



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA PTAR PARA OPTIMIZAR EL  
SISTEMA DE REGADÍO DE PARQUES EN EL DISTRITO DEL  
RÍMAC – LIMA - PERÚ**

**PRESENTADA POR  
GONZALO PONCE MELGAR**

**ASESOR**

**RODOLFO RICARDO MARQUINA CALLACNA**

**GERARDO ENRIQUE CANCHO ZÚÑIGA**

**FRESIA DE LA VEGA PICOAGA**

**TESIS**

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

**LIMA – PERÚ**

**2019**



**CC BY**

**Reconocimiento**

El autor permite a otros distribuir y transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra, incluso con fines comerciales, siempre que sea reconocida la autoría de la creación original

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**USMP**  
UNIVERSIDAD DE  
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE  
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA PTAR PARA OPTIMIZAR EL  
SISTEMA DE REGADÍO DE PARQUES EN EL DISTRITO DEL  
RÍMAC – LIMA - PERÚ**

**TESIS**

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

**PRESENTADA POR**

**PONCE MELGAR, GONZALO**

**LIMA – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por todo lo dado.

A mis padres, por todo su cariño y comprensión.

A mi hermano, por sus consejos, a mis primos y tíos.

A mi hijo, que me da siempre la motivación para seguir adelante

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirnos estar en este mundo tan maravilloso lleno de grandes objetivos.

A nuestros padres por ser siempre excelentes guías, llenándonos de amor, comprensión y aliento.

A los docentes quienes nos brindaron su apoyo como supervisores y asesores.

A las personas que contribuyeron a la realización satisfactoria de la presente investigación.

## ÍNDICE

	Página
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCION	x
CÁPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	01
1.1    Antecedentes y problema	01
1.2    Objetivos	03
1.3    Justificación e importancia	04
CÁPITULO II. MARCO TEÓRICO	05
2.1    Antecedentes y problema	07
2.2    Bases teóricas	07
2.3    Marco conceptual	07
2.4    Tipos de PTAR	10
2.5    Sistemas de riego	22
2.6    Hipótesis	23
CÁPITULO III. METODOLOGÍA	24
3.1    Tipo de investigación	24
3.2    Nivel de investigación	24
3.3    Diseño de investigación	24
3.4    Casos de la investigación	25
CÁPITULO IV. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	42
4.1    Análisis y resultados de la investigación	42
CÁPITULO V. DISCUSIÓN	45
5.1    Discusión	45
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	49
FUENTES DE INFORMACIÓN	50

## LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla N°01 – Contaminante en el agua residual	09
Tabla N°02 – Áreas de parques intervenidos	31
Tabla N°03 – Dotación anual de agua para parques	39
Tabla N°04 – Demanda de riego aspersión VS riego	39
Tabla N°05 – Demanda total de agua para riego	43
Tabla N°06 – Flujos anuales previstos	43
Tabla N°07 – VAN y TIR	44
Tabla N°08 – Costo de m3 de tratada producida	46
Tabla N°09 – Producción de m3 de agua tratada por área edificada	46

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura N°01 – Carroer biowater biomedica	09
Figura N°02 – Vista del distrito del Rímac	25
Figura N°03 – Ubicación del distrito del Rímac	26
Figura N°04 – Vista parque del Rímac	27
Figura N°05 – Camión cisterna	28
Figura N°06 – Flujo de Alcantarillado de la zona del Rímac	29
Figura N°07 – Ubicación parque del periodista	29
Figura N°08 – Caudalímetro AVFM 5.0.	30
Figura N°09 – Gráfico de medición de caudal	30
Figura N°10 – Vista del distrito del Rímac	31
Figura N°11 – Parque El Periodista	32
Figura N°12 – Parque Juan Ríos	33
Figura N°13 – Parque San Antonio	33
Figura N°14 – Parque Las Estrellas	34
Figura N°15 – Parque Antares	35
Figura N°16 – Parque Monitor Huáscar Sur	35
Figura N°17 – Parque Monitor Huáscar Norte	36
Figura N°18 – Parque Infantil	37
Figura N°19 – Parque España	38
Figura N°20 – Costo por tipo de riego	42



## RESUMEN

El trabajo de investigación Implementación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable, PTAR, para optimizar el sistema de riego de 12 parques ubicados en el distrito del Rímac consiste en elaborar una comparación con metodología de tipo descriptiva y las variables son de tipo cuantitativo discreta. Tiene como objetivo principal evaluar la viabilidad de implementar una PTAR en el distrito del Rímac, actualmente se abastece de un riego informal mediante camiones cisternas. Además, este demostró los otros beneficios generados por la PTAR, como el aprovechamiento de energía mediante biogás y el uso de los desechos sólidos como abono. Consta de un trabajo de campo, se evaluó la mejor ubicación para la PTAR, considerando área y caudal de captación para la planta, luego, se obtiene área de influencia a las áreas verdes aledañas. Que se seleccionaron por sus características morfológicas y por la presencia de viviendas informales de albañilería. La información de campo se recolecto con un caudalímetro, en las que se recopiló datos para obtener el promedio de caudal por día, así como un mapeo a fin de elaborar la distribución del agua tratada hacia los parques. Finalmente, en el trabajo de gabinete se procesó la información en data, donde se establece las condiciones y parámetros adecuados para el desarrollo de la PTAR, elaborando un análisis de los beneficios en la zona de influencia. Luego con la información obtenida se determinó el VAN y TIR para dar como resultado la viabilidad.

**Palabras claves:** PTAR, VAN, TIR, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

## ABSTRACT

The research work Implementation of a Drinking Water Treatment Plant, WWTP, to optimize the irrigation system of 12 parks located in the Rímac district consists of preparing a comparison with a descriptive methodology and the variables are of a discrete quantitative type. Its main objective is to evaluate the viability of implementing a WWTP in the district of Rímac, currently it is supplied by informal irrigation using tanker trucks. In addition, it demonstrated the other benefits generated by the WWTP, such as the use of energy through biogas and the use of solid waste as compost. It consists of a field work, the best location for the WWTP was evaluated, considering the catchment area and flow for the plant, then the area of influence to the surrounding green areas is obtained. Which were selected for their morphological characteristics and the presence of informal masonry dwellings. The field information was collected with a flow meter, in which data was collected to obtain the average flow per day, as well as a mapping in order to elaborate the distribution of the treated water to the parks. Finally, in the office work, the information was processed into data, where the appropriate conditions and parameters for the development of the WWTP are established, preparing an analysis of the benefits in the area of influence. Then with the information obtained, the NPV and IRR were determined to result in viability.

Keywords: PTAR, VAN, TIR.

## INTRODUCCIÓN

En esta investigación se desarrolla un tipo de metodología simple para determinar la viabilidad de la implementación de una PTAR para el sistema de riego de parques en el distrito del Rímac. Para ello se ha realizado un estudio evaluando los costos de implementar una planta más la distribución hacia los parques beneficiados comparándolos con el sistema actual.

La ciudad de Lima cuenta con una cobertura de agua del 89 % en zonas urbano, teniendo en cuenta que Lima es un desierto, es indispensable aprovechar el recurso agua. El distrito de Rímac no cuenta con un sistema adecuado de irrigación de parques, se abastece de camiones cisternas y agua potable, lo que fomenta el uso inadecuado de agua potable, se ve necesario realizar una evaluación, mediante la recolección de información de campo y procesada en una hoja de cálculo obteniendo resultados y proponiendo soluciones al sistema actual.

Esta tesis está organizada en cinco (5) capítulos y cada uno de ellos distribuidos de la siguiente manera:

En el primero, se desarrolla el Planteamiento del problema, se menciona el criterio de selección, se fundamenta y se describen las limitaciones y su viabilidad correspondiente. Para seguidamente formularlo y describirlo. En el segundo, se aborda el Marco teórico, en la que se presenta las teorías e investigaciones relacionadas con el problema planteado. En el tercero, se describe la Metodología de la tesis, se muestra el nivel, tipo, diseño, sistema de variables, población y muestra, técnicas de recolección y tratamiento de datos de la investigación. En el cuarto, se presenta los resultados de la investigación, se evalúa la opción económica más viable para mejorar el sistema de regadío de parques en el distrito del Rímac. Y en el capítulo quinto, se va a realizar las discusiones a partir de los resultados de la investigación en estudio.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Antecedentes y problema.**

En el contexto peruano, las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) son aquellas que deben brindar el servicio de agua potable y alcantarillado, asimismo tienen el objetivo de llegar a la totalidad de cobertura de dicho servicio en el país.

De acuerdo a lo mencionado, el Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI (2016): “La población total del país a diciembre de 2016 es de 31.5 millones de habitantes, de los cuales 24.3 millones pertenecen al ámbito urbano y 7.2 millones al ámbito rural” (p. 3).

Con respecto a zonas del país según, Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI (2016) menciona:

Los habitantes de la población urbana, 19.8 millones se encuentran bajo el ámbito dentro de la administración de las EPS. No obstante, la población servida con agua potable y alcantarillado es de 18.1 millones y 16.7 millones de habitantes respectivamente. Por este motivo, la cobertura de agua potable promedio es de 91.55% y la cobertura de alcantarillado 84.41%, respecto a las cifras relacionadas a acceso a los servicios de saneamiento (pp. 3-4).

Teniendo aun una meta que alcanzar del 100%, en Lima se tiene un 96.1% de Cobertura, pero aun, un millón de personas no cuenta con ese servicio, como explico el presidente de SEDAPAL en el 2018.

Publímetro (2018): “Solo en Lima y Callao hay un millón de peruanos que tienen dificultad con el acceso al agua. De ellos, 700.000 no tienen ninguna forma de redes de abastecimiento y 300.000 la reciben a través de pilones públicos.” (p. 1)

Teniendo este contexto, tenemos que ponernos a pensar en cómo aprovechar el agua para poder brindar agua a otros sectores, dado que no es solo falta de infraestructura, si no también, la falta del recurso. Se debe empezar a reutilizar el agua servida tratada para evitar el uso incorrecto del recurso agua tratada, por ejemplo, para riego de jardines y similares.

Se estima que solo el 4% del agua consumida en el mundo es reutilizada. Un estudio realizado por la ANA (2016) señala que se produce 45 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales en el Perú. En Lima y Callao se genera 18.3 m<sup>3</sup>/s lo que representa el 43% del total nacional. El volumen tratado y reusado en riego agrícola se estima de 7.8 m<sup>3</sup>/s y en riego municipal es aproximadamente del 0.2 m<sup>3</sup>/s.

Analizando los antecedentes y viendo la necesidad de la población de administrar mejor el recurso agua, se planteó una solución reusando los recursos existentes, al poner en funcionamiento una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito del Rímac para el regadío de los parques; Con este sistema, se requiere promover un óptimo uso del recurso agua, a fin de demostrar que el reusó de agua servida para regadío es una solución económica para las municipalidades.

