

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



*Una Institución Adventista*

Tratamiento de Aguas Residuales Residenciales Usando Tecnología  
de Bajo Costo en la Urbanización Santa Ana de la Ciudad de Juliaca,  
Provincia de San Román, Región Puno

Por:  
César Moisés Guerra Chayña

Asesor  
Ing. Percy Armando Cota Mayorga

Juliaca, abril de 2018

**Área temática:** Ingeniería Civil.

Ficha bibliográfica elaborada por el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la UPeU.

Guerra Chayña, César

Tratamiento de Aguas Residuales Residenciales Usando Tecnología de Bajo Costo en la Urbanización Santa Ana de la Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno. / Autor: César Moisés Guerra Chayña; Asesor: Ing. Percy Armando Cota Mayorga – Juliaca, 2018.

127 páginas: anexos, figuras y tablas.

Tesis (Licenciatura) – Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. EP. de Ingeniería Civil.

Incluye referencias y resumen.

Campo del conocimiento: Ingeniería Civil.

1. Recolección. 2. Tratamiento. 3. Aguas Residuales. 4. Condominial. 5. Humedales Artificiales.

**DECLARACIÓN JURADA  
DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS**

Percy Armando Cota Mayorga, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "Tratamiento de Aguas Residuales Residenciales Usando Tecnología de Bajo Costo en la Urbanización Santa Ana de la Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno" Constituye la memoria que presenta el Bachiller César Moisés Guerra Chayña para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 18 días de abril del 2018.




Percy Armando Cota Mayorga

Tratamiento de Aguas Residuales Residenciales Usando Tecnología de Bajo Costo en la Urbanización Santa Ana de la Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno.

# TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil


## JURADO CALIFICADOR




Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
Presidente



Ing. José Pacori Pacori  
Secretario



Ing. Ecler Mamani Chambi  
Vocal



Ing. Ruben Sosa Aquis  
Vocal



Ing. Percy Armando Cota Mayorga  
Asesor

Juliaca, 18 de Abril de 2018

## **Dedicatoria**

*Con mucho cariño, para todas las personas que me brindaron todo su apoyo incondicional, por sus consejos, sus valores, su motivación los cuales me han permitido ser una persona de bien, Gladis Chayña Vilcapaza y César Edwin Guerra Ramos.*

*A mis hermanos quienes ven como ejemplo a seguir la perseverancia que tengo.*

*A mi mamá grande Elda Anacleta Vilcapaza Cotacallapa, por formarme dentro de la Educación Adventista, para llegar a ser una persona de bien.*

## **Agradecimientos**

*A Dios, porque siempre estuvo a mi lado brindándome su protección y su amor, los cuales se manifiestan en mi vida cada amanecer, me dio la oportunidad de iniciar una carrera de servicio.*

*A mi padre César Edwin Guerra Ramos por su Asesoría y apoyo total en la elaboración del proyecto de tesis, motivándome e instruyéndome siempre para ser mejor cada día.*

*A mi madre Gladis Chayña Vilcapaza, a mis hermanos Pedro, Luis y Gabriela, quienes siempre me brindaron su apoyo, impulsándome a seguir adelante frente a las dificultades.*

*Al Ing. Leonel Chahuares Paucar, por su apoyo durante mi estadía universitaria y por su apoyo para mejorar.*

*Al Ing. Rolando Quispe Basualdo por su apoyo desinteresado y asesoría durante la ejecución del proyecto.*

*A mi Universidad la cual me ayudó a fortalecer los valores, principios y creencias inculcados por mis padres, y por enseñarme a ser un profesional de calidad.*

## Tabla de Contenido

<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>x</b>
<b>Índice de Anexos .....</b>	<b>xi</b>
<b>Símbolos Usados .....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>15</b>
EL PROBLEMA .....	15
1.1. Identificación del Problema .....	15
1.2. Objetivos de la Investigación .....	16
1.3. Justificación.....	16
1.4. Presuposición Filosófica .....	16
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>18</b>
MARCO TEORICO .....	18
2.1. Antecedentes de la Investigación .....	18
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>51</b>
MATERIALES Y METODOS.....	51
3.1. Metodología de la Investigación .....	51
3.2. Materiales .....	51

3.3. Hipótesis.....	52
3.4. Memoria Descriptiva.....	52
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>79</b>
RESULTADOS Y DISCUSION .....	79
4.1. Resultados .....	79
4.2. Discusión.....	81
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>82</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	82
5.1. Conclusiones .....	82
5.2. Recomendaciones.....	83
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>86</b>



## Índice de Tablas

<b>TABLA 1</b> CUADRO DE ÁREAS .....	54
<b>TABLA 2</b> POBLACIÓN DE JULIACA .....	58
<b>TABLA 3</b> CÁLCULO DE CAUDALES .....	60
<b>TABLA 4</b> CARACTERÍSTICAS DEL AFLUENTE.....	63
<b>TABLA 5</b> CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE .....	64
<b>TABLA 6</b> CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS REJILLAS DE DESBASTE .....	65
<b>TABLA 7</b> CRITERIOS DE DISEÑO DEL DESARENADOR.....	66
<b>TABLA 8</b> CRITERIOS DE DISEÑO DESENGRASADOR .....	67
<b>TABLA 9</b> CRITERIOS DE DISEÑO TANQUE SÉPTICO .....	68
<b>TABLA 10</b> CONSTANTES EMPÍRICAS.....	70
<b>TABLA 11</b> CRITERIOS DE DISEÑO HUMEDAL ARTIFICIAL .....	71
<b>TABLA 12</b> CRITERIOS DE DISEÑO DE DIGESTOR DE LODOS .....	76
<b>TABLA 13</b> CRITERIOS DE DISEÑO DE LOSA DE COMPOSTAJE .....	78

## Índice de Figuras

<b>FIGURA 1:</b> DISTANCIA ENTRE CÁMARAS DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA FUENTE: OS.070 (2006) ..	22
<b>FIGURA 2:</b> CONTAMINANTES DE IMPORTANCIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL FUENTE: METCALF & EDDY, INC. (1995) .....	23
<b>FIGURA 3:</b> APORTES PER CÁPITA PARA AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS FUENTE: OS.090 (2006) .....	42
<b>FIGURA 4:</b> PROCESO DE TRATAMIENTO FUENTE: OS.090 (2006) .....	43
<b>FIGURA 5</b> PLANTAS PLANTAS ACUÁTICAS (ADAPTADO DE TCHOBANOGLOUS, G. AQUATIC PLANT SYSTEMS FOR WASTEWATER TREATMENT).....	47
<b>FIGURA 6</b> SISTEMA DE AGUA SUPERFICIAL LIBRE (SASL).....	48
<b>FIGURA 7:</b> SISTEMAS DE FLUJO BAJO LA SUPERFICIE (SFBS).....	49
<b>FIGURA 8:</b> FUNCIONES DE LAS PLANTAS EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO ACUÁTICO .....	50
<b>FIGURA 9:</b> ELABORACIÓN PROPIA.....	51
<b>FIGURA 10:</b> COMPONENTES AGUAS RESIDUALES JULIACA (2018).....	63
<b>FIGURA 11:</b> CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO PARA SISTEMAS FE FLUJO SUB SUPERFICIAL .....	71
<b>FIGURA 12:</b> COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LOS HUMEDALES DE SANTEE, (CALIFORNIA, EEUU.) CON Y SIN VEGETACIÓN.....	73
<b>FIGURA 13:</b> PLANTAS ACUATICAS EMERGENTES UTILIZADAS EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	73
<b>FIGURA 14:</b> OXÍGENO DISPONIBLE POR VEGETACIÓN EMERGENTE DE UN HUMEDAL .....	74

## Índice de Anexos

Anexo 01: Estudios Preliminares.....	86
Anexo 02: Operación y Mantenimiento.....	92
Anexo03: Caracterización del Agua.....	106
Anexo 04: Presupuesto del Sistema de Recolección y Tratamiento.....	107
Anexo 05: Impacto Ambiental.....	113

## Símbolos Usados

RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones
RAS	: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
$Q_i$	: Caudal Inicial
$Q_f$	: Caudal Final
$V_s$	: Velocidad de Sedimentación
$V_h$	: Velocidad Horizontal
$V_c$	: Velocidad Critica
$S_0$	: Pendiente
$R_h$	: Radio Hidráulico
SUNASS	: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
PTAR	: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PR	: Periodo de Retención
$P_f$	: Población Futura
$P_a$	: Población Actual
$r$	: Tasa de Crecimiento
$t$	: Tiempo en años
DBO	: Demanda Bioquímica de Oxígeno
SST	: Sólidos Totales en Suspensión
$V_p$	: Velocidad mínima de paso
G	: Grado de colmatación
L	: separación entre las barras

## RESUMEN

El presente estudio es no experimental, teniendo como objetivo de la investigación lograr el diseño de un sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales residenciales usando tecnología de bajo costo en la Urb. Santa Ana de la ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno, utilizando el sistema de alcantarillado condominial para la recolección, tanques sépticos y humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. La metodología de la investigación, es de tipo documental y bibliográfica, en ese sentido la investigación demanda la revisión de libros, tesis, normas y reglamentos para lograr los diseños propuestos. El diseño de alcantarillado condominial fue analizado de acuerdo a la población futura que se tiene, se realizó el cálculo de caudal máximo horario. El diseño de tratamiento de aguas residuales comprende el uso de tratamiento preliminar, conformado por cámara de cribas, desarenador y desengrasador, con el cual se pretende eliminar las arenas y grasas que ingresaran a la planta de tratamiento, seguidamente el efluente pasa al tratamiento primario que está conformado por 02 tanques sépticos, los cuales se encargaran del tratamiento primario, y para finalizar el tratamiento se diseñó humedales artificiales para el tratamiento y disposición final de esta, para el almacén de las aguas tratadas se tiene un reservorio rectangular. Se concluye mencionando que luego del estudio es posible recolectar y tratar aguas residuales residenciales en lugares con topografía llana.

***Palabras clave:*** Recolección; Tratamiento; Aguas Residuales; Condominial; Humedales Artificiales.

## **ABSTRACT**

The present study is non-experimental, having as objective of the investigation to achieve the design of a residential wastewater collection and treatment system using low cost technology in the Santa Ana Urban District of the city of Juliaca, Province of San Román, Region Puno, using the condominial sewer system for the collection, septic tanks and artificial wetlands for the treatment of wastewater. The methodology of the research is documentary and bibliographic, in this sense the research demands the revision of books, theses, norms and regulations to achieve the proposed designs. The condominial sewerage design was analyzed according to the future population that is had, the maximum hourly flow calculation was made. The design of wastewater treatment includes the use of preliminary treatment, consisting of a screen chamber, desander and degreaser, with which it is intended to eliminate the sands and fats that enter the treatment plant, then the effluent passes to the primary treatment that It consists of 02 septic tanks, which will be responsible for the primary treatment, and to finalize the treatment was designed artificial wetlands for the treatment and final disposal of this, for the storage of treated water has a rectangular reservoir. It concludes by mentioning that after the study it is possible to collect and treat residential wastewater in places with flat topography.

**Keywords:** Collection; Treatment; Sewage water; Condominial; Artificial wetlands.

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA

#### 1.1. Identificación del Problema

##### *1.1.1. Descripción de la situación problemática.*

Uno de los problemas fundamentales en la actualidad es el uso desmedido de agua por cada uno de los residentes de la ciudad, generando una gran cantidad de aguas residuales los cuales no pueden ser evacuados debido a la topografía llana que presenta la localidad de Juliaca.

Se define a las aguas residuales como aguas que surgen de una población en un sistema de abastecimiento, luego de que estos hayan sufrido cambios por efecto de los múltiples usos aplicados en los mismos, estos pueden ser usos de comunidad domésticos o industriales.

A lo largo del tiempo ni los gobiernos ni las comunidades han valorado el tratamiento de las aguas residuales, actualmente existen diferentes alternativas para tratar estas aguas, pero por la deficiente operación y mantenimiento han fracasado las plantas de tratamiento, a parte que estas son de costo elevado.

##### *1.1.2. Planteamiento del problema.*

¿Es factible realizar el diseño de sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales residenciales, usando tecnología de bajo costo, en la Urb. Santa Ana de la ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno?

## **1.2. Objetivos de la Investigación**

### **1.2.1. Objetivo General.**

Lograr el diseño de un sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales domésticas usando tecnología de bajo costo en la Urb. Santa Ana de la ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno.

### **1.2.2. Objetivos Específicos.**

- a. Proponer un sistema de recolección de aguas residuales domésticas, con tecnología de bajo costo, en la Urb. Santa Ana.
- b. Proponer un diseño de tratamiento de aguas residuales domésticas, utilizando tecnología de bajo costo, en la Urb. Santa Ana.
- c. Proponer un tratamiento de aguas domésticas utilizando humedales artificiales de flujo horizontal tipo Sub Superficial.

## **1.3. Justificación**

La presente investigación se enfocará en realizar diseños de tratamientos de aguas residuales, debido a que debido la acumulación de aguas residuales es un problema de gran índole, por ello se pretende dar una solución a esta problemática. Así, el presente trabajo permitiría mostrar los resultados del diseño del tratamiento poco convencional del tratamiento de aguas residuales.

## **1.4. Presuposición Filosófica**

Génesis 2:15, menciona “Tomó, pues, Jehová Dios al hombre, y lo puso en el huerto de Edén, para que lo labrara y lo guardase” (Valera 1960). Dios creó al hombre en el huerto del Edén, haciéndole entrega del huerto del edén para que fuera el hombre quien lo administre. El querer de Dios es que la humanidad iba en un ambiente sano y limpio, sin contaminación y que sea mayordomo de todo lo creado por Dios, así como son los recursos



naturales formados por él como el agua de los ríos, los cuales contaminamos muy a menudo. Es por ello que nosotros debemos de cuidar el medio ambiente donde vivimos para así poder asegurar un desarrollo sostenible para futuras generaciones.

Salmos 24:1 establece “Jehová es la tierra y su plenitud, el mundo, y los que en el habitan” (Valera 1960), Teniendo este versículo en mente podemos entender que el medio donde vivimos es el Señor mismo, y nosotros somos encargados de dar cuidado a la tierra, ya que somos quienes la habitan.

En Mateo 25:21, se menciona “Y su Señor le dijo: bien, buen siervo y fiel; sobre poco has sido fiel, sobre mucho te pondré, entra en el gozo de tu señor” (Valera 1960). Dios nos considera como siervos buenos y fieles siempre que seamos buenos administradores de los recursos que fueron creados y dados por Él, esto se aplica también al adecuado manejo de los residuos sólidos que generamos en zonas residenciales urbanas.

La finalidad de la presente investigación es permitir que se pueda disfrutar de un ambiente limpio, y libre de contaminación partiendo de la reutilización de aguas residuales residenciales. Así mismo lo que se busca es mejorar la calidad de vida de las personas donde se generan aguas residuales sin tratamiento.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

##### ***2.1.1. Investigaciones acerca del diseño de sistema condominial de alcantarillado.***

En la Universidad Privada Antenor Orrego, Albert Alexis Cabrera Dávila y Walter Miguel Ángel Carranza Cárdenas, realizaron el *diseño de un sistema condominial de alcantarillado sanitario de los barrios 3 y 4, centro poblado alto Trujillo-el porvenir*, con la finalidad de diseñar el alcantarillado sanitario con el sistema condominial en los barrios 3 y 4 del centro poblado alto Trujillo – Distrito el porvenir, obteniendo los siguientes resultados:

Los ramales condominiales se ubican en la acera, descargando las aguas residuales de un grupo de lotes o manzanas a un buzón de la red principal, evitando que esta se distribuya como una malla en todas las calles.

Los ramales condominiales constan de 13587.72m de longitud, con tuberías de PVC de 4", ubicados bajo la acera ya reciben descargas de 1607 viviendas.

El costo del proyecto esta valorizado en S/. 1'580,688.16

##### ***2.1.2. Investigaciones acerca del diseño de sistema de tratamiento de aguas residuales.***

En la Universidad Autónoma de Nuevo Leon, Ernesto W. Torres Cáceres, elaboró *Proyecto de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas para Rehúso del Agua en la Agricultura*, con el propósito de diseñar una planta de tratamiento para las

aguas residuales domésticas provenientes de la localidad de Marín, N.L. bajo condiciones ambientales de la zona en función de la carga orgánica y sólidos totales para reúso como agua de riego agrícola, concluyendo que la calidad del efluente que produce el municipio de Marín puede ser tratado mediante un proceso sistemático operacional como el que proporcionará la planta proyectada.

### ***2.1.3. Investigaciones acerca del diseño de humedal artificial.***

Según Llagas y Guadalupe existen diferentes opciones si se pretende realizar el tratamiento de aguas residuales mediante la aplicación de humedales artificiales. Estos autores diseñaron un sistema de humedal artificial tipo sistema de agua superficial libre (SASL) con el propósito de tratar las aguas residuales en la Ciudad Universitaria de la UNMSM.

### ***2.1.4. Sistema de Recolección de las Aguas Servidas***

Cuando la densidad poblacional en zonas rurales crece hasta tener un nivel en el que los sistemas de tratamiento convencional ya no salen rentable, aparece la opción de la construcción de sistemas de alcantarillado. Los tipos de recolección de aguas servidas son: sistema de alcantarillado convencional con flujo gravitacional, alcantarillado de pequeño diámetro con flujo gravitacional de pendiente variable, alcantarillado que funcionan con vacío. La elección del tipo de alcantarillado dependerá básicamente de la topografía del lugar y de los costos asociados.

#### ***A. Sistema de Alcantarillado Convencional con Flujo Gravitacional.***

Este sistema es de uso muy común por lo que su funcionamiento está más que probado en la práctica y además bien documentado. Se conoce mucho acerca de su diseño y operación

### *B. Alcantarillado de Pequeño Diámetro con Flujo Gravitacional de Pendiente*

#### *Variable.*

El funcionamiento de este sistema se basa principalmente en el hecho de que la salida del sistema de alcantarillado se debe encontrar a un cota más baja que la entrada y más baja que la cota de conexión de cualquiera de las casas del sistema. La topografía local puede subir o bajar en los tramos intermedios y el flujo se producirá de todas maneras siempre y cuando se cumplan las condiciones descritas anteriormente.

Este sistema de alcantarillado se utiliza en conjunto con fosas sépticas con el fin de remover sólidos del agua servida. La idea es que el alcantarillado de pequeño diámetro no se obstruya con sólidos provenientes del agua servida, para lo cual se utilizan filtros y otros dispositivos de seguridad.

### *C. Norma OS. 070 Redes De Aguas Residuales.*

#### *- Dimensionamiento Hidráulico.*

Se realizara el cálculo de los caudales final e inicial ( $Q_i$  y  $Q_f$ ) en todos los tramos de la red, así mismo se considerara 1,5 L /s como valor mínimo del caudal.

No deben ser menores de 100 mm los diámetros nominales a considerar.

Se verificara de acuerdo al criterio de tensión tractiva ( $\sigma_t$ ) en cada tramo un valor mínimo  $\sigma_t = 1,0\text{Pa}$ , para el caudal inicial ( $Q_i$ ), este valor está en relación con el coeficiente de Manning  $n = 0,013$ . El (RNE, 2006) nos indica que para satisfacer la condición mínima de pendiente se aplicara la siguiente expresión

$$S_0 \text{ min} = 0.0055 Q_i^{-0.47}$$

Dónde:

$S_0 \text{ min}$  : Pendiente mínima (m/m)

$Q_i$  : Caudal Inicial (L/S)

En valores diferentes de 0,013 para el coeficiente de Manning, se adoptara y justificara los valores de pendiente mínima y Tensión Tractiva Media. (RNE, 2006)

En caso la velocidad crítica ( $V_c$ ) sea menor a la velocidad final ( $V_f$ ) entonces será 50% la mayor altura de lámina de agua admisible del diámetro del colector, teniendo seguro de esta forma la ventilación del tramo (RNE, 2006):

$$V_c = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_h}$$

Dónde:

$V_c$  : Velocidad critica

$R_H$  : Radio Hidráulico (m)

g : gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Se realizara el cálculo admitiendo un régimen de flujo uniforme y permanente para la altura de la lámina de agua, teniendo para el caudal final (Qf) como valor máximo del diámetro colector, igual o inferior a 75%.

- Ubicación y recubrimiento de tuberías.

La distancia mínima horizontal libre entre ramales distribuidores y ramales colectores, será de 0,20 m. esta distancia se medirá entre los planos tangentes más cercanos a las tuberías (RNE, 2006).

Se ubicara paralelo frente al lote en las veredas el ramal colector de aguas residual. Estará sobre el eje de la vereda el eje de dichos ramal, o a una distancia de 0,50 m a partir del límite de propiedad (RNE, 2006).

No será menor de 0,30 m en las vías peatonales y de 1,0 m en las vías vehiculares y/o en zonas rocosas el recubrimiento, en cualquier caso se verificara la profundidad adoptada así como la deflexión ocasionada por cargas externas en la tubería (RNE, 2006).

El RNE (2006) menciona que, el recubrimiento mínimo será de 0.20m medido a partir de la clave del tubo siempre y cuando el tipo de suelo sea rocoso y se utilicen ramales colectores.

Se implementará la solución adecuada a través de una caja de inspección en el caso existiera desnivel en el trazo de un ramal colector de alcantarillado, en todos los casos el proyectista planteará y sustentará técnicamente la solución empleada. (RNE, 2006).

Se contemplara el diseño de cruce de las tuberías principales de alcantarillado con las tuberías de agua potable, este debe tener una distancia mínima de 0,25 m medida entre los planos horizontales tangentes más cercanos. En cada caso se verificara los puntos de cruce de las tuberías mencionadas con el propósito de evitar la cercanía de las uniones minimizando de esta forma futuras contaminaciones del agua potable (RNE, 2006).

- Cámaras de inspección.

Podrán ser buzonetas, Buzones de inspección, y/o cajas de inspección.

a. Las cámaras de inspección o cajas de inspección están ubicadas en el trazo de los ramales colectores, con el propósito de propiciar manteniendo e inspección al mismo. Estos se construirán en los casos siguientes:

- A la apertura del tramo de arranque en el ramal colector de aguas residuales
- En los cambios de trayectoria del ramal receptor de aguas residuales.
- En los cambios de pendiente de los ramales colectores.
- En los lugares necesarios y requeridos para realizar labores de inspección y limpieza.

En lugares con pendiente pronunciada se construirá una caja de inspección por cada área de lote atendido, este servirá como punto de empalme para la conexión domiciliaria. Para lugares con pendiente media la conexión entre ramal y lote podrá realizarse mediante cachimba o yee en reemplazo de la caja de registro (RNE, 2006).

Será de 20 m la separación máxima entre cajas

b. cuando la depresión sea menor de 1.00 m sobre la clave del tubo se utilizara buzonetos en las tuberías principales de las vías peatonales.

c. cuando la profundidad sea mayor que 1.0 m sobre la clave de la tubería se usarán buzones de inspección.

Para tuberías de hasta 800 mm el diámetro interior de los buzones será de 1.20 m de 1.50 m. las cámaras de inspección serán de diseño especial para las tuberías de mayor diámetro. Contarán con una tapa de acceso de 0.60 m de diámetro los techos de los buzones (RNE, 2006).

d. Por razones de limpieza e inspección se proyectaran buzones y buzonetos en los siguientes casos:

- Al inicio de los colectores.
- En los empalmes de todo colector.
- En todos los cambios de pendiente, diámetro y dirección.

e. Cuando las tuberías no llegan al mismo nivel en las cámaras de inspección, se proyectara un dispositivo de caída cuando la altura de caída con respecto al fondo de la cámara será más de 1m (RNE, 2006).

f. La distancia entre cámaras de limpieza e inspección consecutivas está limitada por el alcance de los equipos de limpieza. El diámetro de las tuberías marca la separación máxima entre ellas. En las tuberías principales la separación será de acuerdo a la figura 1.

DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA (mm)	DISTANCIA MÁXIMA (m)
100	60
150	60
200	80
250 a 300	100
Diámetros mayores	150

**Figura 1:** Distancia entre cámaras de inspección y limpieza

Fuente: OS.070 (2006)

### **2.1.5. Tecnologías Existentes y Comunes Para el Tratamiento de Aguas Residuales**

Existen diferentes etapas o procesos para el tratamiento de aguas residuales hasta llegar a un punto de nivel de purificación. Dentro de estas etapas o procesos de tratamiento de agua se encuentra la autodepuración. Etapa en la cual las algas y los microorganismos descomponen los desechos, mediante la metabolización de las sustancias. Es esta etapa donde las sustancias simples se transforman en nitrógeno, dióxido de carbono, entre otras (Metcalf y Eddy, 1995).

Cabe mencionar que durante el proceso de descomposición orgánica, se tiene que realizar la función de eliminar organismos patógenos que podrían causar enfermedades y

alterar la higiene de la población. Toda esta eliminación se realiza dentro de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Por lo tanto es impredecible tener un diseño eficiente y económico que satisfaga la necesidad de una población en cuanto a las plantas de tratamiento de aguas residuales.

### 2.1.6. Tratamiento de Aguas Residuales

#### A. Aguas Residuales Domésticas.

Se origina principalmente en la vivienda y el comercio, son las aguas residuales de centros urbanos. Las variaciones existentes en la composición de las aguas residuales, están en función de las condiciones socioeconómicas de la población, el clima y otros factores típicos de cada localidad. Generalmente las aguas residuales presentan altas concentraciones de cloruros, sulfatos, nitrógeno, fósforo, sólidos y materia orgánica.

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

**Figura 2:** Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual  
Fuente: METCALF & EDDY, INC. (1995)

### *B. Composición del agua residual doméstica.*

De la misma manera que en las aguas naturales, se miden principalmente en las aguas residuales las características físicas, químicas y biológicas, para establecer las cargas orgánicas y de sólidos que transportan, determinar efectos del vertimiento a cuerpos de agua y seleccionar las operaciones y procesos del tratamiento que resultarán más eficaces y económicos.

Van Haandel y Lettinga (1994) sostienen que los constituyentes más importantes de los residuos líquidos confieren al agua residual propiedades físicas, químicas o biológicas indeseables. Según Alaerts (1995), la composición del agua residual está determinada por el caudal y por su fuente.

### *C. Características físicas del agua residual.*

#### - Sólidos Totales.

Se define el contenido de sólidos totales a la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación de 103 -105 °C. Estas se encuentran en suspensión, coloidales y disueltos.

