



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VICE RECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, POR SISTEMA
COMPACTO DE AIREACIÓN EXTENDIDA PARA EL RIEGO DE
AREAS VERDES EN EL DISTRITO DE COMAS”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTOR:

VÁSQUEZ PERDOMO FERNANDO

ASESOR:

DRA. ESENARRO VARGAS DORIS

JURADO:

DR. BOLÍVAR JIMÉNEZ JOSÉ LUIS

DR. GALARZA ZAPATA EDWIN JAIME

DRA. ÑAUPAY VEGA MARLITT FLORINDA

LIMA- PERÚ

2020

INDICE

| | |
|--|------------|
| RESUMEN | vii |
| ABSTRACT | viii |
| I. INTRODUCCIÓN | 9 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 10 |
| 1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | 14 |
| 1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 20 |
| - Problema general | 20 |
| - Problemas específicos | 20 |
| 1.4 ANTECEDENTES..... | 20 |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 28 |
| 1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN | 29 |
| 1.7 OBJETIVOS..... | 30 |
| - Objetivo general..... | 30 |
| - Objetivos específicos | 30 |
| 1.8 HIPÓTESIS | 31 |
| - Hipótesis general | 31 |
| - Hipótesis específicas..... | 31 |
| II: MARCO TEÓRICO | 32 |
| 2.1 MARCO CONCEPTUAL..... | 32 |
| III: MÉTODO | 118 |
| 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN | 118 |
| 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA | 119 |
| 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 119 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4 INSTRUMENTOS | 120 |
| 3.5 PROCEDIMIENTO..... | 122 |
| 3.6 ANALISIS DE DATOS | 152 |
| IV: RESULTADOS | 158 |
| 4.1. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS | 158 |
| V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 187 |
| VI: CONCLUSIONES | 190 |
| VII: RECOMENDACIONES | 193 |
| VIII: REFERENCIAS | 195 |
| IX: ANEXOS | 202 |
| Anexo N° 1 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Existentes al 2018..... | 202 |
| Anexo N° 2 Composición promedio de agua residual doméstica | 203 |
| Anexo N°3: Agentes infecciosos presentes en aguas residuales domésticas no tratadas..... | 204 |
| Anexo N° 4: Carga diaria promedio por persona según IMHOFF/73/ | 205 |
| Anexo N° 5: Niveles de Concentración de Materia Orgánica..... | 205 |
| Anexo N° 6: Análisis microbiológico y físico en aguas residuales observaciones de entero parásitos y quistes de protozoarios. | 205 |
| Anexo N° 7: Informe de análisis N° 002/17 | 207 |
| Anexo N° 8: Factores a considerar para la selección y evaluación de los procesos de tratamiento | 208 |
| Anexo N° 9: Metodología para obtener los indicadores de rentabilidad | 210 |
| Anexo N° 10: Porcentaje de reducción de microorganismos patógenos con relación a los Procesos de tratamiento | 211 |
| Anexo N° 11: Análisis físicos empleados para determinar las Impurezas en el agua residual... | 211 |
| Anexo N° 12: Matriz de Calificación de Impactos Ambientales en la PCTAR Comas | 212 |
| Anexo N° 13: Beneficios ambientales que genera el mejoramiento de la calidad del agua..... | 213 |
| Anexo N° 14: Sólidos Totales | 214 |
| Anexo N° 15, 16,17 otros..... | 215 - 217 |
| Anexo N° 18: Galería de figuras (fotos) de PCTAR Comas (figs. N° A.2 A.15) ... | 218 -223 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1 Caudal de Tratamiento de Aguas Residuales (Plan Estratégico (2013-2017)..... | 16 |
| Tabla 2 Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales | 41 |
| Tabla 3 (continuación) Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales | 42 |
| Tabla 4 Temperatura vs oxígeno disuelto (OD) | 53 |
| Tabla 5: Metas de Cobertura del Plan Nacional de intervención Ambiental (2011-2021)..... | 79 |
| Tabla 6: Demanda de agua para riego de áreas verdes 2014 | 82 |
| Tabla 7: Infraestructura de riego y reúso de aguas residuales para riego de áreas verdes – 2014. | 83 |
| Tabla 8 : Infraestructura de riego y reúso de aguas residuales para riego de áreas verdes – 2014 | 85 |
| Tabla 9 : Demanda potencial de agua para riego de nuevas áreas verdes – PLAM 2035 | 86 |
| Tabla 10 : Potencial de PTARs existentes en Lima y Callao para el reúso de aguas residuales – 2014 | 87 |
| Tabla 11: Balance GLOBAL de aguas residuales tratadas en Lima – 2014 | 88 |
| Tabla 12: Demanda actual..... | 89 |
| Tabla 13: Demanda Futura | 91 |
| Tabla 14: Algunas Experiencias Municipales vía Obra Pública | 94 |
| Tabla 15 : Algunas Experiencias Municipales vía Obra Pública | 95 |
| Tabla 16: Caracterización de las tecnologías alternativas..... | 103 |
| Tabla 17: Sistema Compacto de Aireación Extendida, Temporizada y Lodos Activados. | 104 |
| Tabla 18: Comparación entre Equipos de Desinfección con Luz Uv para canal, ozono y cloro. | 105 |
| Tabla 19: Parámetros de Diseño de PTAR Comas-Lima..... | 106 |
| Tabla 20 Ejemplo Límites bacteriológicos valores en NMP. /100 ml | 109 |
| Tabla 21: Operacionalización de Variables | 120 |
| Tabla 22: Condiciones generales de diseño..... | 129 |
| Tabla 23: Cámara de distribuidora de caudal | 130 |
| Tabla 24: Cámara de rejillas | 130 |
| Tabla 25: Diseño del Desarenador..... | 131 |
| Tabla 26: Forma de las paredes del vetedero sutor | 132 |
| Tabla 27: Diseño del Sedimentador..... | 133 |
| Tabla 28: Diseño del Proceso | 134 |
| Tabla 29: Cantidad de Oxígeno Requerido..... | 135 |
| Tabla 30: Transferencia de Aire | 135 |
| Tabla 31: Tablero de Control Automático | 143 |
| Tabla 32 Operacionalización de las variables..... | 155 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 33 Demanda proyectada del caudal necesario para el riego de parques de Comas | 160 |
| Tabla 34 Distribución de Áreas Regadas según el Tipo de agua usada | 160 |
| Tabla 35 Índices de contaminación sin proyecto | 161 |
| Tabla 36 Comparación entre el caudal ofertado y el caudal necesario para el riego de Comas. | 161 |
| Tabla 37 Índice de contaminación esperada con proyecto..... | 162 |
| Tabla 38 Oferta con y sin proyecto | 162 |
| Tabla 39 Presupuesto de PTAR de Comas | 163 |
| Tabla 40 costo de producción por m ³ de agua tratada de la PCTAR, Comas_ Lima | 164 |
| Tabla 41 Costo m ² de agua para riego de parques Comas | 165 |
| Tabla 42 Costo anual de producción de agua tratada de la pectar comas – Lima..... | 166 |
| Tabla 43 Flujo de fondo económico | 167 |
| Tabla 44 Indicadores de rentabilidad..... | 168 |
| Tabla 45 Flujo de Fondo Económico – alternativo | 169 |
| Tabla 46 Indicadores de rentabilidad..... | 170 |
| Tabla 47 Resumen de evaluación PCTAR Comas-Lima..... | 173 |
| Tabla 48 Evaluación de las diferencias entre muestras antes y después del tratamiento..... | 177 |
| Tabla 49 : Cruda y post clorada..... | 178 |
| Tabla 50 : Cruda y a la salida del filtro multimedia..... | 178 |
| Tabla 51: Cálculos estadísticos de muestras relacionadas | 179 |
| Tabla 52 Resultado del Test de Student para la remoción de Coliformes fecales | 179 |
| Tabla 53 Características del agua de entrada y salida de la planta de tratamiento de Comas..... | 180 |
| Tabla 54 Calidad de agua antes de la entrada a la desinfección filtro o multimedia | 180 |
| Tabla 55 Analisis de Parasitos..... | 181 |
| Tabla 56 fortalezas y debilidades para la gestión ambiental en el distrito de Comas-Lima | 183 |
| Tabla 57 Evaluación de los impactos potenciales del Proyecto | 185 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 Principios de tratamiento de aguas residuales domesticas | 64 |
| Figura 2: Estado actual del tratamiento, reuso y derivación final de las aguas servidas en Lima Metropolitana | 78 |
| Figura 3: Infraestructura de riego y reuso de aguas residuales para riego de áreas verdes 2014.. | 84 |
| Figura 4 Demanda actual..... | 90 |
| Figura 5: Demanda Futura..... | 92 |
| Figura 6 Planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Miraflores Diagrama de Proceso . | 98 |
| Figura 7: Planta de tratamiento de aguas residuales distrito de La Victoria: Diagrama de Proceso. | 99 |
| Figura 8 : Planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Chorrillos: Diagrama de Proceso. | 100 |
| Figura 9 : Planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Surco: PTAR Intahuatana, Diagrama de proceso..... | 102 |
| Figura 10 Modelo de gestión de la recolección y tratamiento de aguas servidas urbanas | 113 |
| Figura 11: Caudal de aire necesario en el tanque de aireación | 136 |
| Figura 12 : Diagrama de planta de tratamiento Pctar Comas – Lima..... | 149 |
| Figura 13: Esquema grafico de la planta de tratamiento compacta (PCTAR) Comas – Lima . | 150 |
| Figura 14 : Pre-tratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario (Comas)..... | 151 |

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo, el tratamiento de aguas residuales domesticas en una Planta Compacta, utilizando el sistema de lodos activados de alta tasa con oxidación total con biomedio o medio fijo y aireación temporizada). Se combinan técnicas biológicas y físicas. Desde la perspectiva del Desarrollo Sostenible y/o Sustentable.

Las variables de interés fueron las Técnicas, sociales, económicas, ambientales, humano y político institucional. La metodología para la evaluación de la variable económica se realizo cálculos de inversión, costos de producción y Flujo Económico para determinar el Van y el TIR. Asimismo, se enfocó la calidad del recurso hidrico desde la óptica del ambiente, de la salud y los ecosistemas.

Para determinar la calidad del agua, usamos muestras de aguas residuales de los colectores que ingresan a la planta, salidas del sistema de tratamiento de aireación extendida y temporizada y en la descarga de la planta de tratamiento y finalmente en el tanque de almacenamiento y posteriormente se sometieron a pruebas físicas químicas y microbiológicas con los métodos estándares de análisis. En el aspecto social: mejora el acceso a agua de calidad para ser usado en riego de áreas verdes, en lo político e institucional tomamos en cuenta la gobernabilidad en el distrito de Comas-Lima.

El tratamiento es adecuado para utilizarla dentro del distrito, para el riego de áreas verdes o ecosistemas urbanos y el agua es de calidad exigida por las normas peruanas y la OMS para el uso en riego de áreas verdes que estará en contacto directo con la poblacion. Los costos de implementación, mantenimiento, operación, energía y de insumos de la planta son bajos con respecto a las plantas de tratamiento tradicional.

Palabras clave: Sistema Compacto, Aireación Extendida, lodos activados y Temporizada, método HBC, Medio de Contacto, Tratamiento biológico y físico, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Oxígeno Disuelto (OD) y coliformes fecales.

ABSTRACT

The objective of this research is the treatment of domestic wastewater in a Compact Plant, using the high-rate activated sludge system with total oxidation with biomedias or fixed medium and timed aeration). Biological and physical techniques are combined. From the perspective of Sustainable and / or Sustainable Development.

The variables of interest were Techniques, social, economic, environmental, human and institutional political. The methodology for the evaluation of the economic variable was made investment calculations, production costs and Economic Flow to determine the Van and the IRR. Likewise, the quality of the water resource was focused from the perspective of the environment, health and ecosystems.

To determine the quality of the water, we use samples of sewage from the collectors entering the plant, exits of the extended and timed aeration treatment system and in the discharge of the treatment plant and finally in the storage tank and subsequently underwent physical chemical and microbiological tests with standard methods of analysis. In the social aspect: it improves access to quality water to be used in irrigation of green areas, politically and institutionally we take into account governance in the district of Comas-Lima.

The treatment is suitable for use within the district, for the irrigation of green areas or urban ecosystems and the water is of quality required by Peruvian standards and the WHO for the use in irrigation of green areas that will be in direct contact with the population. The costs of implementation, maintenance, operation, energy and supplies of the plant are low compared to traditional treatment plants.

Keywords: Compact System, Extended Aeration, activated and Timed sludge, HBC method, Contact Medium, Biological and physical treatment, biochemical oxygen demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Dissolved Oxygen (DO) and fecal coliforms.

I: INTRODUCCIÓN

La disposición de agua en el mundo y nuestro país, es cada vez más escasa, esto se da por la sobreexplotación de aguas subterráneas y superficiales, y el crecimiento poblacional a esto se suma al escaso tratamiento de efluentes domésticas e industriales, reuso de calidad, falta de educación ambiental para la utilización en agricultura y riego de ecosistemas urbanos y áreas verdes.

Con el diseño y montaje de plantas de depuración de aguas servidas se promueve el reuso de las aguas servidas urbanas que hoy en día es necesario para minimizar el uso de agua destinado al consumo público para el riego de áreas verde o ecosistemas urbanos.

La presente investigación se refiere al método de tratamiento físico-biológico sistema compacto de aireación extendida y temporizada de las aguas servidas domesticas para uso en el riego de ecosistemas urbanos y parques y jardines en el distrito de Comas, como parte de la sostenibilidad de los ecosistemas urbanos.

De sus características principales de este tipo de agua depende el grado de impacto o degradación ambiental y la salud de los humanos que estan en contacto con este agua o con los bienes y alimentos contaminados por ellas, y la exposición de diferentes contaminantes por las diferentes vías y rutas.

Otro del aspecto importante a considerar en el diseño según la ubicación de la planta de tratamiento. La mayoría de las plantas convencionales tienen costos de operación, inversión y mantenimiento alto; y necesitan terrenos de gran extensión que son escasos y caros zonas urbanas, con esta necesidad surgen las “Plantas Compactas de sistemas de tratamiento de aireación extendida y temporizada “.

Con el propósito de superar los problemas mencionados, se construyó diferentes sistemas, métodos y técnicas de regeneración de aguas servidas en los distritos de nuestra capital según las posibilidades socioeconómicas y ambientales

La operación de estos sistemas compactos son los adecuados para dar gobernabilidad a las autoridades locales en este caso a las autoridades que gestionan el distrito de Comas. Ya que estos sistemas disminuyen los riesgos ambientales. Con el cual contribuimos a la prevención de riesgos en calidad ambiental y salud ambiental. Dando sostenibilidad de gobierno a las autoridades elegidas por voto popular en el distrito de Comas-Lima.

El objetivo de la investigación consiste en demostrar la eficiencia del Sistema Compacto de Aireación Extendida y Temporizada como alternativa para el mejoramiento de la calidad de aguas residuales domésticas en el distrito de Comas. La conclusión de la investigación muestra los beneficios financieros: ahorro en infraestructuras, económicos, alta rentabilidad; sociales: mejora el acceso al agua de buena calidad para el riego de parques y jardines que existen en el distrito, la sostenibilidad de riesgo de ecosistemas urbanos y la mejora de la calidad de vida. Medioambientales: reduce la presión sobre ecosistemas y recursos. Contribuye a la regeneración y recuperación del recurso hídrico y minimizar los impactos en el ambiente y la salud pública; con costos de operación y mantenimiento sostenibles por los gobiernos locales.

1.1 Planteamiento del Problema

Lima y Callao, es la zona desértica más grande después del Cairo. Las reservas de agua son escasas, sin embargo, la gestión de este recurso es poco responsable. La escasez se refleja en la poca capacidad de almacenamiento. Lima apenas llega a los 280 millones de m³ de reserva lo que representa un per cápita de 35 metros cúbicos. Esta cantidad permite dar servicio de agua en los meses en que no llueve (SEDAPAL, 2005). Asimismo, los volúmenes del agua en los glaciares de las cuencas en el Perú según el inventario realizado por GTZ se han reducido en 11 303 MMC (20.3%). De 55 641 MMC en 1962 a 44 337 MMC en 1997.

Asimismo, existe un significativo crecimiento demográfico de la población urbana: 77% de 551 millones de su población total en América Latina (UNFPA, 2004). Al 30 de junio de 2015 el Perú tiene 31 millones 151 mil 643 habitantes. INEI, 2015) y El 32% de la población nacional vive en el departamento y provincia de Lima metropolitana, y es

donde esta acentuada la mayor poblacional del país con 9 millones 835 mil (INEI, 2015). Este fenómeno urbano genera los mayores problemas ambientales y es la primera fuerza impulsora de los problemas ambientales del nuevo siglo, después de la conservación de los bosques y su biodiversidad, y se considera el segundo gran desafío de la política y gestión del ambiente en América Latina y el Caribe (GEO, 2006).

Consideramos que uno de los principales problemas de degradación del agua, es su impacto en la salud de los humanos que están en contacto con este agua o con la contaminación de los alimentos.

El reuso de las aguas servidas domésticas en diferentes actividades antrópicas, como el riego de ecosistemas urbanos y áreas verdes, tiene implicancias en la salud ambiental y la salud de los humanos que ingieren estos alimentos y utilizan los parques con fines recreativos, además surge la necesidad de identificar alternativas que sean eficaces y eficientes en la depuración, remoción de organismos patógenos, coliformes fecales que es la principal causa de las enfermedades gastrointestinales (OPS, 2001).

El creciente desordenado de la población ejerce una presión sobre los recursos de suelo y agua, en muchos de los casos, desborda la voluntad de los gobiernos en todo el mundo por alcanzar un crecimiento de la población en forma planificada y obliga a atender con prioridad sólo los servicios de alcantarillado y agua potable, dejando rezagado la depuración de aguas residuales, así como la disposición de residuos sólidos (CEPIS, 2002).

Las enfermedades derivadas por aguas degradadas microbiológicamente se generan por virus, parásitos y bacterias, estos son eliminados en el agua a través de las heces de animales o seres humanos contaminados. Los promotores del cólera persisten en las aguas saladas. En Perú el cólera aparece en el año 1991 después de 100 años y se propagó rápidamente por el Caribe y todo América del sur, creando una situación de emergencia de salud pública (OPS, 2001).

El tratamiento de aguas residuales urbanas constituye un reto y una oportunidad. Un reto, al alrededor del 82% de las aguas servidas domesticas son derivadas sin ningún tratamiento en los ecosistemas o consumidos para fines agropecuarios, lo que ocasiona un problema de salud pública de mucha incidencia en varias ciudades del país. Es una oportunidad, porque estas aguas son consideradas valiosas tanto desde el punto de valor ecológico y valor económico.

Asimismo, la baja cobertura de regeneración por uso de tecnologías caras; y, el inadecuado uso en el riego de cultivos y descargas marinas sin tratamiento, son factores que contribuyen a una significativa contaminación microbiana, que representan un serio riesgo de salud, no solo a los habitantes de las zonas marginales, por donde drenan estas aguas, sino a la sociedad en su conjunto (OPS, 1991).

La disposición de agua en el mundo, es cada vez más escasa, esto se da por la sobreexplotación de aguas subterráneas y superficiales, y el crecimiento poblacional a esto se suma a la escasa depuración de aguas servidas urbanas e industriales, reuso de calidad, falta de educación ambiental para la utilización en agricultura y riego de áreas verdes y ecosistemas urbanos.

Con el diseño y montaje de plantas de regeneración de aguas servidas se promueve el reuso de las aguas residuales domesticas que hoy en día es necesario para minimizar el uso de agua destinado al consumo humano para el riego de áreas verde o ecosistemas urbanos.

La presente investigación se refiere al método de tratamiento físico-biológico sistema compacto de aireación extendida y temporizada de las aguas residuales domesticas para uso en el riego de ecosistemas urbanos y parques y jardines en el distrito de Comas, como parte de la sostenibilidad de los ecosistemas urbanos.

De sus características principales de este tipo de agua depende el grado de impacto o degradación ambiental y la salud de los humanos que estan en contacto con este agua o con los bienes y alimentos contaminados por ellas, y la exposición de diferentes contaminantes

por las diferentes vías y rutas. Las enfermedades transmitidas por aguas contaminadas microbiológicamente se generan por virus, parásitos y bacterias, estos son eliminados en el agua a través de los excrementos de animales y personas impactadas. Y de todas las sustancias tóxicas que genera las actividades industriales a través de la liberación de contaminantes a la atmósfera, de efluentes líquidos y los residuos sólidos tanto de la producción y el consumo, sumándose a estas las aguas residuales domiciliarias.

A través de los años, se han utilizado gran variedad de métodos para el tratamiento de las aguas residuales (PTAR), Tanto industriales como domésticas. Casi en todos los casos, se utilizan diferentes operaciones unitarias o procesos unitarios dependiendo de la calidad de las aguas residuales que se va a tratar y de sus características final después del tratamiento.

Otro de los aspectos importantes a considerar en el diseño según la ubicación de la planta de tratamiento. La mayoría de las plantas convencionales tienen costos de inversión, operación y mantenimiento alto; y necesitan terrenos de gran extensión que son escasos y caros en zonas urbanas, con esta necesidad surgen las “Plantas Compactas de sistemas de tratamiento de aireación extendida y temporizada”,

Con el propósito de superar los problemas mencionados, se construyeron diferentes sistemas y métodos de regeneración de aguas servidas en los distritos de nuestra capital según las posibilidades socioeconómicas y ambientales, tales como las plantas de tratamiento de Villa el Salvador, San Juan de Miraflores, la PTAR biofísica “Luis Bedoya Vélez”, en el Parque de “Felicidad” de San Borja. María Reiche de Miraflores, la planta de tratamiento de Intahuatana del distrito de Surco, la PTAR de San Miguel, y las PTARs de sistema compactas instaladas por la municipalidad de Lima metropolitana.

La operación de estos sistemas compactos son los adecuados para dar gobernabilidad a las autoridades locales en este caso a las autoridades que gestionan el distrito de Comas. Ya que estos sistemas en muchos casos no son percibidos por la población, y no existe proliferación de vectores, olores que generan aspectos e impactos ambientales y se disminuyen los riesgos ambientales. Con el cual contribuimos a la prevención de riesgos

en calidad ambiental y salud ambiental. Dando sostenibilidad de gobierno a las autoridades elegidas por voto popular en el distrito de Comas-Lima.

Asimismo, asume las opciones estratégicas de soluciones de pequeña escala (2 lts/s), y reuso de efluentes municipales para riego, recomendado en la Conferencia anual sobre el Manejo Sostenible de Agua Residual municipal en Países en Vía de Desarrollo que se realizó en San Juan de Puerto Rico en Agosto del 2004 (Menahem, 2004)

En el marco del desarrollo sostenible, las variables de interés fueron las sociales, ambientales, económicas, y políticas. La metodología para la evaluación de la variable económica se realizó cálculos de inversión, costos de producción y Flujo Económico para determinar el VAN y el TIR. Para la salud que está relacionada con el ambiente, y el metodo biologico por los resultados que se espera del tratamiento.

La presente investigación tiene como objetivo demostrar la eficiencia del Sistema Compacto de Aireación Extendida y Temporizada como alternativa para el mejoramiento de la calidad de aguas residuales domésticas en el distrito de Comas. La conclusión de la investigación muestra los beneficios financieros: ahorro en infraestructuras, económicos, alta rentabilidad; sociales: mejora el acceso al agua de buena calidad para el riego de parques y jardines que existen en el distrito, la sostenibilidad de riesgo de ecosistemas urbanos y la mejora de la calidad de vida. Medioambientales: reduce la presión sobre ecosistemas y recursos. Contribuye a la regeneración y recuperación del recurso hídrico y a minimizar los impactos en el ambiente y la salud; con costos de operación y mantenimiento sostenibles por los gobiernos locales.

1.2 Descripción del Problema

A nivel mundial el 4.0 mil millones no cuentan con calidad aceptable de las aguas residuales y alrededor de 3.0 millones de niños mueren cada año a nivel mundial, con enfermedades conducidas por agua (Menahem, 2004). Según Naciones Unidas (2005),

Israel es uno de los ejemplos a destacar. La totalidad de sus aguas disponibles alcanza un promedio de 2 000 millones de m³ al año. Para conservar y proteger los recursos

hídricos, explotados hoy hasta el límite, las autoridades han adoptado entre otras medidas el tratamiento de aguas residuales en gran escala, que según los especialistas llegan hasta el 85 % del total de generación (iagua.es, 2016).

Sin embargo, el tratamiento en América Latina menos del 15 %, con un 6 % aceptable. Sin tratamiento, las aguas negras casi siempre son vertidas en cuerpos de aguas superficiales, creando un riesgo para la salud humana (OPS, 2016).

Dado que los costos de aplicación de tratamiento están generalmente fuera de alcance en países en desarrollo, por lo tanto No tomar ninguna medida, y esto genera los impactos para la salud pública y salud ambiental.

Las aguas servidas en Lima y Callao, se recolecta a través del sistema de saneamiento básico, generalmente por gravedad, y la extensión abastece en su totalidad el área administrada. hay un 15.6% de los habitantes que no cuenta con servicio de alcantarillado ó utiliza tanques sépticos o letrinas. A diciembre de 2016, SEDAPAL opera 22 PTAR que en conjunto tratan $19 \text{ m}^3/\text{seg}$. De esto, el 95% del caudal tratado se da por 6 PTAR, siendo Taboada la más grande y de mayor caudal de tratamiento. (SEDAPAL, 2016).

Lo restante de las aguas servidas domesticas se descargan directamente al Río Rímac o al mar sin haber pasado ningún tipo de tratamiento, con excepción la descarga en la playa la Chira pero solo se cuenta con camaras de Rejas de gruesos.por tal motivo, existe un alto grado de contaminación de las costas de la provincia constitucional del Callao, Surco y San Miguel, y de las aguas de los cuerpos receptores y de las áreas agrícolas.

Las provincias de Lima y Callao derivan al año una descarga estimada de 550 millones de m^3 de aguas servidas domesticas y son recibidas por las redes secundarias de saneamiento y conducidas a través de los sistemas de colectores primarios para su derivación final en las 22 Plantas depuradoras de Agua Residuales PTAR. El sistema de saneamiento es complementado mediante sistemas de desagüe y líneas de impulsión que aseguran la operación del sistema.

La empresa SEDAPAL dispone de 1 301 047 conexiones de alcantarillado que representa el 90% de las conexiones domiciliarias de agua (1 438 026). La recolección dispone con un sistema de colectores primarios, cuya dimension es de 918 Km con un diámetro de 350 mm a 2 400 mm, además de un sistema de colectores secundarios cuya longitud es 11 643 Km, con un diámetro menor a 350 mm.

Ademas el dieño esta complementado con cámaras de bombeo de desagües, líneas de impulsión y líneas de transporte hacia las PTAR. SEDAPAL cuenta con 22 Plantas de depuración de Aguas servidas, en el 2014, regeneraron un caudal de 12,7 m³/s. El 95% del caudal regeenerado se dan a travez de las 6 PTAR principales: Ventanilla, Puente Piedra, San Juan, Carapongo Taboada, San Bartolo. Cabe recalcar, que la PTAR Taboada en diciembre del 2014 alcanzó tratar un caudal 9,47 m³/s, que representa el 75% del caudal total depurdo. (Plan Estratégico (2013-2017))

Tabla 1 Caudal de Tratamiento de Aguas Residuales (Plan Estratégico (2013-2017))

| Caudal de Tratamiento de Aguas Residuales en (m³/s). | |
|--|----------------------------------|
| Año | Caudal (m³/s.) |
| 2008 | 2,53 |
| 2009 | 2,77 |
| 2010 | 2,73 |
| 2011 | 2,69 |
| 2012 | 3,13 |
| 2013 | 13,4 |
| 2014 | 12,7 |

El problema principal de reutilización de aguas servidas son los requerimientos de calidad del agua exigidas por la autoridad sanitaria relacionado con el tipo de cuerpos receptores al que serán derivados o a sus posibilidades de consumo o uso, que cada vez son más exigentes, a esto se asocia el costo para lograr la calidad.

Se conoce que, más de 220 plantas de regeneración de aguas servidas urbanas de en Latino América han permitido verificar que al rededor del 80% de estos sistemas de tratamiento no estan operando en condiciones normales y alrededor de 10% se encuentran abandonadas. Un ejemplo practico son los diseños de lagunas de aireación diseñadas en el

nordeste de Brasil y en la actualidad ninguna cuenta un sistema de aireación inicial. En Lima- Peru, tenemos el Caso del Proyecto Mesías cuya inversión sobrepasa los 130 millones de dólares. La mayoría de las plantas aducen a los problemas de operaciones a factores económicos. (CEPIS. 2014)

Existen reportes en que la planta se construyo mediante aporte de algún estado cooperante, que no se dio mantenimiento y no opero adecuadamente por los altos costos. Por lo tanto, se recomienda seleccionar un metodo que requiera baja inversión, bajos costos de mantenimiento y operación, de ese modo garantizar la sostenibilidad de operación del sistema (CEPIS, 2012).

Hoy, la regeneración de las aguas residuales domesticas es baja; en un futuro proximo, con el crecimiento demográfico poblacional desordenado y la escasez de los recursos financieros y económicos, sumados a las perspectivas de expansión de la cobertura serán bajas, a menos que se desarrollen estrategias para el recurso hídrico en el futuro: gestión de riego eficiente, soluciones a pequeñas escalas, reutilización de efluentes domesticos para riego de ecosistemas urbanos, entre otros aspectos

Las aguas residuales naturaleza y composición química misma requieren de una renovada visión para ser usado en diferentes actividades antropicas. Su aprovechamiento adecuado del recurso está sujeto a desarrollar soluciones congruentes de mediano y largo plazo, encaminadas a resolver una compleja problematica, que va de lo rural a lo urbano; que desde lo económico incide en lo social, ambiental e impacta en lo político.

Ademas, en lo regional la tendencia de tratamiento, hacia una baja protección a medida que la extensión de la ciudad crece, probablemente debido a solicitud de mayor inversión y la escasez de espacios para instalar los diseños de regeneración de aguas servidas urbanas y surge la necesidad de elegir la mejor tecnología.

En este orden de ideas, la elección de un sistema de regeneración de aguas servidas que tienda a minimizar el efecto o consecuencia causado por el uso o consumo de este

agua es de mucha importancia, pero, la mayoría de los métodos y sistemas de regeneración contemplan la utilización de procesos unitarios y operaciones unitarias de lodos activados que requieren de grandes inversiones así como grandes espacios, que cada día son más escasos para su ubicación y montaje por lo tanto no pueden fácilmente ser aplicables en las zonas urbanas de Lima metropolitana y las grandes ciudades del país.

Para asumir las opciones estratégicas de soluciones de pequeña escala, recomendado por especialistas, de reúso para fines no potable; es necesario que la desinfección se haga en tiempos cortos. Porque la naturaleza y características que deben tener una planta pequeña dentro de la ciudad, exige que la retención debe tener corto periodo de tiempo, dado que estas aguas atraen vectores, mosquitos, genera malos olores y otros factores que atentan a la salud de los pobladores.

Analizando los problemas de PTAR que tienen altos costos de operación, mantenimiento e inversión; y, que estos tipos de tratamientos demandan gran extensión de terrenos, que son escasos y caros en la zona urbana, se diseñó y construyó una PTAR. De aireación extendida sistema compacto en el distrito de la Victoria, AV. Grau que a continuación describiremos:

- **Tipo de tratamiento** : Sistema compacto de aireación extendida
- **Capacidad de tratamiento** : 3 lts/seg.
- **Área Ocupada** : 100 m² Aprox.
- **Energía usada en el proceso:** Alto consumo de energía eléctrica por estar incluido en el proceso sistema de recirculación
- **Periodo de funcionamiento** ; En funcionamiento, Utilización del agua tratada, para riego de la liserá central de la avenida Grau y las bermas cercanas a la planta
- **Impacto ambiental** : Con el funcionamiento de esta Planta no existe impacto Ambiental significativos y negativos por la forma como funciona

Observaciones:

- Se hace un tratamiento integral del 100% de agua servida del colector.
- El costo de mantenimiento, operación e inversión, es alto
- Está dirigido por un profesional (Ingeniero Químico).

- Está ubicado en la liserá central de la avenida Grau.
- Está totalmente encapsulada solo en la superficie se observa especie de hongos
- La casa de máquinas y equipos está construida de material noble de igual modo el tanque de disposición de agua regenerada, este tanque es elevadizo el agua es impulsado por un electro bomba de donde se riega las áreas verdes por gravedad.
- Todos los residuos sólidos, partículas retenidas en los tamices son devueltas al colector, Impacto ambiental, inexistente.

Los resultados alentadores en la eliminación de materia orgánica, y, el ineficiente resultado en la remoción de coliformes fecales, bajo consumo de energía y mínima generación de lodos, por ende bajo costo de producción y operación es la razón que motivo este trabajo de investigación. Se mejoró la experiencia de las PTAR ya existentes con tecnologías similares y sistema compacto, incluyendo una aireación temporizada.

Expuesta la problemática, el objetivo del estudio es conocer la eficiencia del tratamiento aireación extendida y temporizada con material de relleno sistema compacto, la sostenibilidad y viabilidad de la gestión de los diseños integrados de regeneración y uso de las aguas servidas para el riego de ecosistema urbano o áreas verdes, sentar las bases para trabajos posteriores y contribuir a la regeneración del agua y reducir los impactos al ambiente y la salud que originan las aguas servidas. y contribuir en la calidad ambiental y la salud ambiental.

En ese orden de ideas hemos determinado lo que se va a investigar. Por consiguiente, la investigación nos responderá a la siguiente pregunta: ¿El tratamiento de aireación extendida y temporizada sistema compacto, tendrá el nivel de eficiencia exigidos por las autoridades sanitarias en la mejora de la calidad de las aguas servidas municipales para el riego de ecosistemas urbanos en el distrito de Comas desde la perspectiva del Desarrollo Sostenible en lo ambiental y sustentable en lo económico?

1.3 Formulación del Problema

- **Problema General**

¿Cuál será la eficiencia del Tratamiento de las aguas servidas municipales o urbanas por sistema compacto de aireación extendida, lodos activados, temporizada y material de relleno en el Distrito de Comas-Lima?

- **Problemas Específicos**

- a) ¿Cuál será el diseño óptimo para la PTAR tipo biofísico con aireación extendida con lodos activados y temporizada, sistema compacto para el riego de áreas verdes en el distrito de Comas - Lima?
- b) ¿Cuál será el diagnóstico del tratamiento biológico de aireación extendida, lodos activados y temporizada desde la variable ambiental y salud, en la remoción de materia orgánica y de coliformes fecales a niveles exigidos por la legislación peruana y la OMS para el riego de áreas verdes o ecosistemas urbanos, en el distrito de Comas?
- c) ¿Cómo conocer la variable social, económica – financiero en la planta de tratamiento sistema compacto y aireación extendida y temporizada en el distrito de Comas- Lima?
- d) ¿Cómo saber la adecuada dotación de agua para riego de áreas verdes mediante: La reducción de costos de agua para riego, no uso de agua potable, uso de aguas servidas regeneradas; ¿para el riego de áreas verdes en el distrito de Comas- Lima?

1.4. Antecedentes

- **Internacionales**

González Contreras.P, Chamy Magg.R, Poirrier González.P(2011). En la tesis “Tratamiento anaerobio de aguas residuales urbanas en reactores de una y dos fases a

baja temperatura.” Universidad Autónoma de México. Concluye que el método anaerobio de Aguas servidas domesticas (ASD) se realiza con exito en climas con temperaturas superiores a 20°C. a menores temperaturas se mezclan factores que no dan la facilidad que un diseño comun como el reactor UASB alcance obtener y eliminar materia orgánica. La presente investigación utiliza un diseño de dos estados, donde el primer reactor aumenta la solubilización de materia orgánica particulada (modalidad tanque agitado) y el segundo reactor metanogénico trata la eliminación de la materia orgánica disuelta (reactor UASB).

El diseño de dos estados se confronta con un reactor UASB tradicional. El ARU usada tenía una porción de sólidos suspensión del 70% y una variación de temperatura entre 11 y 23°C. El diseño de dos estados alcanza altos resultados que el diseño de un estado, esto se debe, a bajas temperaturas el reactor de solubilización logra incrementar la porción soluble inicial con la hidrólisis de los sólidos en suspensión.

Es así como llega al reactor UASB-dos estados o fases en su mayoría productos de materia orgánica y fermentación diluida que puede ser degradado de forma eficiente a temperaturas bajas en este reactor. Incluso estando con bajas concentraciones de biomasa en el reactor de solubilización y ser totalmente floculenta, cuenta con actividad hidrolítica que aumenta transcurriendo el tiempo de proceso. En consecuencia la biomasa del reactor UASB-dos estados se preserva granular con aceptable actividad hidrolítica, predominando la alta acción acidogénica en este reactor y la alta V_s de 0,9 m/h con la cual trabaja sin generarse lavado de biomasa. Comparando con el diseño de un estado no puede funcionar con una V_s mayor de 0,5 m/h sin limpiar el reactor, a pesar de alcanzar una biomasa de concentraciones elevadas esta es altamente floculenta y con escasos movimientos hidrolíticos, metanogénica y ácido génica, lo cual demuestra porque este diseño no es capaz de mantener sobrecarga orgánica ni tampoco conseguir depuraciones satisfactorias de materia orgánica en comparación del diseño de dos estados.

Nagamine Costanzi. R, Hespanhol. I, Mierzwa. JC. (2011). En la tesis “Tratamiento de efluente doméstico de lodos activados por membrana de ultrafiltración” UAM. Sostiene, que la regeneración de aguas servidas domesticas se ha centrado en reducir los impactos ambientales causados por la eliminación de estos efluentes en los cuerpos de agua. Sin embargo, actualmente, con la escasez de agua y la degradación de las fuentes de agua, el tratamiento de los efluentes tiene como objetivo originar fuentes de reutilización del agua. Este estudio tuvo como objetivo estudiar la regeneración de las aguas servidas municipales empleando un método biológico convencional de lodo activado seguido por el tratamiento de los sistemas de membrana de ultrafiltración.

El sistema de ultrafiltración utilizado es de tipo tubular con una porosidad promedio de $0.05 \mu\text{m}$ y un área de filtración de membrana equivalente a 1.4 metros cuadrados. Se pueden observar tasas de permeado en el rango de 20 a 24 L.h⁻¹m⁻². La tasa de filtración obtenida puede considerarse relativamente baja en comparación con otros estudios. Asimismo, se obtuvo la tasa de permeación relativa a la presión ejercida durante la carrera en el rango de 14 a 17 Lh⁻¹m⁻²bar⁻¹. En cuanto a las características fisicoquímicas del permeado obtenido, se puede observar la ausencia de sólidos en suspensión, así como DQO de una muestra compuesta alrededor de 19 mg.L⁻¹; pH promedio 6.99 ± 0.13 ; 0.377 ± 0.13 turbidez UNT; y conductividad de 698 ± 93 uS.ohm⁻¹. Por lo tanto, en comparación con otros patrones de agua, se puede afirmar que cualitativamente el uso de sistemas de tratamiento de membrana después de los sistemas biológicos es factible y recomendado, y se debe realizar una investigación para minimizar el fenómeno de obstrucción de la membrana.

Sánchez Ramírez. E (2016). En su tesis “Estudio del tratamiento del efluente de un reactor anaerobio de membranas sumergidas (SAnMBR) mediante un sistema de fangos activados” Universidad de Valencia, sostiene que el aumento desordenado de los espacios urbanos ha conllevado que las aguas servidas domesticas sea fuente importante de degradación ambiental, surgiendo la necesidad de implementar y desarrollar técnicas con un enfoque preventivo y mitigador los problemas de degradacion. empleando membrana sumergida, mediante un reactor anaerobio

(SAnMBR) para la regeneración de aguas servidas domesticas es una una de las alternativas que nos permiten degradar la materia orgánica en biogás y disminuir los lodos generados. Además genera un producto con concentraciones de fósforo y nitrógeno parecidas a las del agua servida. Afluente, con pequeñas concentraciones de materia orgánica biodegradable y metano disuelto y en otro momento altas concentraciones de sulfuros. Por tanto, el efluente del SAnMBR en caso de no ser aprovechado directamente para actividades agropecuarias, debe ser sometido a tratamiento para ser comercializado, aprovechado en la industria y prevenir la liberación del metano y el sulfuro a la atmósfera.