### 1.1.1 Formulación del problema general:

¿De qué modo la implementación de un PTAR optimizaría el sistema de Regadío de parques en el distrito del Rímac?

### 1.1.2 Formulación de problemas específicos:

- ¿La puesta en funcionamiento de una PTAP será la opción más económica para el regadío en el distrito del Rímac?
- ¿La implementación del reúso de aguas tratadas para regadío contribuirá para evitar el desperdicio de agua potable del distrito del Rímac?
- ¿Cuál es el mejor sistema de PTAR para la optimización de sistema de regadío de parque en el distrito del Rímac?

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general:

Evaluar la optimización del sistema de regadío de parques en el distrito del Rímac mediante un PTAR

### 1.2.2 Objetivos específicos:

- Evaluar el funcionamiento de un PTAR como mejor opción económica del sistema de regadío.
- Evaluar el mejoramiento del regadío de parques como desarrollo sostenible del distrito.
- Evaluar la mejor opción de PTAR: Biorreactor de lecho móvil (MBBR) Y Reactores Biológicos Secuenciales

### **1.3 Justificación e importancia**

#### **1.3.1 Justificación teórica**

El Distrito del Rímac, presenta un área de 1,187 Ha., de las cuales, 42 Ha. son áreas verdes, las cuales son regadas con agua potable de los servicios de SEDAPAL y con el agua distribuida por camiones cisternas.

El consumo de agua potable y de camiones cisternas genera un aumento de presupuesto para el Municipio, cada vez que se subvenciona los excesos del consumo de agua potable, termina orientándose el presupuesto de otros servicios destinados a la población.

#### **1.3.2 Justificación metodológica**

Es importante y necesario; el diagnóstico, evaluación y planteamiento de la solución de la implementación de un nuevo sistema de riego de parques, para ello se ha utilizado esta metodología mediante los indicadores de medición de VAN y TIR del método convencional y el implementado para demostrar la investigación.

#### **1.3.3 Justificación práctica**

La investigación es justificada porque de una manera práctica y sencilla evaluamos la contrastación de la hipótesis.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

**López Hernández, R (2015):** “Planta de Tratamiento de aguas residuales para reusó de parques y jardines en el distrito de nueva esperanza, provincia de Trujillo La Libertad. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú” (p. 1).

La investigación se ubica en el distrito denominado con el nombre, La Esperanza, pertenece a la provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, da a conocer que el distrito usa noventa y seis mil galones (363 m<sup>3</sup>) de agua potable para regar las áreas verdes, nos muestra 2 métodos de PTAR para reusarlas en regadío de parques y jardines, se hace un comparativo del sistema actual y con PTAR, con la finalidad de reducir el consumo de agua potable para riego y economizar el presupuesto del distrito.

**Fortunato, O (2010):** “Propuesta de un Modelo Socio económico de decisión de uso de agua residuales tratadas en sustitución de agua limpia para áreas verdes. Universidad de Piura, Perú” (p.1).

En esta tesis se propuso la problemática ambiental en el mundo. En la actualidad, en cualquier ciudad, la prioridad es dar una solución viable a la contaminación atmosférica, buscar cómo controlar y disminuir los residuos sólidos, además de buscar formas de reducir el consumo de agua con el fin de cuidar los recursos hídricos, para lograr ello, se vienen realizando investigaciones en todo el mundo” (Fortunato, 2010, pp. 2-3).



Se contabiliza que más de dos millones de personas en el mundo, mayoritariamente niños con edad menor de los seis años se enferman y fallecen debido a problemas producidos por la mala higiene por falta de agua, por ejemplo, diarreas vinculadas al agua insegura. Estas muertes producidas por no disponer de agua adecuada o en buen estado, se podrían evitar.

**Espinoza, R (2010):** “PTAR en San Juan de Miraflores. Universidad de Piura” (p. 1).

El estudio nos explica el estado actual de las lagunas de San Juan de Miraflores, elaboradas en la década de los 60, que contó con una capacidad de 160 l/s y a finales del siglo pasado tenía una ciudad de 450 l/s, por lo que se plantea ampliar y cambiar el sistema de tratamiento de aguas residuales, no muestra la alternativa de lagunas aireadas. Se logra hacer un análisis del nuevo sistema demostrando su funcionamiento eficaz.

**Autoridad Nacional del Agua-ANA (2016):** “Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas” (p. 1).

El documento nos hace una comparación con otros países, lo cual se rescata las experiencias bajo distintos escenarios. Estas prácticas dan al receptor las herramientas en el área técnica así como información para la toma de decisiones en el potencial oculto que el reuso de aguas residuales en la actividad productiva y en el ámbito de la actividad agroforestal (ANA, 2016, p. 5).

**Informe Anual, SEDAPAL (2016):**

La organización del presente documento comienza con la presentación del contexto actual de la empresa, para luego describir en una sinopsis modular cada una de las variables que se toman en cuenta en el análisis (demanda, inversiones, costos, ingresos). Por último, se muestran como ha influenciado la buena toma de decisiones en los estados financieros, y fórmula tarifaria (p.3).

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales:**

Una planta de tratamiento es un conjunto de operaciones unitarias físicas, químicas, físico-químicas o biológicas cuyo propósito es eliminar o reducir la contaminación del agua o características indeseables, ya sea natural, suministrada, de proceso o natural. (Wikipedia, 2019, p. 1)

## **2.3 Marco conceptual**

### **A. Características:**

#### *a.* Características Físicas:

Sólidos:

Los sólidos sedimentables son todos aquellos que se sedimentan en el fondo de un recipiente en un tiempo aproximado de 60 minutos, se expresa en miligramos / litros, lo cual constituye una medida aproximada de la cantidad de fango que resultará en la decantación primaria del agua residual. Estos sólidos se pueden dividir en filtrables o no filtrables. (López y Herrera, 2015, p. 16)

Olores:

Es producido por gases en fase de descomposición de la materia orgánica; obteniendo así un olor desagradable incrementado con la presencia del sulfuro de hidrogeno. (López y Herrera, O 2015, p. 16)

Color:

Se caracteriza por presenta un color gris, pero al crecer el tiempo de transportes en las redes de alcantarillado el color del agua residual cambia paulatinamente de gris a un gris oscuro, obteniendo por último un color negro. (López y Herrera, O 2017, p. 16)

Turbiedad:

Su cálculo de unidades nefelométricas de turbiedad –UNT, consiste en la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la

intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones. (López, O 2015)

*b.* Características químicas:

- Materia orgánica
- Materia Inorgánica
- Gases

*c.* Características Biológicas:

Para el tratamiento biológico se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Microorganismos
- Organismos Patógenos

Los Sigüientes contaminantes son importantes para las PTAR:

**B. Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual**

- Sólidos suspendidos:
- Materia orgánica biodegradable:
- Patógenos: Producen enfermedades.
- Nutrientes:
- Materia orgánica refractaria:
- Materia orgánica refractaria:
- Sólidos inorgánicos disueltos:

En la siguiente tabla se muestra una generalizada enumeración de la importancia de los contaminantes y sus efectos.

**Tabla N ° 1: Contaminante en el agua residual**

Contaminante	Fuente	Efectos causados por la descarga del agua
Sustancias que consumen oxígeno(MO*biodegradabl).	ARD* y ARI* (proteínas, carbohidratos, grasas, aceites).	Agotamiento del oxígeno, condiciones sépticas.
Sólidos suspendidos	ARD y ARI; erosión del suelo.	Depósito de lodo; desarrollo de condiciones anaeróbicas.
• Nitrógeno(nutriente) • Fósforo (nutriente)	ARD, ARI y ARA* ARD y ARI; descarga natural.	Crecimiento indeseable de algas y plantas acuáticas.
Microorganismos patógenos	ARD	Comunicación de enfermedades.
Materia tóxica • Metales pesados • Compuestos orgánicos tóxicos	ARI ARA y ARI	Deterioro del ecosistema; envenenamiento de los alimentos en caso de acumulación.
MO refractario (Difícil de degradar biológicamente)	ARI (fenoles, surfactantes), ARD (surfactantes) y ARA (pesticidas, nutrientes); Materia resultante del decaimiento de la MO.	Resisten el tratamiento convencional, pero pueden afectar el ecosistema.
Sólidos inorgánicos disueltos • Cloruros • Sulfuros • pH	Abastecimiento de agua, uso de agua Abastecimiento agua, uso agua, infiltración ARD y ARI ARI	Incremento del contenido de sal.
Olores: H <sub>2</sub> S	Descomposición de ARD	Molestia pública

\*MO; Materia orgánica \*ARD: Aguas residuales domésticas \*ARI: Aguas residuales industriales; \*ARA:

Aguas residuales agrícolas.Fuente: Alaerts (1995)

Fuente: Aloerts (1995). Contaminantes en el agua residual

En la tabla anterior, apreciamos los efectos que generan los distintos contaminantes en el agua.

### C. Fuentes de aguas residuales

Existen cuatro fuentes y tipos fundamentales de aguas residuales según Rubens (1999) las que se mencionan a continuación:

- Aguas residuales industriales.
- Aguas residuales domesticas o urbanas.
- Aguas pluviales.
- Escorrentía de usos agrícolas.

### D. Tipos de Aguas Residuales

- Aguas residuales doméstico
- Aguas residuales sanitarias
- Aguas residuales combinadas
- Aguas residuales agrícolas
- Aguas lluvias
- Residuos líquidos industriales

La información mencionada anteriormente, sobre la descripción de las características biológicas, así como las características químicas, se pueden encontrar en el Anexo 3

## **2.4 Tipos de PTAR**

### **2.4.1 Planta compacta modular MOVING BED BIOFILM REACTOR (MBBR)**

La planta compacta modular tiene las siguientes etapas:

#### **1. Impulsión al sistema**

Por medio de bombas sumergibles centrífugas se realizará la impulsión del afluente a tratar a un caudal de 5.4 m<sup>3</sup>/h, comandada la impulsión mediante sistema de peras de nivel. Con el objeto de registrar el sistema tratado se dispondrá de un medidor de caudal.

#### **2. Pre-tratamiento cribado fino**

Las aguas residuales que serán impulsadas por las bombas del estanque de pozas, serán alimentadas a un sistema de pre-tratamiento modular donde serán recibidas en canastillos (cribado fino), con el objeto de remover los sólidos que pudiesen intervenir en el buen funcionamiento del sistema biológico aguas abajo en el proceso. Antes del cribado fino se dispondrá en la tubería de impulsión y de un medidor de caudal que se mencionó en el punto anterior

#### **3. Tratamiento biológico MBBR**

El método de procedimiento biológico estará basado en la tecnología de Biorreactor de lecho móvil MBBR (Moving Bed Bio Reactor) en modalidad CMFF (Complete Mix Fixed Film), la que permitirá una eficaz reducción de materia orgánica.