Los sólidos sedimentables representan el material y lodo a remover durante la sedimentación primaria, estos lodos se van asentando dentro de un cono imhoff, durante un lapso de tiempo de una hora; se expresan en ml/lit/hora.

Para la remoción de los sólidos disueltos se necesita de la oxidación biológica, coagulación y sedimentación. La diferencia entre sólidos totales para una muestra filtrada y no filtrada lo constituyen los sólidos suspendidos no disueltos.

Los sólidos volátiles representan la fracción orgánica de los sólidos, los cuales se volatilizan a temperaturas de  $550 \pm 50$  °C. Los residuos de calcinación se conocen como sólidos fijos y constituyen la porción inorgánica o mineral de los sólidos.



Los sólidos contenidos en aguas residuales se oxidan consumiendo el oxígeno disuelto en el agua, sedimentan al fondo de los cuerpos receptores donde modifican el hábitat natural y afectan la biota acuática.

- Olores.

En relación al punto anterior, es necesario analizar el impacto del olor, referido a las aguas residuales. El agua residual reciente tiene un olor característico desagradable, mientras que el agua residual séptica posee un olor muy ofensivo debido a la generación de sulfuro de hidrogeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos en condiciones anaerobias. Otros compuestos como indol y mercaptanos formados bajo condiciones anaerobias también producen olores ofensivos. Los olores de las aguas residuales constituyen una de las principales objeciones ambientales, y su control en plantas de tratamiento es muy importante.

- Temperatura.

La temperatura del agua residual suele ser más cálida que el agua de abastecimiento, debido principalmente a la incorporación de aguas calientes provenientes de las casas e industrias.

La temperatura es un parámetro muy importante en las plantas de tratamiento de aguas residuales por su efecto sobre las operaciones y procesos de tratamiento ya que modifica la concentración del oxígeno disuelto y las velocidades de las reacciones químicas y de la actividad bacterial. Así también la temperatura del agua residual puede alterar la vida acuática de un cuerpo de agua receptor.

La temperatura óptima para la actividad bacterial es de 25°C a 35°C. La digestión aeróbica y la nitrificación se suspenden cuando la temperatura alcanza los 50°C. Cuando la temperatura es menor de 15°C la digestión metanogénicas es muy lenta, y a temperatura de

5°C la bacteria autotrófica nitrificante deja de operar. (Jairo Romero, Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño).

La densidad, viscosidad y tensión superficial disminuyen al aumentar la temperatura, o al contrario cuando esta disminuye, estos cambios modifican la velocidad de sedimentación de partículas en suspensión y la transparencia de oxígeno en procesos biológicos de tratamiento.

- Turbiedad

Es una medida óptica del material suspendido en el agua. Las aguas residuales crudas son en general turbias; en aguas residuales tratadas puede ser un factor importante de control de operación, ya que la turbidez refleja la calidad del efluente en relación al material residual en suspensión coloidal.

### ***2.1.7. Tratamiento De Aguas Residuales En El Perú.***

#### ***A. Diagnostico situacional de los sistemas de tratamiento de agua residuales en el Perú.***

Los organismos de supervisión y fiscalización “SUNASS” de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS), mantienen una serie de las plantas actuales de tratamiento de aguas residuales, conociendo su estado de mantenimiento y operación así como la calidad de servicio prestado.

De acuerdo a esa información se conoce los principales problemas en el servicio de tratamiento de aguas residuales en las EPS, las cuales son:

- a) la falta de tratamiento
- b) la poca experiencia en cuanto a la operación y manejo de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

Siendo las causas principales a este problema:

- Principales causas:

Falta de información y desarrollo tecnológico en el Perú.

Falta de recursos para el tratamiento de aguas residuales.

- Principales consecuencias:

Baja calidad de servicio en las PTAR.

Baja cantidad de aguas tratadas.

### ***2.1.8. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.***

Las principales etapas, según “Wastewater Engineering: Treatment, Disposal Reuse” (Metcalf & Eddy, 1995), son:

#### ***A. Pre-tratamiento***

Durante este proceso se busca minimizar los problemas en los procesos físicos o biológicos causados por las partículas sólidas. Es decir, se busca descomponer la cantidad de material y tamaño razonable a cantidades mínimas así mismo se pretende separar los elementos no orgánicos en este proceso se busca reducir la carga solididad para que pase al tratamiento primario y esta pueda trabajarse con mayor eficacia, dentro de estos procedimientos se tiene:

#### ***B. Desbaste***

Durante este procedimiento se busca separar las partículas de tamaño considerables mediante el empleo de rejillas, el tamaño de las partículas es elegido según el tratamiento posterior a dársele (FONAM, 2010).

Se tiene los siguientes tamaños

- Desbaste fino: en la rejilla la separación libre entre barrotes es de 10 – 25 mm.
- Desbaste grueso: en la rejilla la separación libre entre barrotes es de 50 – 100 mm.

Los espesores mínimos en los barrotes serán:

- Reja de gruesos: espesor mínimo entre 12 – 25 mm.
- Reja de finos: espesor mínimo entre 6 – 12 mm.

Se debe considerar que estas rejillas tienen características especiales como la limpieza manual o automática de acuerdo a su uso.

### *C. Tamizado*

Se conoce como tamizado al procedimiento de separación de partículas de acuerdo al tamaño de las mismas (FONAM, 2010).

- Macro tamizado. - este tipo de tamizado se ejecuta sobre el enrejado metálico o chapa metálica con paso superior a 0.2 mm.
- Micro tamizado.- para este tamizado se usa tela metálica o plástica de malla inferior a 100 micras. Con el propósito de eliminar el material en suspensión de tamaño pequeño.

### *D. Desarenador*

La principal función de los desarenadores es separar partículas superiores a 200 micras. Se aplica este procedimiento para evitar que las partículas pequeñas o sedimentos penetren en las bombas y equipos (FONAM, 2010).

### *E. Desengrasador*

La función del desengrasador es la de eliminar materiales flotantes, aceites y grasas del agua, el desaceitado en el agua es un sub proceso consistente en separar los elementos líquidos, por otra parte, el desengrasador separa los elementos sólidos líquido.

En ambos procesos se eliminan materiales por la insuflación de aire, des emulsionando las grasas y mejorando la flotabilidad.

Estos procesos se desarrollan en los decantadores primarios, siempre y cuando estos estén provistos de rasquetas superficiales de barrido. En esto depende mucho la cantidad y

el volumen de las partículas a ser eliminadas debido a que los mismos en grandes cantidades podrían generar ineficiencias en el proceso en grandes cantidades.

En el caso se pretenda unir el desaceitado con el desengrasador en un mismo compartimento, es indispensable tener una zona de tranquilización, donde tanto en la zona en la zona del fondo como en la zona superficial se permita evacuar los residuos que no tienen que ver con el proceso a desarrollarse (FONAM, 2010).

### ***2.1.9. Tratamiento Primario.***

Una vez realizado el retiro de las partículas de mayores tamaños, prosigue el tratamiento primario, mediante este tratamiento se pretende remover los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables para disminuir la carga que se tratara biológicamente en el proceso posterior (FONAM, 2010):

#### ***A. Sedimentación.***

La sedimentación depende de los pesos específicos de los sólidos, debido a que estos determinan su comportamiento, considerando que algunos solidos tienen el peso específico mayor al del agua sedimentada, estos entonces pasarán a sedimentarse.

#### ***B. Coagulación y floculación.***

Este procedimiento de coagulación y floculación tiene el objetivo de remover las partículas solididad en suspensión y las coloidales. No se logra diferenciar sus funciones correctamente debido a que estos procesos actúan casi simultáneamente. Para el procedimiento de la coagulación se procede mediante la desestabilización de la floculación y la suspensión coloidal generándose cambios en el transporte de sólidos, de esta manera se evita que las partículas se junten.

Se conoce como proceso reactivo químico a la coagulación la cual se controla su comportamiento de PH. (Metcalf y Eddy, 1995).

Se conoce como proceso de separación de líquido líquido sólido de partículas en suspensión que están en las aguas residuales a la floculación. Este procedimiento es aplicado para la remoción de sólidos de baja densidad, grasas y aceites. Se trabaja con compresor de aire, la válvula reductora de presión y el tanque de presión para de esta forma lograr flotabilidad en los sólidos de manera artificial generada por los equipos antes mencionados (FONAM, 2010).

La velocidad, el tiempo y el Ph son factores que afectan en gran manera en los procesos de coagulación y floculación. Mediante el empleo de estos factores se consigue que las partículas en el agua tratada sufran cambios de desintegración o aglomeración (FONAM, 2010).

Seguidamente de describiré el procedimiento de tratamiento primario donde se encuentra las unidades primarias.

Tanque Imhoff. La función de este tanque tiene como objetivo la remoción de los sólidos tanto inorgánico como orgánicos sedimentables, reduciendo de esta manera el material que pasara por el tratamiento biológico o secundario.

La remoción de sólidos suspendidos en las unidades de sedimentación están a cargo de los tanques Imhoff. Dentro de estos tanques, se encuentra el digester de lodos en la parte inferior del mismo. Es importante mencionar que estos son llamados tanques de doble cámara.

El tanque Imhoff tiene una operatividad simple sin estar sujeta al empleo de partes mecánicas es importante mencionar que antes que el material pase este tenga que pasar por tratamientos como el cribado.

La forma del tanque Imhoff es rectangular cuyo componente principal del mismo es una cámara de digestión de lodos, una cámara de sedimentación, además del área de ventilación y acumulación de natas (FONAM, 2010).

El procedimiento en las cámaras es la siguiente se remueven los sedimentos además que los mismos se resbalan por las paredes inclinadas al ingresar las aguas residuales en la cámara de sedimentación. Seguido a este procedimiento el material pasa por la ranura de traslape la cual ingresa en la cámara de digestión. El material suspendido es desviado por el traslape a la cámara de natas “área de ventilación”. Es importante mencionar que estos tanques no requieren mantenimiento debido a que los mismos no cuenta con tales mecanismos pero si se debe considerar tener un cronograma de cuidado y protección frente a los lodos y espumas (Metcalf y Eddy, 1995).

Es de suma importancia tener entendimiento de los procedimientos llevados a cabo en el digester de lodos. Debido a que estos están en dependencia de la climatología y el volumen residual. Se debe tener énfasis en el tema relacionado a la climatología debido a que los lodos son susceptibles a generar malos olores putrefacción y cambios de temperatura brusco (FONAM, 2010 / Metcalf & Eddy, 1995).

Es importante mencionar que durante el tratamiento primario es posible el empleo de tanques de flotación, sedimentación estos por separados. Para el tanque de sedimentación este tiene como función la acumulación de material en la base mediante gravedad. Para el mantenimiento del tanque de sedimentación este se realiza mediante un equipo de bombeo, el cual es especificado mediante un previo diseño para no dañar los mecanismos del tanque. Por otra parte en la cámara de flotación se remueve el material suspendido mediante el empleo del aire como agente de flotación (Metcalf y Eddy, 1995).

#### ***2.1.10. Tratamiento secundario.***

En un proceso aerobio la materia orgánica biodegradable, es un nutriente originando condiciones controladas y oxígeno. Se manifestaran bacterias durante el proceso para disminuir los contaminantes además de que será oxidada la materia orgánica (Metcalf y Eddy, 1995).

El RNE menciona que para un tratamiento secundario este debe incluir procesos biológicos con una eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) soluble mayor a 80% (RNE, 2006).

Para el tratamiento secundario es necesario contar por ejemplo para el crecimiento bacteriano, con diferentes parámetros tales como son el ph (6.5-8.0), salinidad (menor a 3000 ppm), temperatura (30°-40°), oxígeno disuelto (1-2 mg/l). Las sustancias tóxicas tales como son el Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), y otros más se deben tomar en cuenta como sustancias que actúan de forma inhibitoria. En esta etapa se debe evitar el ingreso de grasas aceites, los mismos que deben ser removidos en desengrasadores previos (FONAM, 2010).

En el libro *Ingeniería de aguas residuales* de Metcalf & Eddy (1995), son procesos biológicos al proceso de activación de lodos, lagunas aireadas, filtros percoladores, tanques de estabilización y biodiscos. Estos serán descritos a continuación:

#### A. *Lagunas aireadas.*

Se conoce como laguna aireada a los depósitos donde se trata el agua residual a manera de flujo continuo sin recirculación de los sólidos. Las lagunas aireadas como como función mediante la utilización de aireadores superficiales o difusores sumergidos convertir la materia orgánica. Estos difusores sumergidos o aireadores superficiales mantienen en suspensión el contenido del depósito, esto después de un tiempo de retención en un lapso de 3 a 6 días. Luego de esto es necesario el empleo de un tanque decantador para eliminar material orgánico por gravedad.

Es importante tener en consideración que para el diseño de la laguna aireada se debe eliminar el DBO, además de considerar la demanda de oxígeno, las características del



efluente, el efecto de temperatura, la demanda energética para el mezclado y la separación de sólidos (Metcalf & Eddy, 1995).

### *B. Lagunas de estabilización.*

Las lagunas de estabilización o lagunas de oxidación son cantidades elevadas de agua en un tanque excavado donde se puede clasificar de acuerdo a su actividad biológica en anaeróbicas, aeróbicas.

La aplicación de las lagunas de estabilización trae desventajas como, la entrega de su efluente debido a que se deberá entregar el material tratado cuando las algas y nutrientes puedan ser asimilados por el receptor (RNE, 2006).

El principal motivo de contaminación de ambiente y el daño al ecosistema es durante la toma de muestras del efluente la misma que es compatibilizada con el receptor.

### *C. Lodos activados.*

El proceso de Lodos activados proviene de la producción de una masa activada de microorganismos los cuales son capaces de estabilizar residuos a través de la vía aeróbica, siendo desarrollando este proceso en 1914 por Ardem y Lockett en Inglaterra (Metcalf y Eddy, 1995).

El funcionamiento del sistema de lodos activados parte con la instalación de material que pueda generar bacterias aerobias. Para lograr el ambiente necesario se suele utilizar difusores o sopladores o difusores mecánicos los cuales generan aire. Las aguas servidas ingresantes generaran la suspensión de material, por medio de la decantación y del uso de bombas que generen dicha suspensión. Seguidamente este material suspendido comenzara a oxigenarse para ser degradada y así darse el proceso de floculación para decantarse finalmente. Para que la biomasa que se sedimenta pueda ser reutilizada.

Los principales encargados de degradar la materia orgánica en el agua residual que ingresa al tratamiento de lodos activados son las bacterias. Estas bacterias facultativas y aerobias utilizan la materia orgánica para generar energía, este proceso se produce en el reactor aireado, para así poder sintetizar la materia orgánica como masa biológica.

Para poder utilizar el proceso de lodos activados se requiere de una gran cantidad de energía en su operacionalidad, sin embargo es muy utilizado en el mundo por su funcionamiento óptimo y ya que se puede llegar a reutilizar el lodo. Sus prácticas en algunos países no fueron exitosas debido a que no se le brinda un buen mantenimiento (Arthrobacter del Bajío S.A. de C.V., 2005).

#### *D. Biodiscos.*

El proceso de biodiscos o reactores biológicos rotativos de contacto, está compuesto por una serie de discos de poliestireno o cloruro de polivinilo, de forma circular ubicado por encima del eje, para realizar un tratamiento biológico aerobio (Metcalf & Eddy, 1995).

La operación de este sistemas se basa en lograr el contacto directo de materia orgánica con la atmosfera, ya que al entrar en contacto esta materia será inducida a la transferencia de oxígeno, y así mantendrá a la biomasa en condiciones aerobias satisfactorias, esta dependerá de la posición de los discos sumergidos y de la cantidad de giros que dé, logrando que la película biológica crezca (Metcalf & Eddy, 1995).

La eliminación de la materia solida serán realizados por esfuerzos cortantes generadas por las rotaciones, estos biodiscos pueden ser empleados para el proceso de nitrificación y des nitrificación, a parte del tratamiento secundario (Metcalf & Eddy, 1995).

#### *E. Filtros percoladores.*

Según Metcalf & Eddy (1995), La primera operación del filtro percolador ocurrió en Inglaterra en 1893.

Este proceso se dio origen debido al uso de estanques impermeables, los cuales eran adicionados con piedra machacada, para verter encima las aguas residuales, consiguiendo el contacto de los sólidos con el ambiente durante un lapso de tiempo. Se culminaba dejando drenar y así dar inicio nuevamente a este proceso. Se estimó la duración en 12 horas, de las cuales 6 horas eran empleadas para que el material tenga contacto con la atmosfera (Metcalf y Eddy, 1995).

Los microorganismos se quedan adheridos y se percola el agua residual, este proceso se da dentro del filtro percolador. Este medio o filtro es utilizado con piedra, también puede ser compuesto por materiales plásticos (Metcalf y Eddy, 1995).

Para poder reutilizar el agua tratada se da el proceso de sedimentación y separación de algunos materiales solidos que no pudieron ser sedimentados, seguidamente se da la separación de solidos logrando una película biológica la cual será usada para minimizar la carga biológica y así reducir el lodo (Metcalf y Eddy, 1995).

#### ***2.1.11. Tratamiento terciario.***

Se utilizara el tratamiento terciario para poder cumplir con los estándares necesarios para poder reutilizar el agua, evitando contaminar el cuerpo receptor, según sea el caso. Se vieron casos donde el agua proveniente del tratamiento secundario suele pasar con algunos microorganismos patógenos, o con presencia de malos olores, así como el color turbio y otras características que no son buenas a simple vista, con lo cual no sería posible reutilizar esta agua es por eso que se recomienda realizar un tratamiento secundario para que las comunidades que reutilizaran tengan la seguridad de que es apto para el consumo. Dentro del tratamiento terciario se pueden utilizar los métodos de cloración, humedales artificiales de flujo subsuperficial o distintos métodos que garanticen la purificación del

agua, estos procesos deben cumplir con la eliminación de microorganismos que no pudieron ser eliminados en el tratamiento secundario (Metcalf & Eddy, 1995).

### **2.1.12. Norma Técnica I.S. 020 Tanques Sépticos.**

#### **A. Diseño De Tanques Sépticos.**

##### **- Generalidades.**

- a) El tanque séptico es una estructura de separación de sólidos que acondiciona las aguas residuales para su buena infiltración y estabilización en los sistemas de percolación que necesariamente se instalan a continuación.
- b) Los tanques sépticos solo se permitirán en las zonas rurales o urbanas en las que no existen redes de alcantarillado, o ésta se encuentren tan alejadas, como para justificar su instalación.
- c) En las edificaciones en las que se proyectan tanques sépticos y sistemas de zanjas de percolación, pozos de absorción o similares, requerirán, como requisito primordial y básico, suficiente área para asegurar el normal funcionamiento de los tanques durante varios años, sin crear problemas de salud pública, a juicio de las autoridades sanitarias correspondientes.
- d) No se permitirá la descarga directa de aguas residuales a un sistema de absorción
- e) El afluente de los tanques sépticos deberá sustentar el dimensionamiento del sistema de absorción de sus efluentes, en base a la presentación de los resultados del test de percolación (RNE, 2006).

##### **- Tiempo De Retención.**

El RNE (2006) indica que, el período de retención hidráulico en los tanques sépticos será estimado mediante la siguiente fórmula:

$$PR = 1.5 - 0.3 * \text{Log} (P*q)$$

Donde:

PR = Tiempo promedio de retención hidráulica, en días

P = Población servida

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

El tiempo mínimo de retención hidráulico será de 6 horas.

##### **- Volumen Del Tanque Séptico.**

El volumen requerido para la sedimentación  $V_s$ . en  $m^3$  se calcula mediante la fórmula:

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

Se debe considerar un volumen de digestión y almacenamiento de lodos ( $V_d$ , en  $m^3$ ) basado en un requerimiento anual de 70 litros por persona que se calculará mediante la fórmula:

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

Donde,

N: Es el intervalo deseado; en años, entre operaciones sucesivas de remoción de lodos.

El tiempo mínimo de remoción de lodos es de 1 año.

- Dimensiones.

Profundidad máxima de espuma sumergida ( $H_e$ , en m)

Se debe considerar un volumen de almacenamiento de natas y espumas, la profundidad máxima de espuma sumergida ( $H_e$ , en m) en él es una función del área superficial del tanque séptico ( $A$ , en  $m^2$ ), y se calcula mediante la ecuación.

$$H_e = 0.7/A$$

Dónde:

$A$ : área superficial del tanque séptico, en  $m^2$

Debe existir una profundidad mínima aceptable de la zona de sedimentación que se denomina profundidad de espacio libre ( $H_s$ , en m) y comprende la superficie libre de espuma sumergida y la profundidad libre de lodos.

La profundidad libre de espuma sumergida es la distancia entre la superficie inferior de la capa de espuma y el nivel inferior de la Tee o cortina del dispositivo de salida del tanque séptico ( $H_{es}$ ) y debe tener un valor mínimo de 0,1 m.

La profundidad libre de lodo es la distancia entre la parte superior de la capa de lodo y el nivel inferior de la Tee o cortina del dispositivo de salida, su valor ( $H_o$ , en m) se relaciona al área superficial del tanque séptico y se calcula mediante la fórmula:

$$H_o = 0.82 - 0.26 * A$$

Dónde:

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

La profundidad de espacio libre ( $H_l$ ) debe seleccionarse comparando la profundidad del espacio libre mínimo total calculado como ( $0,1 + H_o$ ) con la profundidad mínima requerida para la sedimentación ( $H_s$ ), se elige la mayor profundidad.

$$H_s = V_s/A$$

La profundidad total efectiva es la suma de la profundidad de digestión y almacenamiento de lodos ( $H_d = V_d/A$ ), la profundidad del espacio libre ( $H_l$ ) y la profundidad máxima de las espumas sumergidas ( $H_e$ ). La profundidad total efectiva:  $H_d + H_l + H_e$

En todo tanque séptico habrá una cámara de aire de por lo menos 0,3 m de altura libre entre el nivel superior de las natas espumas y la parte inferior de la losa de techo.

Cuando en la aplicación de las fórmulas de diseño se obtenga un volumen menor a  $3m^3$ , la capacidad total mínima se considera en  $3 m^3$ .

Para mejorar la calidad de los efluentes, los tanques sépticos, podrán subdividirse en 2 o más cámaras. No obstante se podrán aceptar tanques de una sola cámara cuando la capacidad total del tanque séptico no sea superior a los  $5 m^3$ .

Ningún tanque séptico se diseñará para un caudal superior a los  $20 m^3/día$ . Cuando el volumen de líquidos a tratar en un día sea superior a los  $20 m^3$  se

buscará otra solución. No se permitirá para estas condiciones el uso de tanques sépticos en paralelo.

Cuando el tanque séptico tenga 2 o más cámaras, la primera tendrá una capacidad de por lo menos 50% de la capacidad útil total.

La relación entre el largo y el ancho del tanque séptico será como mínimo de 2:1 (RNE, 2006).

- Materiales.

Para los tanques sépticos pequeños, el fondo se construye por lo general de concreto no reforzado, lo bastante grueso para soportar la presión ascendente cuando el tanque séptico está vacío. Si las condiciones del suelo son desfavorables o si el tanque es de gran tamaño, puede ser necesario reforzar el fondo. Las paredes son, por lo común, de ladrillo o bloques de concreto y deben enlucirse en el interior con mortero para impermeabilizarlas. (RNE, 2006)

- Accesos.

Se considerará en todo tanque séptico losas removibles de limpieza y registros de inspección. Es importante mencionar que las losas removibles deberán estar colocadas principalmente sobre los dispositivos de entrada y salida (RNE, 2006).

- Dispositivos de Entrada y Salida del Agua

a) será de 100 mm (4") El diámetro de las tuberías de salida y entrada en los tanques sépticos

b) La cota de entrada estará a 0,05 m por encima de la cota de salida, esto con el propósito de evitar represamientos.

c) se constituirá por tees o cortinas los dispositivos de entrada y salida

d) El nivel de fondo de las bocas de salida y entrada de las Tees, estarán a -0,3 m y - 0,4 m correlativamente, relacionado al nivel de las natas y espumas así mismo al nivel de fondo del dispositivo de salida.

e) estarán con relación al nivel de natas y espumas de por lo menos 0.20m con la parte superior de los dispositivos de entrada y salida (RNE, 2006).

- Tabique divisorio o Muro.

Se deberá prever pases cortos o aberturas sobre el nivel de la espuma o lodo cuando el tanque cuente con más de una cámara. Los pases o ranuras deben ser como mínimo dos para mantener el repartimiento uniforme de la corriente en todo el tanque séptico (RNE, 2006).

- Ventilación del tanque.

En el caso exista una tubería de ventilación en su superior extremo de una vivienda o edificación, los gases saldrán mediante este dispositivo del tanque séptico. En el caso no exista este sistema de ventilación se proveerá una tubería desde el tanque que este protegida con malla (RNE, 2006).

- Fondo del tanque séptico.

La pendiente en el fondo de los tanques sépticos será de 2% orientada hacia el punto de ingreso de los líquidos. Si el terreno lo permite se colocara tuberías para el drenaje de lodos, esta estará ubicada en la sección más profunda del tanque séptico. Esta estará provista de una válvula de limpieza (RNE, 2006).

- Operación Y Mantenimiento Del Tanque Séptico.

a) Para una adecuada operación del sistema, se recomienda no mezclar las aguas de lluvia con las aguas residuales; así mismo, se evitara el uso de químicos para limpieza del tanque séptico y el vertimiento de aceites. Los tanques sépticos deben ser inspeccionados al menos una vez por año ya que esta es la única manera de determinar cuándo se requiere una operación de mantenimiento y limpieza. Dicha inspección deberá limitarse a medir la profundidad de los lodos y de la nata. Los lodos se extraerán cuando los sólidos llegan a la mitad o a las dos terceras partes de la distancia total entre el nivel del líquido y el fondo.

b) La limpieza se efectúa bombeando el contenido del tanque a un camión cisterna. Si no se dispone de un camión cisterna aspirador, los lodos deben sacarse manualmente con cubos. Es este un trabajo desagradable, que pone en peligro la salud de los que lo realizan.

c) Cuando la topografía del terreno lo permita se puede colocar una tubería de drenaje de lodos, que se colocara en la parte más profunda del tanque (zona de ingreso). La tubería estará provista de una válvula. En este caso, es recomendable que la evacuación de lodos se realice hacia un lecho de secado.

d) Cuando se extrae los lodos de un tanque séptico, este no debe lavarse completamente ni desinfectarse. Se debe dejar en el tanque séptico una pequeña cantidad de fango para asegurar que le proceso de digestión continúe con rapidez.

e) Los lodos retirados de los tanques sépticos se podrá transportar hacia las plantas de tratamiento de aguas residuales, En zonas donde no exista fácil acceso a las plantas de tratamiento o estas no existan en lugares cercanos, se debe disponer de lodos en trincheras y una vez secos proceder a enterrarlos o usarlos como mejorador de suelo. Las zonas de enterramiento deben estar alejadas de las viviendas (por lo menos 500 metros de la vivienda más cercana) (RNE, 2006).