Hoy, gran parte de los estudios sobre tratamiento posterior de efluentes anaerobios se halla en analizar las operaciones de desnitrificación, eliminación biológica de fósforo y nitrificación de forma aislada, incluye la investigación de algunas personas que usan el metano y el sulfuro diluido en las operaciones de desnitrificación. No obstante, el estudio de todas las operaciones unitarias para la regeneración del producto real de un reactor SAnMBR que depura agua servida domestica no ha sido ejecutado. El principal objetivo de esta tesis doctoral ha sido el análisis en conjunto de todas las operaciones y procesos unitarios para la depuración del efluente de un reactor (SAnMBR) que regenera agua servida municipal, mediante un proceso de fangos activos con configuración UCT. Tiene como finalidad cuantificar y conocer la ascendencia de una serie factores ambientales y de funcionamiento sobre la eliminación y el rendimiento biológico de sulfuro, metano, nitrógeno y fósforo, disueltos presentes en el efluente de un SAnMBR que regenera agua servida municipal.

En un principio, se analizó la eficiencia de esterilización usando la puesta seguimiento y marcha de un reactor SBR (Sequencing Batch Reactor) a escala laboratorio, utilizando los dadores de electrones (metano, materia orgánica, sulfuro disueltos) contenidos en el efluente del SAnMBR. Con posterioridad, se llevó a cabo la evaluación de una planta piloto de lodos activos que posibilito identificar y evaluar la influencia del tiempo de retención hidráulico (TRH), la temperatura, y la concentración de ácidos grasos volátiles, metano y sulfuro disuelto sobre los procesos

de desnitrificación, depuración biológica de fósforo y nitrificación. También, se estudió las consecuencias del tiosulfato y sulfuro sobre la nitrificación a través de ensayos en laboratorio con fango de la planta piloto y los generados en la planta de tratamiento. De otro lado, se hicieron ensayos con ácidos grasos y sulfuro volátiles como aportadores de electrones con la finalidad de analizar su aporte en la desnitrificación. Las respuestas encontrados en esta investigación logran establecer que el sulfuro hace de inhibidor de la nitrificación. El TRH en este diseño es de gran importancia, considerando TRH mayores a 16 h para reducir el efecto inhibidor del sulfuro.

Por otro lado, se llegó a la conclusión que el tiosulfato no se comporta como inhibidor de la nitrificación. También, se determinó que el sulfuro, el metano, los ácidos grasos volátiles, disueltos intervienen como proveedores de electrones en la desnitrificación, identificando poca afinidad por los ácidos grasos volátiles y alta por los sulfuros. El monitoreo del proceso de degradación biológica de fósforo permitió saber que los microorganismos aglomeradores de polifosfatos dan alta tolerancia a las variaciones ambientales y operacionales observando en el diseño analizado. Los resultados de esta investigación sirven para manifestar que es posible alternar tratamientos anaerobios con métodos de fangos activados y tratar efluentes provenientes de reactores anaerobios con alta concentración de sulfuro. Esta alternancia es de mucho interés y presenta alternativas viables que aprobaría el reuso del agua regenerada para diferentes usos.

- **Nacionales**

Martel K.V., Pérez D.I. (2010). En la investigación “Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas por medio del Sistema en Serie de U.A.S.B. y Filtro Biológico de Flujo Ascendente a Escala Experimental”. 336p. Sustentación (Título Profesional) - Facultad de Ingeniería Ambiental Escuela de Ingeniería Sanitaria” Universidad Nacional de Ingeniería.

La investigación se realizó en las instalaciones de la Planta de depuración de Aguas servidas de la Universidad Nacional de Ingeniería - UNITRAR, los equipos y materiales para la Investigación se instalaron en las inmediaciones del pretratamiento de la Planta, debido a que el desagüe crudo utilizado como afluente a los reactores era extraído a la salida del pretratamiento existente.

Los reactores U.A.S.B. se diseñaron, de forma cilíndrica, con diferentes tiempos de retención, y por ende de diferentes velocidades ascensionales manteniendo constantes el caudal (1.5ml/s), esto se logró asignándole a cada uno diámetros y alturas diferentes, obteniéndose así que el reactor de 8 horas (Reactor 1) como tiempo de retención contará con un diámetro de 0.20 m y una altura útil de 1.60 m, el de 9 horas (Reactor 2) con un diámetro de 0.25 m y 1.20 m, el de 10 horas (Reactor 3) con 0.30m de diámetro y 1.00 m de altura útil y finalmente el de 11 horas (Reactor 4) contará con un diámetro de 0.35 m y 0.90 m de altura útil. En la zona inferior de cada reactor se colocaron conos invertidos para la purga de ser necesaria, para obtener condiciones totalmente anaeróbicas se instalaron tapas de Tecnopor y dispositivos para la extracción de los gases producidos.

El material utilizado para la construcción de los reactores fue de acrílico transparente para los reactores 1 y 2 y de Fibra de vidrio natural para los reactores 3 y 4. Estos materiales al permitir el ingreso de luz, favorecen el crecimiento de algas dentro de los reactores, motivo por el cual los reactores tuvieron que ser cubiertos con bolsas oscuras con el fin de no alterar los procesos biológicos.

Para el arranque de los reactores se tomó en consideración la inoculación de lodo activo extraído de una profundidad de 1.50 m del Reactor Anaerobio de Planta de UNITRAR, en proporciones de acuerdo con el volumen de cada reactor, adicionándole un sustrato de energía como el azúcar. Durante toda la investigación no se volvió a inocular o adicionar lodo activo.

Los filtros biológicos, fueron diseñados para mantener las mismas condiciones de caudal (0.75 ml/s) y tasa hidráulica de aplicación superficial (2.06 m³/m²/d), por lo cual se construyeron 2 cilindros de acrílico de 0.20m de diámetro y 1.20 m de altura útil de agua tratada. La diferencia entre los 2 filtros sería la utilización de 2 materiales diferentes como medio de soporte, el primero utilizaría llanta de caucho trozada en cuadrados, previamente seleccionadas de 0,05 m (2 pulgadas) de lado e índice de porosidad de 44,0%, el segundo utilizaría caña de bambú trozada en cuadrados, previamente seleccionadas de 0,05 m (2 pulgadas) de lado e índice de porosidad de 50,0%. La aireación fue colocada en la zona inferior de los filtros, a la misma altura que el ingreso del efluente tratado proveniente del reactor N° 1, consiguiendo así una mezcla al ingreso (O₂-Desagüe), del filtro y una distribución mas uniforme del desagüe.

Para evaluar las eficiencias de tratamiento de los sistemas planteados, se consideró el monitoreo de parámetros como DBO, DQO, Oxígeno Disuelto, Sólidos Totales, sedimentables, Fijos y volátiles, Coliformes Fecales y Totales, Turbiedad, pH y Temperatura. Con los monitoreos realizados se obtuvo una eficiencia final promedio de remoción de DBO en los reactores 1, 2, 3 y 4 del orden de 48.9%, 49.7%, 47.2% y 54.5%. Finalmente se obtuvo una relación entre las cargas aplicadas a los reactores y las eficiencias reportadas.

Utilizando Filtros Biológicos se obtuvieron remociones de DBO del orden de 89.6% y 88.8% en los filtros de bambú y Llanta respectivamente. De igual manera que los reactores se obtuvo una relación entre la carga aplicada en el reactor UASB 1 y las eficiencias reportadas por los filtros. En conjunto el diseño en Serie de U.A.S.B. y Filtro biológico podría llegar a obtener eficiencias de remoción de DBO, del orden del 95%, pudiéndose considerar como una alternativa aplicable para la realidad de nuestro país.

Cáceres Tori O. M (1995). En su tesis “Tratamiento de las aguas residuales domesticas para uso agrícola, mediante filtración directa de flujo ascendente” Universidad Nacional de Ingeniería.

Concluye que el reuso de las aguas servidas sin regeneración para actividades agropecuarias y riego de áreas verdes viene siendo practicado en América latina y el Perú, en forma discriminada lo cual representa un vehículo para la propagación de un sin número de enfermedades entéricas, llamadas también de causas hídrico o enfermedades infecciosas intestinales.

Para comprobar el gran peligro que representa el uso de las aguas residuales crudas en actividades agropecuarias y el riego de ecosistemas urbanos, el centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente (CEPIS), desarrollo investigación seleccionando cuatro áreas agrícolas de Lima, Santa Rosa, San Juan, San Agustín y Huaycán bajo. cubriendo una extensión de 1358 hectáreas aproximadamente el CEPIS encontró tasas elevadas de protozoarios, enterobacterias y huevos de helmintos en las aguas servidas crudas. Los protozoarios de mayor concentración fueron la entanoa coli y la guardia. Entre las bacterias determinadas estuvo la salmonella, los huevos de helmintos predominantes fueron la toxicina. La mayoría de estos parásitos y entero bacterias son agentes de enfermedades gastro intestinales, porque generan infecciones externas en la piel, ojos y oídos.

El autor dio con las conclusiones siguientes. El método de tratamiento por filtración directa de flujo ascendente puede ser utilizado como tratamiento secundario, empleado como tratamiento primario un reactor anaeróbico de flujo ascendente (R.A. F.A).

El método de tratamiento por filtración directa de flujo ascendente es recomendable para la eliminación de organismo parásitos en aguas servidas urbanas, porque este tratamiento permite la completa eliminación de estos microorganismos.

El método de tratamiento por filtración directa ascendente no es recomendable para la eliminacion de bacterias en aguas servidas urbanas, porque el filtro no retiene esos organismos.

1.5. Justificación de la investigación

El presente proyecto se justifica por que plantea la necesidad de regeneracion de las aguas servidas domésticas, como parte de la política ambiental local y nacional. Además de mejorar la gestión ambiental en nuestro país hacia un desarrollo sostenible y/o sustentable, contribuyendo los gobiernos locales a ese objetivo, mediante la regeneración de las aguas servidas y dar sostenibilidad de riego a las áreas verdes o ecosistemas terrestres urbanos y de esta manera mejorar el ornato del distrito de Comas-Lima y terminar con la mala percepción de los vecinos que el riego con aguas de mala calidad contamina los parques.

La presión sobre el agua, considerado como capital natural, como bien común, bien público y recurso natural es cada vez más grande y evidencia degradación ambiental preocupantes en el ecosistema urbano. La regeneración de aguas servidas urbanas producidas por la población urbana y la regeneración de mayores volúmenes de efluentes de forma segura y de calidad es un reto de importancia económica, social, ecológica, y política para nuestro país.

- Importancia de la investigación

El trabajo tiene relevancia económica, social, ambiental y política, por ser un instrumento clave para el desarrollo sostenible y/o sustentable y el uso de las aguas servidas. El diseño de plantas de regeneración de aguas servidas domésticas con “aireación extendida y temporizada sistema compacto”, permitirán demostrar a los pobladores locales y gobernantes de turno de los beneficios de la tecnología y la viabilidad de un manejo integrado de regeneración y utilización o consumo de aguas residuales para el riego de ecosistemas urbanos o áreas verdes.

Los resultados de estas prácticas permitirán conocer los elementos de valor suficientes como para determinar una normatividad y legislación más rigurosa, pero al mismo tiempo promotora en el rubro de las aguas regeneradas. Además, las aguas servidas tratadas constituyen una fuente principal de abastecimiento para ampliar y mantener las áreas

verdes de nuestras ciudades cuyo déficit es cada día mayor, y es un problema constante de gobernabilidad de nuestros alcaldes en los gobiernos locales.

La sostenibilidad de las áreas verdes contribuirá en levantar la recaudación tributaria en el distrito de Comas, los pobladores percibirán mejoras Económicas al disminuir las enfermedades respiratorias e intestinales de los habitantes, al bajar la presencia de contaminantes en el aire y en los suelos.

La operación de estos sistemas compactos son los adecuados para dar gobernabilidad a las autoridades locales en este caso a las autoridades que gestionan el distrito de Comas. Ya que estos sistemas en muchos casos no son percibidos por la población, y no existe proliferación de vectores, olores que generan aspectos e impactos ambientales y se disminuyen los riesgos ambientales. Con el cual contribuimos a la prevención de riesgos en calidad ambiental y salud ambiental. Dando sostenibilidad de gobierno a las autoridades elegidas por voto popular en el distrito de Comas.

1.6.Limitaciones de la Investigación

• Limitaciones institucionales

Este tipo de investigaciones generan muchas limitaciones, desde los celos o egoismo de los funcionarios públicos encargados del mantenimiento y operacion de las plantas de regeneracion ya instaladas en los distritos limeños donde cuentan con el funcionamiento de un PTAR.

• Limitaciones burocraticas

La recolección de información que presento me ocasiono mucho tiempo y tenia que lidiar con las voluntades políticas de los gobernantes de turno en estos distritos donde tuve la oportunidad de visitar y desarrollar todo lo planteado en esta investigación.

Las limitaciones eran innumerables, a pesar de que desarrolle las visita a estas plantas de tratamiento ya existentes para poder elegir el tipo de tratamiento, la técnica,

y el método. estando trabajando como funcionario en el gobierno local del distrito de Comas -Lima, en la gerencia de desarrollo ambiental.

Otra de las limitaciones es conseguir el laboratorio para los análisis físico, químicos y biológicos, y poder llegar con las muestras en condiciones óptimas para las pruebas.

1.7. Objetivos

El objetivo central de esta investigación desde el punto de vista técnico es un proyecto aplicado; aquí determinaremos concretamente lo que se va a realizar y lo que se espera lograr del proyecto.

• **Objetivo General**

Diseñar y Evaluar la eficiencia del Tratamiento de las aguas residuales domésticas o urbanas por sistema compacto de aireación extendida, lodos activados, temporizada y material de relleno en el distrito de Comas-Lima. A niveles exigidos por la legislación peruana y la OMS para el riego de áreas verdes como perspectiva de Desarrollo Sostenible y/o Sustentable, como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

• **Objetivos Específicos**

- a. Realizar el diagnóstico del tratamiento biológico de aireación extendida, lodos activados y temporizada desde la variable ambiental y salud, en la remoción de materia orgánica y de coliformes fecales a niveles exigidos por la legislación peruana y la OMS para el riego de áreas verdes o ecosistemas urbanos.
- b. Evaluar la variable social.
- c. Realizar el análisis de la variable Económico - Financiero
- d. Encontrar la adecuada dotación de agua para riego de áreas verdes mediante:
 - La reducción de costos de agua para riego

- No uso de agua potable para riego de áreas verdes
 - Uso de aguas residuales tratadas para el riego de áreas verdes.
- e. Lograr una eficiente cobertura del agua para riego, mediante:
- Transporte de agua de regadío mediante tuberías
 - Instalación de línea de regadío en avenidas y parques principales.
- f. Gobernabilidad en el distrito de Comas-Lima.

1.8. Hipótesis

• Hipótesis General

El tratamiento de las aguas residuales domésticas, mediante aireación extendida y temporizada sistema compacto, para el riego de áreas verdes. Se relacionan con la sostenibilidad de riego, ahorro en compra de agua destinado a consumo humano por parte del gobierno local, mejora del ambiente y calidad de vida de los pobladores del distrito de Comas-Lima.

• Hipótesis Específica

- El tratamiento de aguas residuales, se relaciona con sostenibilidad de riego de las áreas verdes
- Ahorro en compra de agua de uso doméstico por parte de la municipalidad de Comas.
- Mejora del ambiente y de la calidad de vida de la población comeña.
- El tratamiento de aguas residuales domésticas, por aireación extendida, lodos activados y temporizado sistema compacto es eficiente desde el punto de vista del desarrollo sostenible y/o sustentable: económica, ambiental, social y político para el riego de áreas verdes.

II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

- **Generalidades**

Las aguas dulces son recurso finitos y vulnerables, esencial para preservar la vida, el desarrollo y el ambiente. El agua sostiene todas las formas de vida del planeta. Es un bien social y económico (Programa 21, 1992). El agua pasa por un ciclo natural y continuo, como consecuencia de la evaporación y la precipitación siguiendo el ciclo hidrológico del agua, durante el cual el hombre la utiliza en diferentes actividades antropogénicas.

Nuestro país dispone con importantes recursos hídricos, y estos estan ubicados en 106 cuencas hidrográficas. tiene alrededor de 12 200 lagunas en los andes, más de 1 007 ríos que cuenta con disponibilidad media de 2 046 000 MMC distribuidos principalmente en la vertiente de las amazonas. Esto se debe a su variada geografía, cuya característica de la Cordillera de los Andes que se extiende longitudinalmente de Norte a Sur, dando origen a la formación de ríos y cuencas hidrológicas e hidrográficas con características distintas, donde destacan tres grandes vertientes que se denominan como sigue: Atlántico con 44 cuencas hidrográficas, Pacífico con 53 cuencas hidrográficas y Lago Titicaca con 09 cuencas hidrográficas.

Asimismo, observamos que nuestros niveles de reservas de la capital del país, son muy bajos con respecto a los países vecinos: Lima, con 8 millones de habitantes, tuvo reservas de agua de 260 millones de m³ en el 2003. En el 2004 bajo a 151 millones de m³. En 2014, llega a 280 millones de m³ Santiago de Chile, con 5,9 millones de habitantes, posee reservas por 900 millones de m³, Bogotá (Colombia), con 6,5 millones de habitantes, tiene reservas de 800 millones de m³ (SEDAPAL, 2014).

- **Valor Ecológico y Valor Económico del agua**

Consideramos el agua como bien y servicio ambiental, el agua tiene valor, tiene un valor económico y también tiene un valor ecológico, tiene hoy un valor social, es proveedora de crecimiento económico y desarrollo económico, es proveedor de las economías está

correlacionado con la disponibilidad de agua dulce: en el momento que se da una crisis del agua, se llegara a una crisis economica; en el momento que termina el agua, llega a su termino el desarrollo. El agua es más importante que el petróleo, más importante que cualquier recurso. Incluso de mayor valor que el diamante.

También podemos añadir, si hablamos del valor ecológico del agua, tomando en cuenta los ecosistemas acuáticos y terrestres, sin este recurso seria imposible, el valor ecológico está dado por participar en el ciclo del agua mantiene la reserva la estructura del suelo da condiciones de degradación de la materia orgánica, ayuda en el desarrollo y la preservación de la masa y cubierta vegetal además de conservar la belleza paisajística. Sin recurso hídrico no mantendríamos el ecosistema, la fauna y la flora.

Por otro lado, si analizamos desde la perspectiva económica, nos ubicamos tomando en cuenta las tarifas, es decir cuánto es el valor que pagamos por este recurso como parte de su valor monetario a nivel mundial y nos ubicamos en la paradoja del agua y el diamante. Donde podemos concluir que en todo el mundo no pagamos por este recurso tomando en cuenta su verdadero valor ecológico y económico.

Incluso en muchos proyectos de inversión no son considerados como debe ser dentro de sus cálculos económicos y financieros. No tomamos en cuenta el mantener la cabecera de cuencas hidrográficas.

El agua es considerada como un bien y como un servicio, es un producto de la naturaleza, tomando en consideración la regulación del clima, regulación de flujos hidrológicos e hidrográficos, forma parte del ciclo de nutrientes. Si consideramos como un bien la lista es infinita, porque todas las actividades antrópicas usan y consumen agua, es un bien ambiental, parte del capital natural. **(Vásquez Perdomo F. Valor Ecológico y Valor Económico del Agua 2013, Mejora de la Gestión de la Calidad del Agua 2013).**

- **Nueva Cultura del Agua**

El termino Nueva Cultura del Agua surge a mediados de los años noventa del siglo XX surge como un movimiento socio ambiental, este concepto poco a poco fue refiriéndose a toda forma diferente de tratar y abordar los temas relacionados con el manejo y gestión. Sus actores son los movimientos ecologistas y ambientalistas de los años 70 y 80 que, en el Valle del Ebro, tomaron el recurso hidrico como bien básico de acción antropica, y era vista como una expresión de las contradicciones del capitalismo industrial.

De este modo se concibió el agua como un activo “socialecológico”, y surge la necesidad de gestionar la demanda en lugar de la oferta, aplicando técnicas como análisis y evaluación beneficio-costos o el estudio y evaluación de la degradación ambiental y la manera de visualizar la cuenca hidrográfica e hidrológica como una unidad de planificación territorial, intentando reducir y eliminar los trasvases de cuenca y las presas.

A estos principios enumerados se fueron acoplando expertos, profesores técnicos, investigadores, españoles y extranjeros que, en ámbitos diferentes fundamentalmente en las universidades, se generó una gran red institucional de apoyo mutuo. Se desarrollaron eventos y congresos internacionales así con actos reivindicativos, simbólicos, formativos y lúdicos para intentar conseguir cambios en el manejo del agua en España.

En el camino para lograr lo propuesto nos encontramos con detractores desde todos los espacios implicados por lo que ha estado rodeado de problemas y en casos polémicos. Una de las líneas de acción más significativas de los actores relacionadas con la Nueva Cultura del Agua fue la búsqueda de alternativas al Plan Hidrico del país que se presentó en la segunda legislatura de José María Aznar.

De este modo podemos destacar los tipos de agua que se diferencian, por su consumo o por su uso, en la nueva cultura del agua:

- **El agua de uso ciudadano:** considerando el agua como un derecho, por la cual se pagaría el precio de costo. Nos referimos al agua para ducharse, para limpiar la casa, para lavarse. Se calcula unos 20 lts al día.
- **El agua de vida,** se considera agua de necesidad para la vida, que es un derecho y debe ser gratis para todos los seres habitantes, 3 lts de agua al día. A nivel mundial cada año mueren por consumir agua de mala calidad unos 30.000-50.000 personas.
- **El agua de negocio:** se considera agua que se uso o utiliza para obtener un beneficio economicos por lo que se incrementaría su precio sobre el uso de los ciudadanos, y no subvencionada por el estado y se da en algunos casos.
- **El agua de lujo:** considerada como el agua que usan los privados que cuentan con alto poder adquisitivo, como campos de golf, piscinas, considerado 200 lt. o más por día, su costo se incrementaría notablemente al precio del agua para otros usos.

Los gastos por el agua de lujo deberían servir para subsidiar el agua de vida a las personas que no tienen para vivir. (Aguilera Klink, Federico. 2008)

- **Gestión del Agua**

A la pregunta: ¿Qué estamos haciendo para atender los problemas y desafíos del problema del agua? Las respuestas a los problemas del agua, como cualquier problema ambiental, incluyen tanto los instrumentos político-administrativos, económico-financieros, tecnológicos y de intervención física, de educación y sensibilización pública, que ayudan a disminuir los grados de contaminación o el uso excesivo del recurso (PNUMA, 2016).

Si cuantificamos estos beneficios consideramos que es un reto. Existen pocos estudios que analizan y evalúan los beneficios y costos que derivan de invertir para gestionar las aguas servidas domestica e industriales y mejorar su calidad de las aguas y tendrá resultados en la economía del país o incluso en un sector de la industria nacional. La deision de adoptar metas para el manejo de las aguas servidas daría una mayor facilidad para cuantificar e indicar beneficios tangibles. todas las investigaciones que se han hecho se han centrado en iniciativas de gobiernos locales,

y no pueden ser replicados a nivel nacional o internacional. (Objetivo Global para el Agua Post-2015).

- **Marco Político e Institucional, marco legal para la Gestión del agua y los Servicios de Saneamiento**

La institucionalidad, los objetivos y los instrumentos para el manejo de los recursos hídricos a nivel metropolitano corresponden a aquellos de nivel nacional y se encuentran definidos en la Ley General de Aguas del Perú de 1969 (N° 17752) y en diversos reglamentos y disposiciones complementarios.

Según el reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reuso de aguas servidas tratadas, mediante la resolución jefatural N° 224-2013-ANA. Del 31 de mayo del 2013, Art. 2 inciso 2.2 Cuando se haga referencia a la "Ley" o al "Reglamento de la Ley", se debe entender que se habla de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos o a su Reglamento, aprobado por D .S N° 01-2010-AG.

En el Art. 3 numeral 3.2. Los procedimientos administrativos que se rigen por el presente Reglamento son los siguientes:

- a. Autorización de descargas de aguas servidas regeneradas
- b. Autorización de reuso de aguas negras con regeneracion
- c. Modificación de autorización de descarga de aguas servidas regeneradas
- d. Modificación de autorización de reuso de aguas negras con regeneracion
- e. Renovación de autorización de descarga de aguas negras regeneradas
- f. Renovación de autorización de reuso de aguas servidas con tratamiento

Autorización de descarga de Aguas servidas regeneradas, Artículo 5°.- Condiciones para autorizar la descarga de aguas servidas con tratamiento. Según el numeral 5.1 La (ANA) Autoridad Nacional del Agua podrá autorizar el vertido de aguas serrvidas con tratamiento sólo cuando:

- a. La **descarga final de las aguas servidas regeneradas** sólo se hace a un cuerpo natural de aguas marinas o continentales, salvo en casos expresamente indicados en el actual Reglamento.

- b. **Las aguas servidas** esten sometidas a una regeneracion previa que permita cumplir con los Límites Máximos Permisibles - LMP. Por lo tanto, se entenderá por cumplido

con la anuencia del instrumento de gestión ambiental de la autoridad ambiental sectorial.

c. No se alteren los Estándares de Calidad Ambiental del Agua ECA-Agua en los cuerpos receptores, según disposiciones dictadas por el MINAM para su implementación.

d. Las características de los cuerpos receptores permitan autodepuración de forma natural, debe ser demostrado.

e. No cause daño a otros usos en calidad y cantidad del recurso hídrico.

f. No se dañe la preservación del ecosistema acuático, lo cual deberá ser contrastado.

g. Se cuente con los instrumentos ambientales aprobados por las autoridades ambientales competentes, y contemple la evaluación del diseño de tratamiento y el efecto de la descarga en los cuerpos receptores.

h. Su promoción submarino, subacuático o a través de otro mecanismo, con previo tratamiento, no origine daños a los ecosistemas y otras actividades fluviales, lacustres, marino o costeras.

i. El titular de la actividad generadora de aguas servidas regeneradas a descargar debe contar con derecho de uso de agua que corresponde. No refiriéndose al derecho de uso de agua en casos de:

- Descargas proyectadas. donde bastará contar con la autorización de ejecución de obras de aprovechamiento de recurso hídrico.
- Descargas que provienen de efluentes de mina o de precipitación, siempre que el uso no derive de la actividad principal u otras labores del sistema productivo.
- Además actividades que por su peculiaridad se compruebe que no requiere contar con derecho de uso de recurso hídrico.

Capítulo II. Autorización de Reuso de Aguas servidas regeneradas.

Artículo 12°.- Reuso de aguas servidas regeneradas.

- ✓ los titulares de un derecho de uso de agua están facultados para reusar las aguas residuales tratadas que genere Siempre que se trató del mismo fin para el cual le

fue otorgado dicho derecho. En este caso carece de objeto tramitar un pronunciamiento expreso de la Autoridad Nacional del Agua.

- ✓ En caso de actividades diferentes se requiera autorización de reutilización de aguas servidas regeneradas.
- ✓ Se podrá autorizar la reutilización de aguas servidas regeneradas persona distinta del titular del diseño de regeneración, en cuyo caso se presentará el consentimiento de éste y la viabilidad de interconexión de la infraestructura para su reutilización.

Artículo 13°.- Condiciones para autorizar la reutilización de aguas servidas regeneradas

La ANA podrá autorizar la reutilización de aguas servidas regeneradas sólo cuando:

- a. Las aguas servidas son derivadas a regeneración previa que nos ayudará a cumplir con parámetros de calidad autorizados por el sector comoniente, cuando sea el caso.
- b. cuando el instrumento de gestión ambiental sea aprobado y sea otorgado por la autoridad ambiental sectorial que corresponda, que específicamente considere la evaluación ambiental de la reutilización de aguas servidas regeneradas. Si el solicitante es persona distinta al titular del diseño de regeneración de aguas servidas sólo presentará certificación ambiental dada al titular del diseño de regeneración.

Y no se exponga en riesgo a la salud de los habitantes, el normal desempeño de la fauna, la flora y además del ecosistema o se impacte a otros usos o consumos del recurso hídrico. Además de contar con el derecho de uso de agua adecuada para el desarrollo de la actividad generadora de aguas servidas a ser reusada o reutilizada.

Artículo 14°.- Criterio para valorar la calidad del agua para reutilización

Según el artículo 150° del Reglamento de la nueva Ley de Recursos Hídricos, las solicitudes de autorización de reutilización de aguas servidas regeneradas estarán valoradas considerando los valores admisibles que establezca el sector que corresponda a la actividad antrópica a la cual se destinara la reutilización del agua o, considerando, las guías que correspondan al OMS.

Artículo 15°.- Reutilización de aguas servidas regeneradas a través de infraestructura hidráulica de regadío.

Para la reutilización de aguas servidas regeneradas a través de infraestructura hidráulica de regadío, las solicitudes que autorizan deberán ser acompañadas, además de los requisitos señalados en el artículo 20° numeral 20. 3 del Reglamento, de la opinión favorable del operador a cargo de dicho sistema hidráulico, tomando en cuenta la reutilización del volumen total de aguas servidas regeneradas.

Artículo 16°.- Control de la calidad de agua para reutilización

El administrado deberá realizar el control de la calidad del agua para reutilización, conforme se establece en la resolución de otorgamiento, sin perjudicar lo dispuesto en el artículo 152 del Reglamento de la Ley.

En el Artículo 120°, de la conservación de la calidad de las aguas el Estado promueve la regeneración de las aguas servidas domésticas e industriales con fines de su reuso, considerando obtener la calidad adecuada para su reutilización, sin afectar la salud de los seres humanos, del medio o de actividades en las que se reusaran (Ley 28611).

En la ley se establece además que: i) las aguas sin ninguna excepción son propiedad del Estado peruano y señala expresamente que no hay derechos adquiridos ni propiedad privada sobre ellas (GEO, 20015); ii) la Autoridad de Aguas es el MINAG; iii) el Administrador Técnico del Distrito de Riego (ATDR), es la autoridad de aguas en el ámbito del Distrito de Riego y las Autoridades Autónomas de Cuenca Hidrográficas y; iv) el Ministerio de Salud en relación a la calidad de aguas (MA, 2014).

También establece un orden de preferencia de uso que privilegia las necesidades primarias y el abastecimiento de las comunidades, seguido de la crianza de animales, la agricultura y, finalmente, el uso energético, industrial o minero (GEO, 20015).

En 1991, se expidió el Código del Medio Ambiente y Recursos Naturales (DL 613) que crea gran expectativa para la política del ambiente y los recursos naturales, entre ellos el agua. Sin embargo, en 1992, a través del DL 757, Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, generó nuevas confusiones y conflictos de competencia, en materia de manejo del agua, a través de la regulación de instrumentos como los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) o los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA). Cada

ministerio tiene facultades para la fiscalización de la contaminación generada en su sector (Remy, 1995).

La Constitución de 1993, Art. 66, precisa que los recursos naturales no renovables y renovables estos son patrimonio nacional; el Estado peruano tiene soberanía en su uso y por Ley Orgánica se establecen las condiciones de su reutilización y de su otorgamiento a particulares, abriendo la posibilidad de la concesión otorgando a su titular un derecho real.

En la gestión y manejo de los recursos hídricos, este concepto reviste importancia, en el sentido de que el otorgamiento de concesiones de recurso hídrico podría vincularse a los servicios de suministro de agua para el aprovechamiento multisectorial (Remy, 1995).

- **Marco Legal y Estratégico (estrategia nacional para el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos 2016)**

Constitución Política del Perú, 1993

Ley Orgánica de Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales
, Ley N.º 26821,

Ley General del Ambiente, Ley N.º 28611,

Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, Ley N.º 28245,

Política Nacional del Ambiente, Decreto Supremo N.º 012-2009-MINAM,

Ley de Recursos Hídricos, Ley N.º 29338,

Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Decreto Supremo N.º 001-2010-AG,

Política del Estado N.º 33, del Acuerdo Nacional,

Decreto Supremo N.º 014-2011-MINAM, Plan Nacional de Acción Ambiental
2011-2021

Decreto Supremo N.º 006-2015-MINAGRI, Política y Estrategia Nacional de
Recursos Hídricos.

Decreto Supremo N.º 013-2015-MINAGRI, Plan Nacional de Recursos Hídricos

Resolución Jefatural N.º 119-2014-ANA, Aprobación del Plan de Gestión de
Recursos Hídricos en la Cuenca Chancay-Huaral.

Resolución Jefatural N.º 131-2014-ANA, Aprobación del Plan de Gestión de
Recursos Hídricos en la Cuenca Caplina-Locumba

- **Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Disposiciones Complementarias**

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) para riego no restringido y restringido es de 15 mg/l. y la demanda química de oxígeno (DQO) de 40 mg/l. ver tabla 2.

- **Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.- Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda.**

Tabla 2 Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales

| Parámetros | Unidad de medida | D1: Riego de vegetales | | D2: Bebida de animales |
|---|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| | | Agua para riego no restringido (c) | Agua para riego restringido | Bebida de animales |
| FÍSICOS- QUÍMICOS | | | | |
| Aceites y Grasas | mg/L | 5 | | 10 |
| Bicarbonatos | mg/L | 518 | | ** |
| Cianuro Wad | mg/L | 0,1 | | 0,1 |
| Cloruros | mg/L | 500 | | ** |
| Color (b) | Color verdadero Escala Pt/Co | 100 (a) | | 100 (a) |
| Conductividad | (μ S/cm) | 2 500 | | 5 000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) | mg/L | 15 | | 15 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/L | 40 | | 40 |
| Detergentes (SAAM) | mg/L | 0,2 | | 0,5 |
| Fenoles | mg/L | 0,002 | | 0,01 |
| Fluoruros | mg/L | 1 | | ** |
| Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N) | mg/L | 100 | | 100 |
| Nitritos (NO ₂ -N) | mg/L | 10 | | 10 |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo) | mg/L | ≥ 4 | | ≥ 5 |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6,5 – 8,5 | | 6,5 – 8,4 |
| Sulfatos | mg/L | 1 000 | | 1 000 |
| Temperatura | °C | Δ 3 | | Δ 3 |
| INORGÁNICOS | | | | |
| Aluminio | mg/L | 5 | | 5 |

FUENTE: Normas Legales el Peruano 2017

Tabla 3 (continuación) Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales

| Parámetros | Unidad de medida | D1: Riego de vegetales | | D2: Bebida de animales |
|---|------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| | | Agua para riego no restringido (c) | Agua para riego restringido | Bebida de animales |
| Arsénico | mg/L | 0,1 | | 0,2 |
| Bario | mg/L | 0,7 | | ** |
| Berilio | mg/L | 0,1 | | 0,1 |
| Boro | mg/L | 1 | | 5 |
| Cadmio | mg/L | 0,01 | | 0,05 |
| Cobre | mg/L | 0,2 | | 0,5 |
| Cobalto | mg/L | 0,05 | | 1 |
| Cromo Total | mg/L | 0,1 | | 1 |
| Hierro | mg/L | 5 | | ** |
| Litio | mg/L | 2,5 | | 2,5 |
| Magnesio | mg/L | ** | | 250 |
| Manganeso | mg/L | 0,2 | | 0,2 |
| Mercurio | mg/L | 0,001 | | 0,01 |
| Níquel | mg/L | 0,2 | | 1 |
| Plomo | mg/L | 0,05 | | 0,05 |
| Selenio | mg/L | 0,02 | | 0,05 |
| Zinc | mg/L | 2 | | 24 |
| ORGÁNICO | | | | |
| Bifenilos Policlorados | | | | |
| Bifenilos Policlorados (PCB) | µg/L | 0,04 | | 0,045 |
| PLAGUICIDAS | | | | |
| Paratión | µg/L | 35 | | 35 |
| Organoclorados | | | | |
| Aldrin | µg/L | 0,004 | | 0,7 |
| Clordano | µg/L | 0,006 | | 7 |
| Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT) | µg/L | 0,001 | | 30 |
| Dieldrin | µg/L | 0,5 | | 0,5 |
| Endosulfán | µg/L | 0,01 | | 0,01 |
| Endrin | µg/L | 0,004 | | 0,2 |
| Heptacloro y Heptacloro Epóxido | µg/L | 0,01 | | 0,03 |
| Lindano | µg/L | 4 | | 4 |
| Carbamato | | | | |
| Aldicarb | µg/L | 1 | | 11 |
| MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO | | | | |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml | 1 000 | 2 000 | 1 000 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 ml | 1 000 | ** | ** |
| Huevos de Helminths | Huevo/L | 1 | 1 | ** |

FUENTE: Normas legales el peruano 2017

(a): aguas claras. Sin alteración natural (aguas que cuentan con coloración natural). (b): Después de simple filtrado. (c): aguas de riego de áreas verdes públicas, unidades deportivas, ecosistemas urbanos y plantaciones de ornamento, aplicando solo los parámetros parasitológicos y microbiológicos de riego no restringido.

A3: significando variaciones de 3 grados Celsius respecto a promedios mensuales multianuales del área valorada. El símbolo ** dentro de la tabla indica que el parámetro no aplica para esta Subcategoría. Los valores de los parámetros se hallan en concentraciones totales, salvo indicación contraria.

- **Usos del Agua**

El uso y consumo a nivel nacional de agua comprende el uso no energético o consuntivo 11139 MMC/año y consuntivo que logre los 20 072 MMC/año; como uso. El sector agropecuario con el 80%, el sector minero con el 2% y poblacional e industrial con el 18% restante. Estos gastos representan los usos consuntivos más importantes a nivel nacional.

En Lima, la instalación de redes de agua tiene una longitud de 8 983 Km. La cobertura de agua es de 85.97% en 2003. Esto significa que el déficit actual es de 14 %. Según expertos el 2025, el déficit de agua en Lima aumentará. Cada año los niveles de reservas van disminuyendo: 280 millones de m³ en el 2001, 259 millones en el 2002, 267 millones de m³ el 2003, 165 millones de m³ el 2004, el abastecimiento en las represas fue el siguiente: Antacoto la más grande de las represas para Lima y Callao, 105, 62 millones de m³ (capacidad total de almacenamiento 120 MMC); Yuracmayo, 42,09 millones de m³, y Huascacocha, 48,61 millones de m³. (SEDAPAL, 2016).

- **Impacto Económico y Social**

Con la densidad de los núcleos poblacionales y las acciones productivas y antrópicas en las regiones de la Sierra y la Costa, ocasiona que la demanda del recurso hídrico sean máximas en áreas donde el abastecimiento y la disponibilidad de agua son más escasas. Esta situación obligada a mediano y largo plazo a una constante participación

del sector público, alcanzando su máximo nivel en los años 80, en varias oportunidades con resultados no deseados con relación a los objetivos de desarrollo económico seuido a través de dicha paraticipacion (INRENA, 1995).

Siendo la Costa de extremo cambio de caudal de los ríos en épocas de avenida o estiaje consideramos déficits crónicos de suministro de recurso hídrico con fines antrópicos al alrededor del 80% de los valles irrigados. Cuando la demanda aumenta, los límites sobre el volumen de agua disponible dando espacio a problemas intersectoriales y al aumento de impacatos negativos. En esta situación, el abastecimiento de agua para todos los usos y consumos, contribuy en estos espacios factores potenciales restrictivos más agudos para el crecimiento y desarrollo del pais y consumo de otros recursos naturales y para contribuir con calidad de vida para los habiatantes en ella establecidas (MA, 2014).

La alteración de la calidad afecta directamente el valor útil del recurso hídrico y elevar los costos de regeneración del agua. Considerando que varios de los egresos del sector salud en el país están relacionados con la degradación bioquímica, aunque los impactos producidos por la degradación industrial y el uso y abuso de químicos por las actividades agropecuarias, preocupan a las autoridades responsables del manejo y la gestión del recurso hídrico (MA, 2014).

- **Aguas Residuales**

Cabe indicar, que el agua residual, es aquella cuya característica original a sido modificada por actividades humanas (domésticas, industriales e institucionales) y que por su calidad, exigen un depuración previa (Terleira, 2010 y Jairo, 2013).

El Ministerio de Vivienda y Construcción, determina cuando un residuo se incorpora al agua, a este líquido proveniente se conoce con el nombre de agua servida o residual, que se derivan a (cuerpos receptores). Agua que ha sido consumida por una sociedad o industria y que incluye material inorgánico o orgánico en suspensión o disuelto (MTC, 2012).