El diseño BioWater CMFF® incluye elementos carriers (lecho móvil) que nadan libremente alrededor del reactor y está fundamentalmente diseñado para la formación de biofilm. Las bacterias crecen y desarrollan sobre la superficie de los portadores (carrier). El patrón de movimiento de los portadores en los reactores también permitirá una exclusión natural de exceso de biofilm, debido a las fuerzas compartidas entre los portadores y el agua en el reactor.



Figura 1: Carroer Biowater Biomedica BWT-X biofilm  
Fuente: [sasaaaaaa](#)

#### **4. Características MBBR:**

Algunas de las ventajas que el proceso biológico MBBR:

- Solución compacta y modular de fácil ampliación - alto grado de llenado que permite el crecimiento de las bacterias, y por lo tanto una solución compacta.
- Menor generación de lodos frente a otras tecnologías como lodos activados.
- Solución estable - biofilm con auto regulación garantiza un tratamiento estable bajo cargas variables
- Tamices de retención, se colocan en la salida de los biorreactores para evitar que los portadores (carriers) escapen del reactor. Los reactores aeróbicos tendrán también un sistema de aireación de burbuja gruesa que proporciona suficiente oxígeno para el proceso biológico y la energía suficiente para la mezcla de los portadores de biofilm.

#### **5. Caracterización de los procesos básicos involucrados**

La oxidación biológica es un método que se basa en conseguir los procesos vitales de los microorganismos presentes en el agua para luego proceder a producir la remoción de toda la materia orgánica conocido como, DBO5 de las aguas turbias, ya sea agua usada para la industrial o usada en uso urbano, se realizan procesos de oxidación.

Los Procesos para lograr la oxidación biológica, consiste en la asimilación de la materia orgánica degradable biológicamente (DBO5) por los microorganismos heterotróficos, en presencia de oxígeno y nutrientes de acuerdo con la siguiente reacción:

$$\text{Mat. orgánica} + \text{Microorganismos} + \text{O}_2 = \text{Productos finales} + \text{Nuevos Microorganismos} + \text{Energía}$$

Los productos finales del metabolismo aerobio son CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. El sistema consiste en amplificar un cultivo bacteriano a raíz de la alimentación de las aguas a sanear (sustrato) en un estanque agitado y aireado (depósito de aireación) en el cual, mediante contexto apropiadas, los microorganismos crecen sobre los portadores que presentan una gran área específica, lo que permite las bacterias puedan progresar en su interior como materia biológica adherida a estos. Una vez que las bacterias han cumplido su vida útil se desprenden del sustrato y quedan en forma suspendida en el agua del reactor, los que pueden ser separados posteriormente mediante un proceso de separación sólidos-líquido. Al agitar, lo que se busca y se obtiene es evitar que la separación ocurra en el estanque, ek estanque de aireación, y por ende, mantener homogénea la mezcla de los flóculos bacterianos y el agua residual en el estanque; Al obtener la aireación, buscamos proveer el oxígeno indispensable tanto a las bacterias como al resto de los microorganismos aerobios que llevan a cabo la descomposición de la materia orgánica.

Posterior al sistema MBBR existirá una zona de separación sólido líquido mediante sedimentación secundaria, cuyo clarificado generará el agua de vertido para la desinfección en cámara de contacto.

El sistema de oxigenación para sistema MBBR será mediante aeración a través de burbuja gruesa.

Las necesidades de oxígeno darán cálculo de las condiciones de carga diaria de diseño en términos de la separación de DBO5 y la demanda de la suma de la biomasa en aireación, a la temperatura máxima mensual promedio de verano, y con un valor residual de 2 mg OD/L.

## **6. Sistema Reactor Biológico de Lecho Móvil MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor)**

El sistema MBBR es un Reactor Biológico de Lecho Móvil:

Se consideran 2 sopladores que suministrarán aire al sistema, con uno en funcionamiento y uno en stand-by. Los 2 elementos funcionarán de manera alternada en modo 1+1, de tal manera que con los 2 elementos se tenga cubierta la necesidad de aire requeridas más un 12% adicional.

En la zona aireada (MBBR) se introducirán los elementos plásticos o “carriers”, que permitirán la adhesión de los microorganismos (biofilm). Estos elementos poseen un área específica de 650 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, reduciendo de esta manera las necesidades de espacio para esta unidad. Estos carriers nadan libremente en el reactor gracias a la energía proporcionada por el sistema de aireación

A la salida de los estanques aireados existirán unos tamices fabricados en placa perforada AISI 304 para evitar la salida de los carriers a los elementos posteriores de tratamiento. Estos tamices tendrán una forma plana y montados sobre los muros.

La difusión del aire se realizará por medio de tuberías sumergidas perforadas para la generación de burbujas gruesas. En combinación con el aire de los sopladores permitirán una adecuada mezcla y homogenización del material de soporte y de la biomasa, además de posibilitar el proceso de respiración endógeno y de eliminación de materia orgánica llevada a cabo por los sólidos suspendidos

## **7. Clarificador (Sedimentador)**

El efluente del reactor del sistema Biológico de Lecho Móvil (MBBR) alimentará un sedimentador secundario que tiene como fin separar los sólidos (flóculos biológicos) del agua a tratar. La alimentación desde el reactor biológico al clarificador será efectuada gravitacionalmente.

Los lodos decantados serán enviados a través de bombas sumergibles, hacia el espesador gravitacional cuando se necesite purgar lodos del sistema, los lodos espesados en esta etapa serán destinados al deshidratado de lodos o transporte a un lugar de disposición según sea la definición del cliente.



Los reactores biológicos están diseñados para conservar el licor mezclado en suspensión, de modo que se genere un contacto continuo entre las aguas residuales; los microorganismos y el medio (carriers).

## **8. Tratamiento terciario. Sistema de filtración**

El tratamiento terciario tiene como objetivo avanzar en la depuración, siendo esta fase del tratamiento también denominada “afino”. La finalidad de este tratamiento terciario es la eliminación partículas finas.

Este tratamiento consiste en la dosificación de cloruro de hierro en el clarificador secundario para precipitar el fósforo y los sólidos suspendidos remanentes.

El clarificado, se pasa a un sistema de filtración para garantizar el nivel de fósforo exigido por normativa. Este filtro, de operación automática, está totalmente equipado con válvulas y bombas de alimentación y retrolavado.

## **9. Desinfección del efluente**

Luego de la sedimentación se obtiene el clarificado que ya comprende el efluente tratado que cumplirá con la norma requerida, previa desinfección con cloro (Hipoclorito de sodio al 10%).

## **10. Espesamiento de lodos**

Los lodos purgados desde el sistema de sedimentación secundaria (WAS) serán conducidos a un estanque espesador de lodos construido en acero estructural. En esta etapa los lodos se siguen aireando para estabilizar la actividad biológica residual. A continuación, se dejan espesar para reducir su volumen y abaratar los costes de su gestión. El sobrenadante clarificado es recirculado a la cabecera del tratamiento.

Los lodos espesados podrán ser deshidratados o trasladados para aprovecharse.

### **2.4.2 Planta compacta REACTORES BIOLÓGICOS SECUENCIALES (SBR)**

El AquaSBR actúa como una poza de regulación, aireación y clarificación en tiempos controlados y en un único reactor. El corte de entrada del flujo durante el

proceso de tratamiento proporciona una mezcla perfecta del efluente durante condiciones de reposo en el reactor. Cada reactor tiene su propio régimen de tratamiento y todas las fases del tratamiento se producen en cada reactor en cada ciclo completo y con el máximo caudal de diseño.

### **1. Pre-tratamiento**

El Pre-Tratamiento de la PTD – AquaSBR consistió en la remoción de los sólidos gruesos a partir de una cámara de rejillas instalada aguas arriba y los sólidos finos presentes en el efluente a partir de una criba rotatoria o malla dinámica.

### **2. Equipo de separación por malla dinámica: criba rotatoria**

La criba dinámica sirvió como protección a la PTD SBR de sólidos más finos provenientes de la red y que previamente han pasado por una cámara de rejillas aguas arriba para sólidos más gruesos. Este equipo está formado básicamente por un tambor con una malla inoxidable de alambre acunado de contacto externo con aberturas de 0.04” (1.016 mm) cuya configuración y operación permite la remoción sin obstrucción de sólidos gruesos al paso del efluente. Se colocará un equipo para medición del caudal al ingreso de la planta, antes de la criba rotatoria.

### **3. Pre – Ecuación**

En esta etapa, es realizada en un TANQUE PRE-ECUALIZADOR donde se recibe el efluente para ser homogenizado con inyección de aire. Luego de esta etapa el efluente es bombeado hacia los reactores SBR mediante bombas sumergibles de transferencia en el tanque PRE-ECUALIZADOR.

### **4. Tratamiento biológico: Reactores secuenciales**

El tratamiento para la remoción de compuestos orgánicos procedentes de los efluentes domésticos o tratamiento biológico se diseña en base a operaciones que logren oxidar (degradar, estabilizar, mineralizar, etc.) el contenido de la materia orgánica. Las operaciones previas de menor complejidad deben ser consideradas

de tal forma que permitan la remoción de lo físicamente separable y sólo diseñar el sistema para la oxidación biológica para la fase soluble, promoviendo la remoción de DBO, DQO, Nitrógeno y Fósforo. En lo que respecta a la temperatura, ésta no debe exceder de los 35°C al ingreso del sistema aeróbico.

Los datos reportados de los efluentes domésticos nos permiten plantear un tratamiento biológico con sistemas SBR cuyo funcionamiento operacional es versátil para la remoción de los contaminantes orgánicos.

## **5. Proceso SBR**

El sistema SBR se caracteriza por realizar el proceso biológico de manera secuencial (por lotes), lo cual brinda una mayor eficiencia durante la sedimentación por el contacto con los lodos sin interrupción y alcanzando una alta densidad de células en su interior.

El SBR como sistema de lodos para procedimiento del agua residual, funciona realizando ciclos, este ciclo consiste en primero llenar el tanque y posteriormente descargarlo. La homogenización de caudales, la aireación y la sedimentación se logran en un solo reactor. En un sistema convencional de lodos activados, se usa un solo reactor para lo cual se requiere de un tanque pulmón y para mejorar el rendimiento del sistema, se utilizan dos o más reactores en una secuencia donde el flujo es continuo. La operación de un reactor SBR se basa en el principio de llenado-descarga, el cual consiste en los siguientes 5 pasos básicos: Llenado, reacción, sedimentación y descarga. Se puede diseñar más de una táctica operacional mientras el desempeño de los pasos descritos. La variedad de las operaciones del sistema SBR, hace posible que se puedan establecer las condiciones necesarias también para la remoción de nitrógeno y fósforo.

## 6. Secuencia del sistema SBR

### a) Etapa de llenado

En la primera etapa del proceso SBR, el reactor sirve como tanque de homogenización de caudales durante el llenado con el efluente. Esta etapa ayuda a que el sistema pueda soportar el flujo de agua o cargas máximas del efluente y los homogenice dentro del reactor.

