del Santa con el desarrollo del presente proyecto contará con un sistema de tratamiento de aguas residuales propio y continuo, con lo cual se solucionarán los problemas de ausencia de áreas verdes, se generarán beneficios sociales, económicos y de la salubridad. Promoverá las investigaciones y proyectos de las diferentes carreras profesionales como Ingeniería agrónoma (proyectos agrícolas, utilización de los lodos producidos por la planta como mejoradores de suelos y proyectos pecuarios), Ingeniería Civil (constante infraestructura de estudio hidráulica, abastecimiento de agua potable, tratamiento d aguas residuales, etc.), Biología en Acuicultura (criaderos de peces y otros proyectos piscícolas), y otras carreras profesionales afines que se implementen en la Universidad Nacional del Santa.
- Como institución, la UNS tiene que ser pionera en lo que ha cuidado del medio ambiente se refiere, de ahí que, por otro lado, el presente proyecto sea factible. La inversión en un proyecto de esta magnitud significaría un renombre importantísimo para la universidad y generaría la atención de otros organismos públicos y privados.
- El uso racional de los recursos hídricos, es vital para la humanidad, debiendo destinar las fuentes de agua dulce para el consumo humano y aprovechar los desagües tratados mediante plantas de tratamiento, en el riego de las áreas verdes.
- Un gran beneficio del uso de las plantas de tratamiento de agua residual, es la preservación de la salud pública y del medioambiente, así como la disminución de las descargas de aguas contaminadas al océano.



## 5.2. RECOMENDACIONES

- Es necesario aclarar que le presente estudio se lleva a cabo basándose en factores, condiciones y ecuaciones totalmente empíricas. Estas fueron obtenidas de diferentes proyectos de plantas de tratamiento de agua residual. Desgraciadamente se ha podido ver que cada planta trabaja completamente diferente a las otras, dependiendo del lugar, condiciones climáticas y condiciones del agua a tratar. Por todo lo anterior, es indispensable, una vez construida la planta, verificar si los cálculos obtenidos son correctos y, de ser necesario, hacer algún ajuste.
- Se recomienda que la realización del proyecto sea encabezada por la escuela de ingeniería civil, que es la más relacionada con el tema de tratamiento de agua residual.
- Realizar los mantenimientos preventivos y programados a toda la infraestructura civil, hidráulica y electromecánica proyectada, a fin de garantizar su adecuado funcionamiento y conservación a lo largo de su vida útil.

En cuanto al mantenimiento del sistema, necesitara limpieza cada 3 meses. Este mantenimiento consistirá en primer lugar para el sistema primario limpieza de las rejillas y limpieza del sedimentador, el sedimentador auxiliar fue considerado precisamente para esta función y debe ponerse operativo hasta que se culmine con la labor, luego volverá a ser cerrado y será puesto operativo el canal principal.

En segunda instancia, el sistema secundario, el estanque equalizador y tanque de aireación propiamente dicho; una de las dos cajas será cerrada por medio de las válvulas procediendo a la apertura de la válvula de purga para el vaciado del mismo. Luego se procederá a la limpieza de las mismas. De la misma forma se hará con la caja que quedo operativa; terminado el proceso de mantenimiento se apertura la válvula para que ambos vuelvan a trabajar de manera conjunta.



Luego se procederá a una inspección visual para eliminar la posibilidad de cualquier problema subyacente ajeno a los problemas comunes del sistema, que pueden ser ocasionados por agentes externos.

Finalmente se hará la medición respectiva de los caudales de entrada y de salida, una vez realizadas estas labores se dará por terminado el mantenimiento.

- Verificar si el crecimiento poblacional del campus universitario N° II de la Universidad Nacional del Santa se encuentran dentro de los parámetros proyectados para el periodo de diseño de 10 años.



### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Autoridad Nacional del Agua (2010). Manual: Criterios de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico, Lima.
- Alaerts, G. (1995). Wastewater Treatment. Tratamiento de Aguas Residuales, presentado en “Curso-Taller Internacional sobre Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales”, febrero 13–marzo 17 de 1995. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- Basualdo (2013). Población de Diseño: Métodos de Cálculo Poblacional, Lima: UNI.
- CRITES, Ron, TCHOBANOGLOUS, George. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Impreso Bogotá (Colombia), 2000. Editorial McGraw-Hill. 1 edición.
- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1995). Manual de Tratamiento de Aguas Negras. 13ra. reimpresión, Editorial LIMUSA. Mexico.
- Estudio y Análisis Técnico - Económico de Planta de Tratamientos de Aguas Residuales, Marcos Osorio Petersen CONCEPCION – CHILE 2013
- Giraldo, E. (1998). Perspectiva de Tratamiento Anaerobio de las Aguas Residuales Domésticas en Colombia. Presentado en “Seminario-Taller Saneamiento Básico y Sostenibilidad”, AGUA Y SOSTENIBILIDAD, junio 1-12 de 1998. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- Madera, C. Peña, M. y Perez, M. (1998). Selección de Tecnología para Tratamiento de Aguas Residuales: Un Enfoque Metodológico con Participación de los Usuarios. Presentado en Seminario-Taller “Saneamiento Básico y Sostenibilidad” “AGUA Y SOSTENIBILIDAD”, junio 1-12 de 1998. Santiago de Cali, Colombia.
- Manual para Municipios Ecoeficientes, Ministerio del ambiente. Lima, Diciembre 2009.





- Metcalf & Eddy (1995). Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización. Volumen I-II, 3ra. Edición en español, MacGraw-Hill. Madrid, España.
- Ministerio de Agricultura (2005). Directiva General N° 002 – 2005 –INRENA – OA: Formulación del inventario de la infraestructura de riego y drenaje y vías de comunicación en los distritos de riego del Perú, Lima.
- Ministerio del Ambiente (2015). Decreto Supremo N°015-2015 –MINAM: Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad para agua, Lima: EL PERUANO.
- Oportunidades de Mejoras Ambientales por el Tratamiento de Aguas Residuales en el Perú, FONAM 2010.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). Guías para la Calidad del Agua Potable (4ta. Edic.), Suiza: OMS.
- Orozco, A. (1989). Manual sobre Digestión Anaerobia, Capítulo I: Generalidades. Presentado en “Seminario Internacional sobre Digestión Anaeróbica - Elementos de Diseño”. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Propuesta de Mejora de Tratamiento de Aguas Residuales en una Empresa Pesquera, Alejandro Vásquez Tafur, Edgard Aguinaga Mogollón, Abner Zegarria Riofrío, Francisco Timaná Taboada, Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura; Piura 2013.
- Romero Rojas, Jairo Alberto (1999). Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño (3ra. Edic.), Bogota: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ven Te Chow (2004). Hidráulica de canales abiertos, Colombia: McGRAW–HILL.
- <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>. Guía Para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores. Organización Panamericana de la salud, Lima 2015.
- <http://biotecnologiaurp.blogspot.com/2011/05/procesos-de-manufactura.html>
- <https://es.slideshare.net/ciimsa/ptarpequeas>. PTAR para Pequeños Poblados.



- <https://es.slideshare.net/yazminmendozacastillo/digestion-anaerobia-31879582>. Digestión Anaerobia.
- <http://jumapam.gob.mx/planta-tratadora-el-creston/>. Planta Tratadora El Crestón.
- <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t10.html>. Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento.
- [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432012000300008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432012000300008). Digestión anaerobia de efluentes de fosas sépticas.
- <http://www.sayta.mx/blog/?-que-es-el-tratamiento-del-agua>.

## PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura N° 31:** Buzón N° 26 del Campus N° I de la Universidad Nacional del Santa

*Fuente: Elaboración propia, 2018*



**Figura N° 32:** Punto de muestreo (buzón frente a Senati)

*Fuente: Elaboración propia, 2018*



**Figura N° 33:** Medición de la temperatura del agua residual.

*Fuente: Elaboración propia, 2018*



**Figura N° 34:** Medición del pH del agua residual.

*Fuente: Elaboración propia, 2018*



**Figura N° 35:** Recolección y recubrimiento de las muestras de las aguas residuales para su posterior traslado a los laboratorios de COLECBI.