La Comunidad Económica Europea define: “La contaminación o degradación del agua es la descarga por los humanos de elementos, sustancias en el ambiente acuático, que generan riesgos para la salud humana, malogra los recursos vivos y todo ecosistema, impide su uso para fines recreacionales o interfiere a otros usos legítimos del agua” (Noyola, 2000).

Para clasificar las aguas residuales consideramos: su **composición, origen, cantidad y calidad** estos residuos se relacionan con los hábitos de vida actuales (Yáñez, 1992). Las aguas residuales tienen un **origen** industrial, doméstico, comercial, agrícolas, agua de lluvia, aguas superficiales, originados en cuerpos de agua que ingresan en forma directa al sistema de alcantarillado agua de infiltración, proveniente de drenaje, sistema de desagüe y del descenso artificial del nivel freático de las aguas subterráneas. Estos diferentes tipos de aguas servidas reciben todas ellas la denominación de “aguas residuales municipales, urbanas o domésticas” (OPS, 2014).

En el Perú **aproximadamente se genera 2 217 946 m³/día** de aguas negras derivadas al sistema de alcantarillado. Reciben tratamiento el 32% de estas (En el Perú cada habitante genera 142 lt de aguas servidas al día). Es decir que gran parte del agua residual es vertida a ríos y lagos, consecuentemente los agricultores captan estas aguas por canales y riegan con estas, a la vez exponiéndose a enfermedades. (OEFA 2014)

• **Caracterización de las aguas servidas o residuales (calidad del agua)**

La calidad del agua residual de una localidad esta en función de su característica física químicas y biológicas, esto varía considerando los siguientes factores: el tipo de sistema de alcantarillado o el consumo de agua potable, a esto se suma la existencia de sistemas individuales de disposición de excretas y la presencia de residuos o desechos industriales. A esto se suma las variaciones horarias, diarias, semanales y estacionales (estiaje y avenida), además de los caudales y concentraciones de los contaminantes (Yáñez, 1992).

Las aguas residuales cruda en promedio incluyen, alrededor de 1.000 mg /l de sólidos en suspensión y solución que sumados son los sólidos totales, cerca del 99,9%

de agua nombrado como agua potable y de, un 0,1% por peso de sólidos, sean éstos suspendidos o disueltos en el agua. Las sustancias según su origen son: el 70 % son orgánicos: grasas, carbohidratos y proteínas y el 30% son inorgánicos: sales, metales y arenas, (Noyola, 2000).

Considerando el resumen comparativo de las particularidades de aguas servidas domésticas de países en desarrollo e industrializados, se concluye que la mayoría de las características de parámetros físicos químicos y biológicos son comparables en los dos tipos de países, solo se excepcionan los contenidos de organismos patógenos: parásitos y entero bacterias (Yáñez, 1992).

Un análisis diferenciado de la calidad de las aguas, considera el análisis de sus características químicas, físicas y biológicas; así como, determina la concentración de materiales sólidos en suspensión y/o solución, permite su clasificación para los diversos tipos de uso y consumo, de acuerdo a los límites permisibles establecidos por los estándares vigentes, existentes en el ámbito nacional e internacional (INRENA, 1995).

Estos efectos o consecuencias de la degradación en las aguas se pueden abreviar en:

- Afecta el proceso de auto depuración de los cauces de los ríos y a los ecosistemas acuáticos.
- Degradación de los recursos hídricos
- Disminución de la calidad de agua para abastecimiento de la población, o para riego o uso en la industria con limitaciones cualitativas.
- Afecta la salud, la economía y las actividades de recreación
- Exige control riguroso y tratamiento de las aguas para su adecuado uso o consumo, dependiendo del grado de contaminación.

• Efectos de las aguas residuales sobre la salud

Hoy en día a nivel mundial las enfermedades hídricas son raras, principalmente por la presencia de sistemas ineficientes de abastecimiento de agua y eliminación del agua servida. Por ello en un mundo en desarrollo, cerca de 2,000 millones de personas

no tienen abastecimiento de agua de calidad y saneamiento básico los males por causa de calida de agua en estas áreas alcanzan cifras alarmantes (OPS, 2001).

Los orígenes de estas enfermedades tienen su origen en protozoarios, gusanos y bacterias. Su detención y control esta fundamentado por la naturaleza del agente que causa, puede ser útil tomar en cuenta la apariencia relacionado con el agua en la propagación de la infección (GTZ, 2001)

Las aguas servidas domestica indudablemente contienen organismos, patógenos especialmente y bacterias que causan enfermedades intestinales, como paratifoidea, tifoidea, enteritis, y disentería; también virus tales como la ictericia infecciosa y los de la polio. Tambien, las aguas servidas y muchas comerciales, contienen huevos de parásitos de origen animal y humano (diferentes tipos de helmintos) (Moscoso, 1993).

Las aguas residuales domesticas no solo tienen un efecto en la salud de las personas sino de todo ser vivo. Plantas y animales biodiversidad, sino también de ecosistemas terrestres y acuáticos. Malogra la calidad del ambiental, la salud publica y salud ambiental, donde surge la necesidad de un adecuado tratamiento de cumplimiento con la normatividad nacional e internacional como son los LMP y los ECA, para prevenir y mitigar los riesgos ambientales e impactos ambientales.

• Saneamiento y Salud

En Latino America y el Caribe, una de las dificultades sanitarios más álgidos es la descarga sin control de aguas negras sin depuración alguna, que impacta y contaminan las aguas subterráneos y superficiales. En muchos países las aguas residuales que son regeneradas no cuentan con adecuado tratamiento.

En muchos casos los alcantarillados y la inadecuada disposición de excretas contamina el agua que ya fue potabilizada, y el consumo de alimentos regados con esa agua contaminada, origina un sin numero de enfermedades gastrointestinales y diarreicas. Colocandolas dentro de las tres causas de mortandad en en Latino America,

siendo las más comunes: hepatitis, shigelosis, amebiasis, fiebre paratífica, cólera, tifoidea, e infecciones por rotavirus (OMS, 1999) Anexo. **tabla 2.29**

En la década de los años 80, se llevaron a cabo varios estudios bacteriológicos de las aguas servidas de Lima y los resultados en términos de coliformes fecales y estreptococos fecales, coliformes totales, muestran que el número de total de coliformes varía entre 2.4×10^6 y 9.3×10^7 NMP /100 ml, el número de coliformes fecales varía entre 1.5×10^6 y 4.6×10^7 NMP / 100 ml; y el número total de estreptococos fecales, varía entre 2.3×10^5 y 2.4×10^7 NMP / 100ml (Vinces, 1995).

• **Calidad de Agua Residual**

La calidad del agua debe medirse mediante indicadores basados en el total de sus propiedades de los cuerpos de aguas, incluidos los parámetros físicos, biológicos, químicos y ecológicos. La selección de indicadores para análisis-evaluación de la calidad del agua residual debe ser de acuerdo con: a) El objetivo del estudio y b) Posibles riesgos de contaminación; de acuerdo con los Estándares de Calidad: Normas y Valores Guía. La evaluación es la determinación de las características biológicas y químicas naturales del agua mediante parámetros relacionados con la vida acuática, efectos en la salud de los humanos, en la salud de los ambientes acuáticos y de los ecosistemas. Puede tomar datos del monitoreo para definir la condición del agua, proveer las bases para identificar patrones y proporcionar datos Causa- Efecto (Aspectos e Impactos ambientales).

Aspectos básicos para definir la calidad del agua

- Caracterización de los cuerpos de agua
 - ✓ Características hidrodinámicas
 - ✓ Características fisicoquímicas
 - ✓ Características Biológicas
- Identificación de su uso
 - ✓ Características hidrodinámicas Interconexiones entre cuerpos de agua dulce
 - ✓ Características fisicoquímicas.

Factores determinantes: condiciones climáticas, geomorfológicas y geoquímicas sólidos disueltos, sólidos en suspensión, PH, temperatura, conductividad y potencial redox.

Contenido de oxígeno disuelto: calidad del agua, vida acuática y solubilidad de metales.

Material particulado. Orgánicos e inorgánicos

Tiempo de variabilidad de material particulado y disuelto es determinante en interacciones entre:

- Variabilidad hidrodinámica.
- Solubilidad de los minerales.
- Características del material particulado
- Actividad biológica
- ✓ Características biológicas

En el desarrollo de la Biota influye el factor ambiental

Tipos de producción, Bacteriana, primaria y secundaria

Definición de Calidad del agua

Complejidad de factores

Calidad en ambientes acuáticos. Muestran variaciones temporales y espaciales.

Diversidad de tipos de evaluación

- Calidad del agua según sus usos

El agua es evaluada considerando su calidad tomando en cuenta sus parámetros químicos, microbiológicos y físicos. El manual Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA et al., 1992), es considerado guía de métodos analíticos cualitativos y cuantitativos que se siguen en Canadá y Estados Unidos para analizar-evaluar la calidad de las aguas (EPA 1999).

En nuestro medio se fija la calidad a través de la nueva ley de recursos hídricos los criterios y LMP establecidos por la (OMS) y la Agencia Ambiental de los Estados Unidos (EPA) (INRENA, 1995).

- **Organismos patógenos**

Los organismos patógenos, son agente que originan infección en un huésped vivo. Los microorganismos patógenos que tienen la actividad idónea para infectar humanos en situaciones adecuadas, se cuentan ciertas algas, hongos, virus y bacterias así como

organismos helmínticos y protozoarios. Estos patógenos no tienen capacidad de desarrollarse en el agua, pero son capaces de sobrevivir varios días en ella. Los patógenos vastos de desarrollar quistes tienen la competencia de vivir fuera de un huésped por tiempos más largos. Ejemplo, las esporas de *Clostridium tetani*, sobreviven durante años en la naturaleza (EPA, 1999).

Las infecciones diarreicas agudas (IDA's) representan una de las principales causas de morbi-mortalidad en niños menores de 5 años. La Oficina de Estadística e Informática del Ministerio de Salud (MINSA) concluye que la población infantil de 0 a 5 años para el año 2003 lo que representa al 49,1% del total de niños y niñas, adolescentes (10 millones 404 mil 271) y al 16,2% del total de la población del país., también indica que se atendieron 607,871 casos de EDA's en 1997 y 665, 624 casos de EDA's en el año 2014. Los virus y los parásitos intestinales como *Giardia* y *Cryptosporidium* tienen un comportamiento diferente a los indicadores de contaminación fecal (DIGESA, 2003).

• Organismos indicadores

Cuando se trata de detectar parásitos se utilizan indicadores biológicos, la definición de microorganismo indicador biológicos, que no relaciona siempre las concentraciones de cada patógenos en el agua, sino que evalúa su grado de impacto por contaminantes fecales animal y humana (Castillo, 2001). Las limitaciones de los microorganismos utilizados como indicadores biológicos podemos presentar: especificidad, la resistencia a las desinfección y tratamientos, disposición en el agua junto con patógenos, perduración en el agua, y se multiplican en el ambiente (Cabelli, 1983).

Cuyas características principales de un buen microorganismo indicador son: (1) la densidad de los organismos indicadores biológicos está ligada con la presencia de patógenos en el agua; (2) su ausencia indica la existencia de patógenos entéricos; y (3) los indicadores viven más en el medio que los patógenos. (EPA, 1999). Los indicadores bacterianos nos indican la existencia de material fecal por lo tanto su uso asegura la efectividad de depuración y calidad final del agua potable. Para asegurar los

aspectos sanitarios y la calidad de depuración de aguas servidas, reutilización de efluentes, etc., se usan patógenos como indicadores.

Una de las principales consideraciones debe ser que las limitadas reservas de aguas dulces de muchos países estén libres de contaminantes. Debido a que con frecuencia no se dispone de suficientes plantas de depuración para el abastecimiento de agua potable, la contaminación de aguas subterráneas y superficiales podría tener efectos desastrosos en la Salud pública y la salud ambiental. **Los costos que, ahorran los gobiernos locales y la industria al no tratar el agua, se gastan por otro lado, y en mucho mayor medida, en la atención a la salud (OPS, 1991).**

La OMS identificó las actividades económicas agropecuarias como uno de los desafíos del futuro para la salud ambiental y pública. Recientes brotes de *cyclospora* y hepatitis A, es causado por uso de aguas impactadas para riego y surge la necesidad de usar nuevos indicadores para contaminantes fecales además de los coliformes (El mundo 1999. Citado por Arango Chile 2003).

- **Eficiencia para lograr la remoción de microorganismos patógenos**

En muchos estudios de CEPIS se demuestra el nivel de eficiencia de remoción de patógenos con diferentes tecnologías de depuración de aguas servidas. Sindo los biofiltros los que ocupan un rendimiento de 0-2 para helmintos y bacterias; y de 0-1 para quistes y virus, en escala logarítmica de 0-4 (Sáenz, 2002).

Es necesario desarrollar y aplicar medidas preventivas de preservación ambiental, para garantizar que el desarrollo económico local no tenga como efecto secundario una influencia negativa en los siguientes: (OPS, 1991)

- La producción y productividad del hábitat natural
- La salud
- Los recursos naturales que son escasos hoy en día
- Calida ambiental, Salud ambiental y Salud pública

- **Legislacion para la calidad de agua para los diferentes usos**

La preservación de la salud ambiental y salud pública, calidad de las aguas naturales y vigilancia de los efluentes contaminados a los ecosistemas, están considerados en la gran mayoría de países, para desarrollar normas y leyes. Estas normas consideran los límites máximos permisibles de diversos parámetros biológicos, químicos, físicos y radioactivos entre otros.

Ninguno de los países ha introducido en sus normas legales las Directrices Sanitarias de la OMS (1989) para la reutilización de aguas servidas urbanas en el riego de actividades agropecuarias, a pesar del impacto que tiene el uso o consumo irrestricto de aguas servidas sobre la Salud Pública y ambiental (CEPIS, 2002).

El CONAM, de acuerdo a la Ley del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y su reglamento, ha dispuesto que el Estándar de Calidad Ambiental- ECA- medida que establece los niveles de concentraciones o de los grados de elementos, compuestos, sustancias, o parámetros químicos, biológicos y físicos presentes en el suelo, aire y agua que no significa riesgos para la salud ambiental y de los habitantes. También, dispone que los ECA son obligatorios para la elaboración de normas, legales y políticas públicas del país (CONAM, 2005).

Mediante Decreto del Consejo Directivo No 003-2007- CONAM/CD, aprueban los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y su técnica de implementación (CONAM, 2007).

Parámetros de calidad de las aguas servidas o residuales: Físicas, Químicas y Biológicas.

Artículo 2.- Finalidad numeral 2.1 aportar al cumplimiento progresivo de los (LMP) Límites Máximos Permisibles para efluentes de sistemas de depuración de aguas servidas urbanas o domesticas, por tanto, los cuerpos receptores de aguas servidas cumplan en forma progresiva, cuando es necesario, con los (ECA Agua) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, como indicador ambiental. (D.S. N° 010-2017-VIVIENDA)

Juicios de calidad del recurso hídrico para usos y consumos:

Criterios o juicios de calidad para aguas destinada al uso doméstico y consumo humano, antes de ser potabilizado.

- ✓ Criterio de calidad para la conservación de la vida acuática y agreste en aguas dulces, cálidas o frías y en aguas marinas, costeras y de estuarios.
- ✓ Juicios de calidad del recurso hídrico para riego agropecuario.
- ✓ Juicios de calidad del recurso hídrico con fines recreativos.
- ✓ Juicios de calidad del recurso hídrico de uso pecuario
- ✓ Juicios de calidad del recurso hídrico de uso estético.

• Características Químicas

Con respecto sus características o particularidades químicas estas deben ser más específicas en su naturaleza comparando con los parámetros físicos y por tanto son más útiles para valorar de inmediato, las propiedades de una muestra. Las características químicas más destacadas: DBO, DQO, COT, pH, alcalinidad, acidez, oxígeno disuelto (OD), salinidad, dureza, N, P, grasa, aceite, metales pesados, compuestos específicos (Noyola, 2000).

Considerando al oxígeno un componente muy significativo en la verificación de la calidad del agua. La presencia del oxígeno es indispensable para propiciar la vida biológica y los efectos de descargas de residuos biodegradables en un río es la disminución del oxígeno en el ecosistema. por otro lado, la solubilidad del oxígeno va a depender de la temperatura del agua, mientras mayor sea esta, menor es el nivel del gas disuelto en el agua (Noyola, 2000). Ver tabla 4

Tabla 4 Temperatura vs oxígeno disuelto (OD)

| | | | | |
|------------------------|------|------|-----|-----|
| Temperatura. °C | 0 | 10 | 20 | 30 |
| OD, mg/L | 14.6 | 11.3 | 9.1 | 7.6 |

Demanda de oxígeno. Por lo general los compuestos orgánicos son inconstantes y se oxidan químicamente o biológicamente para producir compuestos finales que si tienen estabilidad, aproximadamente inertes, tales como NO_3 , CO_2 , H_2O . La cantidad de presencia orgánica de un residuo se encuentra al evaluar la cantidad de oxígeno que se necesita para ser estabilizado. La demanda total de oxígeno (DTO) nos representa la cantidad teórica de oxígeno solicitada para oxidar todos los componentes que son oxidables presentes en las aguas residuales domésticas o industriales (Ramos, 2000).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO.) Se divide en demanda carbonada y demanda nitrogenada (Nitritos y Nitratos) (Mejía, 2005). Analiza la cantidad de oxígeno que son requeridos por los microorganismos para transformar la materia orgánica en CO_2 , o, cantidad de oxígeno que utilizan los microorganismos para estabilizar de la materia orgánica en condición de temperatura y tiempo específicas (Noyola, 2000).

la (DQO). Es una medida de la cantidad de oxígeno requerida en la oxidación química de la materia orgánica. Cuyo parámetro es de mucha utilidad para caracterizar las aguas residuales con presencia de descargas industriales. La relación DQO/DBO tanto en el desecho crudo como en el tratado, son valores de utilidad para comprobación. Un desecho doméstico crudo tienen valores de DQO/DBO entre 1.7 y 2. Esta relación se incrementa con el grado de tratamiento (Yañez, 1992).

Fósforo. El fósforo que se requiere para la síntesis y producción de nuevo tejido celular y su presencia de necesidad para la depuración biológica. El agua servida urbana contiene mucho fósforo (como fosfatos), esto se debe al alto contenido de residuos domésticos y detergentes sintéticos.

Nitrógeno. Elemento muy importante porque la reacción biológica sólo puede desarrollarse con existencia de suficiente nitrógeno. El contenido de nitrógeno amoniacal constituye un parámetro adicional para determinar la contaminación producida por aguas residuales domésticas, comerciales e industriales. Hasta cantidades relativamente pequeñas de este elemento, son tóxicas para los peces en los cuerpos receptores (Noyola, 2000).

Cloruro. Son responsable del sabor salado de el agua, es indicador de posible degradación del agua servida este se debe la presencia de cloruro de amoniacó presente en la orina. En el agua potable, el sabor del Cl esta presente con 250-500 mg/l, una concentración de 1500 mg/l no es considerada dañina para los consumidores que gozan de buen estado de salud.

Aceites yGrasas. Cuyas sustancias causan problemas para regeneración del agua residual, ya que flotan y forman una capa en la superficie del agua, que dificulta la transferencia de los gases entre el agua yel aire y estos deben ser removidos antes. Estos elementos, se descomponen lentamente, depende de su procedencia.

Ácido Sulhídrico

Formado por la desintegración de la materia orgánica con contenido de azufre también se forma por la minimización de sulfatos y sulfitos minerales. Cuya presencia, se persibe por los olores que genera, es un indicador del estado y evolución de un agua servida. (Da Silva, 2013)

Anhídrido Carbónico

Se genera al fementar las sustancias orgánicas de las aguas servidas urbanas. (Da Silva, 2013)

Metano

Se genera por degradación anaerobica de la materia orgánica como consecuencia de la minimización bacteriana del dióxido de carbono. Y otros gases: se generan además gases con olores fetidos, como ácidos grasos volátiles y otros que se derivan del nitrógeno. (Da Silva, 2013)

• Características físicas

Las consideraciones principales para lograr establecer la calidad del agua se basan más en sus características físicas que en las químicas y biológicas. De esta forma se desea un agua inodora, incolora e insipida. Las características físicas importantes para

la calidad del agua son: los sólidos, temperatura, color, olor y sabor, radioactividad. (Aurazo, 2003).

La particularidad física más importante de las aguas residuales es su contenido de sólidos totales, que está constituido por materia en suspensión y materia flotante, en dispersión coloidal y en disolución acuosa. Otras particularidades físicas son la temperatura, olor, el sabor y el color. (Villacrez, 2003)

Según estudios estos sólidos pueden clasificarse por su tamaño y su estado sedimentable, suspendido, coloidales o disueltos. Los sólidos totales disueltos (SDT) se deben a material solubles, y los sólidos suspendidos (SS) representan los fragmentos que se miden y evalúan al filtrar un ejemplar a través de un papel filtro de 1.2 μ m y los sólidos sedimentables son todos aquellos que por efecto de la gravedad decantan en el fondo de un recipiente (cono Imhoff) al cabo de 1h. Se define como la desigualdad entre los SS originales en la muestra y los SS en el sobrenadante (UNAM, 2003).

- **Temperatura**

Las aguas residuales domésticas tienen mayor temperatura que las aguas de abastecimiento, esto se debe generalmente a las derivaciones de agua caliente de origen industrial y de uso urbano. Medir esta propiedad física es de mucho valor considerando que las principales operaciones biofísicas para la depuración de las aguas servidas dependen de la temperatura (t°), porque afecta directamente las velocidades de reacción y reacciones químicas mismas. La t° de las aguas servidas varía en función de la estacionalidad y de la geografía del lugar donde se instalará la planta de tratamiento. En regiones de temperatura baja varía entre de 7°C a 18°C mientras que en regiones de alta temperatura varía entre 13°C y 30°C . (Villacrez, 2003)

- **Color**

Las principales causas que dan color característico al agua servidas son los sólidos en suspensión, el material coloidal y los compuestos en solución. Por lo general, el color es una propiedad física para predecir las condiciones de las aguas negras.

si las aguas presentan un color gris claro es peculiar que estas aguas han pasado por algún proceso de desintegración o que se encuentran corto tiempo en los esquemas de recojo. Si es negro o gris oscuro el color de las aguas, estamos frente a aguas de colectores que sufrieron fuerte degradación bacteriana en condición anaeróbica. Este color característico es frecuente por la producción de sulfuros, principalmente sulfuro férrico y ferroso. (Villacrez, 2003)

- **Olor**

Un olor peculiar fresco es generalmente inofensivo, existe una gran variedad de sustancias malolientes que son emitidas durante la operación unitaria de descomposición biológica en ausencia de oxígeno. Esto ocurre por el interés de la opinión pública, se requiere de un especial cuidado en el diseño y montaje de plantas de regeneración de aguas servidas con el fin de prevenir y mitigar características que generan la presencia de malos olores. (Villacrez, 2003)

- **La turbidez**

En cuanto a la turbidez del agua esto producto de sustancias en suspensión finamente divididas: limos, arcillas y partículas de sílice, sustancias orgánicas, etc. según la Norma Técnica Peruana (NTP, 2006) la turbidez se define como la expresión de una propiedad óptica que tiene una sustancia o compuesto líquido de dispersar y absorber sin modificación de dirección la luz que atraviesa a través de ella. La turbidez de los efluentes residuales y de las aguas contaminadas es en general elevada, por la cual se define la turbidez por absorciometría. La turbidez se considera como una buena medida de la calidad del recurso hídrico (Rodier 1978).

La turbidez del agua es medida en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez. Se mide con un instrumento llamado turbidímetro o nefelómetro, que cuantifica la intensidad de la luz dispersada a 90°, se pasa un rayo de luz a través de una muestra de agua.

Si medimos la turbidez es para conocer y estimar la concentración de SST (Sólidos Suspensión totales), consideramos que es un parámetro difícil de medir. según la OMS,

la turbiedad del agua no pasará de 5 NTU, y estará por debajo de 1 NTU (Lenntech, 2006).

- **Sólidos en todas sus formas**

Las aguas residuales presentan sólidos totales, estos se seleccionan por su tamaño o se presentan en sólidos filtrables y Sólidos suspendidos, estos: son fragmentos que flotan, como pedazos de animales, de vegetales, residuos sólidos, etc. y otras que son observables a simple vista y existen la posibilidad de separar de la fase líquida mediante operaciones unitarias. En los sólidos suspendidos encontramos sólidos sedimentables y no sedimentables, los sedimentables se decantan por diferencia de densidad en el fondo de los equipos de sedimentación. Esto nos da la cantidad de lodo o fango que se retirará por decantación. (Villacrez, 2013)

Los Sólidos filtrables: se pueden dividir en sólidos disueltos y sólidos coloidales. La porción coloidal son partículas de diámetros que pueden oscilar entre 10⁻³ micra y 1 micra. Esta porción no se elimina por decantación. Los sólidos diluidos están formados por moléculas inorgánicas y moléculas orgánicas, también pueden ser iones que se hallan disueltas en el recurso hídrico. Por ello, se requiere una floculación-coagulación luego procederá a la decantación para que de esta manera poder eliminar estas partículas que están suspendidas. (Villacrez, 2013)

- **Características biológicas**

En los abastecimientos de agua se cuenta con bacterias es el parámetro de calidad biológicas más sensible, por tanto, es necesario eliminar toda fuentes de impacto o contaminación microbiológica. Todos los residuos orgánicos cuentan con gran cantidad de microorganismos; las aguas residuales contienen por encima de 10⁶ coliformes/ml (Moscoso, 1993).

Las características de la contaminación biológica se dan por presencia de microorganismo patógenos, eutrofización, alteración de la fauna y flora acuática (Méndez, 2003).

Los microorganismos de las aguas servidas derivan de restos humanos y de animales que están contaminados y son portadores de muchas enfermedades. Dentro de organismos patógenos existentes en las aguas servidas están, los virus, las bacterias, los protozoos y los helmintos. Los patógenos que pueden ser defecados por personas y los animales provocan enfermedades intestinales como la disentería, diarrea, la fiebre tifoidea, paratifoidea y cólera. Estos organismos presentan alta peligrosidad, son los causantes de gran número de fallecimientos en países con escasos de saneamiento básico, especialmente en zonas de bajos recursos. (Méndez, 2003).

- **Bacterias**

Las bacterias descomponen la materia orgánica y lo estabilizan. Se clasifican por su metabolismo, en autótrofas y heterótrofas. Las autótrofas se alimentan de sustancias inorgánicas, toman la energía que es necesaria para su biosíntesis a partir de reacciones químicas y fotoquímicas (bacterias quimiosintéticas: Hydrogenomonas, Thiotrix, Nitrobacter, Nitrosomonas). Se da la regeneración biológica de las aguas servidas domésticas, las bacterias heterótrofas representan el grupo más común, y tienen necesidad de las sustancias orgánicas para actuar sobre el carbono celular. Las heterótrofas y autótrofas pueden clasificarse, en aerobias, facultativa, anaerobias, de acuerdo al consumo de oxígeno. (Villacrez, 2013)

Bacterias anaerobias: son las que actúan en presencia de oxígeno que procede de los sólidos inorgánicos y orgánicos en presencia de oxígeno diluido no viven. Operaciones biológicas que ocasionan son en ausencia de oxígeno, se caracterizan por presentar malos olores. Las Bacterias aerobias: estas actúan en presencia de oxígeno que procede del agua para su reproducción, respiración y alimento.

El oxígeno disuelto que toman de alimento es el oxígeno molecular del agua, y degradan y descomponen la materia orgánica, están en base a procesos aerobios, se caracterizan por ausencia de olores desagradables. (Villacrez, 2013)

Bacterias facultativas: muchas bacterias anaerobias y aerobias y **se adaptan al medio opuesto**, de modo que, las anaerobias a aguas con oxígeno diluido y las

aerobias a medio sin oxígeno diluido. **Bacterias coliformes:** estas bacterias se utilizan como indicadores de degradación y patógenos. Generalmente se encuentran en el tracto intestinal de las personas y de muchos animales que cuente con sangre caliente. Las coliformes son de los géneros *Aerobacter* y *Escherichia*. (Villacrez, 2013)

- **Algas**

Se ubican fácilmente en los estanques de afianzación, son de mucha utilidad por que producen oxígeno a través del fenómeno fotosintético. Las algas, como otros microorganismos, prefieren sustancia inorgánica para su reproducción. Además del dióxido de carbono (CO₂), los nutrientes principales son el fósforo y nitrógeno. Además de otros compuestos (oligoelementos) como cobre, hierro, etc.

Las algas presentan dificultades por que se reproducen con rapidez producto del exceso de nitrógeno y de fósforo, por el enriquecimiento de las aguas. A esto se conoce como (eutrofización) creando colonias flotantes donde originan problemas en las maquinarias y equipos de las plantas de tratamiento, rompiendo así el equilibrio del método de tratamiento. (Villacrez, 2013)

Los tipos de algas de mayor importancia en el agua dulce son: marrón dorado o verdiamarillas (*Chrysophyta*), verdiazules (*Cyanophyta*) y verdes (*Chlorophyta*), verdes móviles (*Volvocales euglenophyta*). (Villacrez, 2013)

- **Tratamiento de aguas residuales**

Las aguas residuales en general están constituidas de dos componentes, un constituyente sólido, conocido como lodo o fango y un efluente líquido. Existen dos métodos de regenerar las aguas servidas domésticas. La primera, consiste en dejar que todo el material sólido de las aguas servidas sedimente en el fondo de los decantadores o sedimentadores. Posteriormente, se trata la componente superior de residuos con reactivos químicos para reducir los contaminantes que están presentes en el agua.

El segundo método de uso más común consta en usar o aprovechar la población bacteriana para degradar u oxidar la materia orgánica. A este tipo, se conoce como tratamiento de lodos activados, se necesita abastecer de oxígeno a los microorganismos de las aguas servidas domesticas para reproducirse y conseguir su metabolismo.

El fundamento de regeneración de las aguas servidas tiene como finalidad la descomposición o conversión de la materia orgánica en material inorgánico y la eliminación o reducción de organismos patógenos, de contagio hídrica a los seres vivos. A este fenómeno o proceso se conoce como mineralización o estabilización, y el resultado inmediato es la disminución de los microorganismos patógenos y de la DBO5

Las etapas o pasos básicos para la depuración de aguas servidas incluyen: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario. En el tratamiento primario se decantan o sedimentan sólidos, en el secundario se elimina materia orgánica mediante oxidación o descomposición biológica y en el terciario se desinfecta (RIPODA, 2004).

Los efectos tóxicos para los microorganismos sucedan durante el dia, cuando las lagunas son expuestas a fuerte radiación del solar. Por las noches se da ninguna o menor eliminación de contaminación fecal. A veces, pueden ocurrir aumentos de patógenos y coliformes fecales, esto se da por poca estratificación térmica, comparando con el componente del fondo.

El periodo de retención hidráulica es, decisivo y aveces determina el rendimiento del metodo de tratamiento. Si el Tiempo es corto no permite el sinergismo del método bacterias/ algas, pues no facilitan la actuación de una biomasa representativa de algas. Tiempos muy largos pueden generar un desarrollo en exceso del fitoplancton formando una densa cubierta verde superficial. Esta cubierta es causa de oscurecimiento de las cubiertas inferiores del agua de tratamiento, esto causa problemas del fenómeno fotosintético, la generación de oxígeno, la subida del pH, etc., (Rolim, 2000, Campos, 2002).

Cuando se determinan técnicas o métodos para el control de la degradación del agua, se basan en patrones o se determinan en relación con su actividad o uso a la que se le destine. Siendo estas Normas de calidad e Indicadores de Calidad (UNAM, 2003).

La composición del agua, el 0,1% por peso de sólidos. El 0,1% referido es el que necesita ser retirado para que el agua pueda ser reusada y el 99.9 % está en su estado conocido como agua potable. Una demanda biológica de oxígeno DBO de 4 mg/l en un cuerpo de agua en un límite que, si excede, representa un grado significativo de degradación o contaminación. El agua actúa como medio de traslado de estos sólidos, estos pueden estar suspensión, diluidos, o flotando en la superficie del líquido (Yáñez, 1992).

Comúnmente los contaminantes de las aguas servidas son:

Patógenos (bacterias, parásitos, virus, etc.)

Materia orgánica (DQO, DBO, grasas y aceites, etc.)

Nutrientes (K, N, P, etc.)

Sales (Na, Cl y otros)

Compuestos tóxicos - solventes orgánicos, pesticidas, detergentes, metales pesados, metales traza entre otros. (OPS, 1991).

A lo largo de los años, se desarrollaron una variedad de métodos y técnicas para la regeneración del agua servida. En muchos de estos casos, se trata de combinar uno o dos y más operaciones unitarias y procesos unitarios, depende de la calidad del agua servida a regenerar y de las características que se dese alcanzar al final del tratamiento (Yáñez, 1992).

Para diseñar un sistema de regeneración de aguas servidas y elegir el tipo, la técnica y el método de tratamiento, pasa por caracterizar ese agua a tratar, la caracterización nos indicara los aspectos cualitativos y cuantitativos de los contaminantes que están presentes en el agua residual. Esto se determina mediante los diferentes tipos, métodos y técnicas de análisis de laboratorio, esto implica analizar el que y el cuanto de estos contaminantes y sus respectivas concentraciones presentes en muestras representativas. (Vásquez Perdomo F, texto de consulta “Análisis y Tratamiento de Agua”, 2012).

• Clasificación de métodos de tratamiento

La regeneración de aguas servidas se lleva a cabo mediante diferentes técnicas y métodos (OPS, 19 91). Ver diagrama 2.1 Estan basados en fenómenos químicos, físico y biológicos. En general, la regeneración de las aguas domestica o municipales y el agua residual industrial incluye, eliminación de las sustancias contaminantes, reutilizables y tóxicas, presentes en las aguas servidas.

El tratamiento del lodo.

La regeneración del agua

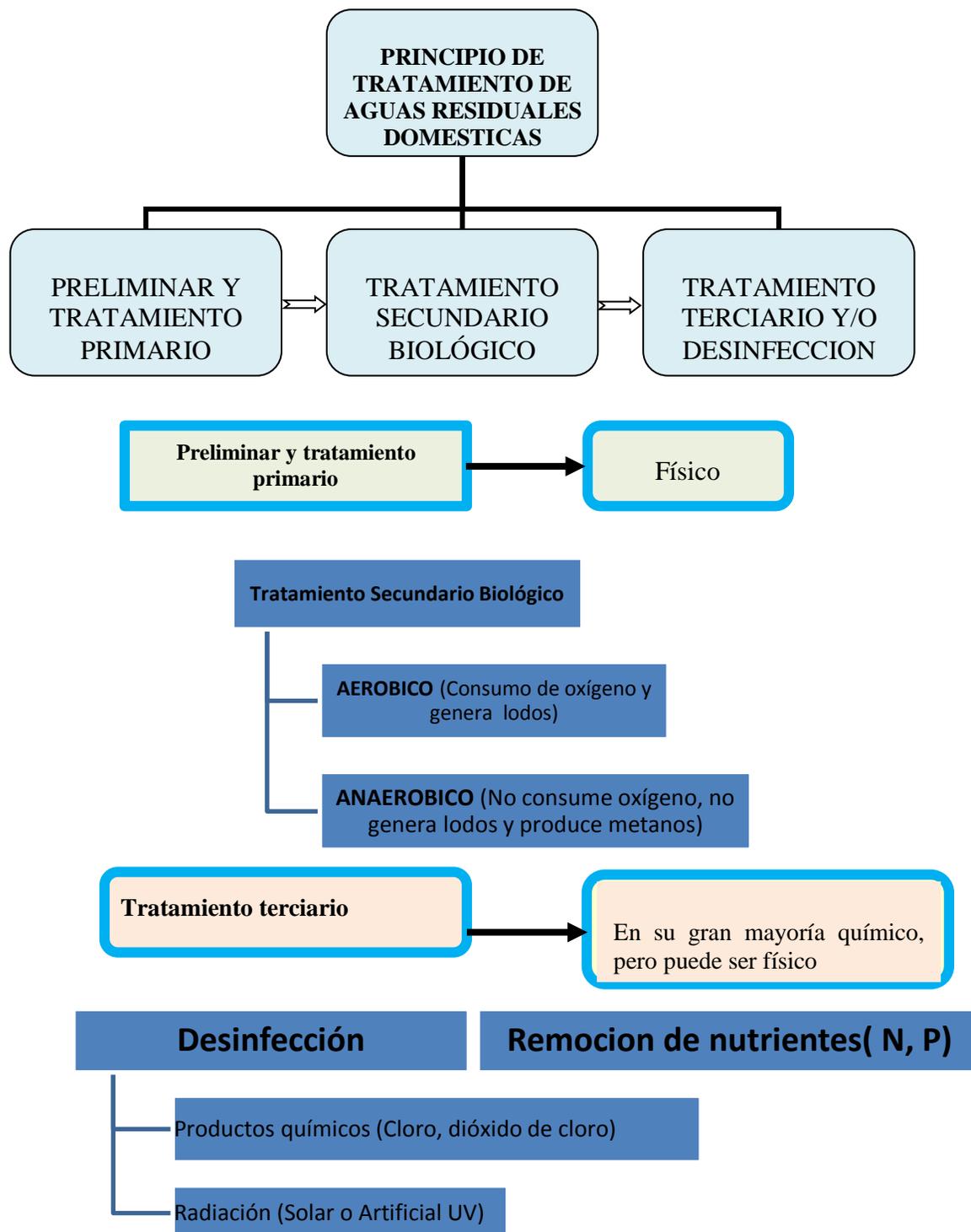
También, existe tratamiento final para la desinfección. Hoy en día, la utilización de ultra violeta (UV) se considera competitiva en determinados órdenes de magnitud en términos de población equitativos y equivalentes (Huamán y Lascano, C.1999). El cloro genera formación de trihalometanos sustancias mutágenos y cancerígenos, así como la formación de sustancias cancerígenas en la combinación del cloro con ácidos fúlvicos y húmicos (Hernández, 2001).

Tratamiento biológico:

Métodos.

- A) Aeróbico (consumo de oxígeno y genera lodos)
- B) Anaeróbico (No consume oxígeno, no genera lodos y produce metanos)
- C) Mixtos (con oxígeno y sin oxígeno)

Figura 1 Principios de tratamiento de aguas residuales domesticas



Fuente: Elaboración propia

A. Tipo de tratamientos químicos.- Procesos que dependen y se basan en las propiedades químicas de las sustancias que contaminan o de las propiedades químicas o tipos de los reactivos y sustancias químicas que se incorporan en el **proceso químico**, como por ejemplo: oxidación, neutralización, coagulación, floculación, osmosis inversa, corrección del PH del agua, precipitación, intercambio iónico. (Vega, 2000).

B. Tipo de tratamientos físicos. - Estos se dan mediante (operaciones unitarias) dependiendo de las propiedades físicas del contaminante presente tales como. Viscosidad, peso específico, tamaño de partícula, etc. Tratamiento por el cual se llevan a cabo transformaciones o cambios a través de la aplicación de fuerzas físicas horizontales y verticales. Estos son a través de **operaciones unitaria** tales como, adsorción, tamizado, cribado, mezclado, adsorción, transferencia de gas, flotación, decantación, floculación- coagulación y filtración (Noyola, 2000).

C. Tipo de tratamientos biológicos. - utilizan operaciones unitarias biológicas se producen reacciones biológicas para la reducción o eliminación de contaminantes solubles, insoluble y coloidales. Estos pueden ser aeróbicos, anaeróbicos como por ejemplo: lagunas aireadas, filtro percolador, lodos activados, reactores discontinuos secuenciales, zanjas de oxidación, etc. (Calderón, 2000).

Estas dos categorías principales se caracterizan por:

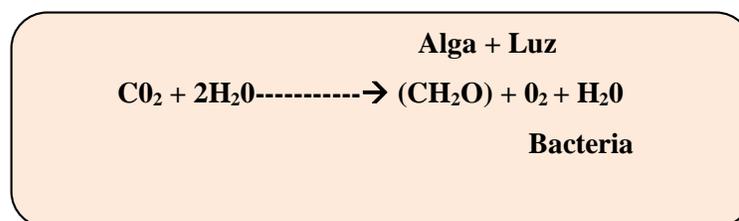
- Tratamiento aeróbico (Presencia de oxígeno)
- Tratamiento anaeróbico (Sin presencia de oxígeno)

El tratamiento biológico se fundamenta en la laguna de alta producción de biomasa, desarrollado por Oswald y Gotaas, al inicio la década de los años 50. Ellos demostraron que grandes cantidades de algas verdes unicelulares pueden desarrollarse en los líquidos orgánicos si mantienen condiciones ambientales adecuadas. Al utilizar la fotosíntesis de estos líquidos orgánicos hay un crecimiento simultáneo de las bacterias y las algas. (Vinces, 1995).