El siguiente paso, se basa en el llenado estático, lo que significa que no tiene mezcla ni aireación, esto da como resultado una alta concentración de sustrato (alimento) una vez que se inicie la mezcla. La alta correspondencia F/M para poder crear un medio favorable para que los organismos empiecen a crecer progresivamente en los flóculos en vez de filamentos, esto proporciona al fango mejores características en lo que respecta a la sedimentación. Asimismo, las condiciones de llenado estático favorecen a los organismos que hacen almacenamiento interno de productos durante condiciones que logran una alta concentración de sustrato.

La versatilidad del sistema también permite obtener condiciones anóxicas para condiciones especiales del efluente en las que se desee la desnitrificación del efluente mediante microorganismos que utilizan a los nitratos.

#### a.1) Etapa de llenado y mezcla (Aprox. 60 min de duración)

- El efluente crudo ingresa al reactor AquaSBR, la mezcla se completa con el contenido del reactor sin utilización de aireación. Esta fase ayuda al control de los organismos filamentosos y es esencial para aquellos sistemas que requieren remoción de fósforos.
- Esta mezcla sin aireación la realiza el sistema AquaDDM. (Mezclador superficial) y es donde se puso en contacto la biomasa con el efluente.
- Durante esta etapa ocurre el proceso de alimentación de nutrientes, compuestos nitrogenados y fosforados.

#### a.2) Etapa de llenado y reacción (Aprox. 120 min de duración)

- El efluente continúa alimentándose y mezclándose, pero ahora en condiciones de aireación. La aireación puede ser intermitente para promover las condiciones tanto aeróbicas como anaeróbicas (Condiciones anóxicas).
- Las vías metabólicas de nitrificación y desnitrificación pueden ser ejecutadas logrando un buen resultado. La aireación será operada intermitentemente durante un flujo lento (generado por el AquaDDM), así como de la carga orgánica con el objetivo de conservar energía.

#### b) Etapa de no llenado

##### b.1) Etapa de reacción (Aproximadamente 60 min de duración)

- Se cierra la válvula de ingreso el efluente para pueda iniciar la etapa de reacción dentro del mismo reactor mientras que la aireación y la mezcla continúan para proporcionar oxígeno y homogenización.
- El sistema de aireación es intermitente de acuerdo a lo que sea necesario para lograr el proceso de nitrificación y desnitrificación y así poder conservar energía. Los tiempos son controlados de acuerdo a la calidad del efluente (medido por sensores de OD).
- En esta etapa se produce el mayor abatimiento de la materia orgánica.

##### b.2) Etapa de sedimentación o asentamiento (Aprox. 60 min de duración)

- La operación de mezcla y aireación cesan para que la separación sólida / líquido se realice bajo condiciones perfectas de quietud y pueda pasar a la etapa de decantación.

##### b.3) Etapa de decantación y desecho de lodo (Aprox. 60 min de duración)

- Para esta etapa, siguen apagados los sistemas de mezcla y aireación, al mismo tiempo el volumen de efluente tratado es removido y dirigido al tanque de post-ecualizador, por el sistema Aqua-Decanter.
- El reactor se encuentra listo para recibir el próximo batch de efluente crudo.
- Una pequeña cantidad de lodo es eliminada por cada ciclo y es enviado al “Tanque Digestor de Lodos”.

#### b.4) Etapa de reposo

- Esta etapa ocurre cuando en un determinado batch las condiciones del flujo son menores que el flujo máximo de diseño.
- El tiempo de esta etapa varía de acuerdo a las condiciones de flujo.

Las etapas descritas se establecen de acuerdo a la condición del efluente, dado que estos impactan en una serie de operación de los sistemas SBR. Los intervalos de tiempos dentro de un ciclo se configuran al arranque de la planta dependiendo de los requerimientos de remoción.

### **7. Post-ecualización**

El agua clarificada proveniente de los reactores pasa por un proceso de desinfección (se dosifica aproximadamente 50 l/día Hipoclorito sodio 10%) en el TANQUE POST- ECUALIZADOR con una capacidad de 140m<sup>3</sup>. Igualmente, durante esta etapa se inyecta aire para mantener niveles óptimos de Oxígeno Disuelto, de acuerdo a la normativa ( $\geq 3$  mg/l – De acuerdo a lo especificado en las bases).

### **8. Tratamiento terciario**

Sistema de Filtración con Discos de Membrana. Estos filtros están diseñados para una variedad de aplicaciones de tratamiento terciario. Esta tecnología ha sido ampliamente probada y ofrece una gran calidad de filtrado de efluentes para su reutilización además de ser una tecnología de filtración aceptada a nivel mundial.

Los sistemas de filtración con discos de membranas AquaDisk® utilizan membranas de material polyester como filtro principal, el cual es resistente al cloro y ofrece una eliminación constante de partículas muy finas.

Los sistemas de filtración AquaDisk® son alimentados por gravedad, el sistema está diseñado para su retrolavado automáticamente, durante este proceso se mantiene la filtración continua. El retrolavado típico es menos de 2-3 %, con un tiempo de recuperación rápida de menos de 3 minutos, en comparación con otros filtros típicos que pueden tardar hasta 20 minutos.

Características y Beneficios:

- Mayor calidad de los efluentes.
- Menores tasas de retrolavado.
- Reutilización de los efluentes de calidad, sin adición de productos químicos.
- Gran capacidad de filtración de sólidos y mayores tasas de carga hidráulica.
- Filtración continua durante el retrolavado.
- Disponible en paquete completo y como equipo para instalar en tanques de hormigón.
- Base pequeña.
- Gran capacidad de expansión.
- Elimina los medios de filtración de grava y arena y sus drenajes.

## **9. Deshidratación de lodos**

Los lodos formados en el tratamiento biológico deben ser deshidratados para posterior evacuación. Los diferentes procesos de deshidratación se pueden encontrar en lechos de secado, centrifugas, filtro de banda y filtros prensa. Nuestra propuesta contempla la instalación de un filtro prensa.

## **10. Filtro de Prensa**

La función principal es separar los líquidos y sólidos a través de filtración por presión. Es un procedimiento simple y confiable para alcanzar una gran compactación. Es capaz de comprimir y deshidratar sólidos hasta lograr del 25% al 60% por peso de los lodos compactados.

Se ha calculado del uso de un filtro prensa para un volumen de lodo a tratar de 39.2 m<sup>3</sup>/día proveniente del tratamiento biológico, los “queques” producidos por cada tanda de tratamiento prensado serán aproximadamente de 25 pie<sup>3</sup> y con un

porcentaje de entre 25 y 30% de sólidos. Se está proponiendo un Filtro Prensa marca HYDROCAL o similar, calculando que va a trabajar aproximadamente 12 horas por día en condiciones normales.

Posteriormente es conducido a un estanque espesador de lodos construido en acero estructural. En esta etapa los lodos se siguen aireando para estabilizar la actividad biológica residual. A continuación, se dejan espesar para reducir su volumen y abaratar los costes de su gestión. El sobrenadante clarificado es recirculado a la cabecera del tratamiento.



## 2.5 Sistemas de riego

Existe muchos sistemas de riego, estas técnicas han sido planteadas para distintas condiciones, como se puede apreciar en el Anexo 4: Sistemas de riego.

Para el estudio a presentar, se van a utilizar y verificar los métodos más usados:

- Método por aspersión
- Método por gravedad
- Método por goteo

Los tres métodos mencionados anteriormente, tienen condiciones particulares, las cuales se emplean de distintas maneras dependiendo el caso, explicaremos brevemente cuales son las ventajas y desventajas de los tres métodos.

### i) Aspersión VS gravedad

El método de aspersión tiene como principio ahorrar en el gasto de agua, la cual riega irradiando un área de un radio de 1 a 4 metros dependiendo de cómo se aplique.

Con respecto al método de gravedad, este consume mayor agua, pero riega toda el área a regar, a diferencia del método anterior, que solo riega parcialmente tramos del área total y con menor intensidad.

### ii) Goteo VS gravedad

El método de goteo, como lo explica el nombre tiene la finalidad de regar un área mediante gotas, mediante un diseño basado en los puntos a regar, este método reduce muchísimo el consumo de agua, pero eleva mucho el costo de implantación.

Con respecto al método de gravedad, este riega toda el área, lo que genera un gasto mayor de agua, pero no tiene un costo nada alto en el diseño del mismo.

### iii) Goteo VS aspersión

El método de goteo, comparado con la aspersión, presenta un costo más alto y consumo menor.

Con respecto al método de Aspersión, este riega mayor área, lo que genera un gasto mayor de agua. Este método es recomendado para punto que necesitan agua en áreas medianas.

## **2.6 Hipótesis**

### 2.6.1 Hipótesis general:

Es posible determinar la optimización del sistema de riego de parques mediante la implantación de un PTAR

### 2.6.2 Hipótesis específicas:

- La optimización del sistema de riego mediante un PTAR genera un ahorro económico a la Municipalidad del Rímac.
- La optimización del sistema de riego mediante un PTAR reduce el consumo de agua
- PTAR Biorreactor de lecho móvil MBBR es la mejor opción para la Municipalidad del Rímac

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1 Tipo de investigación**

La presente investigación metodológica es:

- **Cuantitativa:** Porque, a partir de una idea podremos trazarnos objetivos, establecer hipótesis y variables, con los que se desarrolló un plan para contrastarlas; se midieron las variables en un determinado contexto, se analizaron las alternativas que se han planteado para poder establecer conclusiones respecto de las hipótesis.
  
- **Descriptiva:** Debido a que la investigación comprende un proceso de identificación, descripción, caracterización de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, así como del sistema de regadío, registrando, analizando e interpretando las variables de estudio tal como se pudo observar en el momento de su recolección.

### **3.2 Nivel de investigación**

- **Descriptivo:** La investigación comprende un proceso de identificación, descripción, caracterización de las PTAR y su análisis de viabilidad correspondiente.

### **3.3 Diseño de investigación**

- **Investigación no experimental:** Este Estudio no se manipulo ninguna variable área del terreno, los parámetros de sitio; solo se evalúa tal cual como se presentan.
- **Investigación transversal:** La recolección de información se realizará en el año 2019.
- **Investigación prospectiva:** Debido a que en nuestra investigación se realizarón observaciones (con la vista y con instrumentos)

### 3.4 Caso de la investigación

#### 3.4.1 Ubicación geográfica

Aspectos generales del distrito del Rímac:



*Figura 2: Vista del distrito del Rímac  
Fuente: Google maps*

El distrito del Rímac pertenece a los 43 distritos de la provincia de Lima, se encuentra ubicada en el departamento de Lima, Perú.