*Fuente: Elaboración propia, 2018*



**Figura N° 36:** Levantamiento topográfico de la Zona de estudio, con estación total.

*Fuente: Elaboración propia, 2018*



**Figura N° 37:** Realización de estudios topográficos de la zona donde se proyectará la PTAR.

*Fuente: Elaboración propia, 2018*

**ESTRUCTURA TARIFARIA Y CUADRO DE ASIGNACIONES DE CONSUMO CHIMBOTE, CASMA Y HUARMEY**  
**RESOLUCION DE CONSEJO DIRECTIVO N° 007-2017-SUNASS-CD-120**

( INCREMENTO CHIMBOTE 4.37% AUTORIZADO MEDIANTE OFICIO N° 036-18-SUNASS-030)

1.- CARGO FIJO: S/. 2.22 + IGV  
2.- CARGO POR VOLUMEN DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

CATEGORIA	ASIGNACION DE CONSUMO M3 / MES		RANGOS DE CONSUMO M3 / MES	TARIFAS S/. / M3			
				CHIMBOTE		CASMA / HUARMEY	
				Agua	Alcantarillado	Agua	Alcantarillado
SOCIAL	A	10	0 a más	0.4300	0.1774	0.2780	0.1440
DOMÉSTICA	A1	20	0 a 8	0.7369	0.3037	0.3290	0.1700
			9 a 20	0.9018	0.3716	0.4270	0.2210
			21 a más	1.8296	0.7536	0.8990	0.4640
COMERCIAL	IA	25	0 a 30	1.8296	0.7536	1.1350	0.5870
			31 a más	3.9097	1.6115	2.1350	1.1030
INDUSTRIAL	IA	100	0 a más	3.9097	1.6115	2.1250	1.0980
ESTATAL	A	60	0 a más	1.8296	0.7536	0.8790	0.4540

**Figura N° 38:** Estructura tarifaria y cuadro de asignaciones de consumo, Chimbote, Casma y Huarney

*Fuente: SEDACHIMBOTE.*

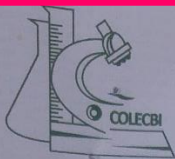


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA


Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMPUS N° II DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA PARA USO DEL RIEGO EN ÁREAS VERDES”

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 046**



INACAL  
DA Perú  
Laboratorio de Ensayos  
Acreditado  
Registro N° LE - 046

---

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180815-004** Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR	: YELTSIN DAVIS FERNANDEZ NEYRA.
DIRECCIÓN	: Urb. Nicolas Garatea Mz 24 Lote 7 Nuevo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA RESIDUAL.
LUGAR DE MUESTREO	: Campus Universitario de la Universidad Nacional del Santa . Urb. Bellamar S/N Nuevo Chimbote.
FECHA DE MUESTREO	: 2018-08-15
MÉTODO DE MUESTREO	: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9060, 22nd Ed. 2012.
CANTIDAD DE MUESTRA	: 08 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Frasco de vidrio estéril transparente con tapa, frasco de plástico con tapa.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2018-08-15
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2018-08-15
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2018-08-20
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio de Microbiología, Físico Químico
CÓDIGO COLECBI	: SS 180815-3

**RESULTADOS**

Punto de Muestreo	Coordenadas UTM	
	Este X	Norte Y
Caja de Registro	0772935	8991116

**ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS**

ENSAYOS	MUESTRA
	CAJA DE REGISTRO
Coliformes Totales (NMP/100mL)	35x10 <sup>8</sup>
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	35x10 <sup>7</sup>
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	35x10 <sup>7</sup>
Enterococos Intestinales (NMP/100mL)	18x10 <sup>5</sup>
(*) <i>Salmonella</i> en 1L	Ausencia
(*) <i>Vibrio cholerae</i> en 1L	Ausencia

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.

**ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS**

ENSAYOS	MUESTRA
	CAJA DE REGISTRO
Aceites y Grasas (mg/L)	9
D.B.O. <sub>5</sub> (mg/L)	436
S.S.T. (mg/L)	29
D.Q.O. (mg/L)	672
Sólidos Sedimentables (mL/L/h)	<0,2
Oxígeno Disuelto (mg/L)	1,9
pH	8,59
Temperatura (°C)	22,8

---

**COLECBI S.A.C.**  
 Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
 Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
 Web: www.colecbi.com

**Figura N° 39:** Resultados de ensayos Microbiológicos y Físico Químicos.

Fuente: COLECBI, 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMPUS N° II DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA PARA USO DEL RIEGO EN ÁREAS VERDES”

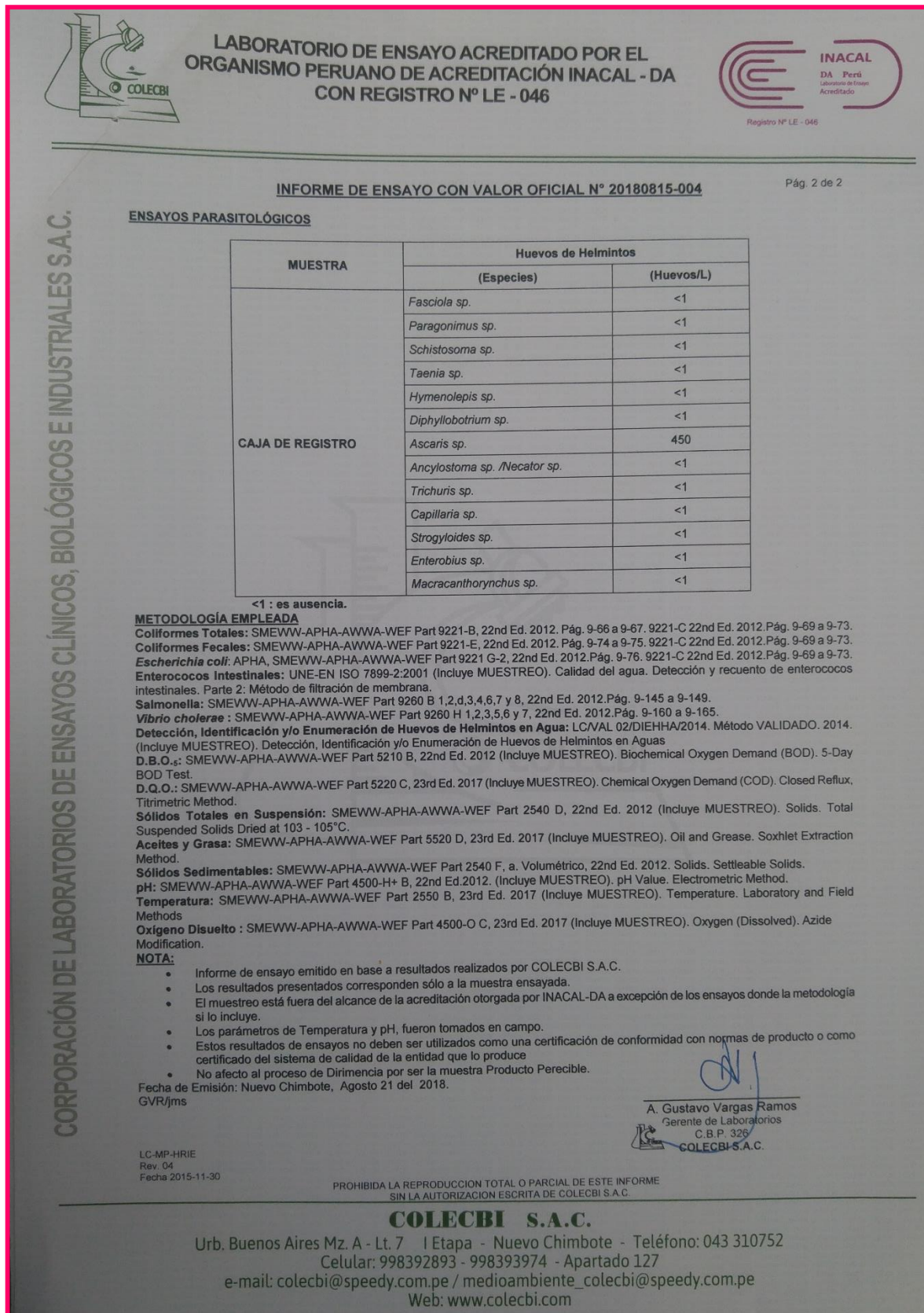


Figura N° 40: Resultados de ensayos Parasitológicos.

Fuente: COLECBI, 2018.