Las bacterias normalmente presentes en los desechos municipales al desintegrar la materia orgánica liberan CO₂ y NH₃ y otros elementos esenciales para el desarrollo de

las algas. Los desechos que ingresan mediante recirculación son inoculados con algas y en presencia de la luz estas algas producen oxígeno que requieren las bacterias aeróbicas para continuar oxidando la materia orgánica, produciendo más CO_2 , NH_3 y P_2 micro nutriente (Vinces, 1995).

La mayor parte de la materia orgánica y algunos nutrientes inorgánicos son digeridos por las algas para su desarrollo aún cuando el carbón está limitado en los líquidos domésticos residuales, la cantidad de células de algas puede exceder el contenido de materia orgánica original del desecho, porque el CO_2 proveniente de la atmósfera entra en el líquido especialmente cuando las algas han incrementado fuertemente el pH. La ecuación básica de la oxidación bacterial y de la fotosíntesis se puede expresar simplificada así, por la ecuación reversible (Vinces, 1995).



La reacción bacterial demuestra en parte la acción de las bacterias aeróbicas sobre la materia orgánica muerta (CH_2O) en el desecho la cantidad de oxidación bacterial depende de la concentración de la materia orgánica y disponibilidad de oxígeno; porque el oxígeno poco soluble proveniente de la atmósfera es muy limitado y debe ser producido por las algas en una cantidad adecuada para permitir la oxidación bacterial sin contratiempo (Noyola, 2000).

La reducción fotosintética, señalada en la reacción precedente está contrarrestada por la oxigenación bacterial, las células vivas de las microalgas están indicadas por los símbolos químicos (CH_2O) agrupados formando carbohidratos (Vinces, 1995).

Ventajas: (Físico)

Los tratamientos de aguas residuales consta de los siguientes pasos pre tratamiento, primarios, secundarios y terciarios (avanzados). El primero generalmente es el

acondicionamiento. En el segundo, una parte de los sólidos suspendidos y la materia orgánica es eliminada de las aguas residuales. Esta remoción es generalmente desarrollada mediante procesos físicos. Luego el efluente de regeneración primaria contiene principalmente, grandes cantidades de materia orgánica alta DBO. (Vega, 2000).

Eliminada la porción o fragmento mineral sólido, el efluente pasa a un equipo de decantación donde son depositados las sustancias orgánicas, posteriormente se retiran con un manejo adecuado. La operación unitaria de decantación o sedimentación reducen de 20 % a 40% la DBO₅ y de 40 % a 60% los sólidos suspendidos (Yáñez, 1992).

Un tratamiento secundario reduce el contenido en carga orgánica acelerando los procesos biológicos que se dan de forma natural. Una vez retirados de 40% a 60% de los sólidos que están en suspensión y reducida de 20 % a 40% la DBO₅ por métodos físicos por tratamiento primario. En general, las operaciones microbianas empleadas son aeróbicas, por tanto, los microorganismos trabajan cuando existe oxígeno disuelto. Los tratamientos secundarios empleados acelerarán las operaciones o procesos naturales de eliminación de los contaminantes. (Noyola, 2000).

Las bacterias aeróbicas, en presencia de oxígeno, transforman la materia orgánica en sustancias estables, como agua, anhídrido carbónico, fosfatos, nitratos y otros elementos orgánicos. La generación de materia orgánica fresca y nueva resulta indirectamente de las operaciones de tratamiento biológico, y se recomienda eliminar antes de las descargas de agua en los cuerpos receptores. Existen varios procesos alternativos para el tratamiento secundario, tales como el de lodos activados y las lagunas de oxidación, filtro de goteo. (Vega, 2000).

Tratamiento terciario o avanzado. Si las aguas van a ser descargadas a un cuerpo receptor y no se logra cumplir con los parámetros que la ley requiere en un tratamiento secundario, o el agua va a reutilizarse, se necesita de un tratamiento avanzado de las aguas servidas. Se usa el sinónimo de regeneración avanzada, cuando nos referimos a tratamiento *terciario*, pero no son exactamente los mismos (Calderón, 2000).

El tratamiento terciario, se emplea para eliminar nitrógeno y fósforo, en comparación con la regeneración avanzado se incluye pasos complementarios y perfeccionar la calidad del efluente, retirando las sustancias que contaminan. Existen operaciones que permiten una eliminación mayor al 99% de los sólidos suspendidos y bajar la DBO₅ de igual forma. Los sólidos disueltos en el agua disminuyen por medio de operaciones como la ósmosis inversa y electro diálisis (Yañez, 1992).

Si se necesita reusar las aguas residuales, la desinfección por tratamiento con ozono es tomada como la técnica más confiable, con excepción de la cloración extrema. Actualmente se está generalizando la desinfección con rayos ultravioleta, (Gnoato, 2003).

• **Procesos básicos de tratamiento biológico**

Hay distintas técnicas y **métodos de regeneración biológico**. Los más utilizados son los lodos activados, los lechos bacterianos (tal como filtro percolador). En los tratamientos mencionados, se utilizan cultivos biológicos para así lograr una desintegración aerobia y oxidar la materia orgánica, transformando a sustancias más estables. De este modo obtenemos una mayor eficiencia que el logrado por una decantación primaria, y por una regeneración de tipo químico.

Existiendo diferencia entre estos procesos unitarios para descomponer la materia orgánica. En los dos casos, el éxito radicarán en preservar condiciones aerobias, y es necesaria para el ciclo vital de los microorganismos, por otro lado, se debe vigilar la cantidad de materia orgánica que transformen estos organismos.

• **Lechos bacterianos**

Es un sistema de regeneración biológico de aguas negras donde la oxidación se genera al hacer pasar, a través de un material de soporte o medio poroso, agua residual y aire. La circulación y recirculación del aire se ejecuta ya sea forzada o natural.

Los lechos bacterianos presentan los siguientes ventajas que pueden resumirse en:

- No es necesario contar con muros no penetrables que eleven los costos de diseño.

- Existe ocasión de buena aireación por diversos medios, que nos admitan adaptar, en mejores circunstancias posibles, las operaciones de tratamiento por vía aerobia a las propiedades del efluente que se tratará.
- Continuidad, determinando las descargas recomendables para la derivación sobre el lecho, y los elementos auxiliares de evacuación de aguas de salida del sistema.

Los lechos bacterianos presentan desventajas: pérdidas bruscas de las películas biológicas, el humedecimiento del área del lecho, la puesta en marcha, existencia de vectores, la existencia de espumas en canales de acumulación, los olores y bajas temperaturas que protejan la actividad bacteriana (Hernández, 2001).

• **Lodos activados**

Cuya finalidad es Mantener la biomasa en movimiento en el equipo de aireación pasa de este a la unidad de decantación. La biomasa decantada es retornada en parte al proceso biológico, para conservar un sin número de micro organismos proporcionada, y una parte es purga del método como fango excedente. El sistema tiene variantes de la operación como por ejemplo: aireación extendida (temporizada), mezcla completa, aireación de alta carga, reactor discontinuo secuencial, sistema de oxígeno puro y canales de oxidación. la última es muy utilizada en la regeneración de aguas servidas.

En un sistema de lodos activados los parámetros de diseño son: la relación de alimento / microorganismos (a/m), el tiempo de retención hidráulico y la edad del lodo. En las operaciones de aireación extendida esta razón es de a/m fluctúa entre 0,05 y 0,15 (Kg. DBO/kg SSVLM/día). (Sólidos Suspendidos Volátiles en el Licor Mezcla)

Ventajas del sistema de tratamiento de lodos activados:

- . Eficiencia para remover la carga orgánica, es más alta que en otros operaciones convencionales, alcanza valores superiores al 90%.
- . Flexibilidad de operación controlando la biomasa del proceso
- . Ausencia de vectores o insectos y Minimización de olores

Desventajas del método de regeneración de lodos activados:

- . los costes de operación que se asocian a las exigencias de aireación, que se suministran bajo condiciones mecánicas. son altos
- . Debe tener control permanente, en lo operativo y de análisis de laboratorio.
- . Bajo remoción bacteriológica, se necesita efectuar desinfección final del efluente.

En el método que se propone en esta investigación se solucionara este problema empleando material de relleno para minimizar el costo de energía ya que el tratamiento que se pretende realizar es aireación extendida y temporizada con lodos activados utilizando un material de relleno en el reactor para mantener el oxígeno cuando los aireadores dejan de operar. **(Material de relleno puede ser fibra de coco), otros.** Este producto puede ser utilizado como único material para constituir el lecho o como componente individual en sistemas de biofiltración multicapa.

- **Biofiltros**

La regeneración biológica, se realizan en depósitos circulares rellenos con material de soporte de plástico o roca, a través del cual dreña en forma vertical el afluente, y se recoge junto a la biomasa excedente que es desprendido del medio, fluye por un fondo falso, de allí pasa a decantación secundaria. Para el diseño consideramos la carga orgánica (Kg. DBO) suministrada por m³/día de medio de soporte y la carga hidráulica suministrada (m³/día) por m² de área horizontal del biofiltro.

EL sistema presenta ventajas como bajos costos de mantenimiento y operación y estabilidad ante variaciones de concentración y carga de afluente, comparados con otros procesos de tipos convencionales, produciendo un lodo firme de alta concentración, (alta floculación y fácil de sedimentar o decantar) y se puede poner fácilmente en marcha después de una parada. (Reed *et al.*, 1987).

Los filtros percoladores o biofiltros son equipos muy utilizados para la regeneración de aguas servidas. Son equipos diseñados para poner en contacto aguas servidas con biomasa adherida a un sistema de soporte fijo, diseñando un lecho de oxidación biológica. El método tiene por objetivo reducir la carga orgánica presente en aguas

servidas urbanas o industriales. Consiste en un medio natural o sintético o lecho de piedras, u otro elemento sobre el cual se ingresa las aguas servidas, con crecimiento posterior de microorganismos, películas o lamas microbiales sobre el lecho (Romero, 2005).

Estos filtros percoladores son clasificados en base a su carga hidráulica y orgánica, y por sus principales características físicas. La colonia biológica del filtro constituye generalmente de protistas: bacterias anaerobias, aerobias, y facultativas; protozoos y hongos. Estan presentes algunos gusanos, caracoles, larvas de insectos. Los organismos predominantes son bacterias facultativas y aerobias. Condiciones de pH bajo predominan los hongos. Donde existe luz solar, se presentan crecimientos de algas, Esto se da en la parte superior del filtro, las cuales pueden causar taponamiento y disminuir la capacidad de infiltración.

El filtro debe estar ventilado para mantener condiciones aeróbias y lograr eficiencia en el tratamiento. Existencia de porosidad apropiada dentro del medio del filtro, el rango de temperatura entre el agua servida aire provee aspiración natural y suficiente aireación. Los que fabrican medio sintético recomiendan por cada 3 a 4,6 m de periferia de la torre de filtración 0,1 m² de área de ventilación y en el área de drenaje, por cada 1.000 m³ de medio. 1 a 2 m² de área de ventilación.

Tipos de filtros percoladores

En filtros percoladores la carga hidráulica esta definida como el volumen total de líquido, incluye recirculación, por unidad de área superficial de filtro y por unidad de tiempo. Es expresada generalmente en m³/ m² d. Tambien, se acostumbra expresar la carga orgánica como unidad de volumen de filtro (kg DBO/m³d) y la relación de la carga de DBO por unidad de tiempo, sin incluir la carga orgánica recirculada.

- **Biocilindros y Biodiscos**

Los biocilindros y biodiscos son biofiltros que incluyen dentro de las operaciones biológicas, haciendo un trabajo igual al de los lechos estáticos. La operación o proceso disminuye la materia orgánica, además de la nitrificación y desnitrificación. Estos se

introducen de forma parcial (40%) en las aguas servidas de tratamiento, existentes en recipientes por los que drena el agua, la velocidad de giro es baja. La capa biológica es desarrollada sobre su área. Los biocilindros y biodiscos se distinguen de los lechos bacterianos por contar con un soporte fijo (Hernández, 2001).

Los biodiscos y biocilindros, presentan algunas dificultades: Desarrollo de biomasa blanca, la pérdida de biomasa, baja eficiencia depuradora se debe a variaciones de caudal, carga orgánica, temperatura, PH. y aglomeración de sólidos en los discos.

- **Macrofitas**

El tratamiento en lecho de macrófitas, tiene muchas ventajas, debido elevada calidad del efluente y bajos costos. Las raíces abastecen de oxígeno de la atmósfera por difusión a través de hojas y tallos y hacia la rizósfera esto admite mantener condiciones aeróbias, de tal manera que los microorganismos de metabolismo aeróbio utilicen el oxígeno para la descomposición biológica de la materia orgánica. Por otro lado, los protozoos por su capacidad depredadora son de mucha importancia en la depuración de las bacterias incluye las patógenas (Ramírez y otros 2004).

Para un desarrollo adecuado de la zona radicular de los vegetales macrófitas, es recomendable que el lecho de suelo o grava permanezca saturado de agua de tratamiento durante todo el año. El sitio donde se instale el sistema debe ser abierto con pendiente del 2% al 6%. Estos lechos deben contar con profundidad que varía de 0.30 m a 0.80 m, considerando las características de ese agua que será tratada y de la calidad del agua que se plantee obtener al final del tratamiento, De otro lado la porosidad del suelo deberá ser por lo menos de 50 % (Duncan y Groffman, 1994)

- **Desinfección**

El objetivo principal de los métodos de desinfección es la depuración de microorganismos patógenos., además de las medidas preventivas de conservación. La evaluación de estos organismos requiere en su gran mayoría de laboratorios altamente especializados, necesita varios días de análisis a elevados costos. La alternativa para hacer un control confiable, rápido y económico de la calidad microbiológica del agua

es a través del uso de indicadores de contaminaciones fecales. Estos microorganismos se identifican, cuantifican y evalúan mediante métodos rápidos, económicos y fáciles (CYTEC, 2004).

La influencia en el decaimiento bacteriano debe a los siguientes:

- Valor del pH del agua
- Temperatura del agua a tratar
- Radiación solar según la estacionalidad
- Demanda bioquímica o biológica DBO y nutrientes
- Oxígeno disuelto (OD)
- Concentración de algas
- Competencia y depredación
- Sedimentación o decantación

Hoy en día se labora con variedad de microorganismos que representan los patógenos de origen fecal. Los patógenos y sus respectivos indicadores son; quistes y Huevos de helminto: *Áscaris lumbricoides* y *Giardia* y *Cryptosporidium*. bacterias: coliformes fecales, *E. coli*, *Streptococcus fecales* y *Clostridium perfringens*, virus: de *Bacteroides fragilis* fagos somáticos, F+, Los comportamientos de estos indicadores pueden variar frente a comportamientos naturales, (CYTEC, 2004).

• Cloración

La acreditación del cloro se dio desde los años 1899 es considerado como el más eficaz de los desinfectantes que se utilizan en la regeneración de agua. Como ácido hipocloroso el cloro es un poderoso desinfectante contra virus y bacterias. posee efectos residuales por lo intervienen sobre el contaminante después de su regeneración.

Los quistes de *giardia* son cien veces más resistentes al cloro que los virus y las bacterias. El cloro tiene características mutagénicas, también se forman sustancias cancerígenas en la mezcla del cloro con fúlvicos y ácidos húmicos (EPA, 1986).

- **Ozono**

El ozono en su forma alotrópica del oxígeno elemental cuenta con tres átomos de oxígeno (O₃). Es un gas detectable, presenta olor característico, muy inestable de color azul, y fácilmente se reconoce por su olor picante si esta en concentraciones entre 0,08 y 0,1 mg/L.

Desde finales del siglo XIX en Alemania, Francia y Holanda, se aplica el ozono para la regeneración de aguas servidas domesticas y después de comprobarse sus facultades de desinfección e inactivación de bacterias virus, se expandio al resto de Europa. La aplicación del ozono en regeneración de aguas servidas varía en muchas oportunidades, se usa en:

- ✓ Oxidación de hierro y manganeso y otros
- ✓ Reducción de metales pesados y metales traza
- ✓ Desinfección bacteriana
- ✓ Inactivación viral
- ✓ Nitrificación y desnitrificación
- ✓ Eliminación de sabor, color y olor
- ✓ Eliminación de turbiedad en el agua
- ✓ Eliminación de algas en aguas residuales
- ✓ Oxidación de compuestos orgánicos (detergentes, fenoles, pesticidas)
- ✓ Microfloculación de detergentes
- ✓ Oxidación de compuestos inorgánicos (sulfuros, cianuros nitritos y niutratos)
- ✓ Pretratamiento de procesos biológicos, reducción de trihalometanos y otros compuestos organoclorados.

Las ventajas del ozono es un desinfectante activo y rápido contra virus y bacterias reduce la proteína celular por inactivación de los procesos enzimáticos críticos, enzimas esenciales para la vida microbiológica.

La desventaja, los efectos no permanecen posterior de la aplicacion, o sea que no tiene efecto residual como el cloro. **Es un tratamiento caro**, elimina los mutagénicos

en las aguas. Se estima que puede formar ozonoides indeseables en las aguas (Hernández, 2001).

- **Radiación UV**

La radiación ultravioleta (UV) aparece como una de las alternativas de desinfección al uso de ozono y cloro. Las primeras experiencias para la esterilización del agua se dieron en Marsella, Francia en 1910. El bajo costo de la esterilización del agua con cloro, combinado con las dificultades operativas y de fiabilidad, retardo la utilización de la radiación UV hasta el decenio de 1950. El uso de la radiación UV se propagó a nivel mundial con el descubrimiento de subproductos del cloro (Arango, J. 2003).

Por otro lado, los UV:

- UV no confiere subproductos tóxicos en el agua tratada
- los sistemas UV son compactos y fáciles de instalar en los diseños
- UV no altera color, gusto, olor y pH del agua tratada
- UV no requiere la adición de productos químicos
- UV requieren un mantenimiento muy pequeño en los diseños
- los costes son a menudo más bajos que los de una bombilla de casa.

- **Usos de aguas residuales en la agricultura**

El uso de aguas servidas desarrolladas por diversas entidades de la Región, han permitido desarrollar un modelo para la integración de regeneración y la reutilización de esta agua. Se recomienda un sistema integrado que relacione la regeneración de las aguas servidas urbanas para su utilización en actividades agropecuarias, lo que obliga a priorizar la eliminación de patógenos para preservar la salud de la población y ambiental, en lugar de solo remover la materia orgánica y los nutrientes como el nitrógeno y potasio son aprovechados por la agricultura (OPS / CEPIS, 2002).

El reuso de aguas servidas tratada en actividades agropecuarias es una actividad aún atrasada e incipiente. necesariamente no significa un rechazo a la utilización, más bien un limitado conocimiento sobre esta opción que debemos masificar. El caso más importante en América Latina es el valle del Mezquital, México, donde 45,000 familias

manejan 70,000 has de alfalfa, maíz, trigo y otras especies forrageras, usando las aguas servidas que produce la ciudad de México (OPS, 2002).

Existen otras experiencias en la Región que se desarrollan en Mendoza -Argentina, donde cerca de 1,900 has agrícolas se riegan con las aguas de la Planta de depuración de Aguas servidas de Campo Espejo, que cuenta con 285 has de lagunas de estabilización para regenerar un caudal de 1,400 l/s acumulados de 320,000 habitantes (CEPIS, 2002).

Cuya calidad microbiológica es el elemento de mayor conflicto del reuso de aguas servidas para riego en actividades agropecuarias. En el ámbito internacional, las "leyes sanitarias para el reuso de aguas residuales en agricultura y acuicultura" de la OMS son las únicas que existen para este uso. Aunque precisa los riesgos para la salud y a la (insuficiente) convicción epidemiológica disponible en el momento, los únicos criterios específicos que utiliza la OMS son de procedencia microbiológico (GEO, 2005).

La expansión de las ciudades viene generando una veloz y caótica edificación de suelos de uso agrícola y ha forzado a dar prioridad al uso de las aguas superficiales para la industria y consumo humano. En consecuencia, la actividad agropecuaria de periferia de las ciudades se ha visto altamente afectada, disminuida y opta por la reutilización de aguas servidas como única opción de supervivencia a futuro. (OPS, 2001).

En varios estudios de caso se demostró que los agropecuarios desconocen o minimizan los riesgos que genera a la salud asociados al riego con aguas servidas sin tratamiento y pocos reconocen el aporte de nutrientes presentes en esa agua. Para la reutilización de aguas servidas para la agricultura, los criterios de calidad han sido establecidos por la OMS, estableciéndose tres categorías de reuso con recomendaciones específicas en la siguiente forma: (Yáñez, 1992).

Categoría A:

Corresponde a riegos de cultivos que comúnmente se consumen crudos es decir sin ningún tratamiento, tales como parques públicos campos deportivos. El grupo expuesto está compuesto por trabajadores, consumidores y el público. Para este caso

se recomienda un tratamiento por un sistema de lagunas de estabilización o tratamiento equivalente, que permita lograr la siguiente calidad microbiológica. Nematodos intestinales: menor o igual a 1 huevo por litro Coliformes fecales: menor o igual a 1000/100 ml.

Categoría B:

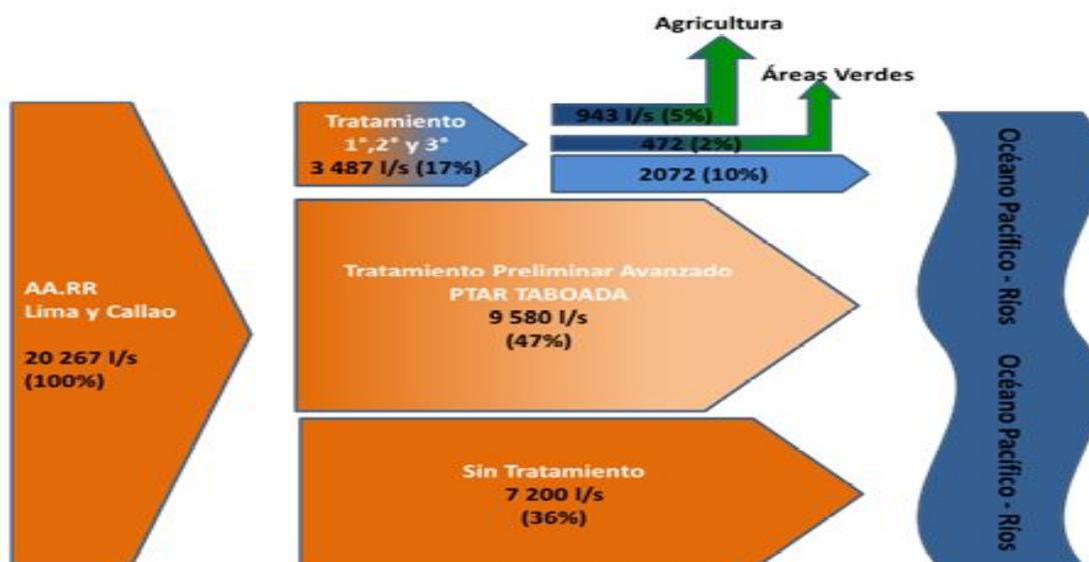
Corresponde a riego de siembras de cereales y forrajes, praderas y arbustos. El grupo expuesto constituye los trabajadores y para este caso se recomienda un tratamiento por lagunas de estabilización con un período de retención de 8 a 10 días o eliminación equivalente de nematodos intestinales. En este caso no se recomienda norma alguna para coliformes fecales, estableciéndose únicamente un nivel menor o igual a 1 huevo por litro para los nematodos intestinales.

Categoría C:

Corresponde a riego localizado de los cultivos de la Categoría B, cuando los trabajadores y el público no están expuestos. En este caso no son aplicables limitaciones en las concentraciones de nematodos intestinales y coniformes fecales y el tratamiento previo es dependiente de las exigencias de la tecnología de riego, requiriéndose como mínimo de sedimentación primaria (Yañez, 1992).

- **Adaptación de la Gestión de Recursos Hídricos en Zonas Urbanas al Cambio Climático con la Participación del Sector Privado**

Figura 2: Estado actual del tratamiento, reuso y derivación final de las aguas servidas en Lima Metropolitana



Fuente: Plan Nacional de Inversiones para el sector agua y saneamiento (2014 -2021)

Los actuales tratamientos de aguas servidas en Lima Metropolitana tienen una cobertura de 64%, al año 2019, con la puesta en marcha de 5 nuevas PTARS pensadas en el Plan Maestro Optimizado de SEDAPAL 2015 – 2020 (La Atarjea, La Chira, Pachacutec, Anexo 22 y Lurín) que en total son 7 985 l/s adicionales, se pretende alcanzar el 100% de cobertura.

- **Reutilización de aguas servidas desde la perspectiva del Ente Rector del sector agua y saneamiento (MVCS).**

Las metas de cobertura del plan nacional de acción ambiental al 2021, ver tabla 5

Tabla 5: Metas de Cobertura del Plan Nacional de intervención Ambiental (2011-2021)

| Acción Estratégica | Meta al 2012 | Meta al 2017 | Meta al 2021 |
|---|--|--|--|
| Asegurar la cobertura total del tratamiento y reutilización de las aguas residuales en el ámbito doméstico o urbano y ampliar su cobertura en el ámbito rural | El 30% de aguas residuales domesticas son tratadas; y el 15% de éstas son reutilizadas | El 50% de las aguas residuales domesticas son tratadas; y el 30% de éstas son reutilizadas | El 100% de aguas residuales domesticas son tratadas; y el 50% de éstas son |
| Indicadores | | | |
| Porcentaje de aguas residuales domesticas tratadas y reusadas, % de aguas residuales del ámbito rural tratadas y reutilizadas | | | |
| Responsable MVCS, SUNASS | | | |
| Co-responsable ANA, MINSA, EPS, Gobiernos sub nacionales | | | |

Fuente: Plan Nacional de Inversiones para el sector agua y saneamiento (2014 -2021)

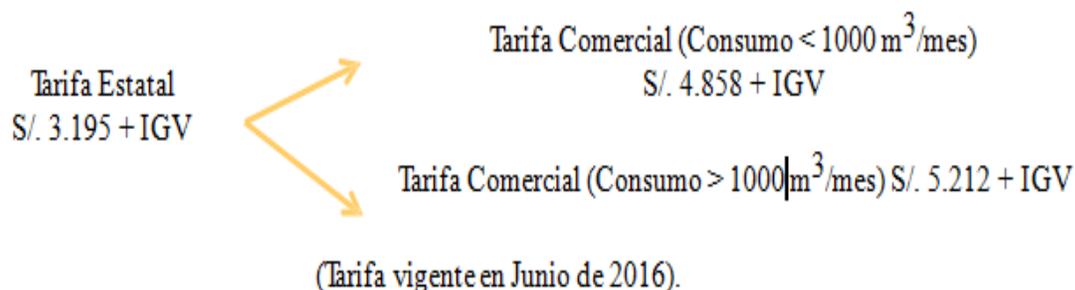
- **Reúso de aguas residuales desde la perspectiva del Regulador del sector agua y saneamiento (SUNASS).**

Reglamento Ley General de los Servicios de Saneamiento (Art. 90°D.S. 023-2005-VIVIENDA)

Los servicios de agua potable para fines de mantenimiento de jardines públicos y parques y otros servicios de uso comunitario, serán facturados al gobierno local correspondiente, o a quien los haya solicitado, de acuerdo al registro de medición de cada uno, o en base al consumo que efectúe la EPS, no existiendo micromediciones. **De preferencia, el riego de jardines públicos y parques en los gobiernos locales deberán realizarse con aguas residuales regeneradas para dichos fines.**

Resolución de Concejo Directivo N° 008-2012-SUNASS-CD

Modificó el Reglamento de Calidad de la Prestación de los Servicios de Saneamiento, para que las conexiones de agua potable dedicadas a riego de jardines públicos y parques, pasen a la Categoría Comercial en vez de la usual categoría Estatal.



- **Reutilización de aguas servidas desde la perspectiva del prestador de servicios (SEDAPAL)**

Plan Maestro Optimizado 2015 - 2020

Uno de los ejes estratégicos más relevantes es la “liberación del agua potable utilizada en el riego de áreas verdes municipales”

El principal criterio de planificación es la protección ambiental y reuso de las aguas servidas, vía la regeneración de las aguas servidas recolectadas y el cumplimiento de la legislación ambiental.

El sistema de depuración y disposición final del PMO considera:

- PTAR Taboada y descarga final mediante un emisario submarino, en el Callao.
- PTAR La Chira y descarga final mediante un emisario submarino, al sur de Lima.
- PTARs locales: plantas pequeñas > 5000 m³/día, San Juan (0.8 Lts/seg) y San Bartolo (1.7 Lts/seg)

Se estima que de los caudales de aguas residuales procesados, el 54% corresponderá a la Zona Norte con la PTAR Taboada, 26% a la Zona Sur con la PTAR La Chira y 20% a las plantas secundarias.

Proyecto “Mejoramiento y Ampliación del Tratamiento de Aguas Residuales en Lima Metropolitana”.

Desarrollado a nivel de perfil en el año 2011, cuenta con los objetivos siguientes:

- Incremento del nivel de regeneración de aguas servidas en Lima;
- Mejorar la disponibilidad de agua en el río Rímac y;
- Aumentar la reutilización de las aguas servidas regeneradas para el riego de parques y jardines.
- Mejoramiento y optimización de las PTARs existentes.

- v) Mejoramiento del monitoreo y control de efluentes de PTARs.
- vi) Mejoramiento del monitoreo y control de descargar industriales (VMAs).
- vii) Fortalecimiento de capacidades institucionales para la operación y mantenimiento

SEDAPAL está concertando un financiamiento no reembolsable del orden de 3 Millones de Euros a través del programa Latin America Investment Facility (LAIF), con intervención del BID y la KfW, para la realización del estudio de factibilidad del proyecto, el cual se denominará “Plan Maestro para el Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales de Lima Metropolitana”.

- **Reutilización de aguas servidas desde la perspectiva de la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML).**

Plan Metropolitano de Desarrollo Urbano Lima-Callao 2014 - al 2035 (**PLAM 2035**)



Plan de Espacios Abiertos e Infraestructura Ecológica
con Riego Sostenible 2014 - (**PEAIE - 2035**).



LIWA - 2011



SWITCH - 2007

El PEAIE-2035 propone que las áreas verdes actuales zonificadas y los nuevos espacios verdes que se proyecten cuenten con un *diseño de riego sostenible*, **implica que la fuente de agua de riego provenga de aguas servidas regeneradas y que los diseños de riego sean tecnificados.**

El PEAIE-2035 inicio su implementación en el año 2014 con la remodelación de 6 Parques Zonales que incluyen Plantas de tratamiento de Aguas Residuales (PTARS) para captar los descargas de SEDAPAL, regenerarlos y reutilizar el agua para el riego de las áreas verdes, actualmente se encuentran en fase de culminación de obras y puesta en marcha: El Migrante, Cahuide, Sinchi Roca, Santa Rosa, Flor de Amancaes, Yoque Yupanqui.

- Reuso actual y demanda potencial estimada para el reuso de aguas servidas regeneradas en riego de áreas verdes

A continuación, se presenta la demanda de agua para riego de áreas verdes 2014 ver tabla 6.

Tabla 6: Demanda de agua para riego de áreas verdes 2014

| N° | DISTRITO | ÁREA VERDE UTIL HABILITADA (ha) | DEMANDA MAX. AGUA (l/s) | | |
|--------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|
| | | | ESC. 1 | ESC. 2A | ESC. 2B |
| LIMA NORTE | | 661.93 | 566.20 | 428.60 | 405.70 |
| 1 | Ancón | 36.42 | 30.70 | 22.30 | 22.30 |
| 2 | Santa Rosa | 6.67 | 5.70 | 4.10 | 4.10 |
| 3 | Puente Piedra | 37.96 | 32.50 | 23.30 | 23.30 |
| 4 | Carabayllo | 91.31 | 80.10 | 63.80 | 55.90 |
| 5 | Independencia | 23.29 | 19.90 | 14.30 | 14.30 |
| 6 | Cómas | 175.36 | 153.90 | 122.50 | 107.50 |
| 7 | Los Olivos | 159.95 | 134.70 | 98.00 | 98.00 |
| 8 | San Martín de Porres | 130.97 | 108.70 | 80.30 | 80.30 |
| LIMA CENTRO | | 935.06 | 816.10 | 687.20 | 573.00 |
| 9 | Rímac | 29.59 | 25.30 | 18.10 | 18.10 |
| 10 | Cercado de Lima | 91.80 | 77.40 | 68.10 | 56.30 |
| 11 | La Victoria | 47.80 | 43.40 | 35.40 | 29.30 |
| 12 | San Luis | 26.44 | 24.20 | 20.10 | 16.20 |
| 13 | Breña | 3.76 | 3.30 | 2.30 | 2.30 |
| 14 | Jesus María | 53.02 | 46.50 | 37.00 | 32.50 |
| 15 | Lince | 12.56 | 11.10 | 8.80 | 7.70 |
| 16 | Pueblo Libre | 24.09 | 20.70 | 15.80 | 14.80 |
| 17 | Magdalena del Mar | 23.82 | 20.50 | 15.60 | 14.60 |
| 18 | San Miguel | 136.56 | 115.10 | 83.70 | 83.70 |
| 19 | San Borja | 110.85 | 104.10 | 98.40 | 68.00 |
| 20 | Santiago de Surco | 141.92 | 130.10 | 117.40 | 86.90 |
| 21 | Surquillo | 24.04 | 22.00 | 18.30 | 14.70 |
| 22 | San Isidro | 86.84 | 76.90 | 68.10 | 53.20 |
| 23 | Miraflores | 96.95 | 74.40 | 64.80 | 59.40 |
| 24 | Barranco | 25.02 | 21.10 | 15.30 | 15.30 |

| N° | DISTRITO | ÁREA VERDE UTIL HABILITADA (ha) | DEMANDA MAX. AGUA (l/s) | | |
|------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|
| | | | ESC. 1 | ESC. 2A | ESC. 2B |
| LIMA ESTE | | 646.61 | 575.80 | 476.20 | 396.30 |
| 25 | San Juan de Lurigancho | 172.38 | 145.30 | 105.60 | 105.60 |
| 26 | Lurigancho - Chosica | 21.35 | 18.70 | 14.00 | 13.10 |
| 27 | Chaclacayo | 17.36 | 15.30 | 12.20 | 10.70 |
| 28 | Ate - Vitarte | 152.52 | 142.30 | 122.90 | 93.40 |
| 29 | Santa Anita | 61.33 | 49.20 | 42.80 | 37.60 |
| 30 | El Agustino | 64.92 | 59.50 | 49.50 | 39.80 |
| 31 | Cieneguilla | 12.50 | 11.40 | 9.80 | 7.70 |
| 32 | La Molina | 144.25 | 134.10 | 119.40 | 88.40 |
| LIMA SUR | | 470.93 | 403.00 | 293.10 | 288.60 |
| 33 | Villa María del Triunfo | 43.64 | 37.30 | 26.70 | 26.70 |
| 34 | Villa El Salvador | 212.02 | 181.30 | 129.90 | 129.90 |
| 35 | San Juan de Miraflores | 83.96 | 70.80 | 51.50 | 51.50 |
| 36 | Chorrillos | 52.79 | 46.30 | 36.90 | 32.40 |
| 37 | Pachacamac | 6.98 | 6.00 | 4.30 | 4.30 |
| 38 | Lurín | 31.92 | 27.30 | 19.50 | 19.50 |
| 39 | Punta Hermosa | 17.51 | 15.00 | 10.70 | 10.70 |
| 40 | San Bartolo | 4.97 | 4.30 | 3.10 | 3.10 |
| 41 | Punta Negra | 12.16 | 10.40 | 7.50 | 7.50 |
| 42 | Santa María del Mar | 2.96 | 2.60 | 1.80 | 1.80 |
| 43 | Pucusana | 2.02 | 1.70 | 1.20 | 1.20 |
| TOTAL | | 2 714.53 | 2 361.10 | 1 885.10 | 1 663.60 |

Fuente: PEAI - 2035, 2014.

Fuente: Méndez Vega 2016

- Escenario 1: Mismos sistemas de riego (inundación 15%, mangueras-aspersión 37%, camión cisterna-aspersión 39%, y riego tecnificado por micro aspersión y goteo 9%).
- Escenario 2A: Sistemas de riego mejorados, reemplazando el sistema de riego por mangueras y camión cisterna.
- Escenario 2B: Solo sistemas de riego tecnificados.