El distrito del Rímac fue fundado el 2 de febrero en el año 1920. En ese año, el presidente del Perú fue Augusto B. Leguía. El distrito cuenta como muchas iglesias católicas, construida durante el virreinato, lo cual, generan mucha congregación de personas en los meses de octubre, con la salida del señor de los milagros, así como en semana santa

#### 3.4.1.1 Población

El distrito del Rímac cuenta con más de 174 785 habitantes, cuentan con una extensión de 11.87 kilómetros cuadrados, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática tiene como ubigeo 150128.



#### **3.4.1.4 Recojo de limpieza, maleza y riego**

La Municipalidad destina sus fondos para mantener en buen estado el distrito, por lo que realizan gasto en recojo de maleza, recojo de desechos y en regar los parques. El trabajo suele realizarlo con un conductor y dos operarios en el caso de maleza y de recojo de desperdicios. En cambio, para el riego de los parques se usan dos metodologías

- **Compra de agua por tanques cisterna**
- **Consumo de agua potable**

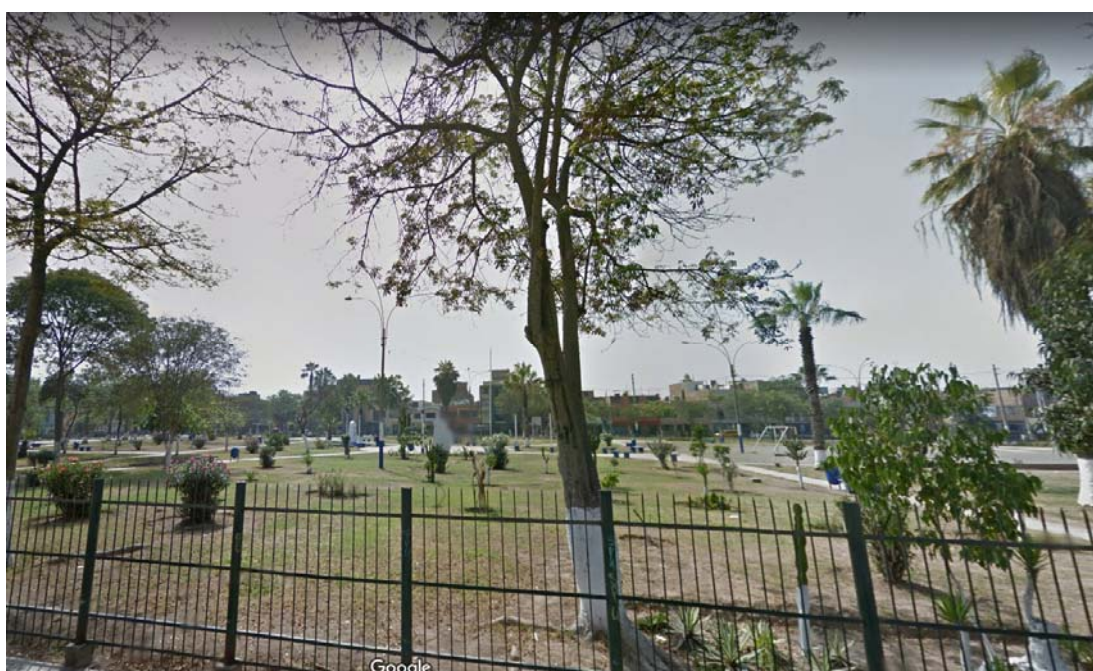


Figura 4: Vista tomada por Google, mostrando un parque del distrito del Rímac  
Fuente: Google maps

#### **3.4.1.5 Compra de agua por tanques cisterna**

Para un gran sector de parques en el distrito del Rímac, se acostumbra para por el agua en los tanques cisternas, esta agua no está regulada, por lo que se puede deducir que proviene de un lugar clandestino, además, que no se sabe el estado del agua. El costo por metro cubico de comprar agua cisterna es aproximadamente de 9 soles, lo que genera un gasto fuerte a la municipalidad del Rímac.





Figura 5: Foto referencial de un camión cisterna  
Fuente: Google

#### **3.4.1.6 Consumo de agua potable**

La segunda forma de obtener el agua para regar los parques del distrito del Rímac, es regar los parques usando agua potable, lo que significa que acopan un punto de la red de agua de la empresa SEDAPAL. Considerando la carencia de agua en algunos sectores de la costa, es muy contra productivo gastar un recurso muy vital para regar los parques, sin mencionar que el costo de agua es elevado, lo que significa muchos consumos de metros cúbicos de agua que generan un gasto mensual muy alto en la municipalidad

#### **3.4.2 Trabajos de campo**

##### **Estudio de flujo**

Para ubicar el área donde se vaya a captar el influente, se realizó un estudio de flujo de las aguas servidas a fin de poder determinar donde realizar el análisis de caudal con un caudal metro. Este trabajo se realizó para poder ubicar el mayor flujo, si elegimos por error un punto donde no pase la cantidad de agua residual necesaria, no podremos captar la cantidad requerida para poder tratarla y poder reusarla en el riego de los parques





Teniendo el punto donde realizar el estudio de medición se continua a realizar el trabajo de campo. El equipo que se usó, fue el medidor de caudal ultrasónico portátil de Marca Greyline, el modelo AVFM 5.0, como se muestra en la siguiente imagen:



Figura 8: Caudalímetro AVFM 5.0.  
Elaboración: el autor

El equipo obtiene valores del caudal que pasa por la tubería, esta información sirve para poder determinar cuántos m<sup>3</sup> de aguas servida pasan al día, y de esta manera determinar la capacidad máxima que puede ingresar a la PTAR. Los valores obtenidos se visualizan en el Anexo 1. A continuación, se puede apreciar los resultados obtenidos con el equipo.

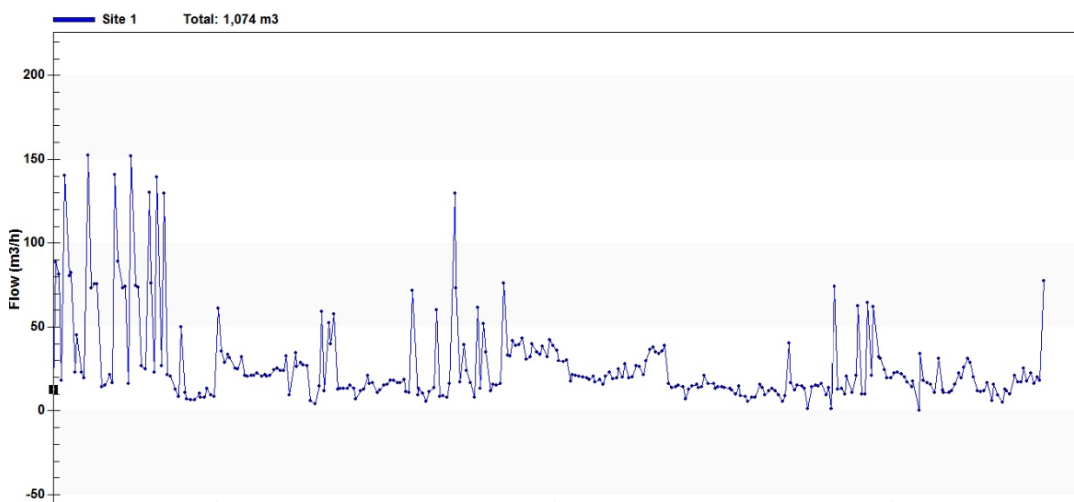


Figura 9 Gráfico de medición de caudal.  
Elaboración: el autor

El Caudalímetro nos brinda una captación para la planta de Tratamiento de terminar cuántos m<sup>3</sup> de aguas servida pasan al día, y de esta manera determinar la capacidad máxima que puede recolectar la PTAR

Luego de tener los datos del caudal, necesitamos saber cuántas hectáreas son las intervenidas, a fin de determinar el tamaño de la PTAR.

### Parques intervenidos

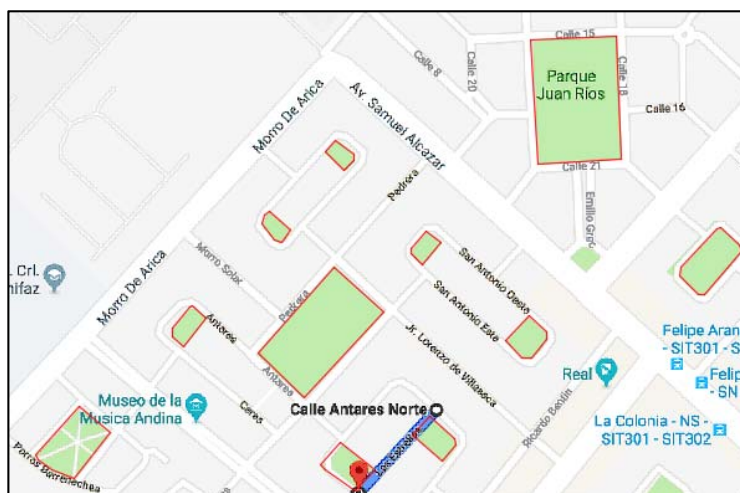


Figura 10: Parques Intervenidos.  
Elaboración: el autor

El área de predominio inicial para la distribución de las aguas residuales tratadas para riego, son 12 parques, donde se pueden apreciar las áreas de cada una de ellas en la figura 5. El total de área de los 12 parques equivale a 64,415.85 m<sup>2</sup> aproximadamente 6.5 Has.

**Tabla N ° 2: Áreas de parques intervenidos**

Parques	Área m <sup>2</sup>
Area 1	1,083.91
Area 2	725.27
Area 3	706.24
Area 4	11,800.48
Area 5	800.58
Area 6	1,639.04
Area 7	1,511.40
Area 8	2,029.24
Area 9	16,517.49
Area 10	3,322.94
Area 11	4,279.26
Total	44,415.85

Elaboración: el autor

En el parque *El periodista*, se proyecta la planta de tratamiento de aguas residuales tratadas. Teniendo como coordenadas lo siguiente: 12°01'36.3"S 77°02'14.0"W. Dicho parque se encuentra ubicado entre las calles: Pedrera al Noroeste, Calle Monitor Huáscar al Noreste, calle San Antonio al Sureste y calle Antares al Suroeste. El parque cuenta con un área de 16,517.49 metros cuadrados, lo cual como recomienda la Organización Mundial de la Salud, de dar un espacio de 9 metros cuadrados de área verde por habitante, se obtendría aproximadamente un área para 1835 personas.