### **2.1.13. Norma OS.090, Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.**

#### **A. Disposiciones generales.**

- Objeto del tratamiento.

El objetivo del tratamiento de las aguas residuales es mejorar su calidad para cumplir con las normas de calidad del cuerpo receptor o las normas de reutilización.

El objetivo del tratamiento de lodos es mejorar su calidad para su disposición final o su aprovechamiento (RNE, 2006).

- Orientación básica para el diseño

El requisito fundamental antes de proceder al diseño preliminar o definitivo de una planta de tratamiento de aguas residuales, es haber realizado el estudio del cuerpo receptor. El estudio del cuerpo receptor deberá tener en cuenta las condiciones más desfavorables. El grado de tratamiento se determinará de acuerdo con las normas de calidad del cuerpo receptor.

En el caso de aprovechamiento de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, el grado de tratamiento se determinará de conformidad con los requisitos de calidad para cada tipo de aprovechamiento de acuerdo a la norma. Una vez determinado el grado de tratamiento requerido, el diseño debe efectuarse de acuerdo con las siguientes etapas:

Estudio de factibilidad, el mismo que tiene los siguientes componentes:

- Caracterización de aguas residuales domésticas e industriales;
- Información básica.
- Determinación de los caudales actuales y futuros;
- Aportes per cápita actual y futura;
- Selección de los procesos de tratamiento;
- Pre dimensionamiento de alternativas de tratamiento;
- Evaluación de impacto ambiental y de vulnerabilidad ante desastres;
- Factibilidad técnico económica de las alternativas y selección de la más favorable.

Diseño definitivo de la planta que comprende

- Estudios adicionales de caracterización que sean requeridos;
- Estudios geológicos, geotécnicos y topográficos al detalle;
- Estudios de tratabilidad de las aguas residuales, con el uso de plantas a escala de laboratorio o piloto, cuando el caso lo amerite;
- Dimensionamiento de los procesos de tratamiento de la planta;
- Diseño hidráulico sanitario;
- Diseño estructural, mecánicos, eléctricos y arquitectónicos;
- Planos y memoria técnica del proyecto;
- Presupuesto referencial y fórmula de reajuste de precios;
- Especificaciones técnicas para la construcción y
- Manual de operación y mantenimiento.

Según el tamaño e importancia de la instalación que se va a diseñar, se podrán combinar las dos etapas de diseño mencionadas, previa autorización de la autoridad competente.

Toda planta de tratamiento deberá contar con cerco perimétrico y medidas de seguridad.

De acuerdo al tamaño e importancia del sistema de tratamiento, deberá considerarse infraestructura complementaria: casetas de vigilancia, almacén, laboratorio, vivienda del operador y otras instalaciones que señale el organismo competente. Estas instalaciones serán obligatorias para aquellos sistemas de tratamiento diseñados para una población igual o mayor de 25000 habitantes y otras de menor tamaño que el organismo competente considere de importancia (RNE, 2006).

- Normas para los estudios de factibilidad



Los estudios de factibilidad técnico económica son obligatorios para todas las ciudades con sistema de alcantarillado.

Para la caracterización de aguas residuales domésticas se realizará, para cada descarga importante, cinco campañas de medición y muestreo horario de 24 horas de duración y se determinará el caudal y temperatura en el campo. Las campañas deben efectuarse en días diferentes de la semana. A partir del muestreo horario se conformarán muestras compuestas; todas las muestras deberán ser preservadas de acuerdo a los métodos estándares para análisis de aguas residuales. En las muestras compuestas se determinará como mínimo los siguientes parámetros:

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) 5 días y 20°C
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Coliformes fecales y totales
- Parásitos (principalmente nematodos intestinales)
- Sólidos totales y en suspensión incluido el componente volátil
- Nitrógeno amoniacal y orgánico
- Sólidos sedimentables.

Se efectuará el análisis estadístico de los datos generados y si son representativos, se procederá a ampliar las campañas de caracterización.

Para la determinación de caudales de las descargas se efectuarán como mínimo cinco campañas adicionales de medición horaria durante las 24 horas del día y en días que se consideren representativos. Con esos datos se procederá a determinar los caudales promedio y máximo horario representativos de cada descarga. Los caudales se relacionarán con la población contribuyente actual de cada descarga para determinar los correspondientes aportes per cápita de agua residual. En caso de existir descargas industriales dentro del sistema de alcantarillado, se calcularán los caudales domésticos e industriales por separado. De ser posible se efectuarán mediciones para determinar la cantidad de agua de infiltración al sistema de alcantarillado y el aporte de conexiones ilícitas de drenaje pluvial. En sistemas de alcantarillado de tipo combinado deberá estudiarse el aporte pluvial.

En caso de sistemas nuevos se determinará el caudal medio de diseño tomando como base la población servida, las dotaciones de agua para consumo humano y los factores de contribución contenidos en la norma de redes de alcantarillado, considerándose además los caudales de infiltración y aportes industriales.

Para comunidades sin sistema de alcantarillado, la determinación de las características debe efectuarse calculando la masa de los parámetros más importantes, a partir de los aportes per cápita según se indica en la Figura 3.

<b>APORTES PER CÁPITA PARA AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS</b>	
<b>PARÁMETROS</b>	
- DBO 5 días, 20°C, g / (hab.d)	50
- Sólidos en suspensión, g / (hab.d)	90
- NH <sub>3</sub> - N como N, g / (hab.d)	8
- N Kjeldahl total como N, g / (hab.d)	12
- Fósforo total, g/(hab.d)	3
- Coliformes fecales. N° de bacterias / (hab.d)	2x10 <sup>11</sup>
- Salmonella Sp., N° de bacterias / (hab.d)	1x10 <sup>8</sup>
- Nematodos intes., N° de huevos / (hab.d)	4x10 <sup>5</sup>

**Figura 3:** Aportes per cápita para aguas residuales domésticas

Fuente: OS.090 (2006)

En las comunidades en donde se haya realizado muestreo, se relacionará la masa de contaminantes de DBO, sólidos en suspensión y nutrientes, coliformes y parásitos con las poblaciones contribuyentes, para determinar el aporte per cápita de los parámetros indicados. El aporte per cápita doméstica e industrial se calculará por separado.

En ciudades con tanques sépticos se evaluará el volumen y masa de los diferentes parámetros del lodo de tanques sépticos que pueda ser descargado a la planta de tratamiento de aguas residuales. Esta carga adicional será tomada en cuenta para el diseño de los procesos de la siguiente forma:

- Para sistemas de lagunas de estabilización y zanjas de oxidación, la descarga será aceptada a la entrada de la planta.
- Para otros tipos de plantas con tratamiento de lodos, la descarga será aceptada a la entrada del proceso de digestión o en los lechos de secado.

Con la información recolectada se determinarán las bases del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Se considerará un horizonte de diseño (período de diseño) entre 20 y 30 años, el mismo que será debidamente justificado ante el organismo competente.

Las bases de diseño consisten en determinar para condiciones actuales, futuras (final del período de diseño) e intermedias (cada cinco años) los valores de los siguientes parámetros.

- Población total y servida por el sistema;
- Caudales medios de origen doméstico, industrial y de infiltración al sistema de alcantarillado y drenaje pluvial;
- Caudales máximo y mínimo horarios;
- Aporte per cápita de aguas residuales domésticas;
- Aporte per cápita de DBO, nitrógeno y sólidos en suspensión;
- Masa de descarga de contaminantes, tales como: DBO, nitrógeno y sólidos;
- Concentraciones de contaminantes como: DBO, DQO, sólidos en suspensión y coliformes en el agua residual.

El caudal medio de diseño se determinará sumando el caudal promedio de aguas residuales domésticas, más el caudal de efluentes industriales admitidos al sistema de alcantarillado y el caudal medio de infiltración. El caudal de aguas pluviales no será considerado para este caso. Los caudales en exceso provocados por el drenaje pluvial serán desviados antes del ingreso a la planta de tratamiento mediante estructuras de alivio.

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.

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.

Para la selección de los procesos de tratamiento de las aguas residuales se usará como guía los valores de la figura 4.

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	1-4

**Figura 4:** Proceso de Tratamiento

Fuente: OS.090 (2006)

(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, período de retención y forma de las lagunas.

Una vez seleccionados los procesos de tratamiento para las aguas residuales y lodos, se procederá al dimensionamiento de alternativas. En esta etapa se determinará el número de unidades de los procesos que se van a construir en las diferentes fases de implementación y otros componentes de la planta de tratamiento, como: tuberías, canales de interconexión, edificaciones para operación y control, arreglos exteriores, etc. Asimismo, se determinarán los rubros de operación y mantenimiento, como consumo de energía y personal necesario para las diferentes fases.

En el estudio de factibilidad técnico económica se analizarán las diferentes alternativas en relación con el tipo de tecnología: requerimientos del terreno, equipos, energía, necesidad de personal especializado para la operación, confiabilidad en operaciones de mantenimiento correctivo y situaciones de emergencia. Se analizarán las condiciones en las que se admitirá el tratamiento de las aguas residuales industriales. Para el análisis económico se determinarán

los costos directos, indirectos y de operación y mantenimiento de las alternativas, de acuerdo con un método de comparación apropiado.

Se determinarán los mayores costos del tratamiento de efluentes industriales admitidos y los mecanismos para cubrir estos costos.

En caso de ser requerido, se determinará en forma aproximada el impacto del tratamiento sobre las tarifas. Con esta información se procederá a la selección de la alternativa más favorable.

Los estudios de factibilidad deberán estar acompañados de evaluaciones de los impactos ambientales y de vulnerabilidad ante desastres de cada una de las alternativas, así como las medidas de mitigación correspondientes.

#### ***2.1.14. Humedales Artificiales Para El Tratamiento De Aguas Residuales.***

##### ***A. Humedales artificiales.***

Este sistema de tratamiento está conformado por plantas acuáticas, los cuales serán sembrados por el hombre, y serán construidos con poca profundidad, produciéndose los procesos naturales para tratar el agua residual. Las ventajas que presentan la construcción de wetlands a comparación de los sistemas alternativos comunes, será que no se requiere energía para operar el wetland, siendo suficiente el terreno y la tierra donde será construido este wetland.

##### ***B. Funciones de los humedales artificiales.***

Los distintos hábitats serán albergadas en las excavaciones abandonadas o las restauradas, las que fueron generadas por actividades humanas las que dieron origen a distintos humedales de interés para especies y vegetales (Hammer, D.A. & R.K. Bastian, 1989; Russell, R.C., 1999).

##### ***C. Proceso de remoción físico.***

La particularidad que tienen los wetlands es que su eficiencia de remoción es alta porque va asociada con el material particulado. El agua superficial será tratada lentamente por su paso por los wetlands, ya que su flujo es de tipo laminar por causa de las raíces de las plantas flotantes. La sedimentación se da por la baja velocidad que tiene el flujo, las esteras también funcionan como trampa para los sólidos suspendidos.

La re suspensión de los sedimentos pueden resultar en la exportación de sólidos suspendidos y puede reducir la eficiencia que tiene de remoción, esta eficiencia será proporcional con la velocidad que tenga el wetland, la sedimentación es considerada como un proceso irreversible, y causada por la acumulación de sólidos y contaminantes sobre la superficie del wetland

Algo de re suspensión podría ocurrir durante periodos de velocidad de flujo alta en el wetland,

La turbulencia del viento, o la bioturbación también conocida como perturbación por animales o humanos, así como el desprendimiento de gases pueden ocasionar la re suspensión. Los gases que se producen pueden ser debidos a la fotosíntesis del agua metano y dióxido de carbono, los que son producidos por distintos microorganismos durante el proceso de descomposición de la materia orgánica, que quedo sedimentada (Benefield, L.D. and C.W. Randall, 1980).

#### *D. Proceso de remoción biológico.*

Para la remoción de contaminantes en los wetlands el procedimiento más importante es la remoción biológica. Además que la captación de agua es usual en la remoción de contaminantes en los wetlands. Las plantas wetland toman fácilmente aquellos contaminantes que tienen forma de nutrientes para las plantas *nitrate*, *fosfato* y *amonio*. Cabe mencionar que muchas de las plantas de wetland captan en cantidades altas metales tóxicos *plomo* y *cadmio*. Además que las plantas durante la remoción del contaminante varía de acuerdo a su velocidad y está ligada a la concentración del contaminante en tejido de planta y la velocidad de crecimiento de la planta.

Los árboles y arbustos *plantas leñosas* son muy eficaces al brindar almacenamiento en comparación con otras plantas. Pero muy a menudo es muy alta en las plantas herbácea o

macrophytes, como el cattail la velocidad de captación del contaminante Otros herbáceos pueden ser las algas pero son susceptibles a los efectos de los metales pesados, las alas almacenan alimentos a corto plazo debido a su ciclo de rotación o corto ciclo de vida. Dentro del suelo también existen bacterias y otros microorganismos que pueden captar y almacenar nutrientes a corto plazo.

La formación de turba se dará en el wetland dependiendo de la velocidad de descomposición de la materia orgánica, ya que si esta es baja se dará la formación de turba. Por ello es que algunas plantas pueden atrapar algunos contaminantes captados como turba, esta se puede almacenar y acumular en grandes profundidades de los wetlands.

Los descompuestos microbianos, suelen usar el carbono (C) de la materia orgánica como su fuente de energía, a pesar que los microorganismos sean los que proporcionen una cantidad medible de contaminante almacenado en sus procesos metabólicos.

El mecanismo biológico que removerá una variedad de compuestos orgánicos, encontrados en aguas residuales de los municipios, provenientes del procesamiento de alimentos, de plaguicidas y otros productos, será proporcionado por los descompuestos microbianos. Las bacterias especializadas en transformar metabólicamente el nitrato en gas nitrógeno, lo realizan mediante un proceso al cual se le llama des nitrificación, la eficiencia y velocidad de la degradación orgánica de C será variable para distintos compuestos orgánicos (Benefield, L.D. and C.W. Randall, 1980).

#### *E. Proceso de remoción químico.*

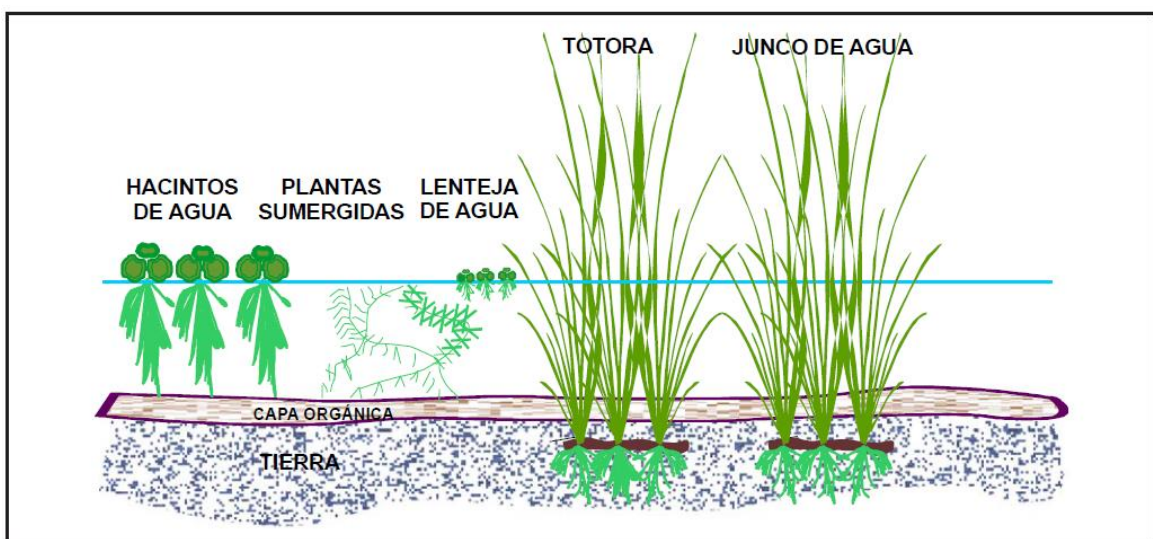
La absorción es considerado el proceso químico más importante de la remoción de, originando de esta forma la retención a corto plazo e inmovilización a largo plazo de las contaminantes.

Es conocido como la unión de iones a las partículas del suelo mediante el intercambio catiónico a la absorción química.

El intercambio catiónico es la unión física de los iones positivos cargados a las partículas de materia orgánica y arcilla en el suelo. En las aguas residuales existen componentes de aguas residuales y de escurrimiento dentro de los cuales están los cationes además de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y metales como cobre ( $\text{Cu}^{+2}$ ).

La capacidad de intercambio catiónico (CEC) conocido como capacidad de retención, incrementa generalmente con el aumento de contenido de la arcilla y de la materia orgánica. Se pueden movilizar en el suelo un número de metales y de compuestos orgánicos mediante la absorción química de las arcillas, y los óxidos de hierro (Fe) y aluminio (Al), y materia orgánica. Otra reacción importante de precipitación que ocurre en los suelos del wetland es la formación de sulfuros de metales.

Estos compuestos son insolubles por lo que son eficaces en la tarea de inmovilizar los metales tóxicos en wetlands. Otro mecanismo eficaz en la remoción del contaminante en los wetlands es la volatilización procedimiento que difumina un compuesto disuelto a la atmosfera desde el agua (Benefield, L.D. & C.W. Randall, 1980).



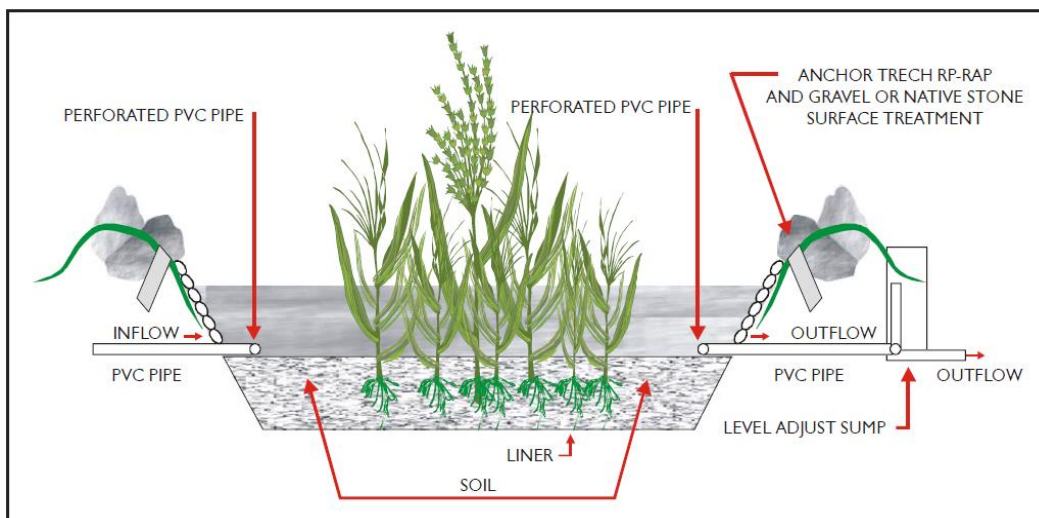
**Figura 5** Plantas acuáticas (adaptado de Tchobanoglous, G. Aquatic plant systems for wastewater treatment).

F. Tipos de humedales artificiales.

- Sistema de agua superficial libre (SASL).

El sistema de agua superficial libre consiste en el empleo de estanques o canales, dentro de los cuales existe una barrera subterránea para prevenir la filtración, suelo u otro medio conveniente, y agua en una profundidad relativamente baja (0,1 a 0,6 m) que atraviesa la unidad.

La velocidad baja del flujo, la profundidad baja del agua y la presencia de tallos de planta además de la basura regulan el flujo del agua. Son aplicadas en el agua residual pre tratada y el tratamiento inicia cuando el agua residual pasa a través de los tallos y la raíz de la vegetación (ver figura 6).



**Figura 6** Sistema de Agua Superficial libre (SASL).

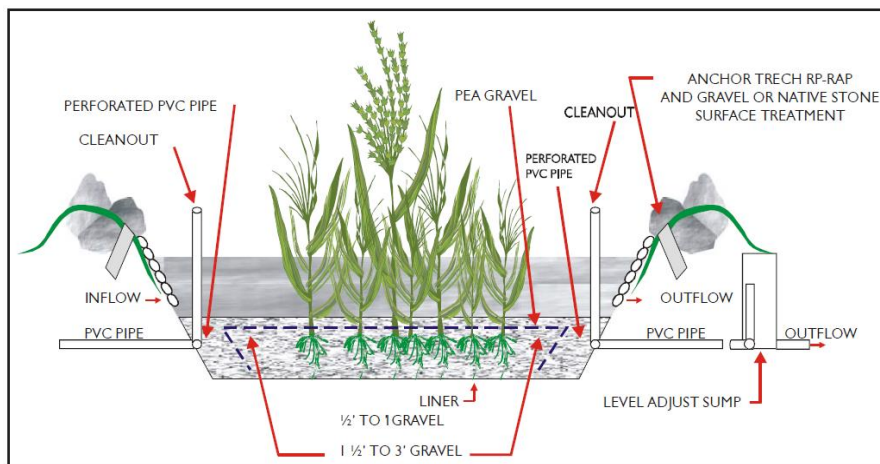
- Sistemas de flujo bajo la superficie (SFBS).

El sistema de flujo bajo la superficie es similar a los filtros horizontales por goteo en plantas de tratamiento convencional.

El sistema se caracteriza por el crecimiento de plantas que emergen de gravas o piedras o suelo usados como sustrato para el crecimiento del lecho en el fondo del canal. Este



sistema de flujo es diseñado para la obtención de tratamientos secundarios. Llamados zona de raíces como se puede observar en la imagen (Ver Fig. 7).



**Figura 7:** Sistemas de flujo bajo la superficie (SFBS).

- Plantas acuáticas en el tratamiento de aguas residuales

Se utiliza el sistema de plantas acuáticas flotantes o sumergidas en los estanques a poca profundidad. Este sistema requiere el empleo de jacinto de agua o lenteja de agua además de contener dos plantas dominantes dentro del sistema.

En la primera planta se emplean plantas flotantes y se distinguen por la habilidad de estas plantas por la necesidad de oxígeno de la atmósfera y derivar el dióxido de carbono.

La segunda planta consiste en la absorción de dióxido de carbono, minerales del agua por parte de las plantas sumergidas.

<p>Raíces y/o tallos en la columna de agua.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Superficies sobre la cual la bacteria crece.</li> <li>2. Medio de filtración y adsorción de sólidos.</li> </ol>
<p>Tallos y/o hojas sobre la superficie del agua.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Atenúan la luz del sol y así previenen el crecimiento de algas.</li> <li>2. Reducen los efectos del viento en el agua. Es decir, transferencia de gases entre la atmósfera y el agua.</li> <li>3. Importante en la transferencia de gases para y desde las partes sumergidas de la planta.</li> </ol>

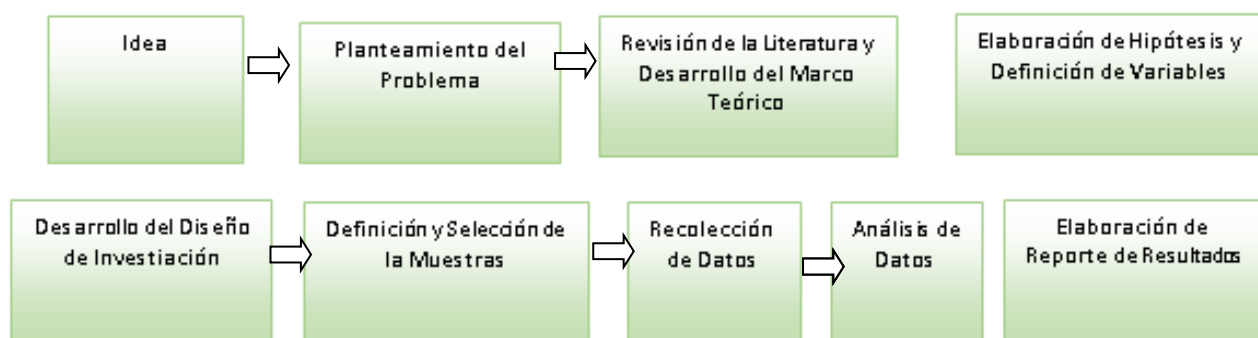
**Figura 8:** Funciones de las plantas en sistemas de tratamiento acuático

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Metodología de la Investigación

La metodología de investigación lleva un enfoque documental o teórica, la investigación pretende determinar el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales que permita reutilizar y evacuar el agua en zonas de topografía llana, utilizando resultados de DBO en humedales antes y después de su tratamiento, obtenidos de artículos científicos e investigaciones precedentes de humedales artificiales, este proceso se presenta en la siguiente figura 9.



**Figura 9:** Elaboración Propia

#### 3.2. Materiales

##### 3.2.1. Población.

La población está del presente estudio está conformada por zonas de viviendas de Urbanizaciones de la Periferie de la ciudad de Juliaca, destinados al uso residencial.

### **3.2.2. Muestra.**

La selección de la muestra está constituida por la Urbanización Santa Ana de la ciudad de Juliaca. La selección de la muestra se realizó porque la urbanización Santa Ana no cuenta con servicios de tratamiento de aguas residuales domésticas, siendo un problema de gran índole en la Urbanización Santa Ana, de la ciudad de Juliaca.

### **3.3. Hipótesis**

#### **3.3.1. Hipótesis General.**

Con diseños adecuados y tecnología de bajo costo, es posible recolectar y tratar aguas residuales residenciales, en zonas de topografía llana, como la Urbanización Santa Ana de la Ciudad de Juliaca.