- **Infraestructura de riego y reuso de aguas residuales para riego de áreas verdes – 2014**

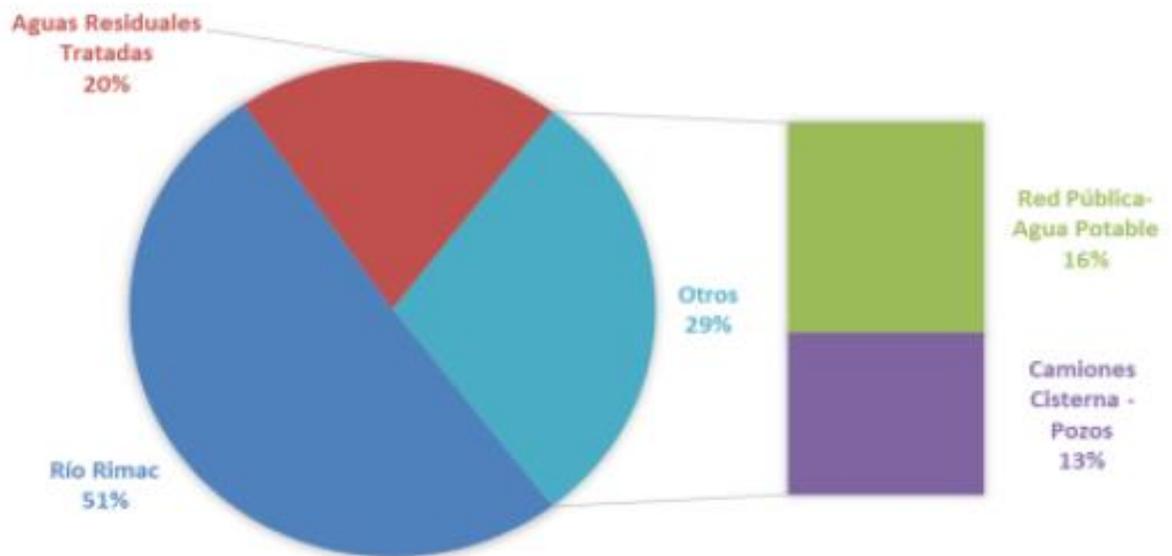
El reuso de aguas residuales para el riego de áreas verdes al 2014 se detallan en las **Tabla 7 y figura 3.**

Tabla 7: Infraestructura de riego y reuso de aguas residuales para riego de áreas verdes – 2014

| Infraestructura | Fuente | Caudal (l/s) | Área (ha) | Ubicación |
|-------------------------------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|
| Canales Chaclacayo | Río Rímac | 100.00 | 100.00 | Chaclacayo |
| Canales Huatica | Río Rímac | 50.00 | 45.00 | Cercado, La Victoria |
| | | | | El Agustino, San Luis |
| Canal Surco | Río Rímac | 1 050.00 | 1 077.00 | La Molina, Santa Anita, Ate |
| | | | | Jesús María, Pueblo Libre, Magdalena |
| | | | | Lince, San Isidro, Miraflores |
| | | | | Surquillo, Surco |
| Subtotal Aguas Superficiales | | 1 200.00 | 1 222.00 | |

Fuente: LIWA 2011, SERPAR 2014 elaboración propia, Méndez Vega 2016

Figura 3: Infraestructura de riego y reuso de aguas residuales para riego de áreas verdes – 2014



Fuente: LIWA 2011, SERPAR 2014 elaboración propia, Méndez Vega 2016

Tabla 8 : Infraestructura de riego y reuso de aguas residuales para riego de áreas verdes – 2014

| Infraestructura | Fuente | Caudal (l/s) | Área (ha) | Ubicación |
|---|-------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| PTAR Penal Piedras Gordas | | 2.00 | 1.00 | Ancón |
| PTAR Santa Rosa (Club La Unión) | | 4.00 | 2.00 | Ancón |
| PTAR El Mirador | | 3.50 | 3.50 | Ventanilla |
| PTAR Ajinomoto | | 16.00 | 8.00 | Ventanilla |
| PTAR Intercambio Vial Habich | | 2.00 | 1.70 | San Martín de P. |
| PTAR Aguas del Callao | | 14.00 | 18.00 | Callao |
| PTAR Av. Universitaria | | 3.00 | 5.00 | Carabayllo |
| PTAR PZ Manco Capac | | 3.00 | 3.00 | Carabayllo |
| PTAR PZ Sinchi Roca | | 25.00 | 25.00 | Comas |
| PTAR Collique | | 5.00 | 8.00 | Comas |
| PTAR PZ Yoque Llupanqui | | 4.00 | 4.00 | Los Olivos |
| PTAR Izaguirre | | 9.00 | 12.00 | Los Olivos |
| PTAR Nueva Sede - Atarjea | | 1.00 | 2.00 | El Agustino |
| PTAR Carapongo | | 5.00 | 10.00 | Ate-Vitarte |
| PTAR Backus | | 3.00 | 5.00 | Ate-Vitarte |
| PTAR Papelera | | 6.00 | 8.00 | Ate-Vitarte |
| PTAR Miyasato | | 3.00 | 4.00 | Ate-Vitarte |
| PTAR Gloria | | 5.00 | 8.00 | Lurigancho-Chosica |
| PTAR Ambev | | 5.00 | 8.00 | Lurigancho-Chosica |
| PTAR UNITRAR | | 8.00 | 12.00 | Rimac |
| PTAR Via Expresa Grau | AR Tratada | 2.00 | 5.00 | La Victoria |
| PTAR Club Golf de Lima | | 15.00 | 25.00 | San Isidro |
| PTAR Miraflores | | 1.00 | 3.00 | Miraflores |
| PTAR Jardines de la Paz | | 5.00 | 10.00 | La Molina |
| PTAR Club Golf La Planicie | | 15.00 | 23.00 | La Molina |
| PTAR Paseo del Bosque | | 2.00 | 4.00 | San Borja |
| PTAR Inmaculada | | 5.00 | 8.00 | Santiago de Surco |
| PTAR Club Golf Los Incas | | 15.00 | 25.00 | Santiago de Surco |
| PTAR San Juan de Miraflores | | 50.00 | 30.00 | San Juan de M. |
| PTAR Huascar/Parque 26 | | 50.00 | 50.00 | Villa El Salvador |
| PTAR Alameda Solidaridad | | 6.00 | 8.00 | Villa El Salvador |
| PTAR Alameda de la Juventud | | 5.00 | 7.00 | Villa El Salvador |
| PTAR Oasis de Villa (Inoperativa) | | - | 0.50 | Villa El Salvador |
| PTAR Atocongo | | 8.00 | 12.00 | Villa María del T. |
| PTAR INS | | 6.00 | 8.00 | Chorrillos |
| PTAR San Bartolo | | 150.00 | 210.00 | Lurín |
| PTAR Punta Hermosa | | 3.00 | 5.00 | Punta Hermosa |
| PTAR San Bartolo Sur | | 5.00 | 5.00 | San Bartolo |
| PTAR San Bartolo Norte | | 1.00 | 2.00 | San Bartolo |
| PTAR Pucusana | | 1.00 | 2.00 | Pucusana |
| Subtotal Aguas Residuales Tratadas | | 471.50 | 590.70 | |
| Red de Agua Potable | SEDAPAL | 399.60 | 551.83 | Varios |
| Camiones Cisterna | Subterránea | 300.00 | 350.00 | Varios |
| Subtotal Otras Fuentes | | 689.60 | 901.83 | |
| TOTAL | | 2 361.10 | 2 714.53 | |

Fuente: LIWA 2011, SERPAR 2014, Méndez Vega 2016

El 51% de la demanda actual de agua para riego de **áreas verdes públicas (2 714 ha)** es cubierta por agua superficial captada del río Rimac y distribuida por los canales de riego Chaclacayo, Huatica y Surco; el **20%** es cubierto con aguas servidas regeneradas y el 29% restante es cubierto por agua potable o agua de camiones cisterna.

• **Demanda potencial de agua para riego de nuevas áreas verdes – PLAM 2035**

Según el PLAM al 2,035 la demanda de agua para riego de nuevas áreas verdes es como se puede ver tabla 9.

Tabla 9 : Demanda potencial de agua para riego de nuevas áreas verdes – PLAM 2035

| N° | DISTRITO | AREAS VERDES PROYECTADAS - 2035 (ha) | | | DEMANDA POTENCIAL DE AGUA (l/s) |
|----|---------------------|--------------------------------------|------------------|----------|---------------------------------|
| | | AREA VERDE ÚTIL 2014 | AREA VERDE NUEVA | TOTAL | |
| 1 | Ancón | 36.42 | 1 280.02 | 1 316.44 | 803.03 |
| 2 | Ate | 152.52 | 65.36 | 217.88 | 132.91 |
| 3 | Barranco | 25.02 | | 25.02 | 15.27 |
| 4 | Breña | 3.76 | | 3.76 | 2.29 |
| 5 | Carabayllo | 91.31 | 109.16 | 200.47 | 122.29 |
| 6 | Cercado de Lima | 91.80 | 1.98 | 93.78 | 57.21 |
| 7 | Chaclacayo | 17.36 | 34.98 | 52.34 | 31.93 |
| 8 | Chorrillos | 52.79 | | 52.79 | 32.20 |
| 9 | Cieneguilla | 12.50 | 36.87 | 49.37 | 30.12 |
| 10 | Cómas | 175.36 | 3.50 | 178.86 | 109.10 |
| 11 | El Agustino | 64.92 | | 64.92 | 39.60 |
| 12 | Independencia | 23.29 | | 23.29 | 14.21 |
| 13 | Jesus Maria | 53.02 | | 53.02 | 32.34 |
| 14 | La Molina | 144.25 | | 144.25 | 88.00 |
| 15 | La Victoria | 47.80 | 3.40 | 51.20 | 31.23 |
| 16 | Lince | 12.56 | | 12.56 | 7.66 |
| 17 | Los Olivos | 159.95 | | 159.95 | 97.57 |
| 18 | Lurigancho, Chosica | 21.35 | 163.08 | 184.43 | 112.50 |
| 19 | Lurín | 31.92 | 190.33 | 222.25 | 135.57 |
| 20 | Magdalena del Mar | 23.82 | | 23.82 | 14.53 |

| N° | DISTRITO | AREAS VERDES PROYECTADAS - 2035 (ha) | | | DEMANDA POTENCIAL DE AGUA (l/s) |
|--------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|
| | | AREA VERDE ÚTIL 2014 | AREA VERDE NUEVA | TOTAL | |
| 21 | Miraflores | 96.95 | | 96.95 | 59.14 |
| 22 | Pachacamac | 6.98 | 19.15 | 26.13 | 15.94 |
| 23 | Pucusana | 2.02 | | 2.02 | 1.23 |
| 24 | Pueblo Libre | 24.09 | | 24.09 | 14.69 |
| 25 | Puente Piedra | 37.96 | 45.08 | 83.04 | 50.65 |
| 26 | Punta Hermosa | 17.51 | | 17.51 | 10.68 |
| 27 | Punta Negra | 12.16 | | 12.16 | 7.42 |
| 28 | Rímac | 29.59 | 25.00 | 54.59 | 33.30 |
| 29 | San Bartolo | 4.97 | | 4.97 | 3.03 |
| 30 | San Borja | 110.85 | | 110.85 | 67.62 |
| 31 | San Isidro | 86.84 | | 86.84 | 52.97 |
| 32 | San Juan de Lurigancho | 172.38 | | 172.38 | 105.15 |
| 33 | San Juan de Miraflores | 83.96 | | 83.96 | 51.22 |
| 34 | San Luis | 26.44 | | 26.44 | 16.13 |
| 35 | San Martín de Porres | 130.97 | 16.04 | 147.01 | 89.68 |
| 36 | San Miguel | 136.56 | | 136.56 | 83.30 |
| 37 | Santa Anita | 61.33 | | 61.33 | 37.41 |
| 38 | Santa María del Mar | 2.96 | 82.08 | 85.04 | 51.87 |
| 39 | Santa Rosa | 6.67 | 12.30 | 18.97 | 11.57 |
| 40 | Santiago de Surco | 141.92 | | 141.92 | 86.57 |
| 41 | Surquillo | 24.04 | | 24.04 | 14.66 |
| 42 | Villa El Salvador | 212.02 | 20.00 | 232.02 | 141.53 |
| 43 | Villa María del Triunfo | 43.64 | 12.00 | 55.64 | 33.94 |
| TOTAL | | 2 714.53 | 2 120.33 | 4 834.86 | 2 949.26 |

Fuente: PEAIE – 2014 - 2035

La demanda potencial de agua **para el año 2035 considerando el incremento de las áreas verdes públicas conforme el PEAIE, se estima en 2 949.26 l/s** bajo las siguientes premisas:

- i) Sólo áreas verdes públicas proyectadas al 2035 que podrían ser regadas por aguas residuales tratadas, sin considerar parques humedal, parques lomas, parques agrícolas ni parques ribereños proyectados como áreas verdes en el PEAIE - 2035;
- ii) Sistemas de riego tecnificado en todos los casos;
- iii) **Demanda de verano.**

• **Potencial de PTARs existentes en Lima y Callao para reutilización de aguas servidas– 2014**

La existencia de PTARs para reuso de aguas residuales al 2014 se puede ver en la tabla 10.

Tabla 10 : Potencial de PTARs existentes en Lima y Callao para el reuso de aguas residuales – 2014

| Nivel de tratamiento Eficiencia operativa | Calidad del Efluente | | 45 PTARS | Reuso 42%/ART 7%/ARR |
|--|---------------------------|---------------------------|-------------|----------------------------|
| | Caudal Diseño (L/s) | Caudal Actual (L/s) | | |
| TOTAL AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO PRELIMINAR AVANZADO | 14 000.00 | 9 580.30 | | |
| TOTAL AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO PRIMARIO | 31.00 | 84.87 | | |
| TOTAL AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO SECUNDARIO | 4 433.93 | 3 092.74 | | |
| TOTAL AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO TERCARIO | 613.55 | 308.94 | | |
| TOTAL AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN LIMA Y CALLAO | 19 078.48 | 13 066.85 | | |

Fuente: SEDAPAL y PEAIE – 2014

• **Balance GLOBAL de aguas residuales tratadas en Lima – 2014**

El balance global de aguas residuales tratadas en lima al 2014 se puede ver en la tabla 11.

Tabla 11: Balance GLOBAL de aguas residuales tratadas en Lima – 2014

| Demanda potencial de aguas residuales | l/s | Hm3/año |
|--|------------------|----------------|
| Uso Industrial | 2 435.31 | 76.80 |
| Uso agrícola | 12 778.55 | 402.98 |
| Uso riego áreas verdes | 2 361.10 | 74.46 |
| Uso energético | 1 581.00 | 49.86 |
| Total | 19 155.96 | 604.10 |

| Oferta de agua residual | l/s | Hm3/año |
|-----------------------------------|------------------|----------------|
| Residuales sin tratar | 7 200.14 | 227.06 |
| Residuales tratamiento primario | 9 665.18 | 304.80 |
| Residuales tratamiento secundario | 3 092.74 | 97.53 |
| Residuales tratamiento terciario | 308.94 | 9.74 |
| Total | 20 267.00 | 639.13 |

| | | |
|------------------|-----------------|--------------|
| Superávit | 1 111.04 | 35.03 |
|------------------|-----------------|--------------|

Fuente: Méndez Vega 2016

En términos globales, se estima que en la actualidad existe suficiente oferta de aguas residuales que con la inversión necesaria para lograr el acceso y la calidad adecuados, pueden ser reusadas con fines industriales, agrícolas, áreas verdes y energéticos.

Retribución Económica por Vertimiento ANA 2015 de PTAR Taboada y La Chira

Genera millones de soles al año de ahorro como parte del PBI

Prioridad de reuso de aguas servidas.

Todo reuso de aguas servidas genera beneficios para la población de Lima Metropolitana debido a:

- i) Genera un menor impacto en la tarifa de agua (menor pago REV a la ANA)
- ii) Libera recursos hídricos para fines poblacionales

Pero, solo el reuso de aguas servidas con fines de riego de áreas verdes o ecosistemas urbanos permite un triple beneficio:

- Mejora la calidad de vida de los pobladores (entorno verde)
- Evita sobrecostos por el consumo de agua potable en el riego de ecosistemas urbanos (arbitrios).

- Menos gastos por parte de la población en consultas medicas y medicina, al considerar la calidad de las áreas verdes regadas con aguas tratadas.

En tal sentido, se concluye el mayor beneficio de reutilización de aguas servidas en el riego de áreas verdes públicas, por lo que este debe ser priorizado.

Esperando a mediano plazo que las áreas verdes de Lima sean regadas con aguas regeneradas, reemplazando el agua potable, sobretodo las aguas de rio, (beneficio ambiental).

- **Balance zonificado de aguas residuales tratadas en Lima**

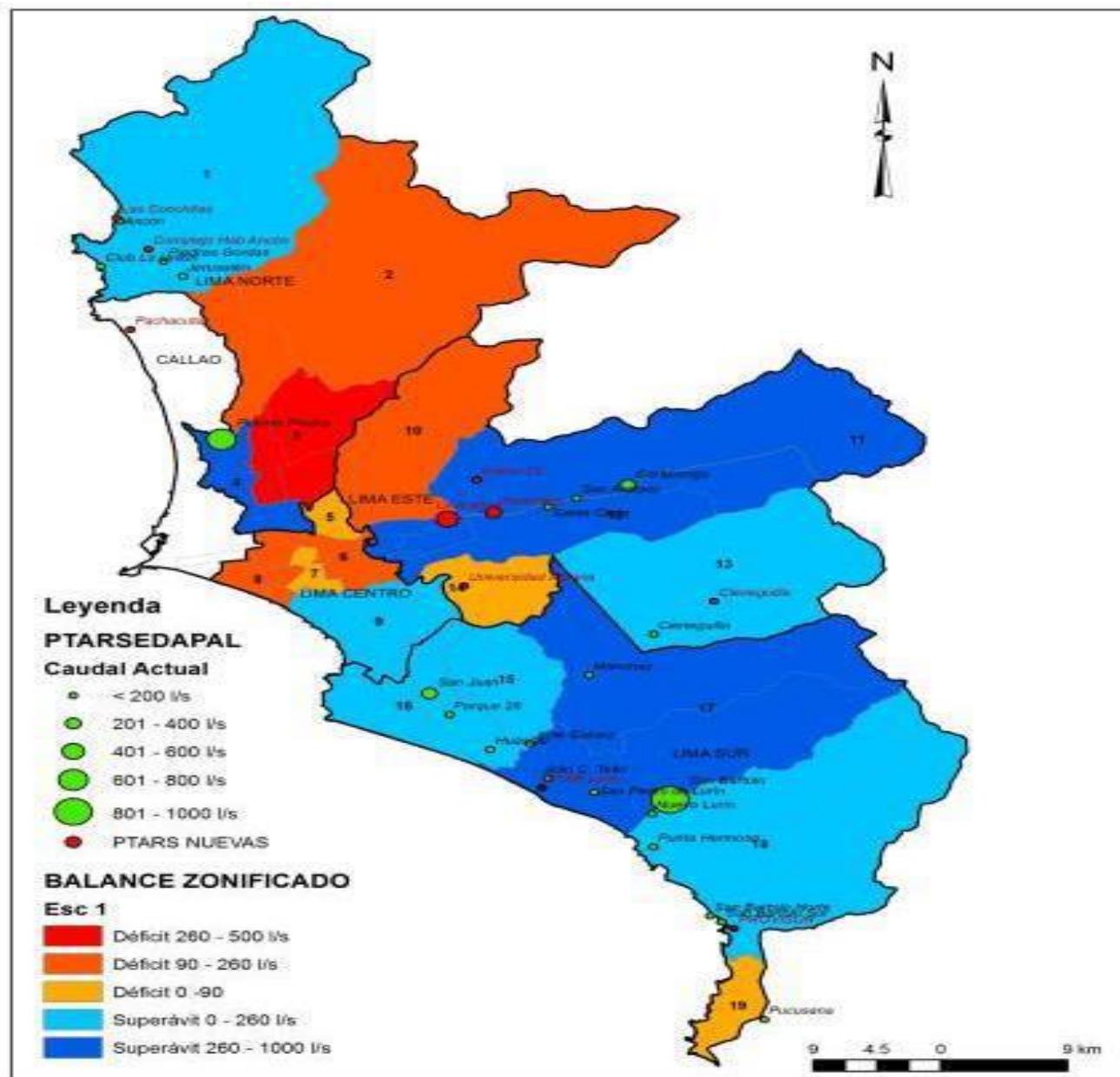
Mapa de Balance Zonificado de aguas: **Demanda Actual**, Oferta Proyectada (SEDAPAL + SERPAR). Ver tabla 12 y figura 4.

Tabla 12: Demanda actual

| | LIMA NORTE | LIMA CENTRO | LIMA ESTE | LIMA SUR |
|---|----------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------|
| 1 | Ancón | 5 Rimac | 10 San Juan de Lurigancho | 15 Villa María del Triunfo |
| | Santa Rosa | Cercado de Lima | 11 Lurigancho - Chosica | San Juan de Miraflores |
| 2 | Puente Piedra | 6 La Victoria | Chaclacayo | 16 Villa El Salvador |
| | Carabaylo | San Luis | 12 Ate - Vitarte | Chorrillos |
| 3 | Independencia | Breña | Santa Anita | 17 Lurín |
| | Cómas | 7 Jesús María | El Agustino | Pachacamac |
| | Los Olivos | Lince | 13 Cieneguilla | San Bartolo |
| 4 | San Martín de Porres | Pueblo Libre | 14 La Molina | 18 Punta Hermosa |
| | | 8 Magdalena | | Punta Negra |
| | | San Miguel | | Santa María |
| | | San Borja | | 19 Pucusana |
| | | 9 Surco | | |
| | | Surquillo | | |
| | | San Isidro | | |
| | | Miraflores | | |
| | | Barranco | | |

Fuente: Méndez Vega 2016

Figura 4 Demanda actual



| | | | |
|---|------------------|-----------------------|---------|
| UNFV | | | |
| ESCUELA DE POSTGRADO UNFV | | | |
| "Tratamiento de aguas residuales, por Sistema Compacto de Aireación Extendida para el riego de áreas verdes en el distrito de Comas " | | | |
| Demanda Actual | | | |
| Fuente | Elaborado por: | Revisado Por: | Mapa N° |
| Méndez Vega | Fernando Vásquez | Doris Esenarro Vargas | 2.2 |

Mapa de Balance Zonificado. Demanda Futura. Oferta Futura (SEDAPAL + SERPAR)

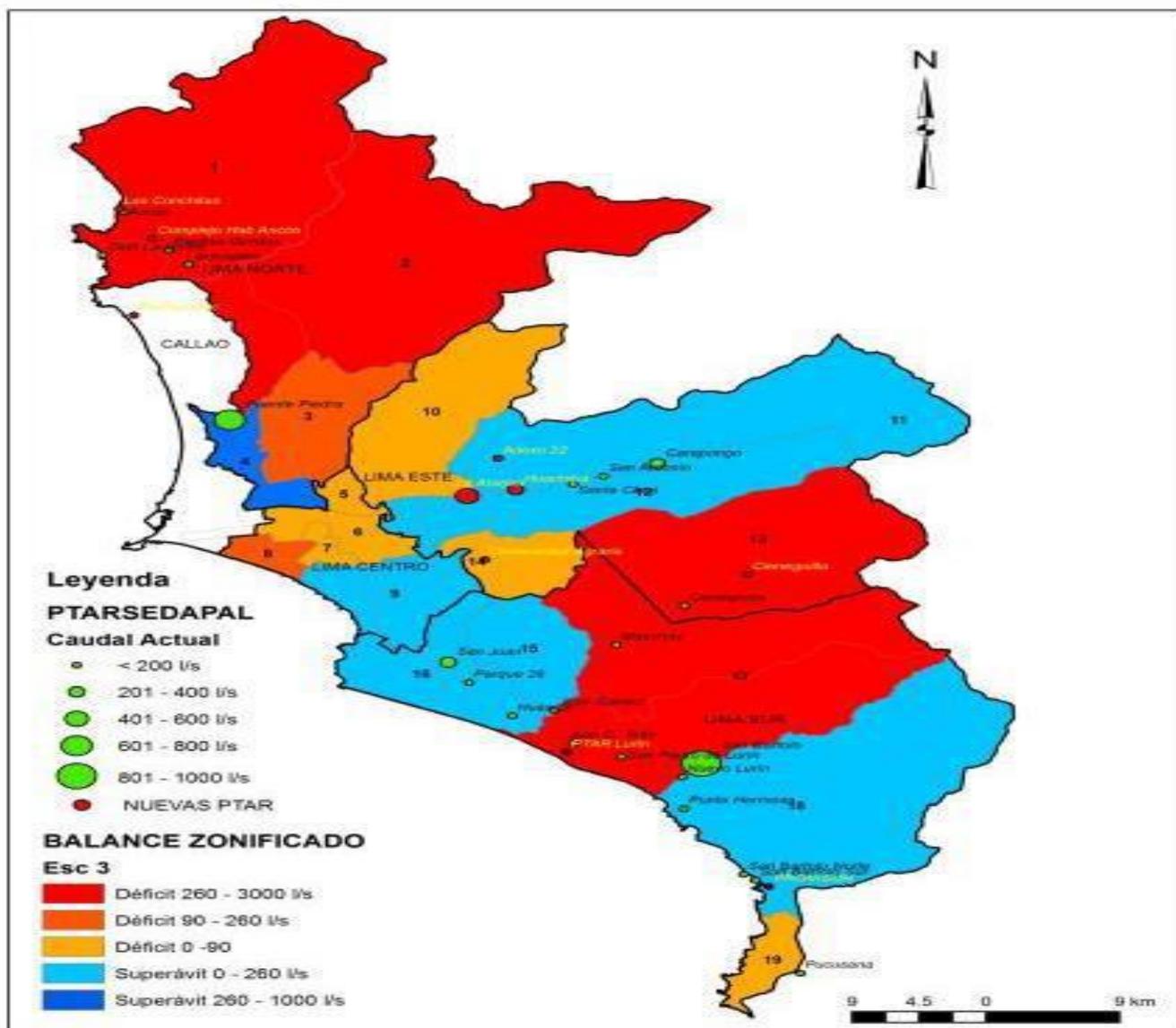
La demanda futura y oferta futura de SERPAR y SEDAPAL, se verán en la tabla 13 y figura 5.

Tabla 13: Demanda Futura

| LIMA NORTE | | LIMA CENTRO | | LIMA ESTE | | LIMA SUR | |
|------------|----------------------|-------------|-----------------|-----------|------------------------|----------|-------------------------|
| | Ancón | 5 | Rimac | 10 | San Juan de Lurigancho | 15 | Villa María del Triunfo |
| | Santa Rosa | | Cercado de Lima | 11 | Lurigancho - Chosica | | San Juan de Miraflores |
| | Puente Piedra | 6 | La Victoria | | Chaclacayo | 16 | Villa El Salvador |
| | Carabayillo | | San Luis | 12 | Ate - Vitarte | | Chorrillos |
| 3 | Independencia | | Breña | | Santa Anita | 17 | Lurín |
| | Cómas | 7 | Jesús María | | El Agustino | | Pachacamac |
| | Los Olivos | | Lince | 3 | Cieneguilla | | San Bartolo |
| 4 | San Martín de Porres | | Pueblo Libre | 14 | La Molina | 18 | Punta Hermosa |
| | | 8 | Magdalena | | | | Punta Negra |
| | | | San Miguel | | | | Santa María |
| | | | San Borja | | | 19 | Pucusana |
| | | 9 | Surco | | | | |
| | | | Surquillo | | | | |
| | | | San Isidro | | | | |
| | | | Miraflores | | | | |
| | | | Barranco | | | | |

Fuente: Méndez Vega 2016

Figura 5: Demanda Futura



| | | | |
|---|------------------|-----------------------|---------|
| UNFV | | | |
| ESCUELA DE POSTGRADO UNFV | | | |
| "Tratamiento de aguas residuales, por Sistema Compacto de Aireación Extendida para el riego de áreas verdes en el distrito de Comas " | | | |
| Demanda Actual | | | |
| Fuente | Elaborado por: | Revisado Por: | Mapa N° |
| Méndez Vega | Fernando Vásquez | Doris Esenarro Vargas | 2.3 |

• **Gestión de proyectos de reuso de ART en riego a nivel municipal**
Oportunidades Municipales

Es competencia de SEDAPAL la regeneración y disposición final de las aguas servidas recolectadas por los sistemas de alcantarillado, sin embargo:

No es de interés de SEDAPAL:

- Construir PTARS pequeñas y descentralizadas (criterio de economía de escal
- Tratar las aguas residuales a nivel de reuso si existen otras alternativas de disposición final más económicas (vertimiento al mar).
- No está garantizada la demanda consolidada de reuso municipal (Mancomunidades o Juntas de Regantes).
- No logra implementar la comercialización de las aguas servidas regeneradas (Nueva Normativa).

Es de interés Municipal:

- Reducir sus costos para el riego de áreas verdes (uso de agua potable).
- Incrementar sus áreas verdes (disponibilidad del recurso hídrico).

Sin embargo, ¿Están preparados los municipios de Lima para hacer frente a las complejidades asociadas a la Construcción, O&M de PTARs? **¿Qué área se encargará de ello: Servicios a la Ciudad, Parques y Jardines, ¿Obras Públicas?**

• **Algunas Experiencias Municipales vía Obra Pública**

En la actualidad existen algunas experiencias municipales que fueron diseñadas por obras públicas, se puede ver tabla 14.

Tabla 14: Algunas Experiencias Municipales vía Obra Pública

| Gobierno Local | Obras Públicas (Algunos ejemplos) |
|------------------|---|
| MD de La Molina | <p><u>PTAR El Estadio (2010)</u> Lodos Activados Aireación Extendida 40 m³/día (0.8 Ha de riego) (En Operación)</p> |
| MD de San Isidro | <p><u>PTAR Malecón Godofredo García (2010)</u> Lodos Activados HBC en Tanque PRFV (FRP). 20 m³/día (0.4 Ha de riego) (En Operación)</p> |
| SERPAR | <p><u>PTAR Pq Zonal El Migrante (2014)</u> Lodos Activados Aireación Extendida+Filtración+Cl₂ 86.4 m³/día (1.6 Ha) (En Puesta en Marcha)</p> <p><u>PTAR Pq Zonal Cahuide (2014)</u> Lodos Activados MBR 320 m³/día (6.4 Ha de riego) (En Construcción)</p> |

Fuente: Méndez Vega 2016

- **Experiencias Municipales vía Asociación Público-Privada (APP)**

En la actualidad existen algunas experiencias municipales que fueron diseñadas por asociaciones publico -privada públicas, ver tabla 15.

Tabla 15 : Algunas Experiencias Municipales vía Obra Pública

| Gobierno Local | Concesión vía Asociación Público Privada |
|-------------------|---|
| MP del Callao | <p><u>PTAR Aguas del Callao (2010 x 30 años)</u></p> <p>Lodos Activados MBBR + UF</p> <p>I Etapa (2010) = 1200 m³/día (24 Ha de riego)</p> <p>II Etapa (2014) = 2000 m³/día (40 Ha de riego)</p> <p>(En Operación)</p> |
| MD de Miraflores | <p><u>PTAR Parque María Reiche (2011 x 25 años)</u> Lodos</p> <p>Activados MBBR + UF</p> <p>750 m³/día (15 Ha de riego) (En Puesta en Marcha)</p> |
| MD de San Miguel | <p><u>PTAR Parque Precusores (2011 x 30 años)</u></p> <p>Lodos Activados MBBR + UF</p> <p>250 m³/día (5 Ha de riego) (En Construcción)</p> <p><u>PTAR Parque Juan Pablo II (2013 x Addenda)</u></p> <p>Lodos Activados MBBR + UF</p> <p>800 m³/día (16 Ha de riego) (En Construcción)</p> |
| MD de Jesus Maria | <p>Iniciativa Privada Adjudicada en Noviembre de 2013. Sin subscripción del contrato.</p> |
| MD de La Molina | <p>PTAR 2400 m³/día + 26 km de red</p> <p>Iniciativa Privada Adjudicada en Agosto de 2015. Sin subscripción del contrato.</p> |

Fuente: Méndez Vega 2016

- **Nuevas exigencias normativas para asociaciones público-privadas**

En el D.L- 1224 (27.12.15) se dan nuevas exigencias normativas para asociaciones publico privadas.

Reglamento D. L. 1224 (27.12.15) Ley Marco de Promoción de la Inversión Privada

- En el caso de proyectos de competencia de los Gobiernos Locales que requieran ser promocionados bajo el auspicio de Asociaciones Público-Privadas, el Costo Total de la Inversión deberá superar las 7000 UIT (S/. 27.65' al 2016).
- Los Recursos del Estado transferidos a las Municipalidades y los Recursos Directamente Recaudados (arbitrios, tasas, contribuciones, etc) constituyen cofinanciamiento.
- Las Iniciativas Privadas Cofinanciadas deben tener plazos contractuales iguales o mayores a diez (10) años y un Costo Total de Inversión superior a 15000 UIT (S/. 59.25' al 2016, incluido IGV).

Proyectos presentados como Iniciativa Privada deben tratar entre **9000 y 11000 m3/día (PTARs Compactas)**

- **Calidad de Agua para Reuso (Criterio de Riesgo para la Salud)**

- Riego con Acceso al Público y a trabajadores:
 - Coliformes Termotolerantes < 200 NMP/100 ML (OMS)
 - Huevos de Helminto < 1 huevo Helminto/100 ML (OMS)
 - DBO5 < 15 mg/lit (Recomendación ambiental + eficiencia + tecnología de riego)
 - SST < 10 mg/lit (Recomendación ambiental + eficiencia + tecnología de riego)
- Riego sin Acceso al Público, pero expuesto a trabajadores:
 - Huevos de Helminto < 1 huevo Helminto/100 ML (OMS)
 - DBO5 < 15 mg/lit (Recomendación ambiental + eficiencia + tecnología de riego)
 - SST < 10 mg/lit (Recomendación ambiental + eficiencia + tecnología de riego)
- Riego Localizado sin Acceso al Público ni Trabajadores:
 - DBO5 < 15 mg/lit (Recomendación ambiental + eficiencia + tecnología de riego)
 - SST < 10 mg/lit (Recomendación ambiental + eficiencia + tecnología de riego)

- **Elección de alternativa de tratamiento de aguas residuales domesticas en el distrito de Comas- Lima.**

Con la finalidad de elegir la mejor alternativa de regeneración de aguas servidas domesticas en el distrito de Comas, **se desarrollo un estudio detallado** de las diferentes PTAR de Lima Metropolitana. En los diferentes distritos de la capital tales como Miraflores, La Victoria, Chorrillos, Villa el Salvador, y Surco. de esta manera poder elegir la mejor alternativa como parte de las experiencias de funcionamiento, costos de diseño, de producción y mantenimiento y las condiciones de gobernabilidad, a demás de un análisis de dimensiones de sostenibilidad tanto en lo social, económico ambiental.

- **Algunas métodos y tecnologías de tratamiento, en las diferentes PTAR en los distritos de Lima Metropolitana.**

a) Distrito de Miraflores

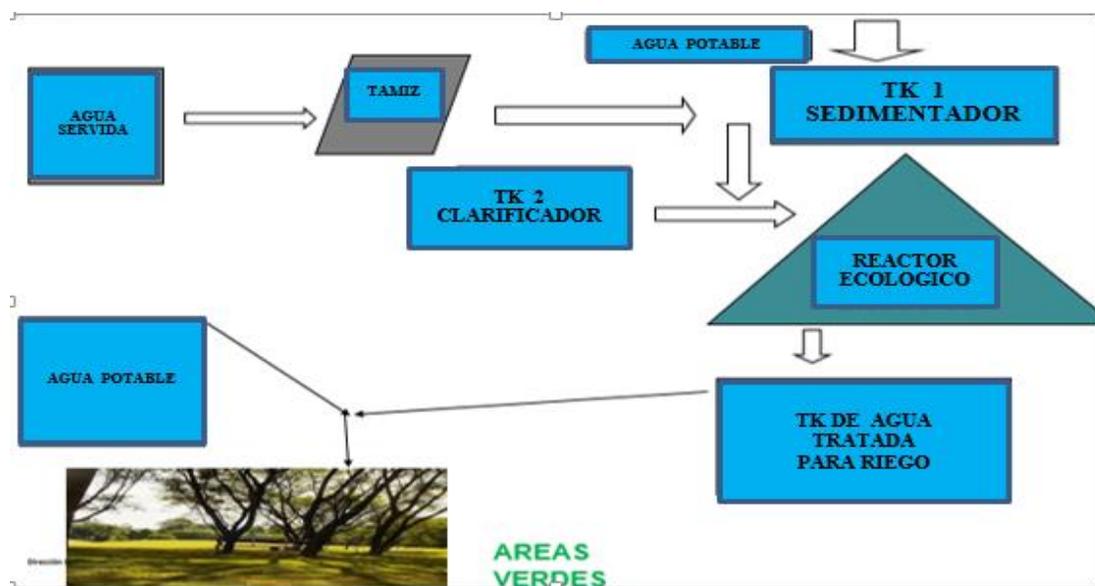
| | |
|------------------------------|---|
| Lugar | : Distrito de Miraflores |
| Tipo de tratamiento | : Lodos activados con Reactor Biológico |
| Capacidad de tratamiento | : 1.5 lt/seg. |
| Área Ocupada | : 400 m2 Aprox. |
| Energía Usada en el proceso: | No usa energía eléctrica por que el sistema funciona por gravedad. (solo para bombear el agua para riego) |
| Periodo de funcionamiento | ; 20 años |
| Utilización del agua tratada | : para riego del parque adjunto. (Riego programado y controlado). |
| Impacto ambiental | : minimo o inexistente. |

Comentarios: ver figura 6

- Es una instalación, donde se usa agua residual mediante un proceso de filtración con reactor biológico, donde no se ha mostrado el resultado de los controles periódicos.
- No se hace un tratamiento integral del agua. Servidas o Residuales. Por que se combina en el tratamiento con agua potable aproximadamente en un 50%.

- No se ha determinado si cumple con los límites permisibles de acuerdo a las normas vigentes.
- El uso en el sistema de riego, se efectúa incluyendo nuevamente agua potable y solo por gravedad.
- El Costo de instalación podría ser relativamente económico.

Figura 6 Planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Miraflores Diagrama de Proceso



Fuente: Elaboración propia

b) Distrito de la victoria: Av. Grau

Lugar : Distrito la Victoria. Av. Grau

Tipo de tratamiento : Sistema compacto de aireación extendida

Capacidad de tratamiento : 3 lts/seg.

Área Ocupada : 100m² Aprox.

Energía usada en el proceso: Alto consumo de energía eléctrica por estar incluido en el proceso sistema de recirculación

Periodo de funcionamiento; En funcionamiento

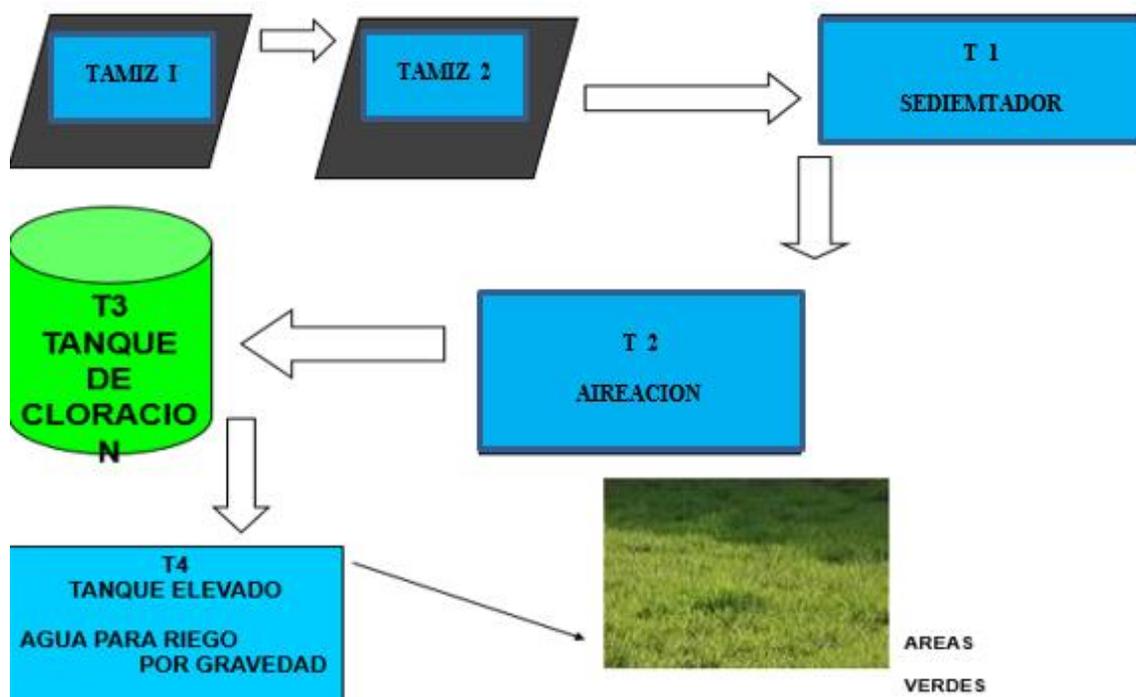
Utilización del agua tratada: para riego de la berma central de la avenida Grau y las bermas cercanas a la planta

Impacto ambiental : Esta planta no genera impactos ambientales por ser compacta.

Comentarios: ver figura 7

- Se hará un tratamiento integral del 100% de agua servida del colector.
- El costo de inversión, operación y mantenimiento es alto
- Está dirigido por un profesional (Ingeniero Químico).
- Está ubicado en la berma central de la avenida Grau.
- Está totalmente encapsulada solo en la superficie se observa especie de hongos
- La casa de máquinas y equipos esta construida de material noble de igual modo el tanque de almacenamiento de agua tratada, este tanque es elevadizo el agua es impulsado por un electro bomba de donde se riega las áreas verdes por gravedad.
- Todos los residuos sólidos, partículas retenidas en los tamices son devueltas al colector
- Impacto ambiental, inexistente.

Figura 7: Planta de tratamiento de aguas residuales distrito de La Victoria: Diagrama de Proceso.



Fuente: Elaboración propia

c) Distrito de Chorrillos: Planta de la Chira

Tipo de tratamiento : Aireación extendida y lodos activados

Capacidad de tratamiento : 1 lts/seg.

Área Ocupada : 100 m² Aprox.