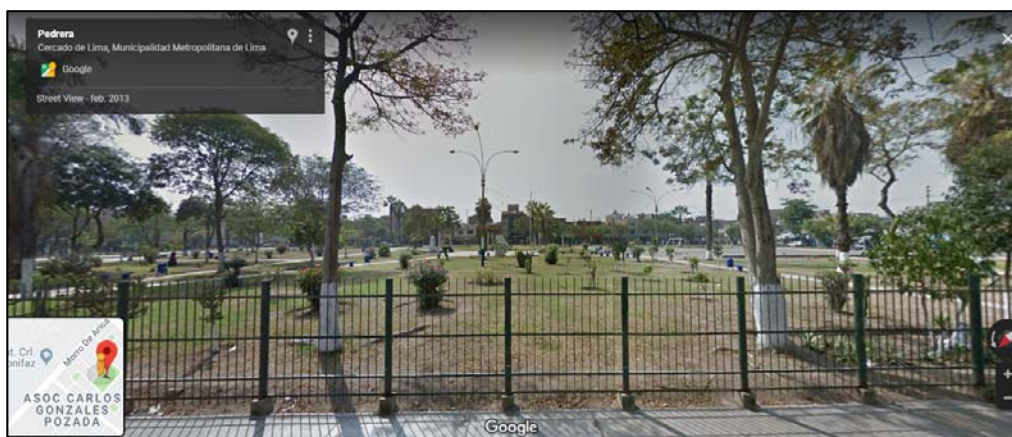


Figura 11: Parque El Periodista.  
Elaboración: Google maps

El Parque *Juan Ríos*, ubicado en las coordenadas 12°01'26.3"S 77°02'03.6"W Se encuentra al norte la Calle 15, al oeste la Calle 19, al este la Calle 18 y al sur la Calle 21. Para llegar a éste parque desde el parque *El Periodista*, se debe tomar la ruta desde la intersección de la calle Pedrera con Morro Solar (12°01'35.7"S 77°02'15.7"W) hasta la avenida Morro de Arica, luego girar a la derecha hasta llegar a la avenida Manuel Alcázar, luego continuar de frente por la Calle 9 y girar a la derecha en la Calle 8; finalmente en la Calle 19 se ubica el parque de destino. El parque cuenta con un área de 11,800.48 metros cuadrados, lo cual como recomienda la Organización Mundial de la Salud, de dar un espacio de 9 metros cuadrados de área verde por habitante, se obtendría aproximadamente un área para 1311 personas.



Figura 12: Parque Juan Ríos.  
Elaboración: Google maps

El parque *San Antonio*, ubicado en las coordenadas  $12^{\circ}01'33.0''S$   $77^{\circ}02'09.8''W$  está rodeado por las calles San Antonio Este por el este y sureste, y, por otro lado, por la calle San Antonio oeste, por el oeste y noroeste. Para llegar a este parque desde el parque *El Periodista*, se debe tomar la ruta desde la intersección de la calle San Antonio con la calle Monitor Huáscar ( $12^{\circ}01'35.4''S$   $77^{\circ}02'11.2''W$ ) hasta llegar a la calle San Antonio Este. El parque cuenta con un área de 706.24 metros cuadrados, lo cual como recomienda la Organización Mundial de la Salud, de dar un espacio de 9 metros cuadrados de área verde por habitante, se obtendría aproximadamente un área para 78 personas.



Figura 13: Parque San Antonio.  
Elaboración: Google maps



El parque *Las Estrellas*, ubicado en las coordenadas  $12^{\circ}01'40.6''\text{S}$   $77^{\circ}02'09.0''\text{W}$  está rodeado por las calles Antares Sur por el suroeste, la calle *Las Estrellas*, por el sureste y la calle Antares Norte por el noroeste. Para llegar a este parque desde el parque *El Periodista*, se debe tomar la ruta desde la intersección de las calles Antares con la calle Pedrara ( $12^{\circ}01'37.2''\text{S}$   $77^{\circ}02'17.0''\text{W}$ ) con dirección sureste por la calle Antares hasta la calle Antares Norte, la cual continúa luego de un giro a la derecha. El parque cuenta con un área de 725.27 metros cuadrados, lo cual como recomienda la OMS, de dar un espacio de 9 metros cuadrados de área verde por habitante, se obtendría aproximadamente un área para 80 personas.

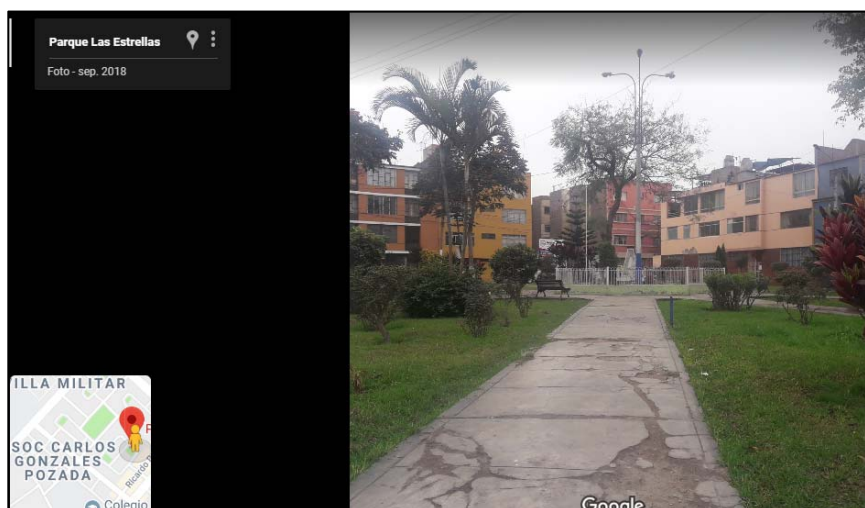


Figura 14: Parque Las Estrellas.  
Elaboración: Google maps

El parque *Antares*, ubicado en las coordenadas  $12^{\circ}01'40.8''\text{S}$   $77^{\circ}02'11.2''\text{W}$  está rodeado por las calles Antares Norte al noroeste, la calle Antares Sur al suroeste y la calle Las Estrellas al sureste. Para llegar a este parque desde el parque *El Periodista*, se debe tomar la ruta desde la intersección de las calles Antares con la calle San Antonio ( $12^{\circ}01'39.2''\text{S}$   $77^{\circ}02'14.7''\text{W}$ ), avanzando una cuadra por el sureste de la calle Antares. El parque cuenta con un área de 800.68 metros cuadrados, lo cual como recomienda la Organización mundial de la Salud, de dar un espacio de 9 metros cuadrados de área verde por habitante, se obtendría aproximadamente un área para 88 personas.

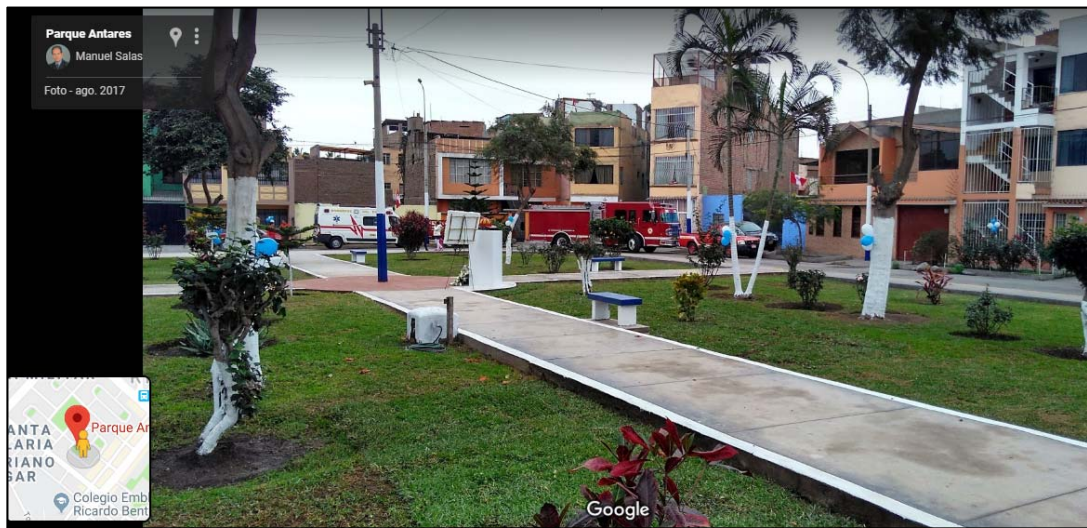


Figura 15: Parque Antares.  
Elaboración: Google maps

El parque *Monitor Huáscar Sur*, ubicado en las coordenadas  $12^{\circ}01'32.0''S$   $77^{\circ}02'16.0''W$  está rodeado por la calle Monitor Huáscar. Para llegar a este parque desde el parque *El Periodista*, se debe tomar la ruta desde la intersección de las calles Pedrera y Monitor Huáscar ( $12^{\circ}01'33.3''S$   $77^{\circ}02'13.4''W$ ), avanzando por el noroeste de la calle Monitor Huáscar por una cuadra y luego doblar a la izquierda. El parque cuenta con un área de 1639.04 metros cuadrados, lo cual como recomienda la OMS, de dar un espacio de 9m<sup>2</sup>. de área verde por persona, se obtendría aproximadamente un área para 182 personas.

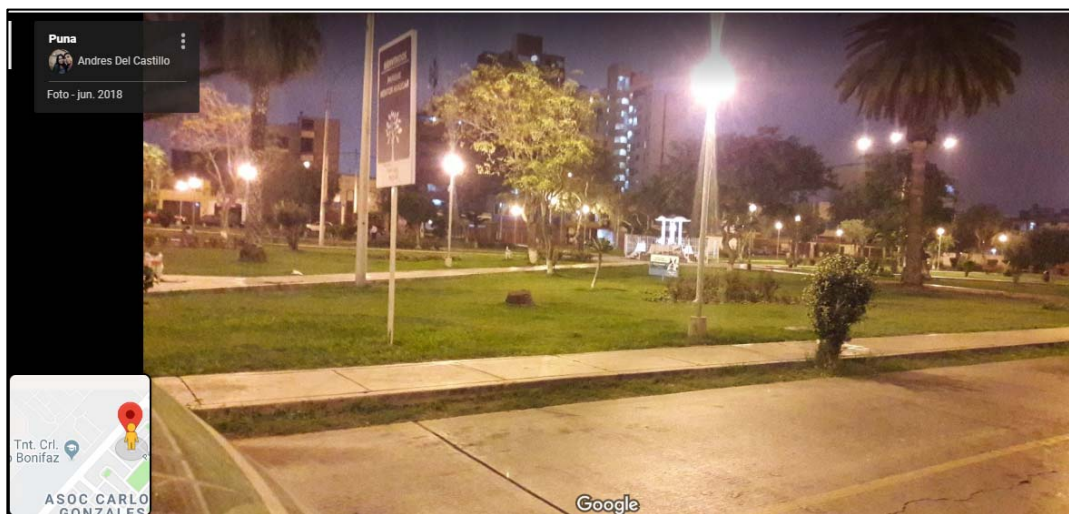


Figura 16: Parque Monitor Huáscar Sur.  
Elaboración: Google maps

El parque *Monitor Huáscar Norte*, ubicado en las coordenadas  $12^{\circ}01'29.0''\text{S}$   $77^{\circ}02'13.2''\text{W}$ , está rodeado por la calle Monitor Huáscar. Para llegar a este parque desde el parque *El Periodista*, se debe tomar la ruta desde la intersección de las calles Pedrara y Monitor Huáscar ( $12^{\circ}01'33.3''\text{S}$   $77^{\circ}02'13.4''\text{W}$ ), avanzando por el noroeste de la calle Monitor Huáscar por una cuadra y luego doblar a la derecha. El parque cuenta con un área de 1511.40 metros cuadrados, lo cual como recomienda la Organización Mundial de la Salud, de dar un espacio de 9 metros cuadrados de área verde por habitante, se obtendría aproximadamente un área para 168 personas.