#### **3.3.2. Hipótesis Específicas.**

- a. Es posible recolectar, aguas residenciales domésticas, proponiendo tecnología de bajo costo, en zonas de topografía llana.
- b. Es posible realizar el tratamiento de aguas residuales domésticas, proponiendo tecnología de bajo costo, en la urbanización Santa Ana.
- c. Es factible utilizar en el sistema de tratamiento de agua residual con humedales artificiales de flujo horizontal tipo Sub Superficial.

### **3.4. Memoria Descriptiva.**

#### **3.4.1. Características Generales.**

La Urbanización Santa Ana de la ciudad de Juliaca, se encuentra enmarcada dentro del área de expansión urbana de la ciudad de Juliaca, cuyos terrenos se encuentra ubicados en zonas periféricas de la ciudad.

Para la determinación de la población a servir o población de diseño, se han considerado un periodo de vida útil de 20 años, de forma de lograr una infraestructura sanitaria que sea

técnica y económica la más adecuada, que no sea insuficiente no sobre-dimensionada; es decir, previendo el futuro crecimiento demográfico y la expansión urbana.

La realización de las Obras consideradas en el proyecto, contribuirá el incremento de la población favorecida en estos servicios básicos y al mismo tiempo elevar el nivel de vida de las familias beneficiarias de la Urbanización Santa Ana.

### **3.4.2. Ubicación y Localización.**

Los terrenos de la urbanización estudiada, se encuentra ubicado en el lado Sur Oeste de la ciudad de Juliaca con referencia a la Plaza de Armas, entre las Urbanizaciones Cesar Vallejo, Selva Alegre y Los Geranios I y II Etapa, y al costado derecho de la carretera asfaltada Juliaca-Arequipa, en la provincia de San Román Departamento de Puno.

El área territorial abarcada por el estudio está delimitado:

Por el Norte : Urbanización Los Geranios II Etapa.

Por el Sur : Urbanización Selva Alegre.

Por el Este : Urbanización César Vallejo.

Por el Oeste : Urbanización San Julián.

### **3.4.3. Topografía y Tipo de Suelo.**

La topografía de la zona en la que está ubicada la localidad, es una zona llana y con pendientes que varían entre el 0.1% y el 0.3%.

La estructura del subsuelo, está conformada básicamente por estratos de espesor variable de limos, arenas, arenas gravosas, grava mal graduada, la cual facilita y economiza el proceso constructivo de las obras.

### **3.4.4. Clima.**

El clima de esta zona es el típico del altiplano es seco y frígido, se tienen temperaturas variables desde una temperatura máxima de 20 °C y -5 °C como mínimo. Se produce

congelamiento entre los meses de mayo y junio, las lluvias se presentan en los meses de noviembre hasta marzo. Fuente: Senhami

### **3.4.5. Aspectos Generales.**

#### **A. Aspectos Físicos.**

En lo que corresponde al aspecto Físico el área total del terreno se encuentra con edificaciones destinadas al uso de Viviendas y el crecimiento demográfico es muy acelerado.

La forma general de la Urbanización en referencia es Irregular.

**Tabla 1**  
*Cuadro de Áreas*

<b>DESCRIPCION</b>	<b>AREA (M2)</b>
Área Total	29,798.95
Área Útil	18,381.92
Área de Vías	8,150.85

*Fuente: Elaboración Propia (2018)*

#### **B. Aspectos Económicos y Sociales.**

En ésta etapa de Estudio Preliminar, para la medición del Impacto Económico y social se toma en cuenta dos aspectos que inciden sustancialmente en el costo económico de la población y el gobierno, como consecuencia de las precipitaciones pluviales y por ser este un barrio ubicado en una zona donde el crecimiento urbano está en mayor crecimiento.

Estos factores son:

**Primero: El transporte**, que influye sobre los costos de producción de bienes y servicios, teniendo en cuenta que el sistema de vías de la ciudad quedan totalmente deterioradas durante y después de las precipitaciones pluviales, suspendiendo el tránsito no sólo vehicular, sino también el tránsito peatonal.

**Segundo: La salud** de la población, cuyo deterioro también influye sobre los niveles de productividad de las distintas actividades económicas de la sociedad en su conjunto, además de los costos que significan su atención tanto en los centros hospitalarios públicos y la atención privada que se adquiere.

### *C. Diseño de Caudales.*

El criterio de diseño adoptado para la elaboración del presente proyecto, son los lineamientos básicos del Reglamento Nacional de Edificaciones y las recomendaciones, para la evacuación de las aguas servidas (Saneamiento Básico Rural).

### *3.4.6. Diseño de Sistema de Alcantarillado Condominial*

#### *A. Topografía.*

Para elaborar un proyecto de saneamiento es necesario realizar el levantamiento topográfico que nos permita determinar la ubicación de puntos en el terreno y su posterior representación en el plano. Para el desarrollo del proyecto se contó con información como: Plano de Ubicación y Plano de Manzaneo actualizado de la Urbanización Santa Ana.

En cuanto al Plano de Curvas de Nivel cada metro, se obtuvo realizando el levantamiento topográfico en el lugar donde se ubica el proyecto.

#### *B. Análisis del Estudio Topográfico.*

En base al reconocimiento del terreno realizado, y a la información obtenida, podemos determinar:

- El área del proyecto se desarrolla entre las cotas 3824.50 y 3825.50.
- El desagüe, se encuentra ubicada en la Urbanización Santa Ana dentro de la ciudad de Juliaca, perteneciente a la provincia de San Román, departamento de Puno.

- De acuerdo a las exploraciones realizadas, observaciones “in situ” y a los análisis efectuados; el suelo de cimentación está conformado por una grava limosa mal graduada.
- La morfología del terreno en toda el área de proyecto es llana, con una pendiente máxima de 0.3%.

### *C. Estudio de Suelos.*

El conocimiento de estas propiedades es importante ya que conlleva a un uso y correcta identificación y clasificación de los suelos, de modo que su descripción sea la adecuada.

- Características de los Suelos.

Las características físicas y mecánicas de los suelos es la parte fundamental del estudio de la Mecánica de Suelos, puesto que mediante una adecuada interpretación se puede predecir el comportamiento de los mismos.

El suelo es un material que presenta una configuración limo arenosa café claro con presencia de material orgánico en la parte superficial, seguidamente se tiene un suelo de conformación granular mal graduada con grava limosa, y en el fondo se tiene suelo de conformación granular mal graduado con grava, el nivel freático se presenta a una profundidad de 0.80m.

- Conclusiones del Estudio de Suelos.

Las muestras utilizadas para los ensayos anteriormente mencionados provienen de 2 calicatas: C-1. C-2, tomadas a 2.00 m. de profundidad; las cuales pertenecen a la zona motivo de estudio.

Después de las exploraciones realizadas, observaciones “in situ” y a los análisis efectuados, se observa que el suelo predominante está conformada por una capa de material limo arenosos contaminado con material orgánico (OL), y luego está conformada



por una capa de material granular mal graduada con grava limosa (GP – GM), después de esta profundidad se observa un estrato conformado por material granular mal graduado con grava (GM), hasta 2.00m de profundidad, luego se observa que continua el mismo estrato.

#### **3.4.7. Datos básicos de Diseño.**

En cualquier proyecto de agua potable y alcantarillado es necesario contar con la información que permita el diseño del sistema, constituyéndose esta información en datos básicos del diseño como son:

Población de Diseño.

Dotación de diseño.

Coefficientes de Variación de Consumo

Caudal de Diseño para el Sistema de Alcantarillado Condominial, los cuales son calculados a continuación.

#### **3.4.8. Parámetros de Diseño.**

El sistema condominial busca optimizar no solamente las características físicas y la forma de implementación del sistema de alcantarillado, sino también los criterios y parámetros de diseño. La selección de los parámetros de diseño impactará significativamente en los costos de inversión y operación, ya que ellos definirán el tamaño del sistema a ser construido.

##### **A. Periodo de Diseño.**

El periodo de diseño puede definirse como el tiempo para el cual el sistema es eficiente al 100% por su capacidad de conducción al gasto deseado, como por la resistencia física de las instalaciones. Es así que el período de diseño está condicionado a diferentes variaciones de los factores económicos, expectativas de crecimiento poblacional, calidad de los materiales a usar en el proyecto, etc.

Para proyectos de poblaciones o caudales, así como para proyectos de mejoramiento y/o ampliación de servicios en asentamientos existentes, el periodo de diseño será fijado por el proyectista utilizando un procedimiento que garantice los periodos óptimos para cada componente de los sistemas (OS.100, 2006).

### ***B. Población de Diseño***

La población futura según el RNE (OS.070), se deberá determinar a partir de proyecciones, utilizando la tasa de crecimiento por distritos y/o provincias establecida por el organismo que regula estos indicadores.

**Tabla 2**  
*Población de Juliaca*

JULIACA	
AÑO	POBLACIÓN
2000	194,251
2001	199,727
2002	205,278
2003	210,865
2004	216,457
2005	222,013
2006	227,481
2007	232,883
2008	238,271
2009	243,710
2010	249,269
2011	254,947
2012	260,696
2013	266,523
2014	272,436
2015	278,444

*FUENTE: INEI (2015)*

Siendo la tasa de crecimiento promedio 2.28%

Para el cálculo de la población futura se va a utilizar el método racional, utilizando la fórmula de crecimiento aritmético:

$$Pf=Pa(1+r*r/100)$$

Donde:

Pf: Población Futura

Pa: Población Actual

r: Tasa de Crecimiento

t: Tiempo en años

Teniendo los siguientes valores

Población Actual (Pa) = 476 habitantes

Periodo de Diseño (t) = 20 años

Población Futura (Pf)=476 hab.  $(1+2.28/100)$

Población Futura (Pf) = 693 habitantes

Se utilizará una población de diseño de **693 habitantes.**

### ***C. Determinación de la Dotación.***

El volumen de desagües que se va recolectar depende intrínsecamente del consumo de agua en el área del proyecto, el primer parámetro que debemos definir para el diseño es el consumo “per cápita” de agua de la población (dotación) que se va atender

El RNE (OS.100) estipula que la dotación promedio anual por habitante, se considerará una dotación de 180l/hab/día, en clima frío y de 220 l/hab/día en cilima templado y cálido.

La Dotación de agua adoptada para este proyecto es de 180 lt./hab./día.

### ***D. Coeficientes de Variación de Consumo***

#### ***- Gasto Máximo Diario***

Se define al día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año, de acuerdo a las variaciones de todo un año se puede determinar el día más crítico que nuevamente tendría que ser satisfecho por el sistema de agua potable. Este

valor relacionado con el consumo promedio permite obtener el coeficiente de variación diaria (K1).

- *Coeficiente de Variación Diaria K1*

Según el R.N.E., de no existir datos locales comprobados a través de Investigaciones, pueden ser adoptados los siguientes Valores  $K1 = 1.3$

- *Coeficiente de Variación Diaria K2*

Según el R.N.E. estipula K2 entre 1.8 y 2.5

Para el diseño se optará un valor de  $K2 = 1.8$ .

- *Caudal de Diseño para el Sistema de Alcantarillado Condominial*

El caudal de diseño para el abastecimiento de agua potable está dado por el consumo de agua diario requerido por la población, el cual es amplificado con los coeficientes de variación antes mencionados.

Precisamente de este gasto se toma el 80% considerando que va al sistema de alcantarillado – Caudal de Diseño de Alcantarillado.

El caudal de diseño de alcantarillado se determinará para el inicio y fin del proyecto, utilizando las ecuaciones indicadas en la Tabla 3.

**Tabla 3**  
*Cálculo de Caudales*

ALCANTARILLADO	CAUDALES	
	INICIO DE PROYECTO (1)	FINAL DE PROYECTO (2)
Promedio diario	$Q_{Pa} = (Pa \times D)/86400$	$Q_{Pf} = (Pf \times D)/86400$
Máximo horario	$Q_{mha} = K2 \times Q_{pa}$	$Q_{mhf} = K2 \times Q_{pf}$
Caudal de Diseño	$Q_{Da} = C \times Q_{mha}$	$Q_{DF} = C \times Q_{mhf}$

*Fuente: Elaboración Propia (2018)*

Dónde:

$Q_{mha}$ : Caudal máximo horario actual (l/s)

$Q_{mhf}$ : Caudal máximo horario futuro (l/s)

$C$  : Coeficiente de retorno

$Q_{DA}$ : Caudal de Diseño actual (l/s)

$Q_{DF}$ : Caudal de Diseño futuro (l/s)

El Diseño del Sistema se realizó con la expresión del “caudal máximo horario futuro”.

Entonces para la zona del proyecto (Urbanización Santa Ana) tendremos 2 caudales de diseño:

Caudal de Diseño Actual ( $Q_{DA}$ )

Caudal de Diseño Futuro ( $Q_{DF}$ )

Caudal de Diseño Futuro ( $Q_{DF}$ )

Se calculó el caudal de diseño futuro partiendo de los siguientes cálculos.

a) Cálculo del Caudal Diario Total ( $Q_{dt}$ )

Datos:

Población futura o de diseño = 693 habitantes

Dotación Inicial = 180 lts./hab./día

$Q_{dt}$  = dotación x Población

$Q_{dt}$  = 693 hab. x 180 l/hab/día

$Q_{dt}$  = 124,750.08l/día

b) Cálculo de Caudal Promedio Diario Futuro ( $Q_{pf}$ )

$Q_{pf}$  =  $Q_{dt} / 86400$

$Q_{pf}$  = 124,750 l/día./86400

$Q_{pf}$  = 1.44 l/s

c) Cálculo De Caudal Máximo Diario Futuro ( $Q_{mdf}$ )

$Q_{mdf}$  =  $k1 * Q_{pf}$

$Q_{mdf}$  = 1.3 \* 1.44 l/s

$$Q_{\text{mdf}} = 1.88 \text{ l/s}$$

d) Cálculo de Caudal Máximo Horario Futuro ( $Q_{\text{mhf}}$ )

$$Q_{\text{mhf}} = K2 * Q_{\text{pf}}; Q_{\text{mhf}} = 1.8 * 1.44 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{mhf}} = 2.60 \text{ l/s}$$

e) Cálculo del Caudal de Diseño Final ( $Q_{\text{DF}}$ )

$$Q_{\text{Df}} = Q_{\text{mhf}} * C$$

$$C = 0.80 \text{ (Coeficiente de Retorno)}$$

$$Q_{\text{Df}} = 2.60 \text{ l/s} * 0.80$$

$$Q_{\text{Df}} = 2.08 \text{ l/s}$$

Con este caudal se realizó el dimensionamiento de las tuberías de la red de alcantarillado condominial.

### ***3.4.9. Diseño de Planta de Tratamiento de Agua Residual***

#### ***A. Composición de la Contaminación de las Aguas Residuales.***

Las aguas residuales urbanas, tienen una composición típica como se muestra en la siguiente figura 10.

Reporte de Resultados de Monitoreo de Efluentes de PTAR					
I. Resultados del Monitoreo					
Fecha del monitoreo:	30 de Octubre 2017				
Nombre de la PTAR:	PTAR DE LA EPS. SEDA JULIACA S.A.				
Parámetro	Tipo de muestra	Resultado del análisis		LMP	Eficiencia PTAR
		Afluente	Efluente		
pH, unidad	-	7.4	7.4	6,5 - 8,5	-
Temperatura, °C	-	16.8	17.2	<35	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno, mg/L 1)	simple	275	127	100	54%
Demanda Química de Oxígeno, mg/L 1)	simple	800	392	200	61%
Sólidos Totales en Suspensión, mg/L	simple	500	44	150	91%
Aceites y Grasas, mg/L	simple	22	24	20	-9%
Coliformes Termotolerantes NMP/100mL	simple	3.30E+07	3.30E+07	10,000	0.000%

**Figura 10:** Componentes Aguas Residuales Juliaca (2017)

*Características de Afluente.*

Para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se utilizarán los valores de la contaminación fuerte, de la composición de la Contaminación de las Aguas Residuales, mostrados en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Características del afluente*

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR
Aceites y Grasas	Mg/l	22
Coliformes Tolerantes	NMP/100 ml	3.30 E107
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Mg/l	275
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Mg/l	800
pH	Unidad de pH	7.4
Solidos Totales en Suspensión (SS)	Mg/l	500
Temperatura	°C	16.8

*Fuente: Seda Juliaca S.A. (2017)*

### 3.4.10. Resultados a Obtener.

#### A. Características del agua tratada.

El agua depurada, será analizada a la salida de cada etapa de tratamiento de la PTAR, y tendrá que cumplir con las siguientes características.

Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, la reutilización de las aguas, pertenece a la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1: Riego de vegetales, Agua para riego no restringido, y su efluente será:

**Tabla 5**

*Características del efluente*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>VALOR</b>
Aceites y Grasas	Mg/l	5
Coliformes Tolerantes	NMP/100 ml	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Mg/l	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Mg/l	40
pH	Unidad de pH	6.5 – 8.5
Solidos Totales en Suspensión (SS)	MI/l	150
Temperatura	°C	<35

*Fuente: ECA (2017)*

#### B. Descripción del Sistema.

Es un sistema descentralizado, integrado y sostenible, empleando como Tratamiento Preliminar 01 canal de rejillas, 01 desarenador, 01 medidor de caudal Parshall, 01 desengrasador, como Tratamiento Primario 02 tanques sépticos, como Tratamiento Secundario Humedales Artificiales.

Las aguas negras provenientes de los condominios, inician el tratamiento al pasar por la cámara de rejillas, donde se quedará todo los sólidos suspendidos gruesos.

Seguidamente el efluente de la cámara de rejillas pasará al desarenador, donde continúa la remoción de las arenas, gravas y demás materiales granulares, para pasar al desengrasador o trampa de grasas, donde el efluente de la trampa de grasas, el cual tiene como objetivo



principal la remoción de los sólidos suspendidos (SS), grasas y natas, continuará el tratamiento hacia el tanque séptico.

Seguidamente, el efluente del desengrasador pasa al tanque séptico, aumentando la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y Sólidos Totales (SST).

Finalmente, el efluente del tanque séptico pasará al tratamiento secundario, el cual será el humedal artificial con totora, en donde se culminara el tratamiento del agua residual, para finalizar se almacenará el agua residual en el reservorio rectangular para su vertido al área recreacional.

### 3.4.11. Tratamiento Preliminar.

#### A. Cálculo del Sistema de Rejillas de Desbaste

- Parámetros de Diseño.

**Tabla 6**

*Criterios de diseño de las rejillas de desbaste*

<b>Parámetros de Diseño</b>	<b>Valor o Rango</b>
Velocidad mínima de paso (Vp)	0.6 m/s
Grado de colmatación (G)	30%
Separación entre las barras (L)	40 mm
Espesor de las barras (b)	10 mm
Ancho del canal (Bc)	0.40m

*Fuente: Lozano – Rivas, (2012)*

a) Cálculo del Área Útil (Au).

Según Lozano (2012), para el cálculo del área útil se usará la siguiente formula

$$Au = Bc \times L / L + b \times (1 - G / 100)$$

$$Au = 0.40 \times 0.04 / (0.04 + 0.01) \times (1 - 30 / 100)$$

$$Au = 0.3190 \text{ m}^2$$

b) Cálculo del número de barrotes a utilizar

Segun Lozano (2012), para el cálculo de barrotes se utilizará la siguiente expresión:

$$N = (Bc - L) / (b + L)$$

$$N = (0.40 - 0.04) / (0.01 + 0.04)$$

$$N = 7.2$$

Según los cálculos realizados, como resultado se utilizarán 7 barros de 10 mm espaciados a 40 mm.

- Condiciones de Diseño de Desarenador.

**Tabla 7**

*Criterios de diseño del Desarenador*

<b>Parámetro de Diseño</b>	<b>Valor o Rango</b>
Velocidad Horizontal (Vh)	0.30 m/s
Diámetro de Partícula (d)	0.15 mm
Velocidad de Sedimentación (Vs)	40 m/h
Ancho (A)	0.40 m

*Fuente: Metcalf y Eddy (1995)*

- Cálculo de las Condiciones Hidráulicas.

- a) Tirante de Agua

$$H = Q / V_h * \text{Ancho}$$

Dónde:

Q : Caudal

Vh: Velocidad Horizontal

$$H = 0.50 \text{ m}$$

- b) Cálculo de Longitud de Desarenador

$$L = V_h * H / v_s$$

Dónde:

Vh: Velocidad Horizontal

Vs: Velocidad de Sedimentación

H: Tirante de Agua

$$L = 5.00 \text{ m}$$

- c) Finalmente Tenemos las siguientes dimensiones

$$L= 5.00 \text{ m}$$

$$B= 0.40 \text{ m}$$

$$H= 0.50\text{m}$$

### B. Diseño Hidráulico Desengrasador

- Condiciones de Diseño de Desengrasador

#### Tabla 8

*Criterios de Diseño Desengrasador*

Parámetro de Diseño	Valor o Rango
Tiempo de Retención ( $\Theta$ )	30 min
altura (h)	1.25 m

*Fuente: Elaboración Propia (2018)*

- Cálculo de las Condiciones Hidráulicas

- a) El Volumen del Tanque Será

En la fórmula

$$V=\Theta*Q$$

$$V=1.86 \text{ m}^3$$

- b) El Área Superficial del Tanque Será

$$A_s=V/H$$

$$A_s=1.49 \text{ m}^2$$

- c) Las Dimensiones del Tanque Serán

$$B=(A_s/5)^{0.5}$$

$$B=0.545\text{m}$$

$$L=5*B$$

$$L=2.725 \text{ m}$$

- d) Finalmente las dimensiones de la sección serán

$$B=0.55 \text{ m}$$

$$L= 3.50 \text{ m}$$

$$H= 1.60 \text{ m}$$

### 3.4.12. Tratamiento Primario

#### A. Diseño Tanque Séptico

##### - Parámetros de Diseño

Se diseñaran 02 tanques sépticos para el abastecer el tratamiento primario, según las CEPIS/05.163, Capítulo II Diseño de tanque séptico. Numeral 3.2 Desventajas, los tanques sépticos son de uso limitado para un máximo de 350 habitantes.

**Tabla 9**

*Criterios de diseño tanque séptico*

<b>Parámetro de Diseño</b>	<b>Valor o Rango</b>
Población de Diseño Total	693 hab.
Población de Diseño para tanque Séptico (P)	347 hab.
Caudal de Aguas Residuales (Q)	49.90 m <sup>3</sup> /día
Caudal de Aporte Unitario de Aguas Residuales por Habitante (Qa)	144 l/ha./día
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	275 mg/l
Sólidos Totales en Suspensión (SST)	500 mg/l

*Fuente: Elaboración Propia (2018)*

##### - Dimensionamiento del Tanque Séptico

###### a) Periodo de Retención (PR)

Según la norma IS.020, El período de retención hidráulico en los tanques sépticos será estimado mediante la siguiente fórmula:  $PR=1.5-0.5 \times \log (PxQa)$

$$PR=1.5-0.5 \times \log (347 \text{ hab.} \times 144 \text{ l/hab./día})$$

$$PR=0.09 \text{ días} = 2.18 \text{ horas}$$

Según la IS.020 (2006) El tiempo mínimo de retención hidráulico será de 6 horas (p. 5),

Debido a que el PR calculado es menor que el mínimo se optará por diseñar con un:

$$PR=6 \text{ horas} = 0.25 \text{ días}$$

b) Cálculo del Volumen de Sedimentación (Vs)

Según las CEPIS/05.163 El Volumen de Sedimentación será:

$$V_s = Q \text{ (m}^3/\text{d)} \times \text{PR (d)}$$

Dónde:

Q : Caudal de Aguas Residuales (m<sup>3</sup>/día)

PR : Periodo de Retención (días)

$$V_s = 49.90 \text{ m}^3/\text{día} \times 0.25 \text{ días}$$

$$V_s = 12.48 \text{ m}^3$$

c) Periodo de Limpieza (PL)

Según la norma IS.020 (2006), El tiempo mínimo de remoción de lodos es de 1 año.

Se asumirá el periodo de limpieza de:

$$\text{PL} = 1 \text{ año.}$$

d) Cálculo del Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (Vd)

Según las CEPIS/05.163 El Volumen de Sedimentación será:

$$V_d = 70 \times P \times \text{PL} \times 10^{-3}$$

$$V_d = 70 \times 347 \times 1 \times 10^{-3}$$

$$V_d = 24.26 \text{ m}^3$$

e) Volumen Total

$$V_T = V_s + V_d$$

$$V_T = 12.48 \text{ m}^3 + 24.26 \text{ m}^3$$

$$V_T = 36.72 \text{ m}^3$$

f) Profundidad del tanque séptico

Según las CEPIS/05.163 La profundidad neta no deberá ser menor a 0,75 m.

Según la norma IS.020 (2006), En todo tanque séptico habrá una cámara de aire de por lo menos 0,3 m de altura libre entre el nivel superior de las natas espumas y la parte inferior de la losa de techo.

Se optará por una profundidad total de 2.30 m para el cálculo de las demás dimensiones.

g) Se usará 02 cámaras, la primera 2/3 del área total y la segunda 1/3

Relación Ancho Largo = 1/3

Área Superficial = 18.37 m<sup>2</sup>

Ancho será =  $((1/3) \times 18.37)^{0.5} = 2.47$  m

Se asumirá un ancho de 2.50 m

Largo será  $3 \times 2.50 = 7.50$  m

h) Cálculo de la Remoción para DBO, DQO, SST, con la ecuación de la

$$R = t / (a + b \cdot t)$$

Dónde:

R: porcentaje de remoción esperado (%)

a, b: constantes empíricas.

t : tiempo nominal de remoción (h)

**Tabla 10**  
*Constantes Empíricas*

Variable	a	b
DBO	0.0180	0.020
SST	0.0075	0.014

*Fuente: Crites y Tchobanoglous. (2000)*

R (DBO)=43.48%

R (SST)=65.57%

Ya que la remoción de DBO es de 43.48%, entonces el DBO de Salida será:

DBO salida = 155.43 mg/l

Ya que la remoción de SST es de 65.57%, entonces el SST de Salida será:

SST salida = 172.13 mg/l

### 3.4.13. Tratamiento Secundario.

A. Diseño de Humedal Artificial de Flujo Horizontal Modelo REED y RAS 2000.

- Datos de Diseño.