Energía usada en el proceso: consumo moderado de energía eléctrica

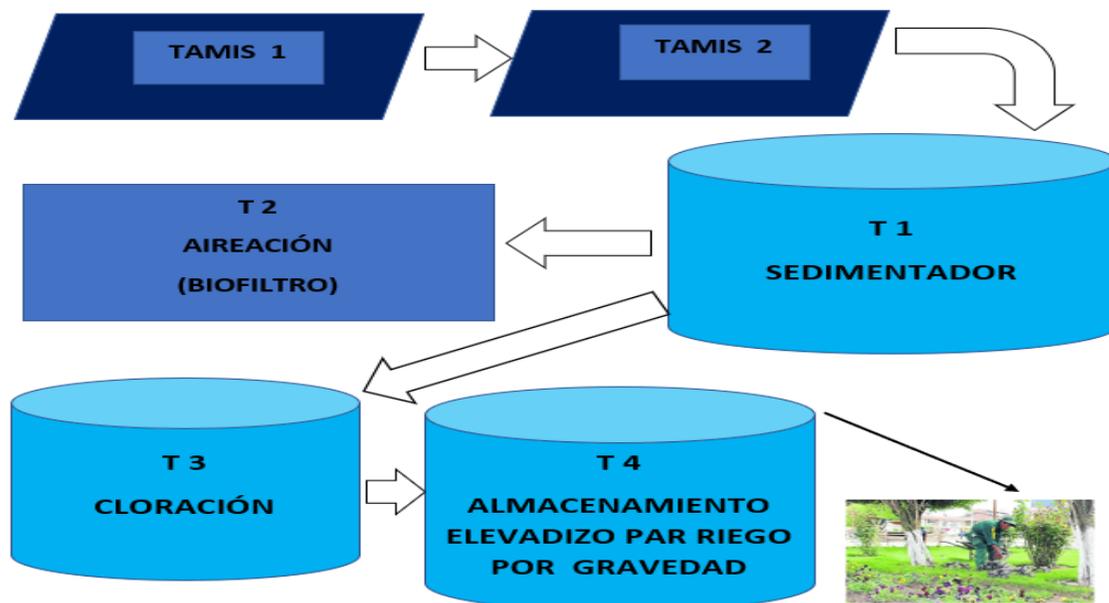
Utilización del agua tratada: para riego de las áreas verdes de los alrededores de la planta

Impacto ambiental : impacto ambiental inexistente

Comentarios: ver figura 8

Planta a nivel piloto, costo de inversión más o menos 60 mil nuevos soles según información de los técnicos encargados consta de un pre- tratamiento y un posterior tratamiento, se toman las aguas servidas del colector la chira, la plana consta de un sedimentador en forma cilíndrica, construido de fibra de vidrio de 2,5 mts. de diámetro y 3 mts. De altura. Pasando por rebose a un filtro de placas, de donde es pasado a un biofiltro flujo ascendente (aireación), para luego pasar a un último tanque de almacenamiento, todos estos equipos son construidos con fibra de vidrio y de las dimensiones del primero.

Figura 8 : Planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Chorrillos: Diagrama de Proceso.



Fuente: Elaboración propia

d) Distrito de Surco: PTAR Intahuatana

Tipo de tratamiento : Físicoquímico

Capacidad de tratamiento : 17.5 lts/Seg.

Área Ocupada : 600 m² Aprox.

Energía usada en el proceso: Alto consumo de energía eléctrica

Periodo de funcionamiento ; 25 años

Utilización del agua regenerada: para riego de las áreas verdes del distrito de Surco

Impacto ambiental : impacto ambiental inexistente

Comentarios: ver figura 9.

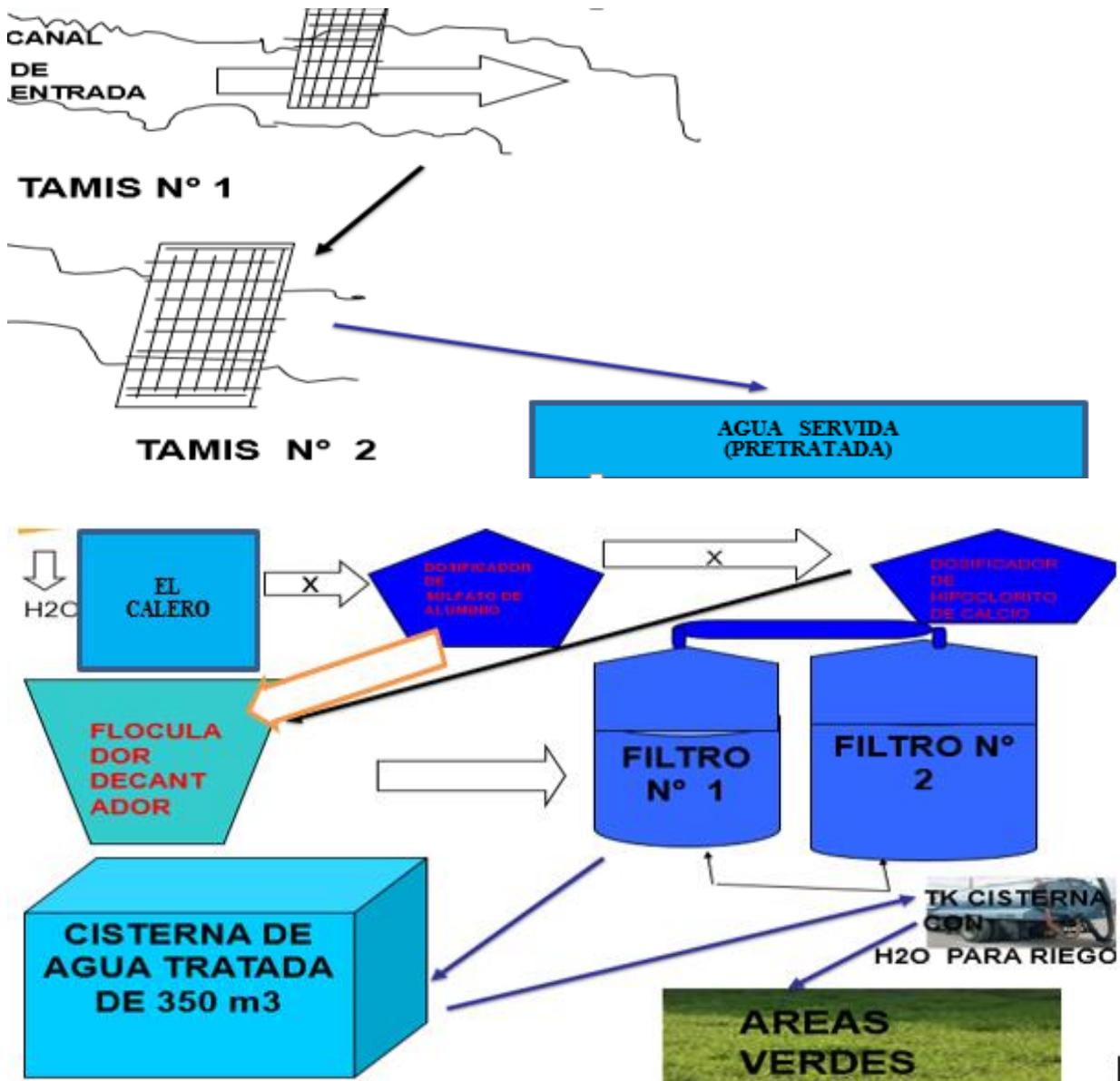
Se tratan las aguas del (llamado río surco), se derivan las aguas de la margen izquierda del río Rimac, alto costo de inversión, operación y mantenimiento, planta a cargo de un ingeniero químico, se utilizan varios reactivos químicos. Se hace un pre- tratamiento con cámara de rejillas o tamices atrapando a diario 20 m³ de residuos sólidos flotantes. Utilizamos un desaireador permitiendo la precipitación del lodo y la arena se extraen 20 m³ de lodos cada semana.

En la planta realizan un tratamiento físicoquímico, consta de un calero, que baja la acidez del agua, es decir el P H con la adición de hidróxido de calcio 4Kg/ 400 lts. De agua por tratar.

Los dosificadores, inyectan Sulfato de aluminio 60kg/ 600 lts de agua con 60 pulsaciones por minuto al decantador, Hipoclorito de calcio 3kg/ 600 lts de agua con 60 pulsaciones por minuto a la salida de los filtros de grava y arena. Cuenta con un floculador sedimentador, que realiza la operación de floculación- coagulación de esa manera las partículas mas pequeñas decantan con adición de sulfato de aluminio o sulfato de fierro, cuentas con filtro de lecho de grava y arena retienen los últimos sedimentos finalizando el metodo de tratamiento. El agua es almacenada en una cisterna de 350 m³ para luego ser bombeados a un surtidor, de allí a la zona de carga de los camiones cisterna que realizan viajes a diario transportando agua para regar las áreas verdes del distrito de surco.

Figura 9 : Planta de tratamiento de aguas residuales distrito de Surco: PTAR Intahuatana, Diagrama de proceso.

Pretratamiento Mecánico



Fuente: Elaboración propia

- **Requerimientos de tratamiento para el reuso en el distrito de Comas.**

Calidad y cantidad.

Para regar 196 has (1, 957, 492.39 m²) de áreas verdes en el distrito der Comas- Lima, según el balance realizado, la demanda promedio mínimo de 45.4 l/s, (según el RNC: 2 litros/m²/día x 1 957 492.39 m², lo que determina una demanda de 3, 914.98 m³/día y

demanda máxima de 46 l/s (Se establece la dotación más conveniente, en vista que el RNC, considera dotaciones mínimas), incluyen 10 % de pérdida por diferentes factores, con la calidad de no más de 10^3 NMP/100 ml. según la Norma de la OMS y la de Saneamiento S – 090 del MTCVC OMS y se puede utilizar en el riego de las áreas verdes, sin riesgo de salud pública (MTC, 1997).

• **Evaluación de opciones tecnológicas para regenerar aguas servidas**

Algunas tecnologías alternas para regeneración son:

- a) Baterías de tanques sépticos b) Lagunas de estabilización u oxidación c) Pantanos artificiales o humedales d) Tanques RAFA

Cuyas particularidades de cada una son comparadas en la tabla 2.15, se puede interpretar que la tecnología de pantanos artificiales o humedales (wetlands) cuenta con costo medio de operación y mantenimiento, facilita un rango de regeneración primario, tiene una replicabilidad media, su remoción microbiológica es baja y priorizar la remoción de nutrientes útiles para los proyectos agropecuarios (Manrique, P. 2002). Ver tabla 16.

Tabla 16: Caracterización de las tecnologías alternativas

| Tecnología | Nivel de tratamiento | Área requerida | Remoción TSS / DBO | Remoción de coliform | Remoción de parásito | Manejo de lodos | Replicabilidad | Costo (US\$) |
|---|----------------------|----------------|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------|----------------|--------------|
| Pantanos artificiales | 1° | Medio | Alta | Baja | Baja | ++ | Media | Medio |
| RAFA | 2° | Bajo | Media | Media | Baja | +++ | Media | Medio/Alto |
| Tanque Séptico | 1° | Bajo | Alto | Medio | Baja | +++ | Media | Medio/Alto |
| Lagunas de Estabilización | 2° | Alta | Media | Alta | Alta | + | Alta | Bajo |
| Lodos activos con aereacion temporizada | 2° | Baja | alta | alta | alta | +++ | alta | Media/baja |

Fuente: Manrique P. 2002. Estudio de Viabilidad Sistema de aprovechamiento de las Aguas Residuales en el Fundo Oquendo San Agustín, Callao

Existen otras alternativas como los tanques sépticos y los reactores anaeróbicos ascendentes (RAFA). El empleo de estas técnicas no es muy probable y la eliminación de nutrientes es alta y media. Pero, no es adecuada para la colimetría, empobreciendo la calidad sanitaria del agua regenerada y se procediera a terminar con métodos de lagunas si

se pretende reusar dicho producto final para el riego de áreas verdes. Adicionalmente, requieren trabajos intensivos para el manejo y control de lodos (Manrique, P. 2002).

Como alternativa final es la regeneración mediante lagunas de estabilización. son baratas, presenta replicabilidad, necesita poca labor en la gestión de lodos y genera un producto final con alta remoción de patógenos y bacterias, surgiendo la posibilidad de no retener nutrientes útiles para la reutilización en actividades agropecuarias. El problema de esta técnica es su alto requerimiento de grandes extensiones de terrenos para la ubicación y el montaje de la planta de tratamiento, además no es sencillo su ubicación por problemas que se pueden generar con la población debido a los altos grados de contaminación y la proliferación de vectores y otros impactos ambientales, y genera problemas de gobernabilidad entre la autoridad local y los pobladores del distrito de Comas-Lima.

Ademas, las tecnologías mencionadas, se utilizan para tratar grandes cantidades de aguas. En el caso del distrito de Comas, solamente se requiere tratar 46 lts/s, para regar 196 has. En consecuencia, se requiere de tecnologías de plantas pequeñas entre las cuales se encuentran las plantas que a continuación se presenta. Ver tabla 17.

Tabla 17: Sistema Compacto de Aireación Extendida, Temporizada y Lodos Activados.

| | Biomasa fija | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|
| | Lodos activados (nuestro caso) | Lechos bacterianos | Reactor biológico |
| Forma de establecer el contacto | Choques en el reactor | Precolación a través del lecho | Remojado |
| Biomasa | "Flocs" en suspensión | Película fija al soporte | Material de relleno para mantener suspendido los microrg. |
| Necesidades energéticas | aireación extendida y temporizada | Aireación mediante difusores | Microorganismos activos todo el tiempo (bajo costo de energía), mínima generación de lodos |

Fuente: HANIL BC PERU S.A.C

Las tecnologías de plantas pequeñas, que usan como base el tratamiento biológico, tienen buena remoción de materia orgánica, pero deficiente en la desinfección. Veamos los procesos de esterilización mas utilizados. Ver tabla 18.

Tabla 18: Comparación entre Equipos de Desinfección con Luz Uv para canal, ozono y cloro.

| Puntos de Comparación | UV | OZONO | CLORO |
|----------------------------------|----------|--------------|----------|
| Tiempo de contacto 30-50 min. | 1 –10 s | 10-20 min. | |
| Tanque de reacción requerido | ninguno | requerido | |
| Mantenimiento promedio | mínimo | considerable | |
| Instalación elaborada | sencilla | elaborada | |
| Influencia de: | | | |
| - materia suspendida | fuerte | fuerte | fuerte |
| - Temperatura | variable | elevada | elevada |
| - pH | Ninguna | débil | elevado |
| Residuos en el agua | Ninguna | bajo | presente |
| Influencia del agua | Ninguna | presente | presente |
| Corrosión | Ninguna | presente | presente |
| Toxicidad | Ninguna | presente | presente |
| Costos de operación | bajo | alto | bajo |

Fuente: Angehrm, 1984. (Citado por Noyola, A. 2000).

Como observamos en las tablas de comparación, lo más recomendable es trabajar con tecnologías combinadas. Las biológicas tienen buena eliminación de materia orgánica, a través de DBO y los de cloración, seguido de UV, en la desinfección, cuya remoción de coliformes fecales se realiza con costo de operación bajo; también tienen sus desventajas.

Selección de tecnología y determinar la capacidad de tratamiento de aguas en el distrito de Comas-Lima

La selección de la tecnología y decisión de la capacidad de regeneración debido a la naturaleza del reúso en riego de áreas verdes, se consideró el tratamiento biológico del agua residual doméstica en el distrito de Comas, por su bajo costo, alta probabilidad de

replica de la tecnología en el distrito y en otros gobiernos locales y calidad sanitaria del efluente final. Una vez definida la técnica a desarrollar conociendo la demanda hídrica, se diseñó Sistema Compacto de Aireación Extendida, temporizada y lodos activados, con material de relleno. en un área de 1000 m² con un efluente a tratar máximo de 2 l/s.

- **Dimensiones de la planta para la tecnología seleccionada**

La planta se ubico en terrenos de la Avenida Revolucion, zona de Collique- Comas Lima. La diferencia de áreas que se requiere se debe a que se considera el 15% la superficie para trabajos auxiliares y márgenes de 100 m, según lo establecido en la norma de nueva ley de recursos hídricos, por estar dentro de la zona urbana. El diseño de la planta fue contemplado dentro de un proyecto integral paisajista. Y los parametros de diseño se pueden ver tabla 19.

Tabla 19: Parámetros de Diseño de PTAR Comas-Lima

| PARAMETRO | VALOR |
|--|------------------------------------|
| Caudal: | 2 l/s |
| Temperatura: | <u>20 °C</u> |
| Oxígeno disuelto | 2.32 mg/L |
| Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) | <u>610 mg/L</u> |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | 1295 mg/L |
| Solidos Totales <u>Suspendidos (SST)</u> | 582 mg/L |
| Solidos Suspendidos Fijos (<u>SSF</u>) | 136 mg/L |
| Solidos Suspendidos Volátiles (<u>SSV</u>) | 446 mg/L |
| PH | 7.3 – 8.1 |
| Colifórmes Termo tolerantes: | 2.7 x (10) ⁷ NMP/100 ml |
| Colifórmes Totales: | 3.0 x (10) ⁸ NMP/100 ml |
| Huevos de Helminths: | 7 Huevos/Litro |

Fuente: Municipalidad de Comas y HANIL BC PERU S.A.C

- **Normas técnicas**

Se utilizaron como referencia la norma técnica de saneamiento S – 090 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales” emitida por el MTCVC (MTCVC. Se tomaron pautas de referencia para la calidad del efluente tratado, según la Nueva Ley de Recursos Hídricos N° 29338 y su reglamento aprobado mediante el D. S N° 001-2010-AG

Segunda disposición. - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos. Permisibles (LMP). En tanto no se normen en el país ECA, LMP y otros parámetros o estándares para la vigilancia y la preservación ambiental, serán de uso referencial los señalados por organismos de Derecho Internacional Público, como los de la OMS (Ley 28611).

- **Sustento legal del estudio**

El MINAG a través de la Dirección General de Suelos y Aguas y del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) norma, promueve y supervisa las políticas que requerimos para la utilización y beneficio del recurso agua y suelos para un crecimiento económico y un desarrollo sostenible en lo ambiental y sustentable en lo económico.

En cuanto a calidad del agua, en el país la Ley General de Aguas (DL 17752 del 29 de julio 1969 y su emienda mediante el D.S. 007-83 SA del 11 de febrero de 1983), es la más antigua, y la nueva ley de recursos hídricos que se publicó el 31 de marzo del 2009 la 29338 y su reglamento mediante el DS. N° 001-2010-AG, publicado el 23 de marzo del 2010, y su modificatoria mediante el D S. N° 006-2017-AG, instaura la calidad de las aguas a consumirse en el riego de vegetales de consumo crudo (Ley de recursos hídricos – Clase III), cuyos valores coinciden con las aguas servidas de regeneración terciario. Dicha Ley en el octavo capítulo del Título III explica condiciones para el consumo de las aguas servidas en la agricultura. Esta norma recoge los lineamientos para el uso de aguas servidas en actividades agropecuarias y acuicultura de la Organización Mundial de la Salud (1989). Por lo tanto, el uso de aguas servidas en el riego agrícola está normado.

EL Decreto Legislativo 1343 determina la participación del sector privado en la prestación de los servicios de saneamiento, como aporte para dar solución a la poca cobertura de regeneración de las aguas servidas urbanas. Donde menciona que los

gobiernos locales provinciales, distritales o empresas de agua, son los responsables de la prestación de los servicios del saneamiento en el ámbito de sus competencias, están facultadas para otorgar el derecho de explotación de las aguas servidas a entidades privadas, públicas o mixtas.

Por lo tanto, las normas en vigencia en el rubro de aguas, que se rigen a través de la Ley 29338 (Ley de recursos hídricos) y el Decreto Legislativo 653 (Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario), Alienta el aprovechamiento de las aguas servidas o residuales tratadas en tierras eriazas (Artículos 51° y 52°) y señala que corresponde al administrador técnico del Distrito de Riego respectivo conceder la licencia corresponde al uso. en la praxis no se aplica. No se cuenta con un reglamento de intervención que conceda la eficacia de utilización y aprovechamiento que garantice la salud pública y la salud ambiental. En consecuencia, se establecen las siguientes disposiciones:

- **Parámetros de diseño de plantas de tratamiento**

La norma con respecto a la regeneración de aguas servidas es la Norma de Saneamiento S-090 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales” Reglamento Nacional de Construcciones, emitida en enero de 1997 por el Ministerio de Vivienda y Construcción, Transportes y Comunicaciones.

Distancia de la planta de tratamiento

La ubicación de la planta de regeneración esta en a 20 m de la línea de conducción lo que hace viable esa propuesta. Además, la PTAR encuentra a más de 100 metros de la urbanización como lo dispone el Artículo 88 del Capítulo IV del permiso de utilización de aguas servidas de la Ley de Recursos Hídricos. Capítulo VI Artículo 132 aguas residuales domésticas y municipales, Artículos 133 Condiciones para autorizar la descarga de aguas servidas regeneradas, Así como en el capítulo VII Reuso de aguas residuales tratadas Artículos 148, 149, 150,151,152, Esto garantiza la sostenibilidad de la planta en un entorno urbano.

Según las disposiciones complementaria finales del reglamento de la ley de recursos hídricos

Cuarta.- Programa de conveniencia de descargas y reutilización de Agua servidas regeneradas, las personas que a la puesta en vigor del presente reglamento vienen realizando descargas y reutilización de aguas residuales no autorizados, podrán acogerse al Programa de Adecuación de descargas y reutilización de Agua Residual -PAVER a cargo de la ANA que consiste en las etapas que sigue:

La. Inscripción en el Programa de Adecuación de descargas a cuerpos receptores y reutilización de Agua servidas -PAVER. Se llevará a cabo en las Administraciones Locales de Agua con la presentación de la “declaración jurada de descargas o vertimientos o reutilización” que presenta el cronograma para la formulación del programa de manejo y adecuación ambiental o el instrumento de gestión ambiental que establezca el sector encargado. cuyo plazo para inscribirse es de un año.

En relación a los cultivos

El reglamento de la Ley de Recursos Hídricos revela algunas normas para el consumo de este tipo de aguas con finalidad de riego. Ver Tabla 20.

Conforme a directivas sanitarias de la OMS (1989) para la utilización de aguas servidas en agricultura y acuicultura, la calidad adecuada para el riego de sembríos que de consumo directo (que se comen crudos) es un agua del tipo A.

También lo expresaba la ley 17752

Tabla 20 Ejemplo Límites bacteriológicos valores en NMP. /100 ml

| | <u>Coliformes Totales</u> | <u>Coliformes Termotolerantes o Fecales (*)</u> |
|-----|---------------------------|---|
| I | 8.8 | 0 |
| II | 20,000 | 4,000 |
| III | 5,000 | 1,000 |
| IV | 5,000 | 1,000 |
| V | 1,000 | 200 |

- I. Aguas con simple esterilización para suministro urbano
- II. Aguas con regeneración equivalente de abastecimiento doméstico a operaciones combinadas de mezcla y filtración, coagulación-floculación, decantación y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
- III. Aguas para consumo crudo, riego de plantaciones y bebida de animales.

- IV. Aguas de contacto primario (baños y similares) de zonas recreativas.
- V. Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos.
- VI. Aguas de zonas de Comercio y Pesca Recreativa y preservación de Fauna Acuática

Ley General del Ambiente, 28611, del 2005, dispone que los ECA es la medida que determina el nivel de concentración o del rango de sustancias, elementos o parámetros biológicos, químicos, físicos presentes en el suelo, aire y agua o que no suponen riesgos para la salud y el ambiente de los humanos. Asimismo, en el artículo 33 numeral 2 de la norma en mención se dispone que los ECA son obligatorios en el diseño de las leyes y las políticas públicas nacionales (MINAM, 2017).

• **Ley Orgánica de Municipalidades**

El gobierno local distrital de Comas - Lima es un órgano de gobierno promotor del desarrollo local, con autonomía administrativa, política y económica. De semejanza con la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades del año 2003, en el Art. 80° de Salubridad, Saneamiento, y Salud, en el Numeral 3 establece, las funciones específicas compartidas con los gobiernos locales distritales, entre ellas: Reglamentar, administrar, directamente o por concesión, el servicio de alcantarillado, agua potable y desagüe, limpieza pública y tratamiento de residuos sólidos urbanos, cuando cuente con capacidad de realizarlo.

• **Fundamento Teórico del Tratamiento de Aguas Residuales, por Sistema Compacto de Aireación Extendida y Temporizada**

El Sistema biológico es un tratamiento multibarrera, diseñadas para obtener un efluente de 2 l/s de agua con calidad apropiada para el riego de áreas verdes o ecosistemas urbanos en contacto directo con el público. Es una combinación de dos técnicas: biológica y física. Tiene enfoque cuantitativo (Positivismo), dentro del Desarrollo Sostenible.

• **Tratamiento Biológico**

El tratamiento biológico de las aguas servidas es utilizado para bajar la carga orgánica de compuestos orgánicos solubles en las aguas. Esta define por la demanda bioquímica o

biológica de oxígeno (DBO). La eficacia de una operación de regeneración es expresada en términos de porcentaje de disminución de la DBO inicial (Calderón, 2000).

La DBO, determinado por el método de dilución, se usa como medida aproximada de la cantidad de materia orgánica bioquímicamente degradable en una muestra. Es de utilidad recordar que la doctrina básica de regeneración biológica de aguas servidas urbanas está basada en fomentar el aumento continuo de biomasa que simplifique dentro de células vivas, mayor proporción de materia orgánica que se encuentra en estado disuelto. La biomasa del lecho de oxidación está constituida generalmente por microorganismos, algas que viven simbióticamente. (Yáñez, 1992).

La evaluación DQO determina la cantidad de oxígeno consumido para oxidar la materia orgánica mediante la utilización de dicromato en una solución a 50% en ácido sulfúrico durante un período de reflujo de dos horas. Una ventaja del análisis de DQO es el corto tiempo requerido, pero una de sus desventajas es su costo

La degradación biológica, se genera de manera natural y espontánea, necesita la presencia de rayos solares básicamente. El oxígeno de la fotosíntesis se usa para desintegrar la materia orgánica. Este sistema es de mínimo impacto, bajo consumo de energía y fácil gestión y como se trata de un proceso natural no precisa de los recursos económicos del usuario, permitiendo, si están bien dirigido, obtener agua de calidad adecuada con mínimo de vigilancia y control de los efluentes. Consiguiendo así apoyo internacional del adelanto tecnológico, sobre todo en lugares donde la temperatura es alta, pasando en unos años a convertirse en prioritaria elección de muchos gobiernos locales (Baudran, 2005).

Si buscamos mejorar la eficacia en regeneración biológica se ha combinado con lechos de macrofitas, por la habilidad de estas, para ayudar a la depuración de residuos animales y de humanos,

• **Tratamiento Físico.**

Los métodos y técnicas de desinfección de las aguas residuales son principalmente la iozonización, cloración. También se utiliza con frecuencia la radiación ultravioleta y la

bromación. **El más utilizado es la cloración** gracias a su disponibilidad, es muy efectiva y barata. Considerando, que el cloro es tóxico para la vida acuática el agua regenerada con este producto se debe someter a dechloración antes de derivarla a cuerpos de aguas naturales.

Tomando en cuenta la salud pública las aguas residuales son aceptables cuando el contenido es menor a 1.000 coliformes totales/ 100 ml y con una DBO inferior a 50 mg/L.

Para realizar la cloración es necesario utilizar la cámara de contacto. Esto consiste en una batería de canales interconectados por donde fluyen las aguas tratadas con la finalidad de permanecer mínimo 20 minutos en contacto con el cloro, es tiempo necesario para eliminar microorganismos patógenos. (Rubens Sette Ramalho 2013)

Los rayos ultravioletas (UV) es considerado alternativa de desinfección considerando el ozono y el cloro. Por primera vez se experimento con UV para la purificación del agua en Marsella, Francia en 1910. Se retardo la aplicación de la radiación UV hasta el decenio de 1950. Por el bajo costo de la purificación del agua mediante cloración, también se debía a los problemas operativos y de fiabilidad, el uso de radiación ultravioleta UV se masifico con el descubrimiento de subproductos del cloro que eran dañinos. (Arango, J. 2003).

• **Desarrollo Sustentable y/o Sustentable**

El crecimiento económico y posterior desarrollo económico es primordial para satisfacer las necesidades personales básicas. El desarrollo sustentable y/o sustentable implica compatibilizar dicho crecimiento con la preservación y protección de los recursos naturales, considerando la capacidad de resiliencia de los ecosistemas acuáticos y terrestres y la capacidad de carga del medio y el ambiente. Para alcanzar el Desarrollo Sustentable es necesario que el desarrollo económico sea compatible con el ambiente; esto implica reducir los residuos industriales generados en el sistema productivo (CONAMA, 1997).

El estudio de regeneración de las aguas servidas por el método biológico de PCTAR aireación extendida y temporizada se ubica en la perspectiva de un **Desarrollo Sostenible en lo Ambiental y Sustentable en lo Económico**. y teóricamente en los principios biológicos. Todo sistema sostenible incluye tres dimensiones principales 1) ambiental, natural o ecológica (los recursos biológicos y su medio ambiente y el ecosistema,); 2) social; 3) económica.

Además podemos mencionar una cuarta (4) dimensión y es la **dimensión política** que abraza las otras tres dimensiones, que da la gobernabilidad en los tres niveles de gobierno, distrital, regional y nacional.

Asimismo, el problema de gestión del agua residual está enmarcado en la relación salud y ambiente, además de la calidad ambiental, la salud ambiental, calidad de vida, bienestar y felicidad.

En este contexto, lo mencionado anteriormente generará gobernabilidad en el distrito de Comas- Lima.

Considerando un desarrollo sostenible presentamos un modelo de gestión de recolección y tratamiento de aguas servidas urbanas. Ver figura 10.

Figura 10 Modelo de gestión de la recolección y tratamiento de aguas servidas urbanas



Fuente: Elaboración Propia

El desarrollo sustentable es muy amplio y propio de las actividades horizontales. Altera a muchas áreas: salud, alimentación, diversidad biológica o biodiversidad, recursos energéticos, ambiente, crecimiento demográfico, recursos naturales, etc. Es sin duda, un reto de toda la humanidad, considerando que afecta a su propia supervivencia en la forma que hoy goza del planeta en el que está viviendo.

El informe Brundtland de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo CMMAD en 1987 establece que, el “desarrollo sostenible”, se entiende aquel que satisface

las necesidades de las generaciones presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (CMMAD, 1987).

Este enfoque abarca dos conceptos básicos: a. El de necesidades, de los pobres, a los que se debería dar prioridad y b. La idea de las restricciones que imponen los recursos naturales, el actual estado de las tecnologías y de las organizaciones sociales y la suficiencia de la biosfera de asimilar las consecuencias y efectos de las actividades antropogénicas (CMMAD, 1987). Estos enfoques son afianzados por los principios 3, 4 de la Declaración de Río en 1992.

El aumento de la entropía está relacionado con una tendencia al desorden de la naturaleza, a la ruptura del equilibrio natural, con menor disponibilidad de recursos. El hombre toma el agua del medio natural y su disponibilidad es inmediata, pero luego de usarla la libera como agua servida, una nueva disponibilidad requiere cantidades de energía para su purificación y disponibilidad por la sociedad. Un aumento de la entropía, por tanto, equivale a una disminución de la energía disponible (Avellaneda, 2010).

En ese orden de ideas, la puesta en práctica del desarrollo sustentable y/o sustentable implica una transformación estructural del sistema social en general, especialmente, en lo que respecta al uso de energías y recursos; mejorar la eficiencia de los sistemas productivos (reutilización, reciclado); y, de manera especial, reformar la base tecnológica actual para impulsar actividades económicas que no sean ambientalmente destructivas, sino creativas y cumplan las funciones de soporte (carga), entre las que se encuentran las funciones de eliminación de residuos sólidos, líquidos y gaseosos.

Entender la problemática del recurso hídrico desde la posición de la salud implica reflexionar sobre la raíz de la problemática ¿el efecto en la salud de los humanos que utiliza el agua residual en el riego de áreas verdes o agricultura solo responde a los designios de la naturaleza? ¿o es un problema generalizado de naturaleza política?

Este problema es expresado como una disputa política, en realidad se explica por razones diversas. La mayor generación de agua residual aumenta por muchas razones:

mayores concentraciones de la población rural en espacios urbanos, provocada por la pobreza, incremento de la población; entre otros aspectos, esto implica mayor contaminación de cuerpos de agua superficial y subterránea, ríos y napa freática, acuíferos y pozos por la industria, otra consecuencia. Es la demanda de agua potable haciendo cada vez más lucrativo y atractivo el negocio del montaje de infraestructura privada y del consumo de agua embotellada. (Castro Soto, 2013)

Por estas consideraciones, cuando planeamos cual es el modelo institucional más adecuado para manejar el recurso hídrico para responder a los problemas políticos, es sin duda en términos de desarrollo sostenible, que evalúa los proyectos en términos modernos que se conoce como ecoeficiencia, y considera tres variables: la económica, ambiental, y social. Y una cuarta política.

Desde esta perspectiva, se presentan las siguientes reflexiones que sólo pretenden agradecer algunos elementos de base para diseños y evaluaciones institucionales sostenibles del manejo del agua. Se trata de elementales premisas, en las que, a nuestro parecer, debe sustentarse el debate. Siendo algunas muy obvias, parecen muy resagadas hoy. La primera aceptación básica es desde el punto de vista del consumo y uso. Existiendo tres tipos de agua como mínimo: el agua derecho ciudadano, el agua vida, y el agua mercancía.

Todo lo anterior explica, Pedro Arrojo en su libro "El reto ético de la nueva cultura del agua" (Paidós 2006). El **agua-vida** (para la limpieza básica individual, de boca y colectiva) es un derecho humano, por tanto, no podemos exigir una contrapartida o precio a la misma, todos los seres humanos tienen derecho a ella, aunque no tenga posibilidades de pagar por el recurso. El **agua-vida** es también un "derecho" para el resto de los seres vivos del planeta, en tal virtud penetraríamos en consideraciones tan complejas como por ejemplo es considerado un caudal ecológico de cualquier cuerpo receptor generalmente caudal mínimo de un río.

Por otro lado, existe, **agua-ciudadanía**, se entiende como el derecho al agua para usos considerados de acuerdo social y para servicios de interés general de la comunidad. A esta agua se le puede y debe solicitar un precio o algún tipo de

comportamiento cívica, por ejemplo, el buen consumo o uso y el ahorro. Desde nuestro punto de vista, en este caso se debe incluir la regeneración de las aguas servidas para el riego de ecosistemas urbanos. Buena parte de las aguas urbanas corresponde a este nivel.

Por último, hay agua considerada excedentaria, que puede ser abundante, y debe ser considerada como una mercancía económica sometida a un régimen de regulación igual al de otros bienes y recursos del mercado. Es **agua economía y también agua-negocio**. La de muchos usos agrícolas recreativos, y la mayoría de usos en la industria están en esta categoría.

En ese orden de ideas, a pesar de no existir una institucionalidad social que demarque adecuadamente los tres tipos de agua; nos sirve de referencia, el caso de agua ciudadana, para el diseño y evaluación de las variables económicas, ambientales y sociales; y, enmarcar nuestro trabajo dentro del concepto de desarrollo sostenible, especialmente porque nuestra sociedad se ubica geográficamente en un medio árido y con escasez severa de agua.

Como reflexión final, y sin agotar el tema en lo absoluto, podemos afirmar que una población humana especialmente **una comunidad que no este en la capacidad de autogestionar su agua-ciudadanía y su agua-vida es una sociedad enferma**, no tiene un problema de agua, no es que sea pobre, tiene un grave problema de ciudadanía y gobernabilidad local.

El tratamiento biológico, esta enmarcado dentro del desarrollo sostenible, por que contrarresta la entropía de los procesos generados por el hombre. El tratamiento se basa en la captación de la energía solar (Fotosíntesis) y la utiliza para dar energía para el crecimiento algal, crean orden por lo que la entropía disminuye (Avellaneda, 2004).

Asimismo, compatibiliza el tratamiento y uso de los recursos con la preservación de los ecosistemas del lugar, y tiene por finalidad, **(1)** bajar el gasto de agua, reduciendo su consumo o reutilizando y reciclando al máximo el suministro, **(2) tratarla** con el menor impacto posible de los ecosistemas a través de tecnología ecológica y **(3)** Realizar esta depuración, descontaminación o **regeneración** en el lugar del uso para absorber los efectos

de las actividades antrópicas. **(4)** Mejorar la calidad de vida de la colectividad comeña, es decir contribuir con el bienestar y felicidad de la comunidad. **(5)** Mejorar la calidad ambiental y la salud ambiental, de esta manera mejorar la salud pública

Por lo expuesto, el modelo plantea la sostenibilidad ambiental (desarrollo ambiental, la sostenibilidad económica (desarrollo económico), la sostenibilidad social (desarrollo social), dentro de un conjunto mayor que es la sostenibilidad política (desarrollo político) “governabilidad”, elementos fundamentales del desarrollo sostenible, dentro de los conceptos teóricos biológicos. El riego de campos agrícolas con agua residual sin tratar como el de San Agustín del Callao y otros a las orillas del río Chillón, son caso de insostenibilidad social.

Para concluir la tecnología de regeneración de aguas servidas domésticas con aireación extendida, temporizada y sistema compacto, para el riego de áreas verdes (ecosistemas urbanos), en el distrito de Comas está enmarcado en un modelo de desarrollo sostenible en lo ambiental y sustentable en lo económico. Tomando en cuenta las dimensiones ambientales, económicas, sociales y políticas.

III: MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

Tipo, nivel y ámbito de la investigación

El estudio es experimental; se trabajó con las variables calidad de agua sin tratar y tratada. De manera específica: nivel de contaminación de los parámetros biológicos, fisicoquímicos y en los diferentes puntos de muestra tomada en el proceso de tratamiento.

El tipo de investigación es descriptivo, correlacional y explicativo, porque describe conceptos, relaciona el tipo de tratamiento con las causas y los efectos y los explica. El tipo de investigación nos señaló la estrategia de la investigación: El diseño, los datos que se recolectan, la forma de conseguirlos, el tipo de muestreo y otros elementos del sistema de investigación. Es también longitudinal, por que se estudia las variables propuestas en un periodo de tiempo.

El estudio se realizo en la Avenida Revolución en la zonales 5 y 12, distrito de Comas-Lima, ocupa un área de $9\,813\,984,06\text{ m}^2$, y tiene una población estimada de 133,486 habitantes (población de las zonales en mención).

Geográficamente está comprendida en: Longitud Oeste $77^{\circ} 19''$, Latitud Sur $12^{\circ} 19''$, Altura 137 m, Distancia del mar 2 Km., Temperatura promedio 20°C . Febrero Máx. 26; Min. 19.4. Oscilación 6.6. Julio Máxima. 17.5; Mínima 13.8. Oscilación 3.7, Humedad desde 84 y 93 % (Alta humedad), precipitación escasa e irregularmente distribuidas en el espacio y con grandes variaciones. Con un promedio anual de 16.7 mm, un máximo de 24 mm en agosto y un mínimo de 0.6 en el mes de marzo, Topografía con pendiente este oeste entre 2% y 15 %.

El universo las aguas de los colectores y la población de estudio lo constituyen los 2 l/s. de aguas provenientes de los colectores de SEDAPAL que ingresara a la planta de tratamiento La superficie aproximada de la planta es un área de 450 m^2 (Fotos 1 y 6).

Las unidades de análisis, fueron las aguas servidas de los colectores de la avenida Revolución en Collique, para observar la cantidad de materia orgánica, la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y la población de coliformes fecales y otros indicadores, de los 2 l/s de las aguas servidas que ingresan y salen del proceso de regeneración de la PTAR. La muestra fue tomada en forma aleatoria, y proporciona la característica del agua al momento del muestreo. También, se tomará muestra compuesta: Para determinar la calidad promedio del agua del efluente y afluente durante el periodo del muestreo compensada en el tiempo.

3.2 Población y Muestra

• Población

La población son las aguas servidas urbanas de los colectores (2 l/s) y de todo el sistema productivo de la planta de regeneración de aguas servidas urbanas, por sistema compacto de aireación extendida, temporizada con suso de material de relleno en los reactores, para el riego de áreas verdes en el distrito de Comas-Lima

• Muestra

La muestra son las aguas servidas urbanas tanto de entrada como de salida en cada uno de los equipos de tratamiento, en cada una de las etapas del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTAR) tanto de entradas como de salidas.

3.3 Operacionalización de Variables

Variable Independiente

Tratamiento de las aguas servidas urbanas

Variable dependiente

Calidad de agua para riego de áreas verdes en el distrito de Comas

A continuación, presentamos la matriz de operacionalización de variables. Ver tabla N°21.

Tabla 21: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS |
|---|---|--|---|
| Variable Independiente VI: Tratamiento de las aguas residuales domesticas | Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de PTAR. | -Parámetros: -aceites y grasas -Coliformes Termotolerantes -Demanda Bioquímica de Oxígeno -Demanda Química de Oxígeno -Ph -Sólidos Totales en suspensión -Temperatura | Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales. D.S. 003-2010-MINAM |
| Variable Dependiente VD: Calidad de agua para riego de áreas verdes en el distrito de Comas | Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA). | -Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales -Parámetros físicos y químicos. -Parámetros Inorgánicos -Parámetros orgánicos -Parámetros Microbiológicos | -Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial. R.J. N° 010-2016-ANA -Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recurso Hídricos superficiales. R.D. N° 2254-2007-DIGESA -Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. D.SN°004-2017 MINAM |

Fuente propia

3.4 Instrumentos

Materiales y equipos para el análisis de laboratorio con el método standard utilizados fueron:

- Incubador de DBO a temperatura constante de 20 0C (determinación de DBO)
- Estufa con temperatura de 105 0C, Marca Yamato (determinación de sólidos suspendidos).
- Mufla con temperatura de 500 0C (determinación de sólidos volátiles).
- Medidor de Oxígeno.
- Medidor de pH.
- Reactivos químicos para la terminación de la DBO, DQO.
- Reactor con temperatura de 150 0C (determinación de DQO).
- Bomba de vacío.