Figura 17: Parque Monitor Huáscar Norte.  
Elaboración: Google maps

El parque *Infantil*, ubicado en las coordenadas  $12^{\circ}01'33.3''\text{S}$   $77^{\circ}01'57.7''\text{W}$ , está rodeado por la Calle 7 en todo el contorno del parque. Para llegar a este parque desde el parque *El Periodista*, se debe tomar la ruta desde la intersección de las calles Pedrara con la calle Monitor Huáscar ( $12^{\circ}01'33.3''\text{S}$   $77^{\circ}02'13.4''\text{W}$ ), avanzar por el noreste de la calle Pedrara hasta la avenida Samuel Alcázar y girar a la derecha con dirección a la avenida Amancaes, luego girar a la izquierda avanzando una cuadra hasta la Calle 7 y girar a la derecha. Luego de avanzar una cuadra se encontrará el parque en mención. El parque cuenta con un área de 2029.24 metros cuadrados, lo cual como recomienda la Organización Mundial de la Salud, de dar un espacio de 9 metros cuadrados de área verde por habitante, se obtendría aproximadamente un área para 225 personas.





Figura 18: Parque Infantil.  
Elaboración: Google maps

El parque *España*, ubicado en las coordenadas  $12^{\circ}01'40.6''\text{S}$   $77^{\circ}02'24.1''\text{W}$ , está rodeado por las calles Porras Barnechea por el noroeste, noreste y suroeste; y la calle Fray Ramón Rojas por el sureste. Para llegar a este parque desde el parque *El Periodista*, se debe tomar la ruta desde la intersección de las calles Antares y San Antonio ( $12^{\circ}01'39.3''\text{S}$   $77^{\circ}02'14.7''\text{W}$ ), se debe continuar con dirección suroeste de la calle San Antonio una cuadra hasta la Av. Guardia Republica, luego girar a la derecha y avanzar una cuadra hasta la calle Fray Ramón Rojas una cuadra. El parque cuenta con un área de 4279.26 metros cuadrados, lo cual como recomienda la Organización Mundial de la Salud, de dar un espacio de 9 metros cuadrados de área verde por habitante, se obtendría aproximadamente un área para 475 personas.





Figura 19: Parque España.  
Elaboración: Google maps

### 3.4.3 Trabajos de gabinete

#### Agua requerida para parques

El área total de los parques beneficiados es de 64,415.85 m<sup>2</sup>, dependiendo el tipo de sistema de riego de parques, se puede determinar la dotación (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) que se necesita diariamente.

A continuación, se muestra una tabla de los consumos de agua dependiendo el sistema de riego..

**Tabla N ° 3: Dotación anual de agua para parques**

Fuente de Abastecimiento	Calidad del Agua	Tipo de Riego	Área Riego M <sup>2</sup>	Dotación M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>	Demanda Diaria M <sup>3</sup> /Día	N° Riegos Mensual		N° Riegos Anual		Demanda Total M <sup>3</sup> /Día
						Verano	Invierno	Verano	Invierno	
PLANTA DE TRATAMIENTO	Tratada	Goteo	67,780.50	0.0013	88.1147	182	90	16,036.87	7,930.32	23,967.18
		Aspersión	67,780.50	0.0021	142.3391	182	90	25,905.71	12,810.51	38,716.22
OTROS	Tratada	SEDAPAL	67,780.50	0.0035	237.2318	182	90	43,176.18	21,350.86	64,527.04
	Desconocido	Cisterna	67,780.50	0.0035	237.2318	182	90	43,176.18	21,350.86	64,527.04

Elaboración: el autor

Para nuestro requerimiento de m<sup>3</sup> diarios de captación para la PTAR elijiremos como sistema de riego, por aspersión. Por los siguiente motivos:

#### Sistema de regadío

Respecto al sistema elegido para el proyecto, se toma en consideración los siguientes aspectos:

- Costos de implementación
- Área de Influencia
- Consumo de Agua

### **Costos de implementación**

El sistema por goteo tiene un costo mucho mayor respecto al costo por aspersión, aproximadamente de un 80 % más en costos de implementación.

### **Área de influencia**

El sistema por aspersión tiene la ventaja de tener mayor área de cobertura, siendo un parque, se necesita abarcar la mayor área posible, si fuera un cultivo, el sistema por goteo sería conveniente porque focaliza los puntos a regar, a fin de no desperdiciar el agua.

### **Consumo de agua**

El sistema por goteo tiene un ahorro de consumo de agua respecto al sistema por aspersión, como se puede mostrar en el siguiente cuadro:

**Tabla N ° 4: Demanda de riego aspersión VS goteo**

<b>Tipo de Riego</b>	<b>Area Riego M2</b>	<b>Dotacion M3/M2</b>	<b>Demanda Diaria M3/Día</b>
Goteo	67,780.50	0.0013	88.1147
Aspercion	67,780.50	0.0021	142.3391

Elaboración: el autor

Luego de ver los 3 factores pertinentes, tomamos la decisión de implementar el sistema de riego por aspersión.

### **Comparación de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

Tomando la información anterior, debemos implementar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con una captación de 150 m<sup>3</sup> por día.

Analizando y comparando las ventajas y desventajas de las tres Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Biorreactor de lecho móvil MBBR, Reactores Biológicos Secuenciales y PTAR Lodos Activados (Presentados por López Hernández, y otros. (2015), elegiremos la mejor opción para el proyecto.

## 1. Área de edificación

Las 3 plantas cuentan con distintas áreas de construcción, Los Biorreactor de lecho móvil (MBBR) necesitan un área de cerco para la construcción de aproximadamente 375 m<sup>2</sup> (15m x 25m).

Los Reactores Biológicos Secuenciales necesitan un espacio mayor, debido a la cantidad de reactores q se necesita para poder cumplir con su proceso, Llenado, Reacción, Sedimentación y Descarga. Debido a este proceso requiere un área aproximada de 600 m<sup>2</sup> (20m x 30m)

La planta de tratamiento de aguas residuales con Procesos de lodos activados, es un diseño tradicional, recomendable la construcción por motivos de impacto ambiental, lejano a la zona urbano, por motivos de la retención en las lagunas de oxidación, su área aproximada para la construcción es de 2000 m<sup>2</sup>.

## 2. Costo de Construcción

Los Biorreactor de lecho móvil (MBBR) tienen un costo inicial de puesta en marcha de 719 463.70 Soles. Además, cuenta con un costo de mantenimiento anual de 72,000 Soles.

Los Reactores Biológicos Secuenciales, tienen un costo inicial de puesta en marcha de 942 320.00 Soles. Además, cuenta con un costo de mantenimiento anual de 60,000 Soles.

La planta de tratamiento de aguas residuales con Procesos aerobios tiene un costo inicial de 346 113.00 Soles, además tiene un costo de mantenimiento de 140 433 Soles

### **Costo de agua para riego de parques**

El siguiente paso para poder determinar si es viable o no el proyecto, tenemos que determinar el valor del agua para el riego, para esto, tomaremos como referencia los valores calculados en distintos artículos

En el diario, **El Comercio, Paz (2017)** señala:

En el 2012, se aprobó una variación al estatuto de la citada ley y se ordenó que los municipios paguen un valor operativo por el agua potable que usan para regadío, a fin de desincentivar su práctica para parques.

Los precios a pagar son los siguientes:

- S/7,28 – 7.81 por m<sup>3</sup>. (p. 1)

**SUNASS (2016):** “Las familias sin acceso tienen que adquirir agua de los camiones cisterna que se la venden a S/.15, 00 el metro cúbico.” (p. 1)

Para poder tener un valor referencial del costo de producir agua, tomaremos como referencia la concesión que hizo la municipalidad de Miraflores, para la Planta de Tratamiento de Agua Residuales María Reiche. En la página 43 del contrato de concesión advierte que el costo del agua será 2.29 Soles el metro cúbico.

## CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.1 Análisis y resultados de la investigación

Para establecer el VAN y TIR Se deben aplicar distintos factores, primero conoceremos el valor del agua, de esta manera se tiene una referencia de lo que se invierte en el consumo de agua para regadío de parques en el distrito del Rímac

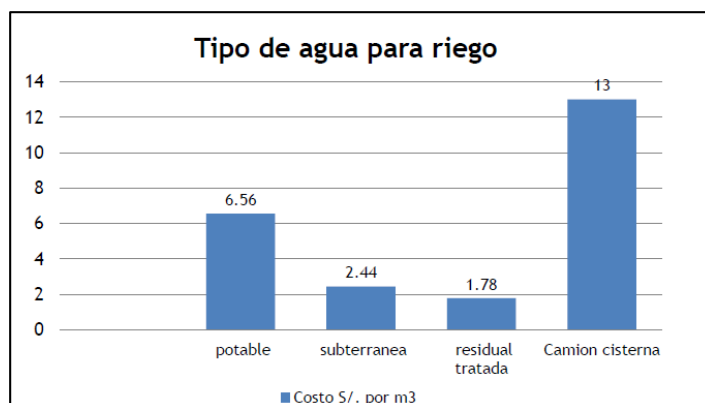


Figura 20: Costo por tipo de riego.  
Elaboración: el autor

Teniendo esta base se aplica el costo del proyecto, la elaboración de la PTAR incluyendo el costo del mantenimiento anual, así como el costo de la distribución de agua a los 12 parques.