**Tabla 11**

*Criterios de Diseño Humedal Artificial*

Parámetros de Diseño	Valor
Caudal (Q)	124.75 m <sup>3</sup> /d
Concentración de DBO en el Afluente (Co)	155.43mg/l
Concentración de DBO en el Efluente (Ce)	15 mg/l
Concentración de SST en el Afluente (Co)	172.13 mg/l

Fuente: *Elaboración Propia (2018)*

- Diseño Hidráulico y Modelo para Remoción de DBO

a) Cálculo del Kt. Según RAS 2000

$$K_t = k_{20} (1.06)^{(T-20)}$$

$$K_t = 1.84 * 1.06^{(16-20)}$$

$$K_t = 0.87 \text{ d}^{-1}$$

b) Área Superficial del Humedal (As)

Se supone la porosidad del medio n=0.42 de la figura 11 escogiendo como material de lecho arena media, con altura promedio de 0.80 m.

Tipo de Medio	Tamaño del grano, mm	Porosidad (η)	Conductividad Hidráulica (K <sub>s</sub> ), m/d	K <sub>20</sub>
Arena Media	1	0,42	420	1,84
Arena Gruesa	2	0,39	480	1,35
Gravilla Arenosa	8	0,35	500	0,86

**Figura 11:** Características del Medio para Sistemas de Flujo Sub superficial

Fuente: RAS (2000)

$$h = 0.80 \text{ m}$$

$$n = 0.42$$

$$A_s = Q * \ln (C_o / C_e) / (K_t (h) (n))$$

$$A_s = 594.60 \text{ m}^2$$

c) Área Transversal ( $A_t$ )

Para el cálculo del área transversal de humedal ( $A_t$ ), se supone una pendiente de lecho ( $S$ ) del 1% y un valor para la conductividad hidráulica ( $K_s$ ) de 420 m/d.

$$A_t = Q / (K_t * S)$$

$$A_t = Q / (420 \text{ m/d} * 0.01)$$

$$A_t = 29.70 \text{ m}^2$$

d) Cálculo del Ancho del Humedal ( $a$ )

Según Ras 2000 se utilizará la siguiente fórmula

$$a = A_t / h$$

$$a = 29.70 \text{ m}^2 / 0.80 \text{ m}$$

$$a = 37.00 \text{ m}$$

e) Cálculo del Largo del Humedal ( $l$ )

Según Ras 2000 se utilizará la siguiente fórmula

$$l = A_s / a$$

$$l = 594.60 \text{ m}^2 / 37 \text{ m}$$

$$l = 16 \text{ m}$$

Entonces las dimensiones del Humedal Artificial serán:

Ancho = 37.00 m

Largo = 16.00 m



- Selección de la Especie Vegetal

Condiciones del lecho*	Penetración de las raíces (cm)	Calidad del efluente (mg/l)		
		DBO	SST	NH <sub>3</sub>
<i>Scirpus</i>	76	5,3	3,7	1,5
<i>Phragmites</i>	>60	22,3	7,9	5,4
<i>Typha</i>	30	30,4	5,5	17,7
Sin vegetación	0	36,4	5,6	22,1

\*Q=3,04 m<sup>3</sup>/d, TRH=6 d, dimensiones del lecho, L=18,5 m, W=3,5 m, y=0,76 m, el agua es agua residual primaria, DBO=118 mg/l, SST=57 mg/l, NH<sub>3</sub>=25 mg/l

**Figura 12:** Comparación del rendimiento de los humedales de Santee, (California, EEUU.) con y sin vegetación

Fuente: Lara Borrero (1999)

De la tabla se puede ver que el rendimiento de la remoción de DBO, y nitrógeno amoniacal está directamente relacionado con la profundidad de penetración que tienen las raíces.

Nombre común	Nombre científico	Distribución	Temperatura en °C		Máxima salinidad	Rango de pH efectivo
			Deseable	Germinación de la semilla	Tolerancia ppmil	
Totora	<i>Typha</i> spp.	En todo el mundo.	10 - 30	12 - 24	30	4 - 10
Caña común	<i>Phragmites communis</i>		12 - 23	10 - 30	45	2 - 8
Junco	<i>Juncus</i> spp		16 - 26		20	5 - 7.5
Junco	<i>Scirpus</i>		18 - 27		20	4 - 9
Carrizo	<i>Carex</i> spp		14 - 32			5 - 7.5

\*Partes por mil.

**Figura 13:** Plantas Acuáticas emergentes Utilizadas en tratamiento de aguas residuales

Fuente: Redd, SC. (1995)

Se utilizará la Totora (*typha* spp.) como planta para el humedal ya que la temperatura para su germinación oscila entre 10°y30°, y la penetración de raíces es de 30 cm

- Modelo de Remoción de Sólidos Totales

Según Reed, la Remoción de SST será

$$C_e = C_o (0.1085 + 0.0014 * CH)$$

Dónde:

Ce: Concentración de DBO, N, P y SST en el efluente (mg/l)

Co: Concentración de DBO, N, P y SST en el afluente (mg/l)

CH: carga Hidráulica (cmd)

La Concentración de SST en el efluente será:

$$C_e = 172.13 (0.1085 + 0.0014 * 4.2)$$

$$C_e = 19.69 \text{ mg/l}$$

- Modelo de Remoción de Nitrógeno

a) Nitrificación

Tipo de planta	Penetración de las raíces (cm)	Oxígeno disponible	
		(g/m <sup>3</sup> *d) <sup>†</sup>	(g/m <sup>2</sup> *d) <sup>††</sup>
<i>Scirpus</i>	76	7,5	5,7
<i>Phragmites</i>	60	8,0	4,8
<i>Typha</i>	30	7,0	2,1
Promedio		7,5	

\* Profundidad total del lecho de grava 0,76 m

† Oxígeno disponible por unidad de volumen contado en la zona de las raíces.

†† Oxígeno disponible por unidad de área superficial de lecho de 0,76 m de profundidad.

**Figura 14:** Oxígeno disponible por vegetación emergente de un humedal

Fuente: Lara Borrero (1999)

Según Reed (, la ecuación para el cálculo de la constante de nitrificación será:

$$K_{NH} = 0.01854 + 0.3922(rz)^{2.6077}$$

Donde:

K<sub>NH</sub>: Constante de nitrificación (d<sup>-1</sup>)

rz: Porcentaje de la profundidad del lecho del Humedal ocupado por la zona de las raíces, como fracción decimal (0 a 1)

Lara Borrero (1999), indica que el valor de  $K_{NH}$  es 0.04007 con una zona de raíces totalmente desarrollada y 0.01854 si el lecho no tiene vegetación. Estos valores son concordantes con los resultados observados en muchos humedales SFS evaluados por la EPA.

$$K_{NH} (50\% rz) = 0.01854 + 0.3922 (0.5)^{2.6077} = 0.0828 \text{ d}^{-1}$$

$$K_{NH} (100\% rz) = 0.01854 + 0.3922 (1.0)^{2.6077} = 0.4107 \text{ d}^{-1}$$

$$\text{Nitratos del humedal} = (25 \text{ mg/l} - 3 \text{ mg/l}) = 22 \text{ mg/l}$$

$$\text{Nitratos en el efluente } C_e = (22) \exp(-(1)(9.7)) < 0.01 \text{ mg/l}$$

Determinación del nitrógeno total del efluente

$$NT = 3 + 0.1 = 3.01 \text{ mg/l}$$

- *Determinación de la concentración de nitratos en el efluente.*

$$rz = 50\% \quad C_e = (22) \exp[-1 * 25.6] < 0.01 \text{ mg/l}$$

$$rz = 100\% \quad C_e = (22) \exp[-1 * 5.2] < 0.13 \text{ mg/l}$$

Determinación del nitrógeno total en el efluente del humedal.

$$rz = 50\% \quad NT = 3 + 0.01 = 3.01 \text{ mg/l} \quad \text{Ok}$$

$$rz = 100\% \quad NT = 3 + 0.13 = 3.13 \text{ mg/l} > 3 \text{ mg/l} \quad \text{No recomendable}$$

Se usará una profundidad de 50%.

- *Modelo de Remoción de Fósforo*

Basándose en el análisis de los datos de la North American Data Base, Kadlec ha propuesto una constante de primer orden igual a 10 m/año para estimar la remoción de fósforo en un sistema de humedales artificiales. Los 10 m/año son equivalentes a un promedio diario de 2.74 cm/d que es lo que se usa en la siguiente ecuación:

$$\frac{C_e}{C_o} = \exp\left(\frac{-K_p}{CH}\right)$$

Donde:

C<sub>e</sub>: Concentración de fósforo en el efluente, mg/l

C<sub>o</sub>: Concentración de fósforo en el afluente, mg/l

K<sub>p</sub>: 2.74 cm/d

CH: Carga hidráulica promedio anual, cm/d

$$A_s = \frac{(b)(Q)\ln(C_o / C_e)}{K_p}$$

Donde:

As: Área superficial del humedal, m<sup>2</sup>

b: factor de conversión (100 cm/m)

Q: Caudal promedio del humedal.

Se tiene un área superficial calculado de 594.6 m<sup>2</sup>, entonces se calculará el tiempo

*Determinación de la ccarga hidráulica para la eliminación del fósforo.*

$$CH=100*124.75/594.60$$

$$CH= 20.98\text{cm/d}$$

*Determinación de la concentración de fósforo en el efluente*

$$C_e=12*\exp(-2.74/20.98)=10.58 \text{ mg/l.}$$

### 3.4.14. Tratamiento Complementario

#### A. Diseño de Digestor de Lodos

**Tabla 12**

*Criterios de diseño de digestor de lodos*

<b>Parámetros de Diseño</b>	<b>Valor</b>
Población de diseño (P)	693 hab.
Tasa de Acumulación de Lodos (TA)	50 l/hab./año
Intervalo entre Operaciones Sucesivas (N)	0.21 años
Profundidad de Digestor (H)	0.50 m

*Fuente: Elaboración Propia (2018)*

- Cálculo de Las Condiciones Hidráulicas

a) Cálculo del Volumen del Digestor

Según la norma Ras 2000, se utilizará la siguiente fórmula para el cálculo del volumen del digestor

$$V_d = T \times P \times N; V_d = 50 \times 619 \times 0.21 / 1000$$

$$V_d = 6.50 \text{ m}^3$$

b) Cálculo de Área Superficial

Según la norma Ras 2000, se utilizará la siguiente fórmula para el cálculo del área superficial

$$A_s = V_d / h; A_s = 6.50 \text{ m}^3 / 0.50 \text{ m}$$

$$A_s = 13.00 \text{ m}^2$$

c) Cálculo de base de Digestor

Según la norma Ras 2000, se utilizará la siguiente fórmula para el cálculo de la base del digestor

$$A_s = 2.5b^2; 13 \text{ m}^2 = 2.5 * b^2; b = 2.28 \text{ m}$$

$$\text{Asumimos } b = 2.50 \text{ m}$$

d) Cálculo de Largo del Digestor

Según el Ras 2000, se utilizará la siguiente fórmula para el cálculo del largo del digestor

$$L = 2.5b; L = 2.5 * 2.50 \text{ m}$$

$$L = 6.25 \text{ m}$$

B. Diseño de Losa de Compostaje

**Tabla 13**

*Criterios de diseño de losa de compostaje*

<b>Parámetros de Diseño</b>	<b>Valor</b>
Volumen de Tratamiento (Vt)	6.50 m <sup>3</sup>
Intervalo entre Operaciones Sucesivas (n)	5
Tiempo de Retención	15 días
Profundidad de la Losa (h)	0.20 m

*Fuente: Elaboración Propia (2018)*

- Cálculo de las Condiciones Hidráulicas

a) Volumen a Tratar

$$V_t = V/n; V_t = 6.50 \text{ m}^3 / 5$$

$$V_t = 1.30 \text{ m}^3$$

b) Cálculo del Área Superficial

$$A_s = V_t/h; A_s = 1.30 \text{ m}^3 / 0.20 \text{ m}$$

$$A_s = 6.50 \text{ m}^2$$

c) Cálculo de la Base

$$A_s = 2.5b^2; 6.50 \text{ m}^2 = 2.5 * b^2$$

$$b = 1.61 \text{ m}$$

$$\text{Asumimos } b = 2.00 \text{ m}$$

d) Cálculo de la Longitud

$$L = 2.5b; L = 2.5 * 2.00 \text{ m}$$

$$L = 5.00 \text{ m}$$

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Sistema de Alcantarillado Condominial

- Los ramales condominiales se ubican en la acera, descargando las aguas residuales de un grupo de manzanas o lotes a un buzón de la red principal, evitando que se distribuya como una malla en todas las calles.
- Los ramales condominiales constan de 1885.53m de longitud, con tuberías de PVC de 4", ubicados bajo la acera, y reciben la descarga de 148 viviendas.
- La red principal alcanza una longitud de 328.50 m, y está diseñada con tubería de 6" de diámetro
- La red principal cumple con el criterio de tracción tractiva, que establece una pendiente mínima necesaria que genere una tensión suficiente como para arrastrar el material depositado en su fondo siendo esta mayor o igual a  $PA=0.10 \text{ kg/m}^2$ .
- Los ramales constan de 115 buzonetas, y la red principal consta de 06 buzones.
- El presupuesto total del sistema de alcantarillado condominial está valorizado en S/1, 331,652.10.
- El presupuesto total del sistema convencional, está valorizado en S/1,000,539.54

- El costo por persona para el sistema de alcantarillado condominial es de S/1443.78
- El costo por persona para el sistema de alcantarillado convencional es de S/1921.58

**4.1.2. Tratamiento de aguas residenciales domésticas, proponiendo tecnología de bajo costo**

- En el agua residual el caudal máximo de diseño determinado es 2.08 l/s.
- La caracterización de las aguas residuales y el análisis de la información de la ciudad de estudio, permitió deducir que las aguas residuales de la urbanización Santa Ana son de carácter doméstico.
- La remoción de DBO en el tratamiento primario es de 43.48%, y la remoción de SST es de 65.57%.
- La remoción de DBO en el tratamiento secundario es de 90% y la remoción de SST es de 89%.
- Los valores de pH están dentro del intervalo solicitado por los ECAS
- El rendimiento esperado de la planta en funcionamiento es del 90%, debido a que el clima es en promedio 16°C, y según los estudios precedentes el funcionamiento de los humedales será óptimo con temperaturas de 25°.
- El Presupuesto total del pre-tratamiento es de S/ S/60,204.12
- El Presupuesto total del Tratamiento Primario es de S/ S/88,702.41
- El Presupuesto total del Tratamiento Secundario es de S/494,381.31
- El Presupuesto total del Tratamiento Complementario es de S/148,517.38
- El Presupuesto total de la Ptar es de S/791,805.22
- El presupuesto total de la Ptar de Juliaca es de S/. 1,183,522,646.00
- El costo por persona para tratamiento de aguas residuales es de S/1,142.58



## **4.2. Discusión**

Del objetivo General: Lograr el diseño de un sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales domésticas usando tecnología de bajo costo en la Urb. Santa Ana de la ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno. Los resultados permiten concluir que se puede diseñar un sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales domésticas usando tecnología de bajo costo en la Urb. Santa Ana, dando aceptación a la hipótesis general.

En cuanto al primer objetivo específico: Proponer un sistema de recolección de aguas residuales domésticas, con tecnología de bajo costo, en la Urb. Santa Ana. Los resultados permiten concluir que como sistema de recolección de aguas residuales domésticas usando tecnología de bajo costo se utilizara el sistema alcantarillado condominial, ya que el costo de recolección por medio del sistema de alcantarillado condominial es menos costoso que por el sistema de alcantarillado convencional, dando aceptación a la primera hipótesis específica.

En cuanto al segundo objetivo específico: Proponer un diseño de tratamiento de aguas residuales domésticas, utilizando tecnología de bajo costo, en la Urb. Santa Ana. Los resultados permiten concluir que se puede diseñar un tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando tecnología de bajo costo, dando aceptación a la segunda hipótesis específica

En cuanto al tercer objetivo específico: Proponer un tratamiento de aguas domésticas utilizando humedales artificiales de flujo horizontal tipo Sub Superficial. Los resultados permiten concluir que es factible tratar las aguas residuales residenciales utilizando humedales artificiales de flujo horizontal tipo sub superficial como parte del tratamiento de aguas residuales residenciales, dando aceptación a la tercera hipótesis específica

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

Del estudio y diseño de la red de Recolección, Ramal Condominial y Tratamiento de Aguas Residuales, se concluye lo siguiente.

- Si se pudo recolectar, aguas residenciales domésticas en topografía llana, utilizando tecnología de bajo costo.
- Si es posible realizar el tratamiento de aguas residuales domésticas, utilizando tecnología de bajo costo
- Si es factible utilizar en el sistema de tratamiento de agua residual con humedales artificiales de flujo horizontal tipo Sub Superficial.
- Los tanques sépticos son eficientes para la remoción de DBO y SST, y bajos en costo de mantenimiento y operación, ya que se realizará una vez al año.
- Se propuso el uso de humedales artificiales como tratamiento secundario, ya que son una tecnología viable para la depuración de aguas residuales, si son de origen urbano su eficiencia será más elevada, y puede llegar a tener futuro en países que se encuentran en desarrollo y que tengan climas tropicales, es conveniente para lugares con condiciones económicas bajas.
- Los humedales de flujo sub-superficial son eficientes para la remoción de DBO y SST, con costo bajo en la construcción y operación y mantenimiento.

- El uso de humedales es óptimo en climas cálidos, pero requiere grandes extensiones para su aplicación.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se debe designar la mejor ubicación de los ramales, ya sea dentro del lote o en la acera, dependiendo de la opción que se adopte por el proyectista y los usuarios, de esa forma evitar problemas futuros entre los propietarios de los terrenos.
- Los diámetros de los tramos de la red principal no deben ser diseñados pensando solo en la zona a atender, sino también en las futuras zonas aledañas que según su topografía puedan anexarse.
- Se recomienda utilizar tanque séptico para evitar el olor que se pueda generar en zonas aledañas.
- Se debe tener especial cuidado al momento de realizar la implantación de la vegetación, en general una persona que ya ha construido este tipo de humedales debe supervisar el proceso.
- Se recomienda familiarizarse con los varios métodos de diseño que existen para el dimensionamiento de humedales artificiales con el objetivo de escoger aquel en el que utilicen menos factores con gran variabilidad, es decir mientras los factores de porosidad, conductividad hidráulica, constante de absorción del suelo, etc.
- Aun con todas las consideraciones de diseño y construcción, se debe verificar que el humedal funcione después de los primeros meses.

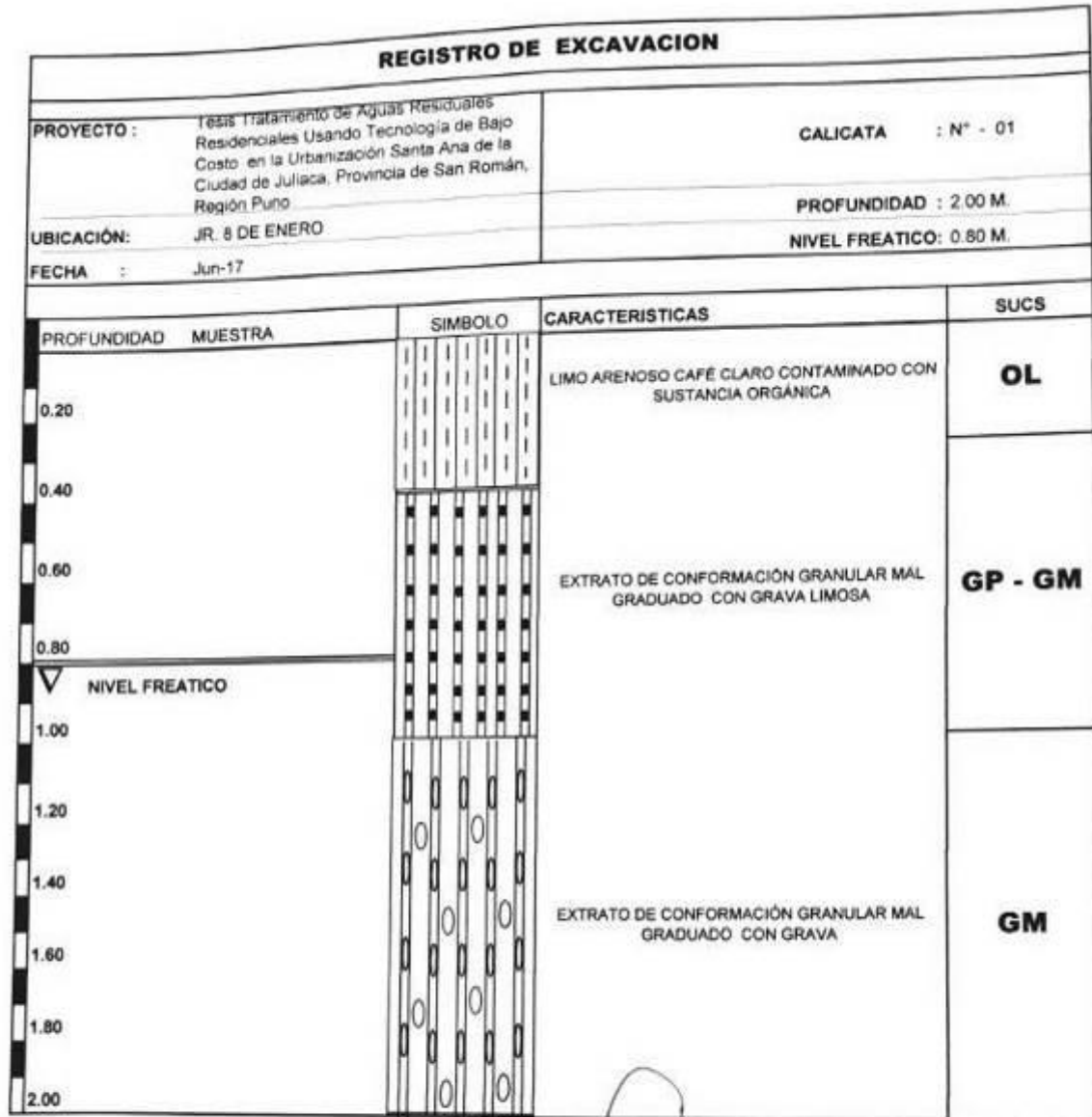
## REFERENCIAS

- Espinoza, R. E. (2005). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en San Juan de Miraflores*. (Tesis de Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Méndez, F. D. (2010). *Propuesta de Un Modelo Socio Económico de Decisión de Uso de Aguas Residuales Tratadas en Sustitución de Agua Limpia Para Áreas Verdes*. (Tesis de Maestría en Proyectos de inversión). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Soriano, F. H. (2014). *Eficiencia del filtro de arcilla en la purificación del agua para consumo humano en Cajamarca*. (Tesis de pregrado).
- Medina, P. D. (2015). *Propuesta de un sistema de tratamiento de las aguas residuales de la Hilandería La Inmaculada S.A.C. para su reutilización*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú.
- ESPINOZA PAZ, R. (2010). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Juan de Miraflores*. (Tesis de Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Medina, P. D. (2015). *Propuesta de un sistema de tratamiento de las aguas residuales de la Hilandería La Inmaculada S.A.C. para su reutilización*. (Tesis de pregrado).
- Wilmer Alberto Llagas Chafloque, Enrique Guadalupe Gómez (2006). *Diseño de Humedales Artificiales para el Tratamiento de Aguas Residuales en la UNMSM*. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 15, N° 17, 85-96*.
- Russell, R.C. (1999). *Natural systems for wastemanagement and treatment wetlands*. McGraw Hill, New York. *Constructed wetlands and mosquitoes health hazards*.

- Villarroel, J.J. (2012). Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas mediante Humedales Artificiales en la Comunidad de Rumichaca. (Diplomado En Saneamiento Sostenible). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú
- Espinosa Ortiz, C. (2014). Factibilidad del Diseño de un Humedal de Flujo Subsuperficial para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales de 30.000 Habitantes. (Maestría En Ingeniería Civil). Escuela Colombiana de Ingeniería - Julio Garavito.
- Lara Borrero, J. (1999) Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales (Tesis de Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental) Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España
- Metcalf y Eddy, Revisado por Tchobanoglous y Burton (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización (1° Edición)*. Madrid: McGraw-Hill.
- Klaus Dieter Neder (2003), *Guía de Implantación de la Tecnología Condominial por una Empresa de Saneamiento*, Chiclayo Perú
- Ministerio de Desarrollo Económico (2000), *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Basico (Ras – 2000)*
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)*.
- Ministerio del Ambiente (2009). *Disposición para implementación de los ECA para agua. Decreto Supremo 023-2009-MINAM*.
- Seghezzo, L. (2004). *Anaerobic treatment of domestic wastewater in subtropical regions. (1° Edición)*. Holanda: Wageningen Universiteit.