- Materiales para determinación de Coliformes totales y termotolerantes
 - Reactivo para la determinación de parásitos (ETER).
 - Centrífuga para concentrar el lodo para la determinación de parásitos.
 - Material de vidrio.
 - Turbidímetro
- **Componentes de la planta compacta de tratamiento de aguas residuales PCTAR de aireación extendida, temporizada y con material de relleno.**

Las unidades con que cuenta la planta de regeneración de aguas servidas de Comas son:

a) Unidad de pretratamiento

- Cámara distribuidora de caudal
- Cámara de Rejas
- Sistema de reboce y purga
- Desarenador

b) Unidad de Tratamiento Primario

- Sedimentador de 2 compartimentos

c) Unidad de tratamiento secundario

- 02 reactores HBC de $D=2.50$ m, $L=12.00$ m para tratamiento biológico

d) Unidad de Tratamiento Terciario

- Tanque de almacenamiento 1 (cisterna 1) de $10m^3$ de capacidad.
- Filtro Multimedia
- Cloración por pulso
- Tanque de almacenamiento 2 (cisterna 2) de $100m^3$ de capacidad.

e) Otros

- Caseta de sopladores
- Caseta de riego tecnificado

3.5. Procedimiento

• Unidades de pretratamiento

La cámara distribuidora de caudal, sistema de rebose y purga, cámara de rejillas y desarenador forman una sola estructura es construida en concreto armado.

La tubería que ingresa a esta unidad será de PVC de 200mm y viene de BzE N°1 (captación). y la salida es de tubería PVC 200mm que va a la caja de inspección N°1. Las tuberías de rebose y purga son de PVC de 200mm y la tubería de purga tiene una válvula de control del mismo diámetro. Ambas tuberías desembocan hacia el buzón proyectado N° 01 (BzP-01).

El vertedero triangular es de lámina de acero de espesor 0.03mm y nos controlarán el caudal máximo de tratamiento de la PCTAR. Las rejillas metálicas son de acero inoxidable de 1" x ½" espaciados 1", aquí quedarán retenidos los sólidos más grandes que existen en las aguas residuales. Como consecuencia de la retención, estos sólidos deberán ser purgados hacia el BzP-01 abriendo la válvula de purga.

La pendiente de la zona de sedimentación de arena es de 1% (desarenador), también cuenta con una tolva para sedimentación de las arenas. Las arenas deberán ser removidas diariamente del desarenador, por tal motivo estos residuos deberán ser dispuestos en bolsas plásticas para que la EPS contratada las disponga en un relleno sanitario. Toda esta estructura estará tapada para protección ante caídas, las tapas de la cámara de rejillas y desarenador son de concreto armado con ángulo de acero en los bordes.

• Unidad de Tratamiento Primario

Sedimentador: Su finalidad es reducir en cierto porcentaje la cantidad de materia orgánica representada como DBO, en nuestro diseño de sedimentador o decantador de flujo vertical estamos removiendo un 30 % de DBO y 40 % de Sólidos Suspendedos Totales.

En esta unidad se deben dar las condiciones adecuada como velocidad y tiempo de retención que permita remover los porcentajes indicados anteriormente. En el primer compartimento se da la mayor sedimentación de sólidos por el ingreso del agua con mayor turbiedad que en el segundo compartimento. Los dos compartimentos son de 4.00x3.30m de área transversal por 6 metros de longitud cada compartimento.

Las tapas de inspección del sedimentador son sanitarias de 0.60x0.60 y de metal. La tubería de ingreso es de PVC de 200mm y viene del desarenador, la tubería de salida es de PVC de 200mm y va hacia los reactores biológicos, también cuenta con tres ductos de ventilación de 100 mm de diámetro. Esta estructura será de concreto armado.

Los lodos generados en el sedimentador debido a la acción de la gravedad deberán ser removidos una vez al año, para ello se debe contratar a una EPS para que realice la extracción y disposición de los lodos. El volumen aproximado de extracción de lodos será de 250 litros.

- **Reactores HBC (Tratamiento Secundario)**

Reactores HBC: Estos reactores son fabricados de Fiberglass Reinforced Plastic (PRFV Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio), material de alta resistencia a la corrosión.

El método HBC consta en un reactor de lodos activados de alta tasa, es decir alta capacidad de biodegradación de la materia orgánica con muy **baja generación** de fangos o lodos (15 a 30 % de los métodos convencionales), estos reactores utilizan en forma similar a otros operaciones y procesos de lodos activados aireación artificial difusa y extendida, a diferencia de los sistemas convencionales **Cuenta con un medio de suspensión fijo de alta adherencia**, *en él se define el método HBC (Hanging Bio Contactor o Aireación por Contacto de microorganismo suspendido)*, que facilitará permanentemente el contacto entre el agua residual y los microorganismos, en toda la sección longitudinal del reactor.

En sistemas convencionales este contacto solo se da durante la operación de aireación cuando los difusores están trabajando en comparación con el método HBC que mantiene el contacto constante al suministrarle a los microorganismos un medio donde suspenderse y adherirse. Además, simultáneamente se genera la digestión anaeróbica y aeróbica, esto se logra por la formación de anillos biológicos de carácter facultativo cuya superficie proporcionará acción anaerobia e internamente se da también la acción aerobia, considerando de mucha importancia para la degradación del nitrógeno (desnitrificación).

Por lo tanto las condiciones de degradación biológica son óptimas, dándose diversos efectos de simbiosis y cadenas alimenticias de muchos tipos de microorganismos que cambian y modifican la materia orgánica en material inorgánico y elementos inertes al medio, luego estas colonias alcanzan en el proceso densidad y tamaño que favorecerán la decantación y clarificación final. El reactor HBC está dividido en cámaras que van mejorando cada vez el tratamiento antes de llegar al sedimentador secundario.

Para nuestro proyecto se ha considera 2 reactores de diámetro 2.50m y L=12.00m distribuidos de tal manera que el tiempo de retención en cada reactor sea aproximadamente de 24 horas, y este tiempo sea suficiente para que los microorganismos se encarguen de degrada la materia orgánica. La tecnología aplicada es el método Hanil HBC que consiste en un sistema de lodos activados de alta tasa con oxidación total en un medio fijo o biomedía.

El método HBC pertenece al grupo de tecnologías de tratamiento llamadas IFAS Integrated Fixed Film Activated Sludge Systems, es decir Sistemas Integrados de Lodos Activados con Biopelícula Fija, en este grupo se comprenden los sistemas de medio fijo FMBR los de medio móvil MBBR.

La idea de este tipo de método **es proporcionar al sistema una mayor cantidad de biomasa dentro de un mismo volumen**, al hacer esto la cantidad de microorganismos exige una mayor demanda de carga orgánica por lo que se eleva la eficiencia de remoción de la misma en todo el sistema. El aumento de biomasa dentro del reactor se logra introduciendo biomedía en forma vertical soportado por marcos hechos de fibra de vidrio la biomedía es el **medio fijo al cual se adherirá la biomasa.**

En los reactores hay una eficiencia de remoción de DBO de 97.33 % y de Sólidos Suspendidos Totales de 91.84 %. El primer reactor consta de cinco compartimientos, **donde el tercer compartimiento es una zona de desnitrificación, por tanto no hay aireación; en las demás cámaras hay aireación y medio de contacto.**

Debido a las características del tratamiento, la generación de lodos no es excesiva, pero de igual forma se va tener que remover, la evacuación de los lodos se puede hacer una vez al

año o dependiendo del comportamiento de la calidad del efluente. Para ello se contratará los servicios de una EPS para que los extraiga y disponga sanitariamente, el volumen aproximado de extracción de lodos al año será 200 litros.

• **Unidad de Tratamiento Terciario**

Tanque de almacenamiento 1 (cisterna 1) de 10m³ de capacidad.

En esta cisterna de 10 m³ de capacidad se almacenarán las aguas residuales tratadas provenientes del tratamiento secundario y pasarán a un sistema de filtración.

Filtro Multimedia

El filtro multimedia succiona el agua almacenada en la cisterna 1 para filtrarla a través de filtros de grava de canto rodado de 10 mm y 8 mm, y arena de cuarzo de 1mm y 0.5 mm, luego esta agua residual tratada y filtrada es depositada en la (cisterna 2) de 100 m³ de capacidad para ser usada en el riego de áreas verdes también llamados espacios o ecosistemas urbanos.

El sistema está compuesto por dos bombas alternadas por un control PLC y sensores de nivel para el funcionamiento de los mismos. Que tiene la propiedad de retener parásitos como huevos de helmintos, nematodos entre otros. Además, se comporta como un pulidor porque reduce la turbiedad. En esta parte del tratamiento no se generarán lodos, por lo cual no debemos preocuparnos por su disposición.

El sistema de filtro multimedia consta de:

- 01 Bomba dosificadora de Cloro marca Seco Modelo KCL 632 NVFW00
- Tanque FRP de 36"x72.4"
- Medio filtrante de grava de canto rodado de 10 mm, 8 mm, arena de cuarzo de 1.0 mm y 0.5 mm.
- 03 electrobombas birrodete tribásica modelo CP 25/160Ade 3 HP.
- 01 tanque hidroneumático. Elbi de 60 L.
- Manometro Luise de 0 – 6 BAR
- 01 Presostato Square D FSG – 2/80 PSI

Cloración por pulso: La cloración se realizará por un equipo dosificador de cloro INVIKTA 2LHP-7BAR, así eliminamos todo parásito y coliformes que pudieron haber atravesado el filtro multimedia, el tiempo de contacto del cloro con el agua residual tratada se da en la cisterna de almacenamiento 2, el tiempo de retención considerado es de 30 min como mínimo. Con el sistema de cloración y filtro multimedia se busca eliminar en un 100 % huevos de helmintos, coliformes patógenos y otros parásitos.

Tanque de almacenamiento 2 (cisterna 2) de 100m³ de capacidad. Esta unidad fue diseñada para contener un volumen de 100m³ y dar el tiempo de retención adecuado al agua residual con el cloro. Es de esta unidad que se captará el agua servida regenerada para el riego de áreas verdes urbanas.

- **Sistema de aireación**

El sistema de aireación está conformado por 02 Sopladores canal lateral COMPETITOR PLUSS 4005-21L2, Americano, de 7.5HP, Caudal 97 Dcfm y 5.41 PSI. El soplador funcionará 12 horas al día, en forma intercalado, 30 minutos trabajará y luego descansará.

El aire será trasladado mediante tuberías de polietileno de diámetros 2” en los ramales principales y 1” para las conexiones a los difusores, a travez de un sistema de aireación extendida y temporizada, en toda la superdicie interna de los dos reactores.

- **Método (biológico)**

El método HBC consiste en un reactor de lodos activados de alta tasa, es decir una alta capacidad de biodegradación de la materia orgánica con baja producción o generación de lodos (15 a 30 % del sistema convencional), este reactor utiliza en forma similar a otros procesos de lodos activados aireación artificial difusa, a diferencia de las técnicas convencionales **cuentan con un medio de suspensión fijo de alta adherencia**, en él se desarrolla y define el método HBC (Hanging Bio Contactor o Aireación por Contacto de microorganismos suspendido), que facilita constante y permanente el contacto entre los microorganismos, y el agua residual y en toda la sección del reactor.

De esta manera se esta planteando el tratamiento de aguas residuales. “sistema compacto de aireacion extendida y temporizada para el riego de areas verdes o ecosistemas urbanos en el distrito de Comas - Lima”.

- **Diseño de la planta compacta de tratamiento de aguas residuales**

La selección del sistema de tratamiento en el presente estudio para la Planta Compacta de Tratamiento de agua residual de Comas-Lima, ha considerado la utilización de cámaras de rejillas y desarenador (en una sola estructura), sedimentador primario, dos reactores para el tratamiento biológico, tanque de almacenamiento, filtro multimedia, caseta de sopladores y caseta de riego tecnificado.

- **Parámetros de diseño**

En el presente estudio se ha elaborado de acuerdo a las Normas Técnicas de obras Saneamiento del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Los valores obtenidos de la toma de muestra para el diseño:

Parámetros Físicos

- Caudal: 2 l/s
- Temperatura: 20 °C

Parámetros Biológicos

- Coliformes Termo tolerantes: 2.7x (10)⁷ NMP/100 ml (números mas probables)
- Coliformes Totales: 3.0x (10)⁸ NMP/100 ml
- Huevos de Helmintos: 7 Huevos/Litro

Parámetros Físico-químicos

- Oxígeno Disuelto (OD) 2.32 mg/L
- Demanda Biológica de Oxígeno (DBQ) 620 mg/L
- pH 8.37

- **Características del Afluyente y del Efluente**

Las aguas servidas tratadas deberán cumplir las Normativas Nacionales o Internacionales vigentes, para el uso de aguas servidas regeneradas en el riego de areas

verdes o ecosistemas urbanos, objeto de este estudio. En el caso de Normativas Internacionales se puede hacer referencia a las leyes Sanitarias sobre el consumo o uso de aguas residuales en Ganadería, Agricultura y Acuicultura Informe de un Grupo Científico de la OMS / Organización Mundial de la Salud, Ginebra 1989, mostrando en:

Características del Afluente

| | |
|---|----------------------------------|
| ➤ Caudal: | 2 l/s |
| ➤ Temperatura: | <u>20 °C</u> |
| ➤ Colifórmes Termo tolerantes: | 2.7x(10) ⁷ NMP/100 ml |
| ➤ Colifórmes Totales: | 3.0x(10) ⁸ NMP/100 ml |
| ➤ Huevos de Helmintos: | 7 Huevos/Litro |
| ➤ Oxígeno disuelto | 2.32 mg/L |
| ➤ Demanda Química de Oxígeno (DQO) | 1295 mg/L |
| ➤ Demanda Bioquímica o biológica de Oxígeno (DBO) | <u>620 mg/L</u> |
| ➤ Solidos Suspendidos Totales (<u>SST</u>) | 585 mg/L |
| ➤ Solidos Suspendidos Fijos (<u>SSF</u>) | 138 mg/L |
| ➤ Solidos Suspendidos Volátiles (<u>SSV</u>) | 447 mg/L |
| ➤ PH | 7.3 – 8.1 |

Características del Efluente

| | |
|---------------------------------------|-------------------|
| ➤ Colifórmes Termo tolerantes: | < 1000 NMP/100 ml |
| ➤ Huevos de Helmintos: | < 1 Huevos/Litro |
| ➤ Oxígeno disuelto | 5.77 mg/L |
| ➤ Demanda Química de Oxígeno (DBQ) | 10 mg/L |
| ➤ Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | 10 mg/L |

- **Condiciones generales de diseño**

Las condiciones generales de diseño se presentan en la tabla 22.

Tabla 22: Condiciones generales de diseño

| | | | |
|--|----------------|--------|-----------|
| CAUDAL DE AGUA RESIDUAL | | | |
| caudal promedio diario de contribución | Q _p | 2 | L/s |
| CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL CRUDA | | | |
| Demanda bioquímica de oxígeno | DBO 5 | 620.00 | mg/LDBO 5 |
| Sólidos suspendidos totales | SST | 585.00 | mg/LSST |
| nitrógeno en el afluente | N _a | 62.00 | mg/LN |
| EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO PRIMARIO | | | |
| Eficiencia en la remoción de DBO 5 | E DBO 5 | 30% | |
| Eficiencia en la remoción de SST | E SST | 40% | |
| CARACTERÍSTICAS DEL AFLUENTE DESPUES DEL TRATAMIENTO PRIMARIO | | | |
| Demanda Biológica de Oxígeno | DBO 5 | 434.00 | mg/LDBO 5 |
| Sólidos Suspendidos Totales | SST | 351.00 | mg/LSST |
| CARACTERÍSTICAS ESPERADAS EN EL EFLUENTE | | | |
| Demanda bioquímica de Oxígeno | DBO 5 | 10.00 | mg/LDBO 5 |
| Sólidos Suspendidos Totales | SST | 10.00 | mg/LSST |
| nitrógeno en el efluente | N (a) | 5.00 | mg/LN |
| EFICIENCIA REQUERIDA | | | |
| Eficiencia global en la remoción de DBO 5 | E DBO global | 97.70% | |
| Eficiencia en la remoción de DBO 5 soluble | E DBO 5 | 99.19% | |
| Eficiencia en la remoción de SST | E SST | 97.15% | |
| PARTE GLOBAL REMOVIDA | | | |
| DBO removida | DBO 5 | 424.00 | mg/LDBO |
| SST removidos | SST | 341.00 | mg/LSST |

- **Cámara de distribuidora de caudal**

La cámara de distribución de caudal será mediante un vertedero triangular.

Se puede ver en tabla 23.

Tabla 23: Cámara de distribuidora de caudal

| | | | |
|---|-------|-------------------|--|
| $Q = C_w^1 \cdot \frac{8}{15} \sqrt{2 \cdot g \cdot h^{5/2}} \tan(\beta/2)$ | | | |
| Q = | 2.00 | L/s | |
| Q = | 173 | m ³ /d | |
| C _w = | 0.58 | | |
| β = | 90 | | |
| Tan (β/2) = | 1 | | |
| h = | 0.059 | m | |

- **Cámara de rejas**

El diseño de cámara de rejas se puede ver en tabla 24.

Tabla 24: Cámara de rejas

| CALCULOS DE LAS REJAS | | | |
|----------------------------|--------------------|---------|-------------------|
| Aberturas entre barras | a= | 1 | Pulg. |
| Espesor de la barra | e= | 0.25 | Pulg. |
| Eficiencia de la barra | E= | 0.80 | |
| Caudal Máximo | Q _{mhc} = | 0.00360 | m ³ /S |
| Velocidad de paso | V= | 0.606 | m/S |
| Velocidad de aproximación | V _o = | 0.48 | m/S |
| Área total de las rejas | A _t = | 0.01 | m ² |
| DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL | | | |

| | | | |
|---------------------|--------|---------|------|
| Ancho del canal | B= | 0.50 | m |
| Tirante máximo | Y max= | 14.45 | mm |
| Pendiente del canal | S | 11.7508 | m/Km |

- **Diseño del Desarenador**

Los cálculos y parámetros de diseño se presentan en tabla 25.

Tabla 25: Diseño del Desarenador

| | | | |
|--|------|-------|-----------------------------------|
| Carga superficial | Cs= | 46.08 | m ³ /m ² /h |
| Velocidad de Flujo | Vf= | 0.3 | m/s |
| Dimensionamiento del desarenador | | | |
| Ancho del desarenador | B= | 0.2 | m |
| Nivel de agua | h= | 0.035 | m |
| Longitud útil del desarenador | Ld= | 0.73 | m |
| Relación Longitud/altura | | 21 | |
| Longitud real del desarenador | | | |
| | Lrd | 1.10 | m |
| Dimensionamiento de la tolva | | | |
| Ancho del fondo de la tolva | bf= | 0.30 | m |
| Profundidad de la tolva | hf= | 0.10 | m |
| Volumen de la tolva | | | |
| | Vol= | 22.00 | L |
| Considerando 30 lts de arena por 1000 m ³ | | | |
| Tasa de acumulación de arena | | | |
| | ta= | 5.41 | L/d |
| periodo de limpieza | | | |
| | P= | 4 | d |

| | | | |
|---|-------|------|------|
| Altura de la lámina de agua en el vertedero sutro | | | |
| Ancho del vertedero | b= | 0.08 | m |
| Altura mínima del vertedero | a= | 0.01 | m |
| Caudal promedio | Qpc= | 2.00 | L/s |
| Caudal mínimo | Qmin= | 1.00 | L/s |
| Caudal máximo | Qmhc= | 3.60 | L/s |
| Pendiente del canal | S= | 10 | m/km |

La forma de las paredes del vertedero sutro son de la siguiente manera y los cálculos se presentan en tabla 26.

Tabla 26: Forma de las paredes del vertedero sutro

$$\frac{x}{b} = 1 - \frac{2}{\pi} \arctg \sqrt{\frac{y}{a}}$$

| Forma de las paredes del vertedero sutro | | | | |
|--|--------|--------|----------|---------|
| GEOMETRIA - VERTEDERO SUTRO | | | | |
| a = | 0.01 m | | | |
| b = | 0.08 m | | | |
| y (m) | x (m) | H (m) | Q (m3/s) | Q (L/s) |
| 0.0000 | 0.0800 | 0.0100 | 0.0005 | 0.52 |
| 0.0100 | 0.0400 | 0.0200 | 0.0013 | 1.29 |
| 0.0200 | 0.0313 | 0.0300 | 0.0021 | 2.07 |
| 0.0300 | 0.0267 | 0.0400 | 0.0028 | 2.84 |
| 0.0500 | 0.0214 | 0.0600 | 0.0044 | 4.39 |
| 0.1000 | 0.0156 | 0.1100 | 0.0083 | 8.27 |

Qminc = 0.90L/s

Qb = 2.53L/s

- **Diseño del Sedimentador**

Los parámetros de diseño del sedimentador se presentan en tabla 27.

Tabla 27: Diseño del Sedimentador

| Para facilitar el proceso constructivo del sedimentador se optó por un sedimentador rectangular | | | |
|--|-----------|--------|-------------|
| Carga Superficial | Cs= | 33.60 | m/día |
| Velocidad de Sedimentación | Vs= | 1 | m/h |
| Tiempo de Retención | TR= | 1.5 | horas |
| Altura de Sedimentación | h= | 2.1 | m |
| Ancho de Sedimentación | aS= | 4.00 | m |
| Largo de Sedimentación | lS = | 9.80 | m |
| Relación: Largo/ancho | R:l/a= | 2.45 | |
| Relación: Largo/altura | R:l/h= | 4.67 | |
| TOLVA DE LODOS | | | |
| Eficiencia en la remoción de DBO | Ef DBO 5= | 30% | |
| Eficiencia en la remoción de SST | Ef SST= | 40% | |
| Cantidad de SST presentes en el lodo | WSST= | 30.33 | Kg SST/día |
| Gravedad específica del lodo primario | Ge(l)= | 1.03 | |
| Concentración de sólidos | Con(S)= | 6% | |
| Peso del lodo | WL= | 505.44 | kg lodo/día |
| Volumen del lodo | VL= | 490.72 | l lodo/día |
| | | 0.49 | m3 lodo/día |
| Tiempo de purga de lodos | P= | 90.00 | día |
| Volumen de lodos a purgar | Vol= | 44.16 | m3 |
| Ancho de la zona de lodos | B= | 4.00 | m |
| Largo | L= | 12.00 | m |
| Alto de la tolva de lodos | H= | 0.92 | m |
| Altura Total útil del sedimentador | | 3.02 | m |

- **Diseño del Proceso**

El diseño del proceso se puede ver en la tabla 28.

Tabla 28: Diseño del Proceso

| | | | |
|---|-------------------|-------|----------------|
| Tiempo de retención Hidráulica | $\Theta=$ | 18.37 | horas |
| Tiempo de retención celular | $\Theta_c=$ | 25 | días |
| Sólidos Suspendidos en el L.M (SSLM) | SSLM= | 5000 | mg/L |
| Sólidos Suspendidos Volátiles en el L.M (SSVLM) | % volátil= | 80% | |
| | X= | 4000 | mg/L |
| DBO soluble del efluente ($S_e = DBO_e - 0.65 * SST$) | $S_e=$ | 3.5 | |
| Coefficiente de producción celular | Y= | 0.64 | |
| Carga de DBO 5 diaria | S - $S_o =$ | 51.66 | kgDBO5/día |
| Coefficiente de degradación endógena | Kd= | 0.05 | d^{-1} |
| Volumen del Tanque de Aireación | V= | 91.84 | m ³ |
| escoger un valor F/M adecuado | F/M= | 0.13 | |
| Volumen teórico | $V_o=$ | 99.35 | m ³ |
| Volumen escogido | $V_r=$ | 99 | m ³ |
| Verificación de la edad de lodos | El= | 27.70 | |
| Coefficiente de decaimiento | b= | 0.05 | |
| Diámetro del tanque de aireación | D _{ta} = | 2.50 | m |
| Longitud del tanque de aireación | L _{ta} = | 22.55 | m |

- **Cantidad de Oxígeno Requerido**

La cantidad de Oxígeno requerido se puede ver en tabla 29.

Tabla 29: Cantidad de Oxígeno Requerido

| | | | |
|--|-------------------------|-------|--------------------------|
| Relación entre DBO 5 y DBO ultima | f= | 0.68 | |
| Cantidad de Oxígeno para la DBO ultima | O ₂ DBO= | 75.97 | kg O ₂ /día |
| Cantidad de Oxígeno para Nitrificación | O ₂ Nitrif.= | 31.26 | kg O ₂ /día |
| Cantidad de Oxígeno método HBC | O ₂ HBC= | 75.97 | kgO ₂ /día |
| Relación O ₂ / DBO 5 | | 1.47 | kgO ₂ /kg DBO |

- **Transferencia de Aire**

La transferencia de aire al reactor se puede ver en tabla 30.

Tabla 30: Transferencia de Aire

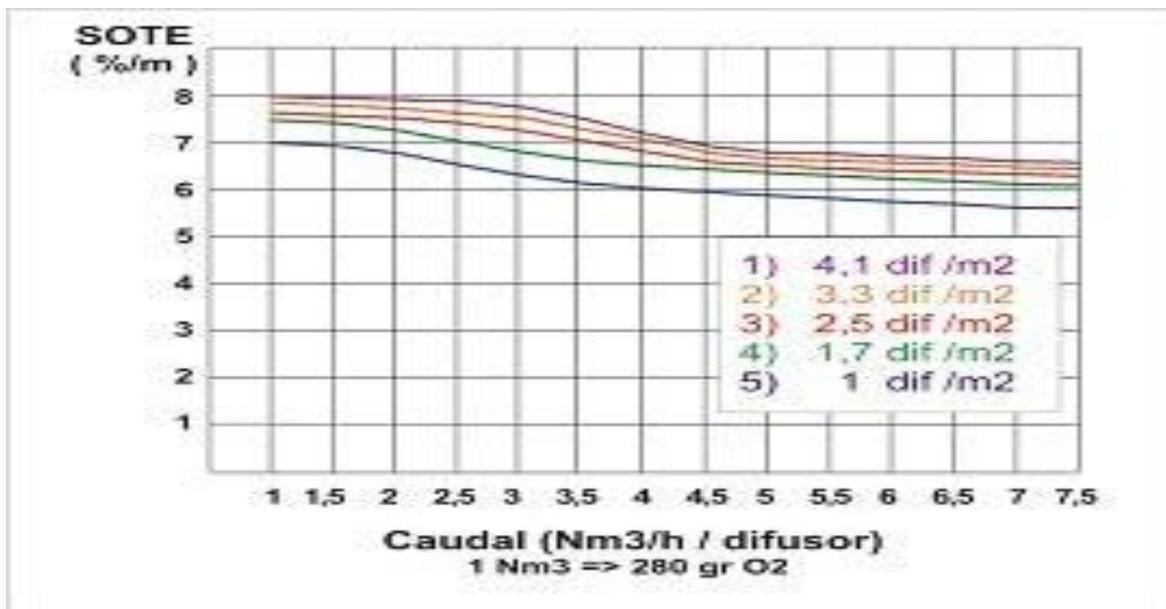
| | | |
|---------|--------|--|
| Altura | 600 | msnm |
| Presión | 960.1 | mbar |
| T max | 25 | °C |
| p aire | 1.1095 | kg/m ³ |
| T min | 18.00 | Temperatura en condiciones de terreno °C |
| T máx. | 25.00 | Temperatura en condiciones de terreno °C |
| α | 0.65 | factor de corrección por efecto de los agentes surfactantes entre el agua residual y el agua limpia |
| β | 0.95 | factor de corrección de la concentración de saturación de oxígeno para el agua residual comparada con el agua limpia |
| θ | 1.02 | Coefficiente de corrección por temperatura |
| C | 2.00 | Concentración de oxígeno deseado en el agua (mg/L) |
| Cs | 9.17 | Concentración de oxígeno saturado en condiciones normales en mg/L |

| | | | |
|--|-----------|---------------------|--------------------------------------|
| Concentración de oxígeno saturado en condiciones de terreno | | | |
| Cst máx.= | 9.40 | a 18°C | |
| Cst min= | 8.18 | a 25°C | |
| | | | |
| MO ₂ = | 3.17 | kgO ₂ /h | |
| | | | |
| Determinación de la Eficiencia en la transferencia en condiciones de terreno | | | |
| e max= | 0.47 | Eficien a 18°C | |
| e min= | 0.46 | Eficien a 25°C | |
| | | | |
| Eficiencia de transferencia de oxígeno al agua (según SOTE y profundidad) | | | |
| Q aire/dif= | 3.50 | Nm ³ /h | caudal de diseño de aire por difusor |
| SOTE= | 7.00%/mca | | |
| H agua = | 2.00 | m | altura de aire |
| | | | |
| EO ₂ T= | 6.44% | | |

Según catálogo del difusor

El caudal de aire necesario en el tanque o reactor de aireación se presenta en figura 11.

Figura 11: Caudal de aire necesario en el tanque de aireación



Entonces el caudal de aire necesario en el tanque de aireación es:

$$Q_{\text{aire}} = 229 \text{ m}^3 \text{ aire / hora}$$

- **Instalaciones mecánicas de la planta de tratamiento de aguas residuales para el riego de áreas verdes, en el distrito de Comas – Lima**

Las características generales, parámetros y criterios de diseño para las Instalaciones mecánicas del proyecto a la planta compacta de tratamiento de aguas residuales PCTAR, ubicado en Av. Revolución cuadra 32 - plaza cívica Collique, zonal 5 y 12, distrito de Comas, provincia y departamento Lima

Las Instalaciones Mecánicas involucradas en el presente Estudio, comprenden:

- Sistema de Aireación.
- Sistema de Filtrado de Aguas Residuales.
- Sistema de Bombeo aguas residuales tratadas del reboce de la cámara de filtración
- Sistema de Bombeo aguas residuales tratadas hacia el sedimentador secundario.

- **Sistema de Aireación**

La inyección de aire como elemento para degradar la materia orgánica suspendida en las aguas residuales.

El sistema consiste en que a través de dos sopladores se inyecten aires a través de tuberías y accesorios de polietileno de alta densidad PE80, hasta las válvulas de control e ingresan a los reactores biológicos donde se encuentran los difusores de burbuja fina.

Los sopladores utilizados tienen las siguientes características:

02 Sopladores Marca Tuthill Competitor Plus 3003-2212

Procedencia USA

Condiciones De Operación:

Caudal=97dcfm 170m³/H

Presión: 5.41 Psig

msnm: 600 m

Potencia Absorbida= 5.0 Hp

Potencia Absorbida Con Alivio = 5.8 Hp

Velocidad de Rotación= 2681 Rpm

Motor:

Potencia= 6.0 Hp

Velocidad=3600rpm

Acoplamiento Mediante Fajas Y Poleas

Placa Base Acoplada Con Fajas Y Poleas

Poleas Balanceadas

Transmisión Mediante Fajas y Poleas

Guarda Fajas

Filtro en la Succión de 2"

Silenciador de Descarga de 2"

Válvula de Alivio

Manómetro

Válvula Check

Principio de Funcionamiento:

Se ha proyectado 02 sopladores (6.5 HP c/u), los cuales estarán funcionando en forma alternada, durante 12 horas al día (30 minutos de aireación por 30 minutos apagado), la cantidad de horas de aireación será modificado según las necesidades del agua residual. El aire será trasladado mediante tuberías de polietileno de diámetros 2" en la matriz y 1" para las conexiones secundarias hasta la válvula, luego de dichas válvulas el material cambiara a PVC de 3/4" hasta los difusores de burbuja fina.

- Sistema de Filtrado de Aguas Residuales

El sistema de Filtrado tiene la finalidad de remover sólidos que estén suspendidos en el agua y parásitos (huevos de helmintos).

Los Equipos utilizados tienen las siguientes características:

Tablero de Control Equipo Multimedia 15.0

Tanque Frp (1)

Marca: Pentair Park

Modelo: Tanque Frp 36x72.4" Top Open Natural

Tobera: Tobera (1)

Marca: Hidrotek

Modelo: Tobera Inferior. Tipo Araña 1.5"(P/Tq.36")

Tobera (1)

Clack Corporation

Modelo: Tobera Superior Tipo Stack 1.5 P/Valv. Magnum4 01219

03 Electrobombas Pedrollo de 3 Hp Mod.2cp 257160a. Birodete Trifásica

Potencia: 3Hp.

Modelo: 2cp 25/160 A

T° de Líquido: 90°C

Altura Maxima: 66 Mts.

Caudal Máximo: 180 Lts./Min.(10.8 M3/Hora.)

Rpm: 3450

Fase: 3-220v.

Succión/Descarga : 1½" X 1"

Presión Maxima: 94 Psi

Accesorios:

01 Tanque De Precarga Elbi de 60 Lts

01 Manometro Luise 0-6 Bar

01 Presostato Square D Fsg-2 (80 Psi)

Bomba Dosificadora de Cloro

Marca. Invikta

Modelo: Kcl632nvfw00

Presion: 7 Bar

Caudal: 2l/H

Peso: 1.4 Kg

Principio de Funcionamiento:

El sistema de filtro multimedia consta de 02 electrobombas alternadas (de 03 HP c/u), un tanque FRP de 26"x72.4" donde se colocará el material filtrante de grava de 10 mm, 8mm, arena de cuarzo de 1.0mm y 0.5mm. Un tanque hidroneumático de 80 Lts. para darle la presión necesaria para que pueda atravesar el material filtrante. 01 tercera electrobomba (de 03 HP) sirve para el mantenimiento y limpieza del filtro multimedia.

- Sistema de Bombeo de Aguas Residuales tratadas del reboce de la cámara de filtración

Para el presente proyecto, el sistema consiste en que las aguas residuales tratadas al pasar por el filtro multimedia, un 50 % serán rechazadas, para ello en esta estructura hay una cámara de drenaje donde se encuentra una electrobomba periférica la cual conducirá estas aguas y demás aguas de la cámara de riego hacia el Buzón proyectado N° 05.

El equipo utilizado tiene las siguientes características:

01 Electrobombas Pedrollo Periferica De 0.5 Hp. Monofasica

Potencia : 0.5 Hp

Modelo : Pkm 60

T° de Líquido : 50 °C

Altura Maxima : 100 Mts

Caudal Máximo : 90 Lts./Min

Presión de Trabajo : 6.5 bar

Rpm : 3450

Fase : 1-220v

Succión/Descarga : 2 ½ "

Principio de Funcionamiento:

Se utilizará 01 electrobomba periférica de 0.5 HP para elevar el nivel agua hacia el buzón proyectado N° 05, con la finalidad de evacuar las aguas obtenidas como rechazo del filtro multimedia y de la caseta de riego.

- **Sistema de Bombeo de Aguas Residuales tratadas hacia el sedimentador secundario**

El sistema consiste en que las aguas residuales tratadas que llegan al buzón proyectado N° 05 van a ser dirigidas hacia el sedimentador primario y así crear una recirculación en el tratamiento de las aguas residuales.

El equipo utilizado tiene las siguientes características:

01 Electrobombas Pedrollo Sumergible de 1 Hp. Monofasica

Potencia : 1 Hp

Modelo : MCm 10/50

T° de Líquido : 40 °C

Altura Maxima : 15 Mts

Caudal Máximo : 800 Lts./Min

Presión de Trabajo : 6.5 bar

Fase : 1-220v

Succión/Descarga : 2 “

Principio de Funcionamiento:

Se utilizará 01 electrobomba sumergible de 1 HP para conducir el agua residual tratada hacia el sedimentador primario, con la finalidad de no perder el agua ya tratada y generar un sistema de recirculación.

- **Pruebas de las instalaciones de los equipos mecánicos y las líneas**

Antes de recubrir las tuberías que vayan empotradas, se ejecutará las siguientes pruebas en concordancia con el reglamento nacional de construcciones:

Prueba de presión utilizando bomba de mano para las tuberías de los Sistemas de Agua Fría (agua potable) y Agua caliente que debe soportar una presión de 100 lbs/pulg² sin presencia de escape por lo menos durante una (1) hora. (Responsable Ing. Mecánico Electricista José Alberto Martínez Asenjo, con registro CIP No 118187).

- **Instalaciones eléctricas fuerza - control y mando para la planta de tratamiento de aguas residuales para el riego de áreas verdes, distrito de Comas-Lima.**

La demanda máxima requerida por la PCTAR será de 13.19 kW.

El diseño de las instalaciones eléctricas consta de:

- a) Sistemas de distribución de la energía eléctrica normal en baja tensión a 220 V, 30, 60 Hz
- b) Sistema de control y mando de equipos electromecánicos.

- **Sistema Eléctrico**

- Suministro eléctrico**

El suministro eléctrico a la zona del proyecto, será proporcionado en baja tensión por el propietario a la tensión de 220 V, sistema trifásico, 60 hz, desde un Tablero General TG ubicado en caseta de vigilancia la cual se alimentará al Tablero de Control Automático (T.C.A) que se ubicará en la caseta de Sopladores que es parte del presente proyecto.

Desde allí se alimentarán al Tablero de Control del Filtro Multimedia (que consta de tres bombas trifásicas de 3.0 HP cada una), a los Equipos Sopladores (2 x 6.5 HP c/u), a la Bomba de Agua Sumergibles (1 HP) y a la electrobomba periférica (1 HP).

- **Sistema de Control y Mando**

El sistema de control y mando está basado principalmente al tipo de función que van a realizar los diferentes equipos, su principio de funcionamiento y la protección necesaria tanto para el equipamiento, así como para las personas.

Estos controles y mandos están preparados para gobernar a los diferentes equipos necesarios para hacer funcionar la presente planta - PCTAR.

- **Cuadro de Cargas**

Las cargas eléctricas totales, se han calculado de acuerdo a lo dispuesto por el Código Nacional de Electricidad y a las capacidades de los equipos a instalarse, y es como sigue: ver tabla 31.

Tabla 31: Tablero de Control Automático

| Tablero de Control Automático | | | | | | |
|--|---|------|------|-------------|------|--------------|
| T.C.A.: 220 V. TRIFASICO, 60 Hz | | | | | | |
| N° | Descripción | Cant | CU | CI (KW) | FD | MD (KW) |
| 1 | FILTRO MULTIMEDIA 9 HP | 1 | 6.71 | 6.71 | 1.00 | 6.71 |
| 2 | SOPLADORA 6.5 HP, TRIFASICA, 60 HZ | 2 | 4.85 | 9.69 | 0.60 | 5.81 |
| 3 | ELECTROBOMBA PERIFERICA 0.5 HP, MONOFÁSICA, 60 HZ | 1 | 0.37 | 0.37 | 0.60 | 0.22 |
| 4 | ELECTROBOMBA SUMERGIBLE 1 HP, MONOFÁSICA 60 HZ | 1 | 0.75 | 0.75 | 0.60 | 0.45 |
| PARCIAL | | | | 17.9 | | 13.19 |

(Responsable Ing. Mecánico Electricista José Alberto Martínez Asenjo, con registro CIP No 118187).

- **Bases del cálculo**

- a) Caída máxima de tensión Alimentadores Generales : 2.5 %
- b) Tensión Nominal de Distribución : 220V, 3Ø, 60 Hz
- c) Capacidad de cortocircuito para Interruptores de Tableros : 10 KA
- d) Factor de Potencia ($\cos \phi$) : 0.9
- e) Demanda máxima Total normal : 16.11 KW

- **Otros**

Símbolos

Los símbolos que se emplean en el presente trabajo de investigación corresponden a los indicados en la RM N° 091-2002 EM/VME y Leyes Generales del Código Nacional de Electricidad actualmente aceptada.

Pruebas

- a) Las pruebas llevadas a cabo, son las siguientes:

Pruebas de Aislamiento

- Entre cada uno de los transportados activos y a tierra.

Pruebas de continuidad de los circuitos.

- Entre todos los transportadores operantes.