#### **Análisis 1**

Para el primer análisis se debe tomar en cuenta la necesidad requerida por los parques del distrito del Rímac por lo que se elaboró el siguiente cuadro:

**Tabla N ° 5: Demanda total de agua para riego**

Fuente de Abastecimiento	Calidad del Agua	Tipo de Riego	Area Riego M2	Dotacion M3/M2	Demanda Diaria M3/Día	N° Riegos Mensual		N° Riegos Anual		Demanda Total M3/Día
						Verano	Invierno	Verano	Invierno	
PLANTA DE TRATAMIENTO	Tratada	Goteo	67,780.50	0.0013	88.1147	182	90	16,036.87	7,930.32	<b>23,967.18</b>
		Aspersión	67,780.50	0.0021	142.3391	182	90	25,905.71	12,810.51	<b>38,716.22</b>
OTROS	Tratada	SEDAPAL	72,780.50	0.0035	254.7318	182	90	46,361.18	22,925.86	<b>69,287.04</b>
	Desconocido	Cisterna	72,780.50	0.0035	254.7318	182	90	46,361.18	22,925.86	<b>69,287.04</b>

Elaboración: el autor

Luego de obtener la demanda total de agua anual para riego, se debe elaborar un comparativo del costo con proyecto y sin proyecto, así como ir determinando el VAN y TIR para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales como para el sistema de distribución

Costo Inicial = 719,463.70

Costo Sistema de irrigación = 1,890,000

Costo Mantenimiento = 48,000.00

Costo Agua Servida Tratada = 2.09

Costo Agua Cisterna = 11.80

**Tabla N ° 6: Flujos anuales previstos**

Periodo Anual	inversión y rentabilidades	Acumulado
0	- 2,609,463.70	
1	622,502.12	- 1,986,961.58
2	641,177.19	- 1,345,784.39
3	660,412.50	- 685,371.89
4	680,224.88	- 5,147.02
5	700,631.62	695,484.61
6	721,650.57	1,417,135.18
7	743,300.09	2,160,435.26
8	765,599.09	2,926,034.36
9	788,567.06	3,714,601.42
10	812,224.08	4,526,825.49
11	836,590.80	5,363,416.29
12	861,688.52	6,225,104.81
13	887,539.18	7,112,643.99
14	914,165.35	8,026,809.34
15	941,590.31	8,968,399.65
16	969,838.02	9,938,237.68
17	998,933.16	10,937,170.84
18	1,028,901.16	11,966,072.00
19	1,059,768.19	13,025,840.19
20	1,091,561.24	14,117,401.43

Elaboración: el autor

En la tabla anterior se puede observar el valor total para puesta en marcha:

Teniendo estas consideraciones, se aprecia en la tabla que existe una ganancia anual variable, dado un incremento anual en el acuerdo de contrato de un 3% anual.

Tomando esta medida se genera el diagnóstico del VAN y TIR

Obteniendo los siguientes datos:

**Tabla N ° 7: VAN y TIR**

TIR (6 años)	8.25%
VAN año 6	S/244,870.51
TIR (20 años)	26%
VAN año 20	S/3,895,977.59

Elaboración: el autor

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN**

#### **5.1. Discusión**

El biorreactor de lecho móvil (MBBR) representa una mejor opción respecto a la planteada en la tesis de grado, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para reciclaje de zonas verdes públicas en el distrito de Nueva Esperanza, Son las siguientes:

1. La PTAR con sistema de lodos activados requiere una mayor área respecto a la PTAR con biorreactor de lecho móvil.
2. La PTAR con sistema de lodos activados es una opción recomendable para zonas no urbanas, ya que requiere estar un poco alejado debido al riesgo de olores por el mismo procedimiento de la laguna.
3. Económicamente la PTAR con sistema de lodos activados es más económica en costos iniciales, aunque el costo de mantenimiento es mucho mayor respecto a la PTAR con biorreactor de lecho móvil

Para poder determinar de una mejor manera consideraremos el costo total de la obra añadiendo la vida útil de la misma, analizaremos el volumen producido anualmente y su costo final por m<sup>3</sup> producido.

Cantidad de agua residual que se trataría, si se concreta el proyecto, es de 21,420 m<sup>3</sup>/mes. Teniendo como referencia este dato, asumiendo la vida útil del proyecto para 20 años, produciría 257,040.00 m<sup>3</sup> anuales y 5,140,800.00 m<sup>3</sup> a lo largo de los 20 años.



El costo de operación y mantenimiento anual es de 170,352.60 Soles. El costo de la construcción será de 332,052.60 Soles. Luego, al obtener como base el mantenimiento mensual, se concluye durante los 20 años de vida útil, la inversión en el mantenimiento sería de 3,407,052.00 Soles.

El costo de la obra más el mantenimiento durante los 20 años de vida útil, es de 3,739,104.60 Soles, cabe mencionar que el área requerida para la construcción es de 14,600.00 m<sup>2</sup>.

La Planta de Tratamiento de Agua Residual con el sistema de biorreactor de lecho móvil, tiene un costo de obra de 719,463.00 Soles y un mantenimiento anual de 58,000 Soles, por lo que nos genera un costo total de a lo largo de los veinte años de la vida útil el monto de 1,821,463.00 Soles. El área requerida para la obra, es de 375m<sup>2</sup>. La planta producirá 43,551.85 m<sup>3</sup> anuales y a lo largo de los veinte años de vida, 871,037.02 m<sup>3</sup>.

A continuación, se presenta el resumen de lo explicado y el cálculo del costo del m<sup>3</sup> de agua producida.

**Tabla N ° 8: Costo de m<sup>3</sup> de agua tratada producida**

	PTAR Lodos Activados		Bioreactor de lecho móvil MBBR	
	Costo Obra + Man	Produccion m <sup>3</sup>	Costo Obra + Man	Produccion m <sup>3</sup>
Anual	502,405.20	257,040.00	777,463.71	43,551.85
Acumulado (20 años)	3,739,104.60	5,140,800.00	1,821,463.71	871,037.02
Costo m <sup>3</sup>	<b>0.73</b>		<b>2.09</b>	

Elaboración: el autor

El resultado nos muestra el costo del agua producida por cada método. Donde se aprecia que el método por lodos activados es más económico, pero habiendo mencionado que se requiere una mayor área, es importante comparar cuánta agua se producirá por cada m<sup>2</sup> construido, como se aprecia en la siguiente tabla:

**Tabla N ° 9: Producción de m<sup>3</sup> de agua tratada por área edificada**

	PTAR Lodos Activados		Bioreactor de lecho móvil	
	Área m <sup>2</sup>	Produccion m <sup>3</sup>	Área m <sup>2</sup>	Produccion m <sup>3</sup>
	23,200.00	5,140,800.00	375.00	871,037.02
Produccion de m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	<b>221.59</b>		<b>2,322.77</b>	

Elaboración: el autor

Con esta tabla, se puede apreciar que, por cada metro cuadrado construido en el asunto de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con el método de Biorreactor de Lecho Móvil, se produce 2322.77 m<sup>3</sup> de agua, más de 10 veces lo producido por la PTAR con el sistema de Lodos Activados.

Las opciones mostradas en la tesis: Propuesta de un Modelo Socio económico de decisión de uso de agua residuales tratadas en sustitución de agua limpia para áreas verdes, son viables para poder lograr un buen uso de las aguas residuales, como lo demuestra los resultados presentados anteriormente, generando que el proyecto también sea viable como un sustituto de agua limpia para el regadío de las zonas verdes.

En el libro, Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas, elaborado por la ANA en el 2016, nos habla sobre el consumo de agua potable para riego, así como el uso adecuado del agua tratada. Logrando la viabilidad del proyecto, estaremos contribuyendo de una manera directa a la reducción de consumo de agua potable para el riego de los jardines.

En el artículo del informe anual de SEDAPAL, nos habla sobre el consumo de agua potable para riego de las municipalidades, analizando los costos e ingresos presentados anteriormente, generamos un ahorro económico a la Municipalidad del Rímac.

## CONCLUSIONES

1. La implementación de una PTAR es una solución rentable para el aprovechamiento del agua, dado que el TIR de más del 20% por lo que hace viable el proyecto. El proyecto empieza a tener una rentabilidad a partir del 4to año, considerando la vida útil del proyecto a 20 años. El Distrito del Rímac obtendrá un ahorro luego de haber puesto en marcha el proyecto de más de 600,000 anualmente, eso significa un ahorro en riego del 70 % para los parques intervenidos.
2. La implementación de la PTAR genera lodos que pueden ser usados como abono para los parques antes mencionados, a fin de reusar los recursos que nos brinda la misma. Además, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales supondrá dejar de consumir 69,287.04 m<sup>3</sup> de agua anualmente. Gracias a estas acciones, se puede beneficiar a más de mil habitantes, con el fin de poder lograr una cobertura del 100% en Lima y Callao.
3. La PTAR con el método de Biorreactor de Lecho Móvil, se produce 2322.77 m<sup>3</sup> de agua, más de 10 veces lo producido por la PTAR con el sistema de Lodos Activados. Por esta razón es metodología más adecuada para el distrito del Rímac

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda investigar, a profundidad, el planteamiento solución, se debe tomar en cuenta los tipos de plantas y los beneficios según el área a disponer y la zona de influencia de los parques
2. Es pertinente realizar un estudio de los procedimientos y políticas que promueven la elaboración de estos estudios en el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. Así obtener futuras soluciones al gasto de Agua Potable como el reusó de agua servidas, como las encontradas en esta investigación
3. Se Exhorta a las municipalidades distritales y provinciales consideren, dentro de su Plan de desarrollo metropolitano, el mejoramiento de sistemas de regadío, así como en incentivo a urbanización sostenible

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### Hemerográficas:

Autoridad Nacional del Agua (2016). *Manual de Buenas Prácticas para el Uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas*.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2016). *Censo Población Nacional*.  
Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2016). *Benchmarking regulatorio de las EPS*.

Ministerio de Medio Ambiente (2010). *Reglamento de Ley de Recursos Hídricos*, Ley N° 29338.

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (2014). *Plan Maestro Optimizado 2015 – 2044*.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2015). *Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras de servicios de Saneamiento (EPS)*. Gerencia de Supervisión y Fiscalización de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS).

### Electrónicas:

El Comercio (28 de enero del 2016). *Lima y Callao Gastan 7.3 Millones en agua potable para regar*. [en línea]. Perú: Diario el Correo. Recuperado de <https://elcomercio.pe/lima/lima-callao-gastaron-s-7-3-mlls-agua-potable-regar-143027>

Municipalidad de Miraflores (06 de junio del 2011). *Contrato Concesión*. Pp 43. [en línea]. Perú: Recuperado de [https://www.miraflores.gob.pe/Gestorw3b/files/pdf/5469-969-iniciativa\\_maria\\_reiche.pdf](https://www.miraflores.gob.pe/Gestorw3b/files/pdf/5469-969-iniciativa_maria_reiche.pdf)

SUNASS (28 de enero 2016). Comprar agua por camión cisterna cuesta 72 soles mensuales. [en línea] Recuperado de: <https://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/noticias/noticias-lima/item/844-sunass-comprar-agua-por-camion-cisterna-le-cuesta-72-soles-mensuales-a-familias-limenas>

Trujillo, E. (2018). *Día Mundial del Agua: cobertura de agua potable no llega al 100% en Perú*. [en línea]. Perú: Publímetro. Recuperado de <https://publmetro.pe/actualidad/dia-mundial-agua-cobertura-agua-potable-no-llega-al-100-peru-72057-noticia/?ref=pur>

## **ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de consistencia

Anexo 2: Tabla de resultados del caudalímetro.

Anexo 3: Características químicas y biológicas

Anexo 4: Sistemas de riego.