## ANEXOS

### Anexo 01: Estudios Preliminares



  
**ING. ALFREDO ALARCÓN AHUACACHI**  
 Especialista en Estudios de Costos y Presupuestos  
 Reg. CIP N° 81732  
 Responsable de Estudio de Suelos

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)  
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION ( D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487 )**

PROYECTO:	Tesis Tratamiento de Aguas Residuales Residenciales Usando Tecnología de Bajo Costo en la Urbanización Santa Ana de la Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno	SOLICITADO :	TESISTA
LUGAR :	JR. 8 DE ENERO	MUESTRA :	GRAVA LIMOSA CAFÉ MARRON
FECHA :	Jun-17	PROFUNDIDAD :	0.20 - 2.00

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	63.62	5.16	5.16	94.84	
3/4"	19.050	65.49	4.92	10.08	89.92	
1/2"	12.700	84.50	7.10	17.19	82.81	
3/8"	9.525	87.65	5.09	22.27	77.73	
1/4"	6.350	127.92	9.62	31.89	68.11	
No4	4.760	57.49	4.32	36.21	63.79	
No8	2.380	90.49	6.80	43.02	56.98	
No10	2.000	12.41	0.93	43.95	56.05	
No16	1.190					
No20	0.840	34.14	2.57	46.52	53.48	
No30	0.590					
No40	0.420	26.83	2.02	48.53	51.47	
No50	0.300					
No60	0.250	37.87	2.95	51.38	48.62	
No80	0.180	59.53	4.48	55.86	44.14	
No100	0.149	15.11	1.14	56.99	43.01	
No200	0.074	170.66	12.63	69.62	30.38	
BASE		401.36	30.18	100.00	0.00	
TOTAL		1330.07	100.00			
% PERDIDA						

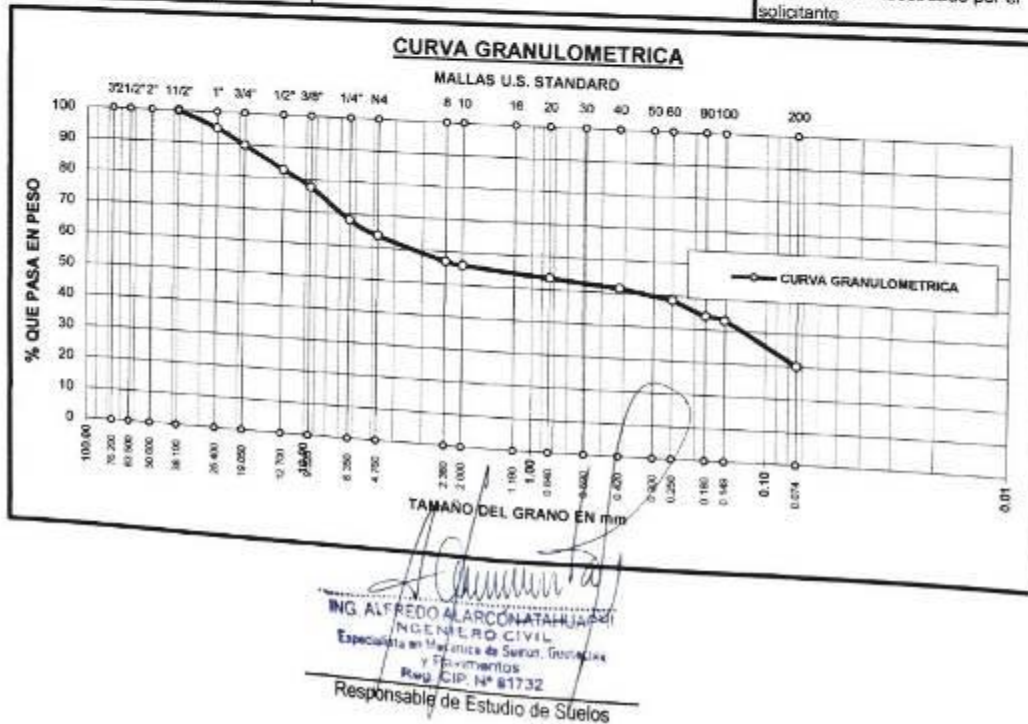
**DESCRIPCION DE LA MUESTRA**  
P. L. = 1330.07  
P. L. = 928.71  
P. P. = 401.36

**LIMITES DE CONSISTENCIA:**  
L. L. = 24.25  
L. P. = 18.22  
I. P. = 6.03

**CARACT. GRANULOMETRICAS:**  
D10= --- Cu= ---  
D30= --- Cc= ---  
D60= 3.44

**CLASIFICACION:**  
S.U.C.S. : GP - GM  
AASHTO : A-2-4(0)  
GRAVAS LIMOSAS

Obs: material muestreado por el solicitante.



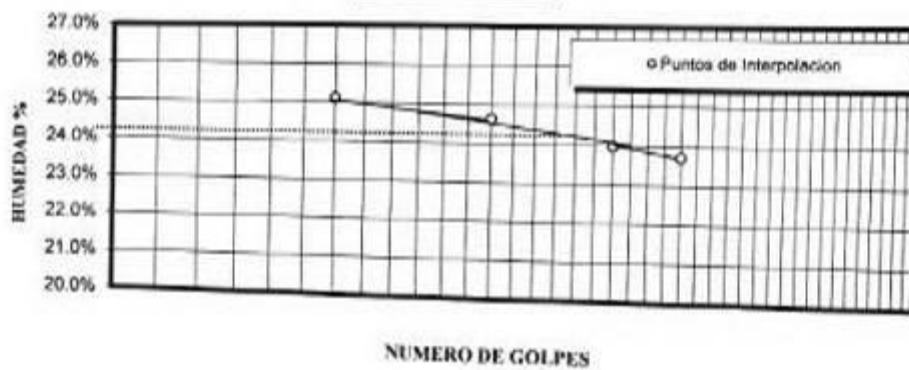
### LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO :	Tesis Tratamiento de Aguas Residuales Residenciales Usando Tecnología de Bajo Costo en la Urbanización Santa Ana de la Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno	SOLICITADO :	TESISTA
LUGAR :	JR. 8 DE ENERO	MUESTRA:	GRAVA LIMOSA CAFÉ MARRON
FECHA :	Jun-17	PROFUNDIDAD	0.20 - 2.00

### LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3	2
CAPSULA	No	9	10	11	12
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	24.18	24.93	22.01	24.81
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	21.63	22.22	19.83	22.01
AGUA	gr.	2.55	2.71	2.18	2.8
PESO DE LA CAPSULA	gr.	10.88	10.92	10.98	10.86
PESO DEL SUELO SECO	gr.	10.75	11.3	8.85	11.15
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	23.72%	23.98%	24.63%	25.11%
NUMERO DE GOLPES	N	32	28	22	16

### LIMITE LIQUIDO



### LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	V	F
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	5.09	4.78
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	4.97	4.7
AGUA	gr.	0.12	0.08
PESO DE LA CAPSULA	gr.	4.28	4.28
PESO DEL SUELO SECO	gr.	0.69	0.42
LIMITE PLASTICO	%	17.39%	19.05%

LIMITE LIQUIDO	24.25
LIMITE PLASTICO	18.22
INDICE DE PLASTICIDAD	6.03

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHU  
 INGENIERO CIVIL  
 Especialista en Mecánica de Suelos, Geotecnia  
 y Pavimentos  
 Reg. CIP. N° 81732

Responsable de Estudio de Suelos



### REGISTRO DE EXCAVACION

**PROYECTO :** Tesis Tratamiento de Aguas Residuales Residenciales Usando Tecnología de Bajo Costo en la Urbanización Santa Ana de la Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno

**UBICACIÓN:** JR. SERGIO DAVILA URQUIZO

**FECHA :** Jun-17

**CALICATA :** N° - 02

**PROFUNDIDAD :** 2.00 M.

**NIVEL FREATICO:** 0.80 M.

PROFUNDIDAD	MUESTRA	SIMBOLO	CARACTERISTICAS	SUCS
0.20			LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CONTAMINADO CON SUSTANCIA ORGÁNICA	<b>OL</b>
0.40				
0.60				
0.80	▽ NIVEL FREATICO		EXTRATO DE CONFORMACIÓN GRANULAR MAL GRADUADO CON GRAVA LIMOSA	<b>GP - GM</b>
1.00				
1.20				
1.40			EXTRATO DE CONFORMACIÓN GRANULAR MAL GRADUADO CON GRAVA	<b>GM</b>
1.60				
1.80				
2.00				

  
**ING. ALFREDO ARJÓN ATAHUALPA**  
 INGENIERO CIVIL  
 Especialista en Macadam de Suelos, Geotecnia  
 y Pavimentos  
 Reg. CIP N° 81732  
 Responsable de Estudio de Suelos

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)  
ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN ( D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487 )**

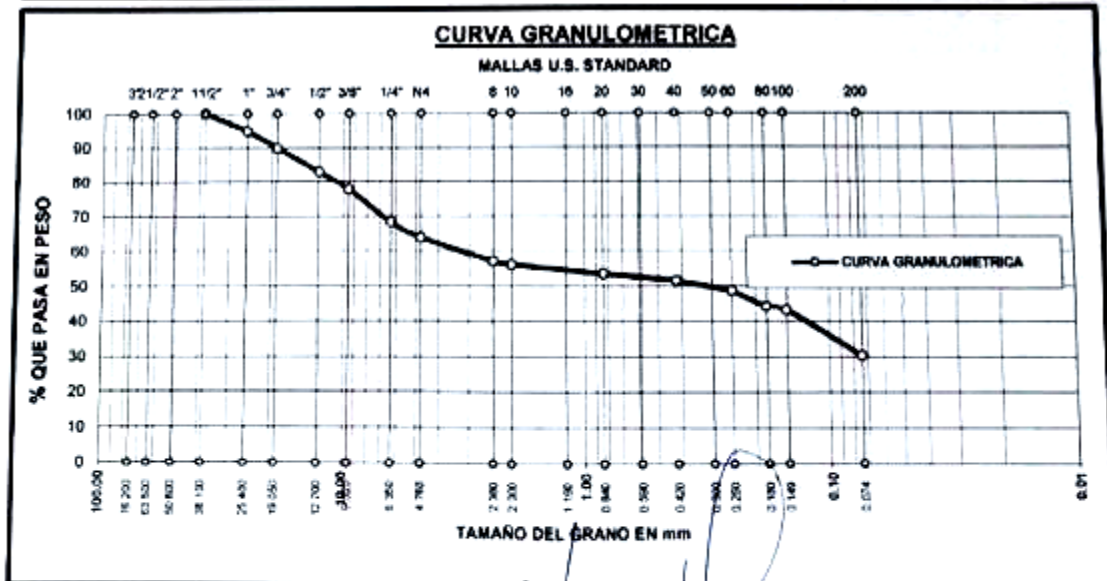
Tratamiento de Aguas Residuales Residenciales Usando  
Tecnología de Bajo Costo en la Urbanización Santa Ana de la  
Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno

PROYECTO: SOLICITADO : Yesleta

LUGAR : JR. SERGIO DAVILA URQUIZO MUESTRA : GRAVA LIMOSA CAPÉ MARRON

FECHA : Jun-17 PROFUNDIDAD : 0.20 - 2.00

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECÍF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P. L. = 1326.12
2 1/2"	63.500						P. L. = 924.76
2"	50.800						P. P. = 401.38
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		LÍMITES DE CONSISTENCIA: L. L. = 24.25 L. P. = 18.22 I. P. = 5.03
1"	25.400	69.00	5.20	5.20	94.80		
3/4"	19.050	64.49	4.86	10.07	89.93		CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= --- Cu= --- D30= --- Cc= --- D60= 3.41
1/2"	12.700	93.50	7.05	17.12	82.88		
3/8"	9.525	66.65	5.03	22.14	77.86		CLASIFICACION: S.U.C.S. : GP - GM AASHTO : A-2-4(0) GRAVAS LIMOSAS ARCILLOSAS
1/4"	6.350	126.85	9.57	31.71	88.29		
No4	4.750	58.20	4.39	36.10	83.90		Obs: material muestreado por el solicitante
No8	2.380	91.20	6.88	42.97	87.03		
No10	2.000	11.98	0.90	43.88	88.12		
No16	1.190						
No20	0.840	35.10	2.85	46.52	53.48		
No30	0.590						
No40	0.420	25.30	1.91	48.43	51.57		
No50	0.300						
No60	0.250	38.20	2.88	51.31	48.69		
No80	0.180	59.53	4.49	55.80	44.20		
No100	0.149	14.10	1.06	56.87	43.13		
No200	0.074	170.88	12.87	69.73	30.27		
BASE		401.38	30.27	100.00	0.00		
TOTAL		1326.12	100.00				
% PERDIDA							



  
**ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUALPA**  
 INGENIERO CIVIL  
 Especialista en Mecánica de Suelos, Geotecnia y Pavimentación  
 Reg. CIP. Nº 81732  
 Responsable de Estudio de Suelos

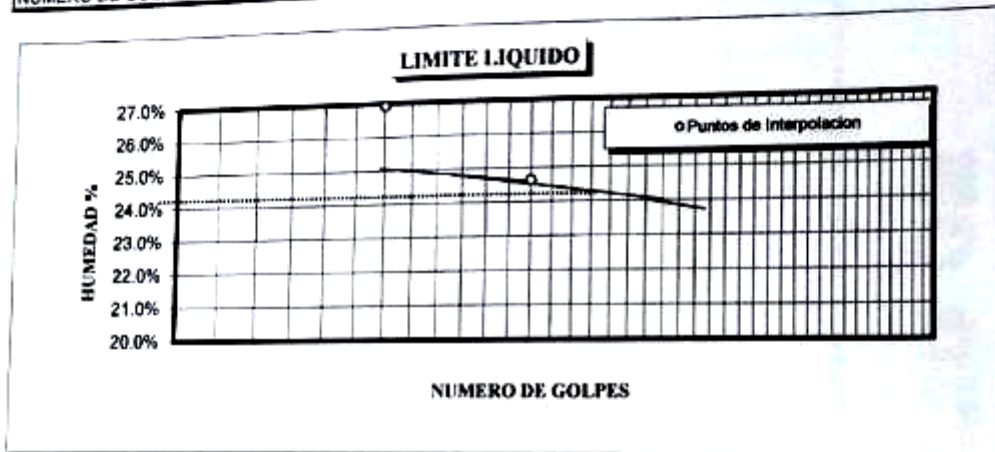
### LIMITES DE CONSISTENCIA

Teles Tratamiento de Aguas Residuales Residenciales Usando PROYECTO: Tecnología de Bajo Costo en la Urbanización Santa Ana de la Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno	SOLICITADO : TESISISTA
LUGAR : JR. SERGIO DAVILA URQUIZO	MUESTRA: GRAVA LIMOSA CAFÉ MARRON
FECHA : Jun-17	PROFUNDIDAD 0.20 - 2.00

### LIMITE LIQUIDO

	No	1	2	3	2
ENSAYO	No	13	14	15	16
CAPSULA	gr.	23.5	25.2	22	23.71
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	22.64	21.3	19.8	21.01
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	0.86	3.9	2.2	2.7
AGUA	gr.	10.78	10.87	10.87	10.98
PESO DE LA CAPSULA	gr.	11.86	10.43	8.93	10.03
PESO DEL SUELO SECO	%	7.25%	37.39%	24.64%	26.92%
CONTENIDO DE HUMEDAD	N	32	28	22	16
NUMERO DE GOLPES					

### LIMITE LIQUIDO



### LIMITE PLASTICO

	No	1	2		
ENSAYO	No	V	F		
CAPSULA	gr.	5.09	4.78		
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	4.97	4.7		
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	0.12	0.08		
AGUA	gr.	4.28	4.28		
PESO DE LA CAPSULA	gr.	0.69	0.42		
PESO DEL SUELO SECO	%	17.39%	19.65%		
LIMITE PLASTICO					

LIMITE LIQUIDO	23.28
LIMITE PLASTICO	18.22
INDICE DE PLASTICIDAD	5.06

  
 ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUALPA  
 INGENIERO CIVIL  
 Especialista en Mecánica de Suelos, Obras  
 y Pavimentos  
 Reg. CIP. N° 81732

Responsable de Estudio de Suelos

**PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA PTAR  
PARA LA URB. SANTA ANA**

**I. GUÍAS DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE  
ALCANTARILLADO SANITARIO.**

**1.1. Red de recolección.**

**A. Tuberías–Buzones conexiones domiciliarias.**

**A.1. Estudios de campo previos a la ejecución de acciones de mantenimiento.**

Si se ha identificado a través de una inspección la acumulación de tierra o arena, es necesario desarrollar un estudio para conocer más precisamente las condiciones existentes, a fin de confirmar la causa de este material acumulado, y analizar las acciones correctivas a tomar.

Es por ello que, aunque la inspección visual es vital para el debido mantenimiento y manejo de las instalaciones, la inspección sola no es suficiente algunas veces. Cuando la revisión sola, demuestra no ser suficiente, se requieren estudios de campo para examinar en detalle el estado de las tuberías.

**A.1.1. Diferentes formas de ejecución y objetivos de algunos estudios de campo.**

Los estudios de campo pueden ser desarrollados de forma visual o con el uso de cámaras de televisión (TV). La selección del método depende del objetivo del estudio, de la situación económica de la empresa y de las condiciones de las instalaciones. Una cámara de TV se usa para investigar tuberías de alcantarillado de pequeño diámetro, cuando la inspección visual no es práctica.

a. Inspección visual.

El estado de los pozos de visita y de tuberías de gran diámetro se inspeccionan visualmente desde el interior.

b. Inspección con cámaras de TV.

El uso de una cámara de TV., para inspeccionar el estado de las tuberías de pequeño diámetro, las cuales no pueden ser examinadas visualmente, implica la realización de un examen remoto desde un monitor.

La inspección con cámara de TV., brinda abundante información, de alta precisión y registrada fácilmente, por lo que este tipo de estudio es apropiado para la realización de análisis repetitivos.

## **A.2. Limpieza de tuberías de alcantarillado.**

Las tuberías de alcantarillado deben limpiarse periódicamente y de una forma apropiada, a fin de mantener su funcionamiento normal. Tierra, arena, aceites y grasas, pueden acumularse en las tuberías de alcantarillado sanitario, y reducir su sección transversal, dando como resultado una disminución de su capacidad de flujo hasta producir un bloqueo de las mismas.

La acumulación de tierra y arena no es uniforme a través de una zona y puede variar por las características de área y por la edad de las instalaciones. El alcance y la frecuencia con que debe realizarse la limpieza, están determinados por los resultados de las inspecciones e investigaciones previamente realizadas, por los registros de limpiezas anteriores, y por las condiciones locales, a fin de desarrollar una limpieza eficiente bajo las condiciones existentes.

La limpieza de las tuberías produce los efectos positivos siguientes:

- a. Preservación de su capacidad de flujo, por la remoción de la tierra y arena acumulada.
- b. Extensión de la vida de las alcantarillas cuando éstas son limpiadas regularmente.
- c. Prevención de olores desagradables y preservación de un ambiente placentero.

#### **A.2.1. Medios de limpieza.**

La limpieza puede ser realizada por medios manuales, por medios mecánicos o por una combinación de ambos.

- a. Medios manuales.

- 1. Limpieza por raspadura manual.

Un alambre o una cuerda se introduce dentro y a lo largo de la tubería entre dos pozos de visita adyacentes, y un cubo se mueve hacia delante y hacia atrás rascando y removiendo la tierra y la arena acumulada.

- 2. **Limpieza con un balón de acero.**

Consiste en la introducción de un balón de acero, cuyo diámetro es ligeramente inferior al diámetro interior de la tubería; el balón es asegurado con una cadena, un cable o un mecate, y es colocado dentro de un pozo de visita con agua. El agua forzaría al balón a desplazarse en la tubería de alcantarillado. Cuando se regule la velocidad de avance del balón, la velocidad del agua que pasa alrededor del balón irá incrementándose y desalojará los sólidos adheridos y los pondrá en suspensión. Un tapón o dique colocado en el pozo de visita aguas abajo, permitirá recolectar y remover los residuos.

- 3. **Con un torno manual.**

El torno manual usa el mismo mecanismo que emplea el camión de limpieza con herramienta de cubo (bucket-machine cleaning truck). Las máquinas son instaladas en ambos extremos del tramo de tubería que va a ser limpiado.



#### **4. Dragado manual**

La draga manual está construida para raspar desde una entrada la tierra acumulada, manipulando una manivela. Una draga manual puede ser del tipo de caja o del tipo de pala.

#### **5. Limpiador especial (para conexiones domiciliarias).**

Es un limpiador unido a la punta de una barra, que movido hacia delante y hacia atrás, con un movimiento simultáneo de rotación, remueve la tierra y arena acumulada.

Medios mecánicos.

Camión de limpieza por medio de alta presión.

Una bomba y un tanque de agua están montados en un camión. El agua impulsada a alta presión por la bomba, es inyectada a través de una boquilla especial, para remover la tierra acumulada y desplazarla hacia un pozo de visita. La limpieza por medio de alta presión, es apropiada para limpiar tuberías de pequeño diámetro.

La manguera de alta presión se alimenta a través de un tubo en la dirección aguas arriba. La tierra y la arena acumuladas son empujadas por la corriente de agua a alta presión, en dirección aguas abajo hacia un pozo de visita abierto. Un medio de cierre, ya sea un tapón o sacos de arena, debe usarse para detener la corriente de lodo suelto que fluye aguas abajo.

#### **A.2.2. Implementación de las acciones de limpieza.**

##### **a. Limpieza de tuberías.**

La limpieza de tubería de pequeño diámetro generalmente se logra con el uso combinado de un camión de limpieza por medio de alta presión, un camión para remoción de lodos usando el vacío y un tanque de agua.

El sedimento depositado en las conexiones domiciliarias debe removerse mediante chorro de agua a presión, o usando una sonda manual o una rotasonda.

Agua a alta presión se inyecta a través de una boquilla especial usando el camión correspondiente, desplazando de esta manera la tierra y la arena acumulada, y conduciéndolas aguas abajo hacia un pozo de visita cercano. El lodo así colectado se succiona directamente empleando el camión dotado con el equipo succionador o un camión con un equipo de alto poder de succión.

En el caso de tubería de gran diámetro, el personal de mantenimiento debe introducirse en el conducto, manipulando la boquilla de succión conectada al camión de alto poder de succión, a fin de aspirar el lodo.

El uso del camión de limpieza con herramienta de cubo, el cual es capaz de remover tierra y arena en una operación sencilla de una sola etapa, es más eficiente en lugares donde las calles no son suficientemente amplias para permitir estacionamiento de vehículos de trabajo o donde el volumen de flujo es demasiado alto para instalar un tapón o donde la cantidad de arena acumulada es excesiva.

### **A.2.3. Disposición de la tierra y la arena resultante de la limpieza de la red de alcantarillado.**

La tierra y la arena resultante de la limpieza del alcantarillado sanitario debe disponerse apropiadamente a fin de no provocar problemas ambientales.

#### **a. Colección y transporte.**

Debe tenerse mucho cuidado para evitar la dispersión de la tierra y arena colectada y la propagación de malos olores durante la colección y transporte.

#### **b. Disposición.**

La tierra y arena colectadas deben disponerse utilizando cualquiera de los métodos siguientes y de una manera que sea apropiada a las circunstancias prevalecientes: relleno sanitario, y cualquier tipo de tratamiento de lodos.



## **II. GUÍAS DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Si sea posible, los componentes de la PTAR deben llenarse inicialmente con agua del cuerpo receptor o de otra fuente de agua limpia. Esto con el objetivo de evitar que se generen condiciones sépticas de las aguas residuales si se llenara solamente con agua residual doméstica, y permitir el desarrollo de las poblaciones de microorganismos debido al tiempo de llenado de la PLANTA. En el caso que una fuente de agua limpia no existe, la PTAR debe llenarse con las aguas residuales una vez y dejar sin cargar y descargar por 20 a 30 días (manteniendo pérdidas de agua por evaporación e infiltración con una capa de las aguas residuales); esto también con el objetivo de permitir el desarrollo de las poblaciones de microorganismos (Arthur, 1983; Mara, et al., 1992).

La PTAR debe llenarse de agua lo más pronto posible una vez construidas, para evitar que se deterrioren las diferentes estructuras debido a las lluvias o agentes externos. Debe eliminarse toda los materiales extraños de los componentes de la PTAR, antes de empezar el llenado (MOPT, 1991).

### **Control de Niveles del Agua**

Cada componente de la PTAR está diseñado para tener un nivel fijo de agua. Es la responsabilidad del operador a mantener este nivel o la planta no funcionará como debería funcionar. Si el operador no puede mantener el nivel del agua del diseño con vertederos ajustables, la PTAR tiene que ser evaluado para determinar la causa del problema.

### **Mantenimiento Rutinario**

El mantenimiento rutinario de la instalación de la PTAR debe ser el objetivo fundamental del operador. Si no se cuida diariamente de que este mantenimiento se realice, en poco tiempo la planta se deteriorará, con consecuencias funestas para el proyecto. El operador, por tanto, debe ser consciente de que su trabajo es muy importante para el funcionamiento adecuado del sistema.

### **Rejillas**

Las limpiezas de las rejillas se deben ejecutar diariamente con el uso de rastrillos. El material retirado debe ser enterrado para evitar problemas de malos olores y la atracción de vectores como insectos y animales como roedores. El material debe ser recubierto con una capa de tierra de 0.1 a 0.3m de espesor (INAA, 1996). Se aconseja excavar un lugar para enterrar dicho material poco a poco, cubriéndolo diariamente con cal o tierra.

### **Desarenadores**

El mantenimiento del desarenador consiste en agitar el material sedimentado dos veces al día, una vez en la mañana y otra en la tarde; el propósito de la agitación es liberar el material orgánica atrapada por los sólidos arenosos (INAA, 1996). Uno o dos veces por semana, o con una frecuencia mayor sí el volumen acumulado de sólidos arenosos lo demanda, se debe cerrar la cámara en operación y drenarla, y después el material arenoso debe ser removido y enterrado sanitariamente. El material puede ser enterrado en la misma excavación utilizada para enterrar el material de la rejilla.

### **Remoción de Natas y Sólidos Flotantes**

La remoción de natas y sólidos flotantes se debe hacerse diariamente o cuando sea necesario para que no se extiendan demasiado sobre el área superficial del desgrasador,

donde se puede causar problemas de malos olores por su descomposición, y por la formación de lugares adecuados para la cría de insectos.

Por lo general, la dirección del viento hace que las natas y sólidos flotantes se acumulen en las esquinas de las estructuras. El operador necesitará un desnatador y una carretilla para la limpieza de natas; estos desechos deben ser enterrados en el mismo lugar en donde se entierran los sólidos del desarenador y de la rejilla. También, se deben mantener las pantallas de las salidas para que las natas y sólidos flotantes no salgan de las estructuras en el efluente.

### **Mosquitos, Moscas, Roedores y Otros Animales**

La proliferación de mosquitos, moscas, otros insectos, y roedores debe ser nula si se ha cumplido con la tarea de enterrar todo lo relacionado con el material flotante y el material orgánico. Los mosquitos y otros insectos pueden ser controlados manteniendo limpias y sin vegetación las márgenes de las estructuras. En el caso que los mosquitos depositen sus huevos en la orilla encima del revestimiento, se puede bajar el nivel del agua un poquito para que sequen.

### **Cercos y Caminos**

El predio del sistema de la PTAR debe estar cercado, preferiblemente con alambre de púa, para impedir la entrada de animales domésticos y de personas no autorizadas. Cuando el estado de los cercos y caminos están en malas condiciones, el operador debe notificar las personas encargadas de reparar estas obras tan pronto como sea posible.

### **Operación para el Control del Funcionamiento: Monitoreo Analítico**

Los objetivos de Los procesos de la PTAR son:

- 1) estabilizar la materia orgánica a través de la remoción de DBO;
- 2) la remoción de sólidos suspendidos en las aguas residuales crudas; y

3) la remoción de patógenos y coliformes fecales; y Con los resultados de esta serie de mediciones se pueden calcular los siguientes parámetros de control para el funcionamiento de los procesos:

1. La carga hidráulica y el tiempo de retención hidráulica.
2. La carga orgánica superficial del proceso.
3. Las eficiencias de remoción de huevos de helmintos, DBO5, y coliformes fecales.
4. La carga de sólidos suspendidos a los sedimentadores y filtros y la tasa de acumulación de lodos.

### **III.MANUAL OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL HUMEDAL CON TOTORA**

#### **OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

La operación es muy importante si quieren obtenerse buenos resultados. Por tanto, debe respetarse el plan de operación y mantenimiento. Los alcances del presente manual de operación y mantenimiento se enfocan a los factores más importantes para el rendimiento del tratamiento:

- Proporcionar una amplia oportunidad para el contacto del agua con la comunidad microbiana, con la capa de residuos de vegetación y con el sedimento.
- Asegurar que el flujo alcance todas las partes del humedal.
- Mantener un ambiente saludable para los microbios
- Mantener un crecimiento vigoroso de vegetación.

#### **Estructuras**

Deben inspeccionarse diques, vertederos, y estructuras de control de agua de forma regular e inmediatamente después de cualquier anomalía en el flujo. Los humedales deben

verificarse después de subidas importantes de caudal o después de la formación de hielo, ya que pueden afectar el substrato y particularmente a las estructuras de salida. Cualquier daño, corrosión u obstrucción, debe corregirse lo más pronto posible para prevenir fallos y reparaciones que podrían ser costosos.

### **Vegetación**

El manejo del nivel del agua es la clave para el éxito de la vegetación. Mientras las plantas del humedal pueden tolerar cambios temporales en la profundidad del agua, debe tenerse cuidado de no exceder los límites de tolerancia de las especies usadas durante periodos largos de tiempo. La profundidad del agua puede aumentarse durante los meses fríos aumentando así el tiempo de retención y protegiendo contra las heladas. La cubierta vegetal en los diques debe mantenerse para desarrollar una capa de tierra buena con sistemas de raíz extensos que resisten a la erosión.

La vegetación debe ser inspeccionada regularmente y deben quitarse las especies invasoras. Los herbicidas no deben usarse excepto en circunstancias extremas, y sólo entonces y con cuidado extremo, dado que pueden dañar severamente la vegetación emergente.

### **Ratones**

Los ratones y otros roedores pueden dañar los diques y la impermeabilización. Por tanto, deben preverse las medidas necesarias para evitar que esto ocurra, hasta el punto de que puede ser necesario atrapar y retirar los animales hasta que pueda instalarse una pantalla de alambre. Las madrigueras también pueden ser selladas poniendo bentonita en la entrada.

## **Mosquitos**

Los mosquitos son comunes en los humedales naturales y pueden esperarse en humedales artificiales. La mejor manera de evitar problemas con mosquitos en los humedales artificiales es crear condiciones en el humedal que no sean atractivas a los mosquitos o que no conduzcan al desarrollo de larvas. Los lugares abiertos con agua estancada son un excelente habitat para los mosquitos, y los nutrientes del agua estancada, son ideales para el desarrollo larval. Cuando el agua esta en movimiento se minimiza el riesgo de desarrollo de mosquitos.

El control de mosquitos con insecticidas, aceites, y agentes bacterianos como Bti (*Bacülus thuringiensis israelensis*) es a menudo difícil en humedales artificiales. El uso de insecticidas en humedales artificiales con cantidades grandes de materia orgánica es ineficaz porque la materia orgánica los adsorbe y porque se diluyen rápidamente o son degradados por el agua que viaja a través del humedal. Los tratamientos químicos deben usarse con cautela porque se corre el riesgo de contaminar el humedal y el cauce receptor.

## **Control De Los Humedales**

La supervisión es una herramienta operacional importante que:

- Proporciona datos para mejorar el rendimiento del tratamiento
- Identifica problemas
- Documenta la acumulación de sustancias potencialmente tóxicas antes de que sean bioacumulables
- Determina el cumplimiento de los requisitos reguladores.

El control necesita medir si el humedal está obteniendo los objetivos y para indicar su integridad biológica. Esta supervisión permite identificar los problemas temprano, cuando la intervención es más eficaz. Las fotografías pueden ser inestimables documentando estas

condiciones. Deben tomarse fotografías cada determinado tiempo en las mismas condiciones, localizaciones y con el mismo ángulo de visión.

El nivel de detalle del control dependerá del tamaño y la complejidad del sistema de humedales y puede cambiar cuando el sistema madura y se conoce mejor su comportamiento. Los sistemas ligeramente cargados que han estado operando satisfactoriamente sólo necesitarían ser verificados una vez al mes y después de cada tormenta importante. Aquellos que están muy cargados requerirán una supervisión más frecuente y detallada.

Es esencial un plan de control escrito para la continuidad del sistema a largo plazo.

### **Control para cumplir exigencias de descarga**

El control para cumplir con las limitaciones del permiso de descarga representa el mínimo para el muestreo y análisis. La frecuencia del muestreo y los parámetros a medir dependerán de dichas exigencias.

### **Control del rendimiento del sistema**

El rendimiento del humedal es normalmente evaluado para determinar:

- Carga hidráulica
- Volúmenes de entrada y de salida
- Variación de la calidad del agua entre la entrada y la salida

La efectividad en la remoción de contaminantes puede determinarse mediante la diferencia entre la carga a la entrada (volumen de entrada x concentración del contaminante) y la de salida (volumen de la descarga x concentración del contaminante).

Los parámetros de interés pueden ser:

- DBO
- Nitrógeno

- Fósforo
- Sólidos suspendidos totales
- Metales pesados
- Bacterias (totales o coliformes fecales)

Si el agua residual pudiera contener contaminantes tóxicos, como pesticidas o metales pesados, deben analizarse los sedimentos una o dos veces al año para supervisar el aumento potencial de estos contaminantes en los sedimentos del humedal. El efluente debe analizarse durante las tormentas importantes para asegurar que están reteniéndose los sedimentos en el humedal. El agua subterránea también debe supervisarse una vez o dos veces al año para asegurar que el humedal no la está contaminando.

### **Control de la salud del humedal**

Los humedales deben controlarse periódicamente para observar las condiciones generales del sitio y para descubrir cambios importantes que puedan ser adversos, como erosión o crecimiento de vegetación indeseable. Debe supervisarse la vegetación periódicamente para evaluar su salud y abundancia. Para humedales que no reciben cargas altas, la supervisión de la vegetación no se necesita que sea cuantitativa. Normalmente bastará con observaciones cualitativas. Los sistemas grandes y aquellos que están muy cargados requerirán ser supervisados más frecuente, y de forma cuantitativa. En general, esta supervisión debe ser más frecuente durante los primeros cinco años después de la instalación del sistema.

La composición de las especies y densidad de las plantas se determina fácilmente, inspeccionando parcelas cuadradas, normalmente de 1 m x 1 m, dentro del humedal. Los cambios a tener en cuenta incluyen un aumento en el número de especies no deseadas o



agresivas, una disminución en la densidad de la capa vegetativa, o señales de enfermedad en las plantas.

La vegetación del humedal construido está sujeta a cambios graduales de año en año, así como en los humedales naturales. Puede haber tendencia a que algunas especies mueran y sean reemplazadas por otras. Dado que los cambios vegetativos son a menudo lentos, no son obvios a corto plazo y, por tanto, es esencial mantener buenos registros.

El aumento de los sedimentos acumulados así como de la capa de residuos, disminuye la capacidad de almacenamiento de agua, afectando la profundidad de ésta en el humedal y posiblemente alterando los caminos de flujo. Los sedimentos, la capa de residuos, y la profundidad del agua deben verificarse de vez en cuando.

### Anexo 03: Caracterización del Agua

Reporte de Resultados de Monitoreo de Efluentes de PTAR					
I. Resultados del Monitoreo					
Fecha del monitoreo:	30 de Octubre 2017				
Nombre de la PTAR:	PTAR DE LA EPS. SEDA JULIACA S.A.				
Parámetro	Tipo de muestra	Resultado del análisis		LMP	Eficiencia PTAR
		Afluente	Efluente		
pH, unidad	-	7.4	7.4	6,5 - 8,5	-
Temperatura, °C	-	16.8	17.2	<35	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno, mg/L 1)	simple	275	127	100	54%
Demanda Química de Oxígeno, mg/L 1)	simple	800	392	200	61%
Sólidos Totales en Suspensión, mg/L	simple	500	44	150	91%
Aceites y Grasas, mg/L	simple	22	24	20	-9%
Coliformes Termotolerantes NMP/100mL	simple	3.30E+07	3.30E+07	10,000	0.000%
Caudal del afluente, L/s 2)	275			Método de medición	Aforo en canal
Caudal del efluente, L/s 2)	205			Método de medición	Aforo en canal
Nombre del Laboratorio Acreditado	NSF ENVIROLAB				
Responsable de la PTAR	Fecha				
DDCFF					
<b>Cuerpo de agua receptor:</b>	El efluente de la PTAR se vierte al Río Torococha, el cual tiene un recorrido aproximado de 10 Km. para su disposición final en el Río Coata.				
<b>Evaluación de las eficiencias de la PTAR:</b>	<p>&gt; Las Lagunas de Oxidación presentan una eficiencia alta en relación a los parámetros de DBO, DQO y Sólidos Totales en Suspensión.</p> <p>&gt; En lo relacionado a la eficiencia de Aceites y Grasas se nota una eficiencia negativa, mientras que en el parámetro Coliformes Termotolerantes no presenta una remoción en relación al afluente y efluente.</p>				
<b>Grado de cumplimiento de los LMP:</b>	<p>&gt; Según los resultados emitidos por el Laboratorio Acreditado se pudo observar que el parámetro pH se encuentra dentro del LMP.</p> <p>&gt; Mientras que la T° y Sólidos Totales en Suspensión se encuentran por debajo del LMP establecido.</p> <p>&gt; La DBO, DQO, Aceites y Grasas y Coliformes termotolerantes no cumplen los LMP determinados en el D.S. N° 003-2010-MINAM (VERTIMIENTO A CUERPOS DE AGUA).</p>				
<b>Observaciones derivadas de los resultados del monitoreo:</b>	<p>&gt; Presencia de basura en cercanías de las lagunas N° 07 y 08; así como en la cámara de rejillas.</p> <p>&gt; Se observó la presencia de aves en la mayoría de las Lagunas.</p> <p>&gt; Se pudo verificar lagunas colmatadas y en un aspecto deplorable.</p>				
<b>III. Anexos</b>					
1.- Copia fotostática de la Cadena de Custodia del Laboratorio Acreditado.					
2.- Copia fotostática de Informes emitidos por Laboratorio Acreditado					

## Anexo 04: Presupuesto del Sistema de Recolección y Tratamiento

PRESUPUESTO 01 SISTEMA CONVENCIONAL					
Item	Descripción	Und.	Metrado	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				
01.01	OFICINAS,ALMACEN Y GUARDIANIA	glb	1.00	S/2,500.00	S/2,500.00
01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 3.60x7.20m	und	1.00	S/2,162.46	S/2,162.46
01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	S/1,200.00	S/1,200.00
01.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	S/2,890.00	S/2,890.00
02	<b>BUZON DE INSPECCION</b>				
02.01	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	121.23	S/3.17	S/384.29
02.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	121.23	S/2.21	S/267.91
02.03	EXCAVACION DE ZANJAS DE BUZON	m3	242.45	S/190.48	S/46,182.47
02.04	SOLADO DE BUZON	m2	121.23	S/44.74	S/5,423.68
02.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE BUZON	m2	128.18	S/31.81	S/4,077.31
02.06	CONCRETO DE BUZON f'c=210 kg/cm2	m3	32.04	S/404.58	S/12,964.46
02.07	CONSTRUCCION DE TECHO,MARCO Y TAPA DE BUZON	m2	121.23	S/444.96	S/53,940.96
02.08	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	2294.17	S/38.60	S/88,554.87
03	<b>RED DE ALCANTARILLADO</b>				
03.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
03.01.01	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	1113.60	S/3.17	S/3,530.11
03.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	1113.60	S/2.21	S/2,461.06
03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
03.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS	m3	1835.33	S/190.48	S/349,594.43
03.02.02	REFINE Y NIVELACION	m2	1113.60	S/3.66	S/4,075.78
03.02.03	CAMA DE APOYO	m2	1113.60	S/2.21	S/2,461.06
03.02.04	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	1501.25	S/32.59	S/48,925.87
03.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	2294.17	S/38.60	S/88,554.87
03.03	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS</b>				
03.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC 250 mm	m	167.20	S/221.57	S/37,046.50
03.03.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC 200 mm	m	804.40	S/191.57	S/154,098.91
03.03.03	PRUEBA HIDRAULICA EN TUBERIA A ZANJA ABIERTA	m	971.60	S/16.28	S/15,817.65
03.03.04	PRUEBA HIDRAULICA EN TUBERIA A ZANJA TAPADA	m	971.60	S/16.28	S/15,817.65
				COSTO DIRECTO	S/940,432.27
				GASTOS GENERALES (10%)	S/94,043.23
				UTILIDADES (10%)	S/94,043.23
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>S/1,128,518.73</b>
				IGV (18%)	S/203,133.37
				<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>S/1,331,652.10</b>

PRESUPUESTO 02 SISTEMA CONDOMINIAL					
Item	Descripción	Und.	Metrado	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				
01.01	OFICINAS,ALMACEN Y GUARDIANIA	glb	1.00	S/2,500.00	S/2,500.00
01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 3.60x7.20m	und	1.00	S/2,162.46	S/2,162.46
01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	S/1,200.00	S/1,200.00
01.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	S/2,890.00	S/2,890.00
02	<b>BUZON DE INSPECCION</b>				
02.01	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	42.79	S/3.17	S/135.63
02.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	42.79	S/2.21	S/94.56
02.03	EXCAVACION DE ZANJAS DE BUZON	m3	85.57	S/190.48	S/16,299.69
02.04	SOLADO DE BUZON	m2	42.79	S/44.74	S/1,914.24
02.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE BUZON	m2	45.24	S/31.81	S/1,439.05
02.06	CONCRETO DE BUZON f'c=210 kg/cm2	m3	11.31	S/404.58	S/4,575.69
02.07	CONSTRUCCION DE TECHO,MARCO Y TAPA DE BUZON	m2	42.79	S/444.96	S/19,037.99
02.08	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1363.12	S/38.60	S/52,616.42
03	<b>RED DE ALCANTARILLADO</b>				
03.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
03.01.01	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	997.08	S/3.17	S/3,160.75
03.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	997.08	S/2.21	S/2,203.55
03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
03.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS	m3	1090.50	S/190.48	S/207,717.65
03.02.02	REFINE Y NIVELACION	m2	997.08	S/3.66	S/3,649.32
03.02.03	CAMA DE APOYO	m2	997.08	S/2.21	S/2,203.55
03.02.04	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL DE PRE	m3	791.37	S/32.59	S/25,790.78
03.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1363.12	S/38.60	S/52,616.42
03.03	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS</b>				
03.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC 160 m	m	328.50	S/131.07	S/43,056.50
03.03.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC 110 m	m	1887.24	S/101.57	S/191,686.97
03.03.03	PRUEBA HIDRAULICA EN TUBERIA A ZANJA ABIERTA	m	2215.74	S/16.28	S/36,072.25
03.03.04	PRUEBA HIDRAULICA EN TUBERIA A ZANJA TAPADA	m	2215.74	S/16.28	S/36,072.25
				COSTO DIRECTO	S/706,595.72
				GASTOS GENERALES (10%)	S/70,659.57
				UTILIDADES (10%)	S/70,659.57
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>S/847,914.87</b>
				IGV (18%)	S/152,624.68
				<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>S/1,000,539.54</b>

PRESUPUESTO PARA UN PRETRATAMIENTO					
Item	Descripción	Und.	Metrado	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
01	<b>TRATAMIENTO PRELIMINAR</b>				
01.01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
01.01.01	CORTE, EXCAVACION C/ EQUIPO	m3	804.43	S/2.53	S/ 2,035.20
01.01.02	RELLENO COMPACTADO C/MAT. DE PRESTAMO	m2	284.50	S/10.64	S/ 3,027.03
01.01.03	MATERIAL DE CANTERA PARA PRESTAMO	m3	142.25	S/19.41	S/ 2,761.02
01.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE D=30 MTS.	m3	519.93	S/1.11	S/ 577.12
01.01.05	EXCAVACION PARA ZANJAS	m3	10.48	S/31.61	S/ 331.37
01.01.06	CAMA DE APOYO PARA TUBERIAS	ml	32.76	S/2.79	S/ 91.40
01.01.07	RELLENO COMPACTADO DE ZANJAS	m3	6.55	S/33.80	S/ 221.46
01.02	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>				
01.02.01	CONCRETO f <sub>c</sub> = 100 KG/CM <sup>2</sup> , E=10 cm SOLADO	m2	41.43	S/54.76	S/ 2,268.49
01.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO SOLADO	m2	6.22	S/37.19	S/ 231.26
01.02.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
01.02.04	ACERO DE REFUERZO F <sub>y</sub> =4200 KG/CM <sup>2</sup>	kg	1,034.41	S/3.66	S/ 3,785.93
01.02.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	150.73	S/45.28	S/ 6,825.04
01.02.06	CONCRETO f <sub>c</sub> = 210 KG /CM <sup>2</sup>	m3	18.45	S/320.89	S/ 5,919.22
01.02.07	PROVISIÓN Y COLOCACION DE JUNTA WATER STOP DE PVC	ml	39.70	S/17.32	S/ 687.60
01.02.08	REVOQUES Y ENLUCIDOS				
01.02.09	TARRAJEO EN INTERIOR CON IMPERMEABILIZANTE C:A 1:3 E=2 CM	m2	66.04	S/37.17	S/ 2,454.71
01.02.10	TARRAJEO EN EXTERIORES C:A 1:4 E=1.5 CM	m2	89.04	S/34.79	S/ 3,097.71
01.02.11	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS				
01.02.12	TUBERIA UF PVC ISO 4435 S-25 T.N. DN 110 MM HASTA 1.50 M.	ml	14.21	S/16.25	S/ 230.91
01.02.13	TUBERIA UF PVC ISO 4435 S-25 T.N. DN 160 MM HASTA 1.50 M.	ml	18.55	S/17.38	S/ 322.40
01.03	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS</b>				
01.03.01	CODO 45 PVC DE 110 MM	und	6.00	S/58.01	S/ 348.06
01.03.02	YEE PVC DE Ø=4X2	und	4.00	S/76.77	S/ 307.08
01.03.03	REDUCCION DE 160MM A 110MM	und	1.00	S/67.58	S/ 67.58
01.04	<b>VIARIOS</b>				
01.04.01	SUMISTRO Y COLOCACION DE REJA METALICA	und	3.00	S/411.75	S/ 1,235.25
01.04.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULAS	pza	2.00	S/1,567.18	S/ 3,134.36
01.04.03	PRUEBA DE COMPACTACION DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO Y DENSIDAD DE CAMPO)	und	1.00	S/135.34	S/ 135.34
01.04.04	PRUEBA DE CALIDAD DE CONCRETO (COMPRESIÓN)	und	3.00	S/36.39	S/ 109.17
01.04.05	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES	m2	102.40	S/9.28	S/ 950.27
01.04.06	VEGETADO DE TALUDES	m2	207.00	S/6.58	S/ 1,362.06
				<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>S/42,517.03</b>
				<b>GASTOS GENERALES (10%)</b>	<b>S/4,251.70</b>
				<b>UTILIDADES (10%)</b>	<b>S/4,251.70</b>
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>S/51,020.44</b>
				<b>IGV (18%)</b>	<b>S/9,183.68</b>
				<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>S/60,204.12</b>

PRESUPUESTO PARA UN TRATAMIENTO PRIMARIO - 01 TANQUE SEPTICO					
Item	Descripción	Und.	Metrado	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
<b>01</b>	<b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b>				
<b>01.01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
01.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	27.89	S/0.88	S/24.54
01.01.02	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	27.89	S/1.76	S/49.09
<b>01.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
01.02.01	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NORMAL	m3	79.77	S/27.95	S/2,229.44
01.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (2km)	m3	99.71	S/28.79	S/2,870.56
<b>01.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>				
<b>01.03.01</b>	<b>LOSA FONDO Y PLACAS</b>				
01.03.01.01	CONCRETO f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	29.19	S/434.26	S/12,676.48
01.03.01.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO EN MUROS	m2	111.02	S/36.18	S/4,016.70
01.03.01.03	ACERO f <sub>y</sub> =4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	434.90	S/5.28	S/2,296.27
<b>01.03.02</b>	<b>LOSA MACIZA</b>				
01.03.02.01	CONCRETO EN LOSA MACIZA f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	4.00	S/434.26	S/1,737.04
01.03.02.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN LOSA MACIZA	m2	56.78	S/36.18	S/2,054.30
01.03.02.03	ACERO f <sub>y</sub> =4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	136.19	S/5.28	S/719.08
<b>01.03.03</b>	<b>REVOQUES Y REVESTIMIENTOS</b>				
01.03.03.01	TARRAJEO EN MUROS INTERIORES CON IMPERMIABILIZANTE (MORTERO 1:5)	m2	54.50	S/28.28	S/1,541.26
<b>01.03.04</b>	<b>ACCESORIOS Y OTROS</b>				
01.03.04.01	TUBERIA DE PVC SAL 4"	m	60.00	S/17.69	S/1,061.40
01.03.04.02	ACCESORIOS DE REDES: CODO PVC SAL 4"X90°	Und.	4.00	S/4.33	S/17.32
01.03.04.03	ACCESORIOS DE REDES: CODO PVC SAL 4" X45°	Und.	4.00	S/4.33	S/17.32
01.03.04.04	ACCESORIOS DE REDES: TEE PVC SAL 4" X 4"	Und.	2.00	S/5.33	S/10.66
				<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>S/31,321.47</b>
				<b>GASTOS GENERALES (10%)</b>	<b>S/3,132.15</b>
				<b>UTILIDADES (10%)</b>	<b>S/3,132.15</b>
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>S/37,585.77</b>
				<b>IGV (18%)</b>	<b>S/6,765.44</b>
				<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>S/44,351.21</b>



PRESUPUESTO PARA UN TRATAMIENTO SECUNDARIO					
Item	Descripción	Und.	Metrado	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
<b>01</b>	<b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>				
<b>01.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
01.01.01	CORTE, EXCAVACION C/EQUIPO	m3	2,991.36	S/2.53	S/7,568.14
01.01.02	RELLENO COMPACTADO C/MAT. DE PRESTAMO	m2	787.20	S/10.64	S/8,375.81
01.01.03	MATERIAL DE CANTERA PARA PRESTAMO	m3	393.60	S/19.41	S/7,639.78
01.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE D=30 MTS.	m3	2,204.16	S/1.11	S/2,446.62
01.01.05	EXCAVACION PARA ZANJAS	m3	41.40	S/31.61	S/1,308.65
01.01.06	CAMA DE APOYO PARA TUBERIAS	ml	69.00	S/2.79	S/192.51
01.01.07	RELLENO COMPACTADO DE ZANJAS	m3	28.98	S/33.80	S/979.52
<b>01.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>				
01.02.01	CONCRETO f <sub>c</sub> = 100 KG/CM <sup>2</sup> , E=10 cm	m3	555.96	S/53.45	S/29,716.06
01.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	9.44	S/45.28	S/427.44
<b>01.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>				
01.03.01	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM <sup>2</sup>	kg	4,153.91	S/3.66	S/15,203.32
01.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	452.13	S/45.28	S/20,472.56
01.03.03	CONCRETO f <sub>c</sub> = 210 KG /CM <sup>2</sup>	m3	156.76	S/320.89	S/50,302.68
01.03.04	PROVISIÓN Y COLOCACION DE JUNTA WATER STOP DE PVC	ml	141.00	S/17.32	S/2,442.12
<b>01.04</b>	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>				
01.04.01	TARRAJEO EN INTERIOR CON IMPERMEABILIZANTE C:A 1:3 E=2 CM	m2	375.10	S/37.17	S/13,942.28
01.04.02	TARRAJEO EN EXTERIORES C:A 1:4 E=1.5 CM	m2	129.00	S/34.79	S/4,487.82
01.04.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS				
01.04.04	TUBERIA UF PVC ISO 4435 S-25 T. N. DN 250 MM	ml	69.00	S/4.43	S/305.67
<b>01.05</b>	<b>VARIOS</b>				
01.05.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TOTORA Y LENTEJA DE AGUA	m2	252.00	S/4.35	S/1,096.20
01.05.02	PRUEBA DE COMPACTACION DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO Y DENSIDAD DE CAMPO)	pto	3.00	S/135.34	S/406.02
01.05.03	PRUEBA DE CALIDAD DE CONCRETO (COMPRESIÓN)	und	5.00	S/36.39	S/181.95
01.05.04	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES	m2	452.13	S/9.28	S/4,195.77
01.05.05	VEGETADO DE TALUDES	m2	437.50	S/6.58	S/2,878.75
				COSTO DIRECTO	S/349,139.34
				GASTOS GENERALES (10%)	S/34,913.93
				UTILIDADES (10%)	S/34,913.93
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>S/418,967.21</b>
				IGV (18%)	S/75,414.10
				<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>S/494,381.31</b>

PRESUPUESTO PARA UN TRATAMIENTO COMPLEMENTARIO					
Item	Descripción	Und.	Metrado	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
<b>01</b>	<b>TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LODOS</b>				
<b>01.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
01.01.01	CORTE, EXCAVACION C/EQUIPO	m3	2,356.04	S/2.53	S/5,960.79
01.01.02	RELLENO COMPACTADO C/MAT. DE PRESTAMO	m2	490.84	S/10.64	S/5,222.56
01.01.03	MATERIAL DE CANTERA PARA PRESTAMO	m3	245.42	S/19.41	S/4,763.62
01.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE D=30 MTS.	m3	1,865.20	S/1.11	S/2,070.37
01.01.05	EXCAVACION PARA ZANJAS	m3	5.66	S/31.61	S/179.04
01.01.06	CAMA DE APOYO PARA TUBERIAS	ml	17.70	S/2.79	S/49.38
01.01.07	RELLENO COMPACTADO DE ZANJAS	m3	3.54	S/33.80	S/119.65
<b>01.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>				
01.02.01	CONCRETO f <sub>c</sub> = 100 KG/CM2, E=2"	m3	23.83	S/53.45	S/1,273.82
01.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	9.32	S/45.28	S/422.01
<b>01.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>				
01.03.01	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	kg	2,416.86	S/3.65	S/8,821.54
01.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	89.36	S/45.28	S/4,046.22
01.03.03	CONCRETO f <sub>c</sub> = 210 KG /CM2	m3	54.77	S/320.89	S/17,574.50
01.03.04	PROVISIÓN Y COLOCACION DE JUNTA WATER STOP DE PVC	ml	25.80	S/17.32	S/446.86
<b>01.04</b>	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>				
01.04.01	TARRAJEO EN INTERIOR CON IMPERMEABILIZANTE C:A 1:3 E=2 CM	m2	34.80	S/37.17	S/1,293.52
01.04.02	TARRAJEO EN EXTERIORES C:A 1:4 E=1.5 CM	m2	89.36	S/34.79	S/3,108.83
<b>01.05</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS</b>				
01.05.01	TUBERIA UF PVC ISO 4435 S-25 T.N. DN 160 MM	ml	17.70	S/17.38	S/307.63
<b>01.06</b>	<b>VARIOS</b>				
01.06.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE ESTRUCTURA METALICA -COBERTURA	m2	291.32	S/99.36	S/28,945.06
01.06.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE ESTRUCTURA METALICA -PUERTA	gib	2.00	S/910.28	S/1,820.56
01.06.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE CALAMINA TRANSPARENTE -COBERTURA	m2	291.32	S/52.08	S/15,171.69
01.06.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULAS	pza	1.00	S/1,467.18	S/1,467.18
01.06.05	PRUEBA DE COMPACTACION DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO Y DENSIDAD DE CAMPO)	pto	1.00	S/135.34	S/135.34
01.06.06	PRUEBA DE CALIDAD DE CONCRETO (COMPRESIÓN)	und	3.00	S/36.39	S/109.17
01.06.07	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES	m2	89.36	S/9.28	S/829.26
01.06.08	VEGETADO DE TALUDES	m2	113.46	S/6.58	S/746.57
				COSTO DIRECTO	S/104,885.16
				GASTOS GENERALES (10%)	S/10,488.52
				UTILIDADES (10%)	S/10,488.52
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>S/125,862.19</b>
				IGV (18%)	S/22,655.19
				<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>S/148,517.38</b>



## **Anexo 05: Impacto Ambiental**

### **ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.**

#### **TREN DE AGUA:**

##### ***a) Estructura de pretratamiento (Cribado, desarenador y desengrasador)***

Se contempla la construcción de 01 pretratamiento diseñado con el 100% del gasto máximo instantáneo.

##### ***b) Tanque Séptico***

Los tanques sépticos, construidos en 2 cámaras rectangulares de concreto armado, el tiempo de retención serán 6 horas

##### ***c) Humedales Artificiales***

Se propone un humedal artificial, con una eficiencia de remoción de 90% , de forma rectangular con especie vegetal totora-

#### **TREN DE LODOS:**

##### ***a) Deshidratador de Lodos***

El proceso de deshidratación tiene como objetivo lograr la auto digestión de las células biológicas generadas en el proceso de tratamiento primario. Y producir un lodo razonablemente inerte. Se proyecta 1 unidad de forma cuadrada.

##### ***b) Losa de Compostaje***

Se incluye con el fin de reducir el contenido de humedad del fango, de manera que pueda procesarse como un semisólido en vez de líquido La deshidratación de lodos, ocurre por la filtración del agua a través del medio filtrante y por evaporación del agua de la superficie del lodo.

En lo que corresponde a la Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera, tenemos lo siguiente:

Emisiones fugitivas, provenientes de la combustión de la maquinaria que utiliza combustibles fósiles, como es el caso de la máquina excavadora utilizada en la preparación del sitio, así como algunas partícula sólidas derivadas del movimiento del terreno durante la excavación

Los residuos peligrosos, será específicamente por las actividades de pintura, tal es el caso de brochas y latas contaminadas con pintura base aceite, cada residuo será manejado y dispuesto de manera controlada.

Los residuos líquidos que serán generados durante la operación y mantenimiento del plan de tratamiento, estarán conformados por las aguas residuales provenientes del servicio sanitario, las cuales se integrarán al propio sistema de tratamiento

Actividades consideradas en la fase de operación de la PTAR

Captación de agua y receptor y laguna de estabilización.

A1: CAPTACIÓN

- Pre-tratamiento: (desbaste, desarenado, desengrasado)

A2: TRATAMIENTO PRIMARIO

- 02 Tanques Sépticos

A3: TRATAMIENTO SECUNDARIO

- Humedal Artificial

A4: TRATAMIENTO DE LODOS

- Deshidratador de Lodos
- Losa de Compostaje

**Descripción de los impactos.**

<b>COMPONENTES AMBIENTALES CONSIDERADOS</b>	
<p><b>FISICO</b>  <b>PAISAJE</b>            Visibilidad            Estética característica  <b>SUELO</b>            Uso            Textura            Estructura            Fertilidad            Nivel freático            Calidad físico-química  <b>ATMOSFÉRA</b>            Calidad del aire            Clima: Temperatura            Clima: Precipitación            Clima: Humedad            Ruido            Clima y microclimas</p>	<p><b>BIOTICO</b>  <b>FLORA</b>            Cobertura vegetal            Distribución            Diversidad vegetal            Composición Vegetal  <b>FAUNA</b>            Diversidad fauna            Fuentes naturales de alimentación            Hábitat            Población            Hidrófana  <b>SOCIO-ECONOMICO-CULTURAL</b>  <b>COMUNIDAD</b>            Población            Migración  <b>INFRAESTRUCTURA</b>            Participación ciudadana            Bienestar social            Salud            Servicios públicos  <b>CULTURA</b>            Uso y manejo del entorno            Marco normativo  <b>ECONOMIA</b>            Sistema productivo            Tecnificación            Mercados y comercio            Empleo</p>

## Impactos ambientales significativos por Componente y Factor Ambiental

seleccionados

<b>COMPONENTE AMBIENTAL</b>	<b>FACTOR</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>Actividad que lo genera</b>
<b>Paisaje</b>	<b>Estética Característica</b>	Disminución de la belleza del paisaje	<b>A1</b>
<b>Suelo</b>	<b>Uso</b>	Cambio en el uso del suelo	<b>A1.A2.A3.A4</b>
	<b>Nivel freático</b>	Aumento de la concentración sustancias contaminantes (metales pesados y compuestos orgánicos)	<b>A1.A2.A3.A4</b>
<b>Atmosfera</b>	<b>Calidad del Aire</b>	Aumento en los niveles del material particulado	<b>A2, A3, A4</b>
		Aumento de la emanación de olores desagradables	<b>A1, A4</b>
<b>Fauna</b>	<b>Fuentes Naturales de Alimentación</b>	Aumento de recursos alimenticios para especies invasoras	<b>A1</b>
	<b>Población</b>	Aumento de especies invasoras	<b>A1</b>
<b>Comunidad</b>	<b>Población</b>	Aumento de la marginalidad en la zona de influencia	<b>A1</b>
	<b>Bienestar Social</b>	Disminución de la calidad de vida de los habitantes de la zona	<b>A1. A2. A3. A4.</b>
	<b>Salud</b>	Aumento de la incidencia de enfermedades respiratorias	<b>A1. A2. A3. A4.</b>
		Aumento de enfermedades por vectores	<b>A1. A2. A3. A4.</b>

## **Descripción de Impactos**

### **Componente Ambiental: Paisaje**

Aunque este impacto es de mayor afectación en la fase de construcción, en la operación este llega a ser de gran impacto en actividades como la recolección y la descarga.

#### **Aumento de elementos que obstaculizan la visibilidad**

Este impacto se refiere a que en la zona, previo a la construcción de la PTAR, no había ninguna obra, era una zona verde que después de la fase de construcción sufrió una afectación permanente durante todas las fases en la visibilidad de quienes viven en los alrededores, debido a que las obras obstaculizan la visibilidad que anteriormente se tenía

##### ➤ *Disminución de la belleza del paisaje*

Este impacto es de importancia durante la fase de construcción, pero durante la fase de operación las diferentes actividades que allí se presentan hacen que el paisaje cambie de forma negativa, ya que por ejemplo en la captación ahí un aumento de flora y fauna que no son propios de la zona y que hacen que en el paisaje allá una disminución de la belleza. Este impacto presenta durante todas las actividades, generando las mismas consecuencias presentes en la fase de captación.

### **Componente Ambiental: Suelo**

##### ➤ *Cambio en el uso del suelo*

El cambio del uso del suelo se puede comprender desde dos aspectos: desde la parte mecánica al cambiar la propiedades del suelo por disposición de nuevos elementos que se combinan y hacen que se pierdan la propiedades de la capacidad portante y fertilidad del suelo, y desde el aspecto legal al cambiar el uso estableció para diferentes actividades.

➤ ***Aumento de la concentración sustancias contaminantes (metales pesados y compuestos orgánicos)***

De acuerdo a proceso dinámicos de los ríos a su hidrología e hidráulica se transporta sedimentos que no son solamente sólidos si no también es la acumulación de metales pesados y materia orgánica, producto de los procesos antropogénicos de la actividad en la industria y el desarrollo urbano en la ciudad, sedimentos que finalmente se acumulan en la laguna de estabilización y en otros proceso. Lo cual trae consigo impactos negativos por la acumulación de metales pesados y materia orgánica que se volatiliza y descompone generando olores y hábitat para los vectores que se ven reflejados en enfermedades de las comunidad vecinas a la PTAR.

**Componente Ambiental: Atmósfera**

➤ ***Contaminación atmosférica: Aumento en los niveles del material particulado - generación de gases de efecto invernadero & Aumento de la Emanación de olores desagradables:***

Los principales impactos del tratamiento de aguas residuales sobre la atmosfera es la generación de contaminantes atmosférica como óxidos de azufre SO<sub>x</sub>, óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub>, compuestos volátiles (COV), material particulado (PM), gases de efecto invernadero y la emanación de olores desagradables.

Este impacto ocurre durante las etapas la recolección, tratamiento de lodos, tratamiento primario y secundario, así como en la generación de biogás. La reacción de generación de las especies químicas mencionadas es favorecido por las condiciones anaerobias o anóxicas que permiten la formación de compuestos de olor desagradable como: amonio, aminas alifáticas, ácido sulfhídrico, mercaptanos, sulfuros inorgánicos, aldehídos, cetonas, estas sustancias presentan olores desagradables, que tienen en efectos indeseables sobre las comunidades vecinas, generando conflictos sociales y económicos, con un deterioro de la calidad de vida y de la economía; estos malos olores en muy pocos casos presentan efectos

crónicos sobre la salud de las personas, pero si generan síntomas como náuseas, dolores de cabeza, pérdida del apetito entre otros. (Cox, Iranpour, & Moghaddam, 2003; Jefferson, Hurst, Stuetz, & Parsons, 2002)

Durante las etapas de tratamiento de agua residual a la par que se producen compuestos volátiles que presentan malos olores se generan otros contaminantes como los SO<sub>x</sub>, y NO<sub>x</sub> causantes de la lluvia ácida y aumento del ozono troposférico. Adicional a esto en la etapa de quema del biogás genera material particulado que tiene relación directa con el aumento en la morbilidad y mortalidad en relación a enfermedades respiratorias, cardíacas e incidencia de cáncer, y a esto se suma que estos contaminantes están considerados gases de efecto invernadero. Es decir que el impacto sobre la atmósfera se relaciona directamente con la salud de las comunidades cercanas al proyecto.

#### **Componente Ambiental: Fauna**

##### ➤ ***Aumento en la Disponibilidad de nuevos hábitats y recursos para especies invasoras***

El hecho de ser un proyecto en el cual se reciben aguas residuales provoca generación de vectores infecciosos y consecuentes enfermedades intestinales a los habitantes de la zona, así como infecciones, adicional a la generación de fauna nociva tales como ratas, perros sin dueño, que encuentran una fuente de alimento y de bebida directamente de aguas residuales; estas especies invasoras encuentran un ambiente propicio en los residuos generados en el tratamiento preliminar; presentándose de manera continua en la fase de operación el proyecto.

##### ➤ ***Aumento de la población de especies invasoras***

Ligado a la disponibilidad de hábitats y recursos alimenticios es probable que las poblaciones de roedores en la zona crezcan dadas las condiciones óptimas para su desarrollo

## **Componente Ambiental: Comunidad**

### ➤ *Aumento de la marginalidad en la zona de influencia*

Este impacto se refiere aumento de la pobreza debido a la desvalorización de las propiedades que se encuentran en el área de influencia del proyecto. Debido a los impactos negativos que tiene el proyecto sobre su área de influencia, se espera una pérdida de la deseabilidad de la zona y por ende, una disminución de la demanda y los precios de las viviendas, terrenos y demás propiedades que se encuentren dentro de esta, lo que producirá un detrimento en el patrimonio de los habitantes de la zona y un consecuente aumento de la marginalidad y la pobreza.

### ➤ *Disminución de la calidad de vida de los habitantes de la zona*

Este impacto se refiere a la pérdida de bienestar que padecerán los habitantes de la zona dentro del área de influencia del proyecto. En general, en este impacto se trata de considerar la disminución del bienestar y la calidad de vida que perciben los habitantes de esta área a causa de otros impactos negativos atribuibles al proyecto.

Una de los mecanismos existentes para calcular el nivel de calidad de vida utilizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) es el Índice de Desarrollo Humano (IDH). El Índice de Desarrollo Humano considera tres parámetros: salud (esperanza de vida al nacer), educación (tasa de alfabetización de adultos y tasa bruta de matrícula combinada de primaria, secundaria y superior) y riqueza (PIB real per cápita)(“PNUD,” 2012). Dado que se considera que el proyecto en cuestión afecta por lo menos dos de estos parámetros de calidad de vida, puede esperarse una disminución de la calidad de vida de los habitantes de la zona que además puede medirse de forma objetiva.

➤ ***Aumento de la incidencia de enfermedades respiratorias***

La actividad de tratamiento de aguas tiene como posible impacto la exposición a ciertos aerosoles que pueden tener efectos adversos sobre la salud. En estos casos puede existir exposición a mezclas complejas de toxinas, alérgenos o agentes químicos que producen síntomas respiratorios y deterioro de la función pulmonar debido a que producen inflamación de las vías respiratorias.

De esta manera, pueden dividirse las enfermedades respiratorias entre enfermedades respiratorias alérgicas y enfermedades respiratorias no alérgicas. Las principales enfermedades respiratorias alérgicas que pueden producirse son el asma alérgica, la rinitis alérgica y la neumonitis hipersensitiva; mientras que las principales enfermedades no alérgicas son el asma no alérgica, la rinitis no alérgica, la bronquitis crónica, la obstrucción crónica de las vías aéreas y el síndrome del polvo orgánico tóxico. Entre los principales agentes que pueden producir estas enfermedades se encuentran los hongos, las bacterias, los actinomicetos, las endotoxinas, los peptidoglicanos, las micotoxinas, las enzimas microbianas y las proteínas de animales, vegetales e invertebrados. (ODTS)(Hernández, 2009).

➤ ***Aumento de Enfermedades Transmitidas por Vectores***

Debido a que se considera un aumento de las especies invasoras como posible impacto negativo del proyecto, debe considerarse también un aumento de las Enfermedades Transmitidas por Vectores (ETV). Las ETV son aquellas enfermedades en que intervienen artrópodos en la transmisión, tales como mosquitos (Familia Culicidae), moscas (Familia Simuliidae, Subfamilia Phlebotominae), piojos (Familia Pediculidae), chinches besuconas (Familia Reduviidae), pulgas (Orden Siphonaptera) y garrapatas (Familia Ixodidae) (Secretaría de Prevención y Protección de la Salud de México, 2001).



Las Enfermedades Transmitidas por Vectores (ETV) se relacionan con el saneamiento del ambiente doméstico y de los espacios cercanos a las comunidades, donde se reproducen o protegen los vectores y facilitan el contacto entre agentes y huéspedes; asimismo, otros procesos se dan por invasión de nichos silvestres o por migración de huéspedes. La presencia de las ETV obedecen al acercamiento y contacto de vectores que reciben y transmiten agentes patógenos entre los humanos o desde otros animales a los humanos (Secretaría de Prevención y Protección de la Salud, 2001).

Entre las principales enfermedades de este tipo que pueden llegar a presentarse, se encuentran el dengue, la malaria, la leishmaniasis, la fiebre amarilla y la enfermedad de Chagas.

## VALORACIÓN

Para la valoración de los impactos mostrados en la Tabla N, primero se utiliza la Metodología cualitativa genérica.

<b>IMPACTO TOTAL</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>
Disminución de la belleza del paisaje	-65	-62	-62	-62
Cambio en el uso del suelo	-78	-78	-78	-78
Aumento de la concentración sustancias contaminantes (metales pesados y compuestos orgánicos)	-67	0	0	0
Aumento en los niveles del material particulado	0	0	0	0
Aumento de la emanación de olores desagradables	-75	0	0	0
Aumento en la Disponibilidad de nuevos hábitats y recursos para especies invasoras	-68	0	0	0
Aumento de la población de especies invasoras	-54	0	0	0
Aumento de la marginalidad en la zona de influencia	-66	-66	-66	-66
Disminución de la calidad de vida de los habitantes de la zona	-71	-71	-71	-71
Aumento de la incidencia de enfermedades respiratorias	-60	-60	-60	-60
Aumento de enfermedades por vectores	-59	-59	-59	-59

## PLAN DE MANEJO

<b>FICHA 001 – PAISAJE</b>
<b>Actividad, Acción:</b> Capitación, Tratamiento Preliminar, Primario, Secundario, Lodos.
<b>Impacto:</b> Disminución de la belleza del paisaje.
<b>Tipo de Actividad:</b> Correctiva, mitigatoria
<b>Objetivo:</b> Mejorar el paisaje.
<b>Descripción general de la Actividad PMA:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ <i>Siembra de barreras vivas con especies nativas de la zona, para el mejoramiento ambiental (belleza propia y embellecimiento del paisaje, regulación de clima y microclima del hábitat y sus alrededores, ocultamiento de construcciones)</i></li><li>➤ <i>Pintar de un color neutro todas las instalaciones de la PTAR que sean visibles al público..</i></li></ul>
<b>Monitoreo:</b> Son actividades que requieren un mantenimiento permanente, en ambos casos para que se mantenga la estética del paisaje.

<b>FICHA 002 – SUELO</b>
<b>Actividad, Acción:</b> Captación afluente, tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento de lodos.
<b>Impacto:</b> Cambio en el uso del suelo
<b>Tipo de Actividad:</b> Correctiva, mitigatoria
<b>Objetivo:</b> Aumentar las características mecánicas del suelo y mitigación de los impactos por cambio de uso del suelo.
<b>Descripción general de la Actividad PMA:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ <i>Retiro de material orgánico y compactación de suelos para mejorar la capacidad portante del suelo.</i></li><li>➤ <i>Mejoramiento de los jarillones y realzamiento de los niveles de corana con material seleccionado para evitar inundaciones en los barrios limitantes con la PTAR.</i></li><li>➤ <i>Barreras de protección “cercas”, para impedir la construcción de viviendas o asentamiento humanos por invasión en zona inundables.</i></li></ul>
<b>Monitoreo:</b> Periódico en temporada seca y permanente en temporada de lluvia, para evaluar la estructura de los jarillones y niveles máximos del agua.

<b>FICHA 003 – ATMÓSFERA</b>
<p><b>Actividad, Acción:</b> Captación afluente, tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento de lodos.</p>
<p><b>Impacto:</b> Aumento de la concentración de gases de efecto invernadero generados durante las actividades del proyecto. Generación contaminantes atmosféricos (NO<sub>x</sub>,SO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S, compuestos orgánicos volátiles, material particulado). Generación de malos olores. Aumento de la incidencia de enfermedades respiratorias</p>
<p><b>Tipo de Actividad:</b> Preventiva</p>
<p><b>Objetivo:</b> Reducir la emisión de contaminantes atmosféricos y de gases de efecto invernadero. Reducir la incidencia de enfermedades respiratorias en la población dentro del área de influencia del proyecto mediante medidas preventivas.</p>
<p><b>Descripción general de la Actividad PMA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Instalación de filtros o biofiltros para atrapar contaminantes atmosféricos, malos olores y material articulado.</i></li> <li>➤ <i>Plantar barreras vivas que mitiguen los olores, ruidos generados y fijen carbono.</i></li> <li>➤ <i>Optimización del proceso de combustión del biogás.</i></li> <li>➤ <i>Aplicación del catalizador Ecosystem Plus con el fin de disminuir la emisión de olores.</i></li> <li>➤ <i>Plantar barreras vivas que mitiguen los olores, ruidos generados y fijen carbono.</i></li> <li>➤ <i>Programas de vegetalización que compensen los gases de efecto invernadero emitidos</i></li> </ul>
<p><b>Monitoreo:</b> Permanente</p>

<b>FICHA 004 – RECURSO FAUNA</b>
<b>Actividad, Acción:</b> Captación afluente.
<b>Impacto:</b> Aumento en la Disponibilidad de nuevos hábitats y recursos para especies invasoras. - Aumento de las poblaciones de especies invasoras.
<b>Tipo de Actividad:</b> Preventiva Mitigatoria
<b>Objetivo:</b> Evitar la propagación de vectores infecciosos
<b>Descripción general de la Actividad PMA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Trampas para ratas alrededor de la PTAR para controlar ingreso de roedores. Puesto que no se recomienda el control por medio de venenos.</i></li> <li>➤ <i>Se deberá proporcionar un manejo adecuado de los residuos sólidos domésticos generados con el fin de evitar la presencia de fauna nociva (moscas y ratas). Se deberá contar con tanques plásticos o de metal, sin perforaciones con tapa o en su defecto bolas plásticas para almacenar dichos desechos.</i></li> </ul>
<b>Monitoreo:</b> Permanente

<b>FICHA 005 – RECURSO COMUNIDAD</b>
<b>Actividad, Acción:</b> Captación afluente, tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento de lodos.
<b>Impacto:</b> Aumento de la marginalidad en la zona de influencia
<b>Tipo de Actividad:</b> Correctiva, mitigatoria
<b>Objetivo:</b> Aumentar el ingreso de los habitantes del área de influencia del proyecto y reducir la desvalorización de las propiedades dentro del área de influencia del proyecto
<b>Descripción general de la Actividad PMA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Se dará prioridad a los habitantes del área de influencia del proyecto que busquen empleo en la PTAR en la correspondiente contratación.</i></li> <li>➤ <i>Se ejecutará un plan de embellecimiento del entorno que busque corregir la desvalorización de las propiedades en el área de influencia del proyecto</i></li> <li>➤ <i>Se adecuarán cortinas forestales para mitigar el impacto de los malos olores y la disminución de la belleza del paisaje sobre el valor de las propiedades</i></li> </ul>
<b>Monitoreo:</b> Permanente

<b>FICHA 006 – RECURSO COMUNIDAD</b>
<p><b>Actividad, Acción:</b> Captación afluente, tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento de lodos.</p>
<p><b>Impacto:</b> Disminución de la calidad de vida de los habitantes de la zona</p>
<p><b>Tipo de Actividad:</b> Correctiva</p>
<p><b>Objetivo:</b> Mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona mediante impactos positivos sobre la salud, la educación o los ingresos.</p>
<p><b>Descripción general de la Actividad PMA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Se dará prioridad a los habitantes del área de influencia del proyecto que busquen empleo en la PTAR en la correspondiente contratación.</i></li> <li>➤ <i>Se realizarán talleres educativos con el objetivo de enseñar a la población dentro del área de influencia del proyecto como se ejecuta el proceso de tratamiento de aguas residuales de la planta</i></li> <li>➤ <i>Se ejecutará un plan de embellecimiento del entorno que busque aumentar el valor paisajístico del área de influencia del proyecto</i></li> <li>➤ <i>Se realizarán talleres educativos con el objetivo de enseñar a la población dentro del área de influencia del proyecto las medidas necesarias para prevenir enfermedades transmitidas por vectores y enfermedades respiratorias, así como la naturaleza y causa de este tipo de enfermedades</i></li> <li>➤ <i>Se dará el manejo correspondiente a los impactos negativos sobre la salud</i></li> </ul>
<p><b>Monitoreo:</b> Permanente</p>

<b>FICHA 007 – RECURSO INFRAESTRUCTURA</b>
<p><b>Actividad, Acción:</b> Captación afluente, tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento de lodos.</p>
<p><b>Impacto:</b> Aumento de la incidencia de enfermedades respiratorias</p>
<p><b>Tipo de Actividad:</b> Preventiva</p>
<p><b>Objetivo:</b> Reducir la incidencia de enfermedades respiratorias en la población dentro del área de influencia del proyecto mediante medidas preventivas</p>
<p><b>Descripción general de la Actividad PMA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Se adecuarán cortinas forestales para prevenir la exposición de la población dentro del área de influencia del proyecto a toxinas, alérgenos, agentes químicos o demás aerosoles que estén asociados a enfermedades respiratorias.</i></li> <li>➤ <i>Se instalarán filtros de aire en donde la generación de aerosoles potencialmente riesgosos sea crítica</i></li> <li>➤ <i>Se realizarán talleres educativos para enseñar a la población dentro del área de influencia del proyecto sobre la identificación y prevención de enfermedades respiratorias</i></li> </ul>
<p><b>Monitoreo:</b> Permanente</p>

<b>FICHA 008 – RECURSO INFRAESTRUCTURA</b>
<p><b>Actividad, Acción:</b> Captación afluente, tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento de lodos.</p>
<p><b>Impacto:</b> Aumento de Enfermedades Transmitidas por Vectores</p>
<p><b>Tipo de Actividad:</b> Preventiva</p>
<p><b>Objetivo:</b> Reducir la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores en la población dentro del área de influencia del proyecto mediante medidas preventivas</p>
<p><b>Descripción general de la Actividad PMA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Se realizarán campañas de vacunación en el área de influencia del proyecto de las enfermedades transmitidas por vectores que puedan llegar a producirse</i></li> <li>➤ <i>Se fumigarán periódicamente las zonas en las que la proliferación de insectos transmisores de enfermedades pueda llegar a ser crítica</i></li> <li>➤ <i>Se realizarán talleres educativos con el objetivo de enseñar a la población dentro del área de influencia del proyecto como prevenir la proliferación de vectores cerca de áreas residenciales</i></li> </ul>
<p><b>Monitoreo:</b> Permanente</p>