Para esta prueba es necesario solo para los transportadores situados entre mecanismos de preservación, interruptores, y otras marcas de los cuales el circuito puede ser suspendido.

b) Al instante de desarrollar las pruebas, los equipos y todas las instalaciones estarán fuera de servicio por la desconexión en el inicio de todos los transportadores activos y del neutro.

c) Las pruebas se efectuaron con tensión directa a la tensión nominal. En tensiones nominales menores de 500 V (300 V fase-neutro), la tensión de pruebas debe ser por lo menos de 500 V.

La resistencia de separación de los segmentos de la instalación eléctrica, ubicados entre dos mecanismos de resguardo contra sobre corriente, o a partir del último mecanismo de resguardo, desconectado todos los artefactos que gasten corriente, sería no menor de 1000 ohms; es decir, la corriente de fuga no deberá ser mayor de 1 mA, por cada 100 m. de longitud o fracción adicionales.

Códigos y Reglamentos

Para lo que indica en los planos y/o indicaciones son válidas las prescripciones del Código Nacional de Electricidad Tomo Utilización y el Reglamento Nacional de Edificaciones.

- **Especificaciones Técnicas de materiales**

Electroductos rígidos de policloruro de vinilo

Tubería

Todos los ductos para instalaciones interiores empotradas serán de policloruro de vinilo PVC, rígido tipo pesado según el Standard Americano, 3m de largo, con campana en un extremo. Podrá usarse tuberías conduit rígida o flexible para las salidas al equipo con sus respectivos accesorios.

En general, los mecanismos de transporte deberán satisfacer las siguientes condiciones básicas:

- a) Debemos dar formación a un diseño mecánicamente unido de accesorio a accesorio, o de caja en caja, procurando continuidad en la red de conducto. No se permitirá ningún cable que no este debidamente protegido con su conducto.
- b) No esta permitido la formación de bolsillos o trampas para que no se acumule humedad.
- c) Los conductos electricos deberán estar completamente libres del contacto con otras tuberías de instalaciones y no esta permitido su montaje a distancia meno de 15 cms. Entre tuberías de agua contra incendio, ductos de aire ordenados u otra instalación similar.
- d) No se permiten más de dos curvas de 90 grados entre arca y arca, surge la necesidad de instalar una caja intermedia.
- e) Las tuberías de PVC deberán juntarse a las arcas o cajas con conector de PVC-P de tipo presión.
- f) Las curvas serán de origen de los productores de las tuberías y no esta permitido la construcción de curvas en obra debe construirse con maquina formador de curvas manuales dependiendo del diámetro.
- g) Los ductos no deben ser instalados directamente en contacto con el suelo deberán ser recubiertas con un sistema de concreto pobre de 175 Kg/cm² de 15 cm. de mínimo espesor. Previo limpiado de la zanja y compactación adecuada.
- h) las tuberías que no se cablean al momento de ejecutar la obra se dejara instalado un alambre galvanizado N°16, tanto en el de control, energía y mando.
- i) Los ductos o tuberías que se instalen en tabiques prefabricados contarán con, deberán ser ancladas en estructuras de fierro galvanizado. No se admitirán alambres ni estructuras de madera en el soporte.

Accesorios para electroductos de PVC

Coplas Plásticas

Para unir las tuberías será trabajado por medio de la campana a presión propia de cada tubo, pero en la unión de tramos de ductos sin campanas se usarán coplas de plástico a presión con una campana a cada lado para cada tramo de tubo por unir. Esta prohibido construir campanas en obra.

Conexiones a caja

Para acoplar las tuberías de policloruro de vinilo con las cajas metálicas galvanizadas pesadas o livianas, se utilizará dos piezas de policloruro de vinilo.

- a) una copla de PVC original de fábrica en donde se embutirá la tubería que se conectará a la caja.
- b) una conexión a caja que instalara' en el K.O. de la caja de fierro galvanizado y se enchufará en el otro extremo de la copla del ítem a).

Curvas

No está permitido las curvas hechas en obra. Se usarán curvas de fábrica de radio standard, de materiales plásticos.

Pegamento

Se usará pegamento a base de policloruro de vinilo para asegurar la hermeticidad de la misma y asegurar la calidad de pegado.

Conductores

En su totalidad los conductores a emplearse serán cableados, de cobre electrolítico de 99.9% de conductibilidad, con aislamiento termoplástico tipo NYY y THW para los alimentadores principales y en general, serán cableados en todas las secciones; serán acordes para 600 V.

Para la línea de tierra del sistema de alimentadores se podrán emplear conductores desnudos y cableados.

El calibre mínimo será el 2.5 mm².

Instalación de Conductores

Los conductores que corresponden a los circuitos solo serán instalados en los conductos, después de haberse terminado el enlucido de las paredes y cielo raso.

No se ingresará ningún conductor por las tuberías y duchos antes que las juntas no hayan ajustado hermeticamente y todo el segmento este asegurado en su lugar.

En todos los conductores se dejará extremos suficientes para efectuar las conexiones con mucha comodidad.

Los conductores serán continuos de cajón a cajón, no están permitidos empalmes que queden dentro de las tuberías.

Todos los empalmes serán hechos solo en las cajas y serán eléctrica y mecánicamente seguros, cubiertas con cinta aislante de P.V.C.

Antes de proceder al alambrado, las tuberías deben ser secadas y se barnizarán las cajas. Para facilitar el pase de los conductores se empleará parafina o talco en polvo, no debiéndose emplear aceites o grasas.

Cajas

Cajas de Derivación y de Paso

Todos los cajones de derivación o de paso serán de FoGo del tipo pesado, fabricadas con plancha de 1.59 mm, con tapa ciega asegurada con tornillos autorroscantes. Las dimensiones serán indicadas en los planos.

Cajas para Salida de fuerza

Las tuberías alimentadoras a las salidas de fuerza rematarán en caja de metal de FoGo de 1.59 mm de espesor y de dimensiones 100x100 x 55mm.

Posición de las salidas

Las ubicaciones de las salidas sobre los pisos terminados serán como se indica a continuación (borde superior):

Tableros de distribución : 1.80 msnpt

Salida de Fuerza en Pared : 0.40 msnpt

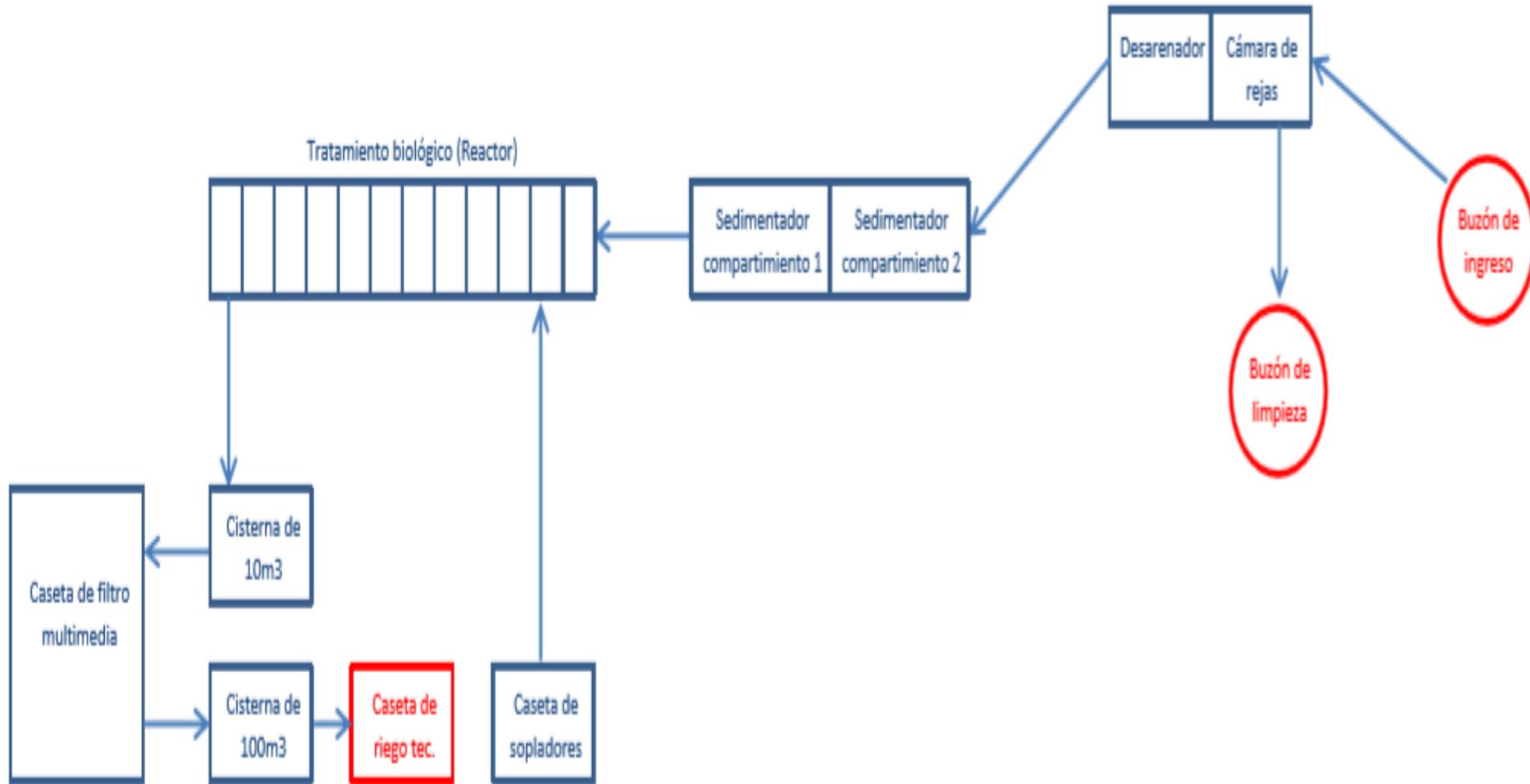
Tableros de Fuerza y Control.

Deben ser del tipo para adosar, en gabinete metálico fabricado en planchas de 1.59 mm de espesor, con puerta y cerradura, pintado con dos capas de pintura anticorrosivas de color gris oscuro.

Estarán equipados con Interruptores termomagnéticos de 220V, 10 KA de poder de ruptura para fuerza y de 3KA para control y mando, guardamotores, contactor electromagnético, pulsador con piloto, parada de emergencia modular, boneras de paso y de tierra, barras de tierra y accesorios varios.

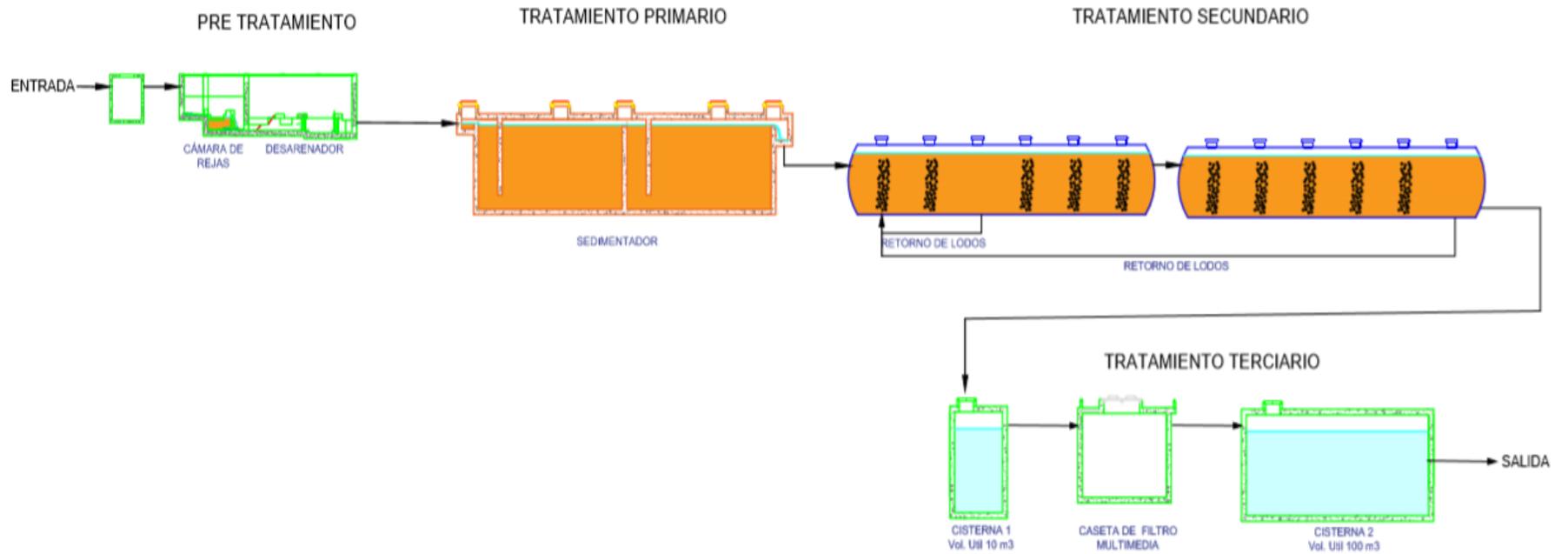
- Diagramas de bloques y equipos del sistema de tratamiento (Ver. Fig. 12, 13 y 14)

Figura 12 : DIAGRAMA DE PLANTA DE TRATAMIENTO PCTAR COMAS – LIMA



Fuente: Elaboración Propia

Figura 13: ESQUEMA GRAFICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO COMPACTA (PCTAR) COMAS – LIMA



| PCTAR - DISTRITO DE COMAS | |
|---------------------------|-----------|
| Caudal de diseño | Q = 2 L/s |
| Caudal de Operación | Q = 2 L/s |

| TIEMPOS DE RETENCIÓN (Tr) | |
|---------------------------|------------------|
| Sedimentador | Tr = 1.5 horas |
| Reactor Biológico | Tr = 18.37 horas |
| Filtro Multimedia | Tr = 30 minutos |

| EFICIENCIA DEL SISTEMA | |
|---|------------------------------|
| Eficiencia en la remoción de DBO ₅ | Ef DBO ₅ = 97.70% |
| Eficiencia en la remoción de SST | Ef SST = 97.15% |

Fuente: Elaboración Propia

Figura 14 : PRE-TRATAMIENTO, TRATAMIENTO PRIMARIO Y TRATAMIENTO SECUNDARIO (COMAS)



Fuente: HANIL BC PERU S.A

3.6. Analisis de datos

- **Recolección de informaciones para la evaluación del sistema de tratamiento.**

Para la recolección y posterior análisis de la información para la evaluación, según el objetivo del estudio, se definieron dos componentes uno referido a la parte experimental sobre la calidad del agua obtenida y la otra referida a la evaluación económica – Financiera y ambiental, social y política. Ambas darán respuesta a la hipótesis planteada para esta investigación.

- **Información para evaluar la eficiencia del Sistema biofisico (PCTAR), elegido para mejorar la calidad de agua para riego de áreas verdes**

En primer lugar se definió la variable del desarrollo sostenible y/o sustentable, luego establecido los indicadores de los parámetros más importantes para establecer el nivel de medición, que en estos casos es de escala de razón.

a. Definición de la variable

La definición de las variables se correspondió a cada objetivo específico del estudio.

Para el objetivo general se analizaron, desde la perspectiva del desarrollo sustentable:

- Los factores económicos, sociales, ambientales y políticos a través de indicadores de los gastos de operación, gasto de energía y tipo de insumos consumidos. También el análisis económico – Financiero: VAN, TIR, análisis FODA y Ley General del ambiente
- En cuanto a lo político mediante un análisis de gobernabilidad en el distrito de Comas - Lima.

Objetivos Específicos

1. Para el objetivo específico número 1: Realizar un análisis de la *variable Económico – Financiero*, se analizaron

- Análisis de costo-eficiencia del proyecto con y sin PTAR. El VAN y el TIR

A.- Realizar un análisis de costo-eficiencia

Para este aspecto se hará un análisis de la oferta con y sin proyecto

Para el análisis económico, se comparará la oferta del agua tratada con la utilización del sistema (**PCTAR**), con la oferta sin proyecto, para determinar de manera objetiva los

verdaderos impactos de la implementación de un sistema de regeneración y para el análisis Económico-social se ajustó a la metodología de un Análisis FODA.

- Incremento en la recaudación tributaria, el pago de arbitrios y de impuesto predial se ha visto reflejado grandemente.
- Disminución en el gasto de las familias para devolver la salud de sus hijos producto de la contaminación ambiental en el distrito.
- Incremento en la valoración económica de predios en el distrito.

2. Para el objetivo 2: Evaluar la eficiencia del sistema biológico (**PCTAR**), desde la *variable ambiental* y salud, en la eliminación de materia orgánica y de coliformes fecales a niveles exigidos por la OMS y la legislación ambiental nacional (LMP y ECA) para el riego de áreas verdes o ecosistemas urbanos, se analizaron:

- Nivel de contaminación del efluente de las aguas residuales domésticas.
- Nivel de contaminación después del tratamiento secundario
- Nivel de contaminación después del tratamiento terciario
- Nivel de contaminación después del microfiltro y de la cloración
- Mejora del ornato en el distrito.
- Mitigación de impactos ambientales del suelo, agua y aire.
- Mejora de la calidad ambiental y de la salud ambiental.

3. Para el objetivo número 3, la *variable social*, se analizaron:

Las ventajas y desventajas sociales se midieron a través del análisis de evaluación de impacto ambiental.

Desde el punto de vista sanitario, el riego de áreas verdes es una de las áreas críticas del distrito de Comas-Lima, por la calidad ambiental por los riesgos para la salud ambiental por los riesgos para la salud pública. Para ello se identificó los impactos ambientales al medio físico, Calidad del aire, del suelo y uso eficiente de los recursos hídricos, que nos dio datos para analizar las desventajas y ventajas sociales del Sistema físico-biológico empleado en el tratamiento.

Los criterios son: los efectos en la reducción de la contaminación en los cuerpos receptores de agua (ríos, mar y aguas subterráneas) y la reutilización de las aguas regeneradas en áreas verdes, la reducción de impactos en utilización de agua para recreación en espacios públicos,

También se reflejo en los siguientes:

- Los beneficios directos e indirectos en la salud de los habitantes del distrito de Comas,
- Menos cantidad de enfermos en los hospitales del distrito de Comas por el riego de áreas verdes con aguas regeneradas.

4. Para el objetivo específico número 4, *variable política*: Se analizaron el siguiente:

- Gobernabilidad en el distrito mejoró, disminuyeron los problemas y puntos de discordia entre la población y el alcalde.
- La gestión de la autoridad municipal mejoró, según los sondeos en las 14 zonales del distrito de Comas -Lima.
- Al mejorar la variable política mejoró la variable económica, ambiental y social. Tomando en cuenta la mejora de la calidad de vida, el bienestar y la felicidad.
- Disminución de conflictos sociales en el distrito de Comas

5. Para el objetivo específico número 5, determinar la eficiencia de tratamiento, según la tecnología elegida (con lodos activos con medio de contacto y aereación extendida, temporizada método compacto), tratamiento y desinfección del agua a niveles exigidos por la OMS y las normas ambientales peruanas para el riego de áreas verdes se analizaron:

- Tiempo de remoción de los coliformes fecales.
- Cantidad y tiempo de remoción de DBO
- Cantidad OD disuelto
- Sólidos suspendidos totales
- Generación de lodos

b. Operacionalización de las variables:

Las descripciones operacionales constituyen un manual de recomendaciones para el investigador (Es el proceso de llevar una variable de un nivel abstracto a un plano más

concreto). Es decir, define las variables de los objetivos y de las hipótesis por lo que éstas puedan ser contrastadas. Señalamos los indicadores que servirán para la realización del tema que nos ocupa, de ahí que utilizamos términos de medición cualitativa. Ver tabla 32.

Tabla 32 Operacionalización de las variables

| VARIABLES | DEFINICION | INDICADOR- INSTRUMENTO DE M. | VALOR | ESCALA |
|---|--|---|-----------------------|--------|
| Calidad del agua del afluentes de los colecores | Presencia de DBO y de cf en el efluente después del tratamiento | Cantidad de DBO, y de cf: análisis de laboratorio | Cantidad DBO, y de cf | razón |
| Calidad del agua después del reator biologico | Presencia de DBO, y de cf en el agua después de tratar por el reator biologico | Cantidad de DBO, c f etc referido en el análisis de laboratorio | Densidades DBO, y cf | razón |
| Calidad del agua después del filtro multimedia | Presencia de DBO, cf, etc en el agua después del filtro multimedia | Cantidad de DBO, cf, etc referido en el análisis de laboratorio | Densidades DBO, y c f | razón |
| Calidad del agua después de cloración | Presencia de cf en el agua después de cloración | Cantidad de cf referido en el análisis de lab. | Densidades DBO, y c f | razón |

A.- Las muestras para el análisis físico, químico y biologicos de las aguas servidas fueron tomada “in situ”, a temperatura ambiente, siendo registradas las temperaturas mínimas y máximas diarias, antes del ingreso del agua residual a la planta, después de la salida del reator biologico, del filtro y después de la salida del tanque de cloración. Las muestras se retiraron tomando en cuenta la calidad de los recipientes como parte de los protocolos de monitoreo de vigilancia y fiscalización de la calidad del agua y los muestreos y los tipos de recipientes que se deben utilizar, para su posterior análisis en el laboratorio.

Los análisis microbiológicos, deben realizarse 3 veces al día: 6 h; 12 h y 15 y 2 veces por semana durante 2 meses. Si hay problemas, realizar monitoreo a las 10 h. Por conocerse la

caracterización de las aguas, puede muestrearse una (1) vez por semana durante 4 semanas, en las horas comprendidas entre las 12:00 h y 15:00 h. En este caso, por razones de tiempo, se ha tomado una muestra puntual

Se tomo en cuatro lugares las muestras para el análisis:

- La primera la que ingresa a la planta.
- La segunda a la salida del reactor biológico
- La tercera después del filtro
- La cuarta a la salida del tanque de cloración

Se realizaron análisis de:

- DBO
- turbidez
- coliformes fecales,
- coliformes totales con los métodos de filtración por membrana.

Los parámetros físicoquímicos que se determinaron son, temperatura, pH, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO) demanda biológica de oxígeno (DBO₅), y nitrógeno amoniacal (N-NH₃), Los parámetros bacteriológicos analizados fueron Coliformes fecales, Coliformes totales. Las técnicas utilizadas son las establecidas por la Ley General del ambiente 28611.

Para la determinación de coliformes fecales se utilizó la metodología cuantitativa, emplea el Método Standard, es conocido como método del número más probable (NMP) esto está basado en la evaluación indirecta de la densidad microbiana en la muestra de agua tratada o para ser tratar con referencia a las tablas estadísticas para determinar el número más probable de microorganismos presentes en la muestra original. El método es indispensable para el análisis de muestras con una turbidez muy alta, que no se pueden analizar por el método de filtración por membrana.

• **Técnica del análisis de información**

La naturaleza de los datos de la investigación es cuantitativa, por tanto, la finalidad del análisis de datos, por tanto, describe y explica sus cambios y movimiento. El análisis se inicia con ideas preconcebidas, basadas en la hipótesis formulada en la investigación. Una

vez recolectados los datos numéricos, estos son transferidos a una matriz, la cual se analiza mediante procedimientos estadísticos.

Con los datos de los resultados del análisis del laboratorio, se realizó la discusión de la información con el programa estadístico SPSS. Para el texto y tablas se utilizó el procesador de texto (Word). Para análisis de datos se utilizaron estadísticas descriptivas: frecuencias, porcentajes, promedios y la desviación estándar, y para la prueba de hipótesis se utilizó el test de student, por la forma funcional de la distribución de la población de la cual se extrajeron las muestras con un nivel de confianza del 95%, y una precisión de 0.05. También se analizó las relaciones de efecto y causa de las variables, entre ellas la cloración y Turbidez.

Los datos se presentan en tablas y gráficas.

IV: RESULTADOS

4.1. Análisis e Interpretación de Resultados

- **Evaluación de la Sostenibilidad Ambiental y Sustentabilidad Económica**

Considerando los objetivos de la investigación, valorar la eficacia del sistema de depuración de las aguas servidas domésticas por sistema compacto de aireación extendida, lodos activados y temporizada en el distrito de Comas- Lima. A niveles exigidos por la OMS y las normas ambientales nacionales, para el riego de ecosistemas urbanos o áreas verdes desde la perspectiva del Desarrollo Sostenible y/o Sustentable, como alternativa para la regeneración de aguas servidas urbanas en el distrito de Comas-Lima.

En ese orden de ideas, las variables generales fueron: económica, ambiental, social y políticas; por tanto, se definieron los componentes para responder a los objetivos específicos:

- **Análisis de la variable Económico - Financiero**

Para el objetivo específico número 1 se analizaron

- Análisis de costo-eficiencia del proyecto con y sin PCTAR

Decidir la sostenibilidad económica y financiera. Para hacer económicamente sostenible la instalación de plantas de regeneración es inevitable ejecutar sistemas integrados de regeneración y reuso de aguas servidas domésticas. Donde es imperante analizar los beneficios y costos indirectos y directos de la técnica de tratamiento y uso de las aguas residuales.

Para la evaluación económica, se comparó la oferta del agua tratada con proyecto y con la oferta sin proyecto, lo que nos permite determinar de manera objetiva los verdaderos impactos de la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales PCTAR.

- **Formulación y Evaluación**

El proyecto, para la Municipalidad de Comas- Lima, busca regenerar o descontaminar las aguas servidas urbanas o municipales para el riego de ecosistemas urbanos o áreas verdes. También busca, disminuir el alto costo que representa el riego a través de compra de agua de cisterna y agua para consumo humano. El horizonte de evaluación será de diez años, que es el periodo máximo recomendado por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP, hoy Invierte.pe).

a. Análisis del recurso agua: la demanda y la oferta.

Desarrollamos el análisis de la demanda, considerando como factor determinante el volumen (m^3) de agua tratada que se requiere para el riego de las áreas verdes en Comas - Lima. El distrito posee un total de **1, 957, 492.39 m²**, de áreas verdes 196 Ha de áreas verdes entre parques, jardines, bermas centrales, óvalos, etc; La dosis de agua necesaria, según el Reglamento Nacional de Construcción (RNC) es: 2 litros/ m^2 /día x 1, 957,492.39 m^2 , lo que. generan un consumo de **33,452 m³ de agua potable al mes y generando un promedio anual de 401,424 m³ de agua potable necesario para el riego de las 336 áreas verdes (196 Ha) del Distrito de Comas.**

El costo por el servicio de Jardines Parques para el año 2018 es de S/ 3'971,611.26 Soles, Fuente: Municipalidad distrital de Comas estructura de costos por el servicio de jardines y parques para el año 2018 ordenanza N° 488/MC

Así obtenemos el Cuadro 4.31, que muestra la demanda proyectada para el horizonte de evaluación previsto en 10 años.

b. Balance oferta demanda

Según el análisis de la demanda se necesita regar el área total de 196 has de parques, para lo cual se requiere tratar 45 l/s. Si además consideramos un porcentaje de mermas (5%) debido a las deficiencias de almacenamiento, evapotranspiración o algún otro factor imprevisto, se debe tener una capacidad de procesamiento de por lo menos 50 l/s. (45 +5% mermas).

A continuación, presentamos la demanda proyectada del caudal necesario para regar los parques del distrito de Comas ver tabla 33.

Tabla 33 Demanda proyectada del caudal necesario para el riego de parques de Comas

| | | |
|----------------------|--|-----------------------------|
| Área total a regar | 196 Ha | 1,957,492.39 m ² |
| Dm * según RNC | 2,00 l/ m ² /día | |
| Dm Comas + Adicional | 50 l/seg. = 161 765 l/hora = 3 882 360 l/día | |

Fuente: Cálculos propios. Dm = Demanda

- **Análisis de la oferta**

Para observar los efectos de la oferta, consideramos dos momentos:

- Un primer momento, la oferta sin proyecto, es decir, mantener la actual gestión del agua para el riego de áreas verdes en el distrito de Comas- Lima, y
- Un segundo momento, tomando en cuenta la oferta de agua tratada con el proyecto.

A.- oferta sin proyecto

Para el cual presentaremos las áreas regadas según el tipo de agua usada. Ver tabla 34.

Tabla 34 Distribución de Áreas Regadas según el Tipo de agua usada

| Tipo de áreas verdes | Área (m ²) | Riego con aguas De la cuenca chillon (m ²) | Riego con agua tratada (m ²) |
|--|------------------------|---|---|
| Parques en las zonales 1,6,7,8,9,10,11 | 1,116,375 | 1 123 589 | 211 419 |
| Parques en las zonales 2.3,4,5,12,13.14 | 261 763,39 | | |
| Areas arboladas | 597 354 | 481 538 | 140 946 |
| TOTAL | 1 957 492,39 | 1 605 127 | 352 365 |
| | 100,00% | 82,00% | 18,00% |

Fuente: Municipalidad de Comas- Gerencia de Desarrollo Ambiental – (Sub Gerencia de Parques y Jardines)

Actualmente el distrito riega el 18% de área verde con agua tratada. El 82 % de las áreas verdes es regada con aguas del río chillón (1 605 127m²), lo que significa que la oferta mayor, está conformada por la cantidad de agua residual disponible en los colectores.

El índice de contaminación sin proyecto se presenta en la tabla 35.

Tabla 35 Índices de contaminación sin proyecto

| | |
|--------------------------------|----------------------------|
| Total de Sólidos en Suspensión | 585 mg/l |
| Turbidez | 20 - 500 NTU |
| Coliformes Totales | 3×10^8 NMP/100 ml |
| Coliformes Fecales | 2.6×10^6 NMP/ ml |
| DBO ₅ | 620 mg/l |

Fuente: Municipalidad de Comas

B. Oferta con proyecto.

La oferta es de 2 lts / seg. de agua tratada, entonces:

- Se estaría produciendo: 86400 (segundos) \times 2 (litros) = $259,200$ lts/día, que es equivalente a 259.2 m³/día. Considerando perdidas redondeamos a 250 m³/día.
- Con la producción 250 m³/día y considerando 2 lts/m² día, estamos en capacidad de regar un total de 13 has. Con esta oferta, se cubren las zonas que corresponden toda la avenida revolución y parques aledaños de la zona de Collique, usando riego tecnificado, esto generará una mejora en la calidad de vida de 61 mil 985 residentes de área de influencia del proyecto en el distrito de Comas, además de generarnos a la municipalidad, un ahorro por consumo de agua por más de 200 mil soles mensuales

A continuación, presentamos el caudal ofertado y el caudal necesario para el riego del distrito de Comas. Ver tabla 36.

Tabla 36 Comparación entre el caudal ofertado y el caudal necesario para el riego de Comas.

| Caudal ofertado | Oferta de parque Sinchi Roca m ³ sin Proyecto | m ³ según RNC con Proyecto | Diferencia |
|--|--|---------------------------------------|------------------------------|
| Por segundo | $0,500$ m ³ | $0,04505$ m ³ | $0,45495$ m ³ |
| Por hora: $0,500$ m ³ /s \times 60 S \times 60 m | $1\ 800$ m ³ | 162 m ³ | $1\ 638$ m ³ |
| Por día es: 1800 m ³ \times $12 = 21\ 600$ m ³ | $21\ 600$ m ³ | $3\ 888$ m ³ | $17\ 712$ m ³ |
| Por semana 21600 m ³ \times 3 veces p/semana | $64\ 800$ m ³ | $11\ 664$ m ³ | $53\ 136$ m ³ |
| Por año: $64\ 800$ m ³ \times 55.2 | $3\ 576\ 960$ m ³ | $1\ 287\ 705$ m ³ | $2\ 289\ 255$ m ³ |

Como se aprecia, al comparar el caudal ofertado sin proyecto y con proyecto, existe una sustancial reducción de la cantidad de agua de 72% (1287705 m³ / $3576\ 960$ m³) debido

a que la segunda situación se ciñe a los parámetros establecidos por el RNC. Además, la gran diferencia adicional, la calidad del agua en el proyecto, se ciñe a la recomendación de la OMS y se puede utilizar en el riego de las áreas verdes, sin riesgo de salud pública, calidad ambiental.

C. Efectos esperados de la oferta con proyecto

Con la construcción de la PCTAR se espera regar las áreas verdes propuestas, con agua de calidad, de acuerdo con los niveles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se espera los siguientes índices permisibles ver tabla 37.

Tabla 37 Índice de contaminación esperada con proyecto

| | |
|--------------------------------|----------------|
| Total de Sólidos en suspensión | 10 mg/l |
| Turbidez | 5 NTU |
| Coliformes totales | 200 NPM/100 ml |
| Coliformes fecales | 100 NPM/ ml |
| DBO ₅ | 10 mg/l |

Comparando la oferta de los niveles de contaminación en los escenarios con y sin proyecto, nos permite visualizar de manera efectiva los impactos positivos de la implementación de una PCTAR en el distrito de Comas-Lima. Ver tabla 38.

Tabla 38 Oferta con y sin proyecto

| | Niveles de Contaminación del agua | | | | |
|-------------------|-----------------------------------|--------------|--------------------------------|---------------------------|------------------|
| | Total sól susp | Turbidez | Coliformes totales | Colifor. fecales | DBO ₅ |
| Oferta sin Proyec | 585 mg/l | 20 – 500 NTU | 1 x 10 ⁶ NMP/100 ml | 1 x10 ⁵ NMP/ml | 620 mg/l |
| Ofer con Proyecto | 10 mg/l | 5 NTU | 200 NMP/100 ml | 100 NMP/ml | 10 mg/l |

- **Costos**

a. Costos sin proyecto

Es necesario tomar en cuenta los desembolsos de mantenimiento, operación, montaje, de las técnicas de regeneración, al igual que las bondades del reuso de las aguas regeneradas.

beneficios directos como:(ganancias económicas logradas a través de la producción) así como indirectos (ahorro en el uso de agua para consumo humano y fertilizantes).

Siendo uno de los objetivos del gobierno local de Comas, tratar el agua servidas domesticas para el riego de las áreas verdes o ecosistemas urbanos, los costos sin proyecto consideran solo los gastos de operación que hace el gobierno local en cubrir el riego con agua tratada. Actualmente el distrito gasta S/: 714 890 soles anuales en riego con agua tratada. Esto representa el 85.58% del total de gasto de operación que hace el municipio en riego, que cubre solo 24 ha de área verde que representa el 18 % del total de áreas verdes del distrito.

b. Costos con proyecto: cuenta con los siguientes rubros según se detalla en la tabla 39.

Tabla 39 Presupuesto de PTAR de Comas

| PRESUPUESTO DE PTAR DE COMAS | | |
|------------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| ITEM | DESCRIPCION | TOTAL |
| 1.00 | OBRAS PROVISIONALES | 6,164.00 |
| 2.00 | TRABAJOS PRELIMINARES | 2,120.00 |
| 3.00 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | 15,195.60 |
| 4.00 | OBRAS DE CONCRETO SIMPLE Y ARMADO | 4,038.64 |
| 5.00 | EQUIPOS | 130,654.56 |
| 6.00 | MUROS Y TABIQUES | 3,456.00 |
| 7.00 | REVOQUES y ENLUCIDOS | 2,977.00 |
| 8.00 | PISOS y ENCHAPES | 1,063.20 |
| 9.00 | CARPINTERÍA METALICA | 3,396.00 |
| 10.00 | CERRAJERIA | 308.00 |
| 11.00 | SISTEMA DE RIEGO | 5,400.00 |
| 12.00 | APARATOS SANITARIOS | 654.00 |
| 13.00 | EQUIPOS DE MEDICION DE PROCESOS | 804.00 |
| 14.00 | INSTALACIONES SANITARIAS DE LA PLANTA | 8,826.00 |
| 15.00 | INSTALACIONES ELECTRICAS | 6,751.00 |
| 16.00 | EQUIPAMIENTO | 5,368.00 |
| 17.00 | PINTURA | 955.80 |
| 18.00 | VARIOS | 2,469.00 |
| | SUB-TOTAL | 237,800.00 |
| | I.G.V. 18,00% | 52,200.00 |
| | COSTO TOTAL | 290, 000.00 |

a. Costos de Producción.

En el costo de producción de la PCTAR, consideramos: Costo de la planta, Costo operativo, costo de mantenimiento y análisis microbiológico, tal como observamos en la tabla 40.

Tabla 40 costo de producción por m³ de agua tratada de la PCTAR, Comas- Lima

| COSTO DE PRODUCCIÓN POR m ³ DE AGUA TRATADA DE LA PCTAR, Comas_ Lima | | | | | |
|---|--|-----------|--------------------|------------------------|----------------------|
| ITEM | PARTIDA | Soles/día | Prod/día | Costo / m ³ | Costo m ³ |
| 1,00 | Costo de la Planta S/. 290 000 | | | | |
| | Depreciación en 20 años (290,000: 7300 días) | | | | |
| | Costo por día | 38,36 | 250 m ³ | 0,15 | 0,15 |
| 2,00 | Costo Operativo | | | | |
| 2,01 | CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA | | | | |
| | 4 KW/ hora (96 KW/día) 0.35 S./KW | 33,60 | 250 m ³ | 0,13 | |
| 2,02 | Artículos de limpieza | 8,00 | 250 m ³ | 0,03 | |
| 2,03 | Operadores (dos) | 60,00 | 250 m ³ | 0,24 | 0,41 |
| 3,00 | COSTO DE MANTENIMIENTO | | | | |
| 3,01 | Costos de desinfección. (6,500 horas) | | | | |
| | Cambio de grava 1 vez al año | | | | |
| | Cambio de accesorios en filtros | | | | |
| | Servicios HANIL BC PERU S.A.C US \$ 2 100 al año | | | | |
| | El costo en soles por día | 17,26 | 250 m ³ | 0,07 | |
| 3,02 | Pintura, Mantenimiento de bombas, Válvulas, rejillas | 4,00 | 250 m ³ | 0,02 | 0,09 |
| 4,00 | COSTO DE ANÁLISIS DEL AGUA TRATADA | | | | |
| | US \$ 3200 / AÑO | | | | |
| | COSTO EN SOLES/DÍA | 26,30 | 250 m ³ | 0,11 | 0,11 |
| | COSTO TOTAL POR m³ PRODUCIDO | | | S/. | 0,76 |

La depreciación por m²/ día:

- Costo por litro: S/. 0.76 m³ / 1000 = S/. 0.00076 litro
- Costo por m²/día: S/. 0.00076 litro x 2 l/d = S/. 0.00152 m²/d

El costo en metros cuadrados de agua para el riego de parques y jardines en el distrito de Comas se presenta en la tabla 41.

Tabla 41 Costo m3 de agua para riego de parques Comas

| Tipo de Agua | Pago en soles | Área Regada M2 | % | Costo m3 |
|---------------------|---------------------|---------------------|------------|--------------|
| 1. Agua tratada | 1 857,056.30 | 352, 344.96 | 18 | 1.50 |
| 1.1 punto de riego* | 897,397.16 | 203, 953.90 | | 4.40 |
| 1.2 Cisterna | 722, 365.64 | 280, 766.14 ** | | 5.88 |
| 2. Río chillon | 494, 791.90 | 1 127,427.00 | 82 | 0.056 |
| Total | 3 971 611.00 | 1 957 492.00 | 100 | |

Fuente: Municipalidad de Comas: Gerencia de Desarrollo Ambiental- Sub gerencia de Parques y Jardines

* SEDAPAL

** La cantidad de agua de cisterna ha sido ajustada para mejorar información

Observamos, que otra bondad de este proyecto, es la parte económica. El costo de agua tratada por m³ es aproximadamente S/0.76, frente a S/. 4.40 m³ de la cisterna. Si lo expresamos en metro cuadrado de riego, el precio de cisterna es de S/5.88 m², y el de SEDAPAL nos costaría S/4.4 m², frente a S/. 1.50 de la PTAR, cuadro 4.66. El costo per cápita del proyecto es de S/ 0.65, incluyendo IGV (S/ 290,000/532 000 habitantes).

El costo anual de producción de agua tratada de la PCTAR Comas – Lima se presenta en la tabla 42.

Tabla 42 Costo anual de producción de agua tratada de la PCTAR Comas – Lima

| COSTO ANUAL DE PRODUCCIÓN DE AGUA TRATADA DE LA PCTAR COMAS - LIMA | | | | | |
|--|--|-------|--------------------|-----------|---------------|
| ITEM | PARTIDA | Soles | Prod/día | Costo/ m3 | Costo Anual |
| 1,00 | Costo de la <u>Planta</u> S/. 290 000 | | | | |
| | Depreciación en 20 años (290,000: 7300 días) | | | | |
| | Costo por día | 38,36 | 250 m ³ | 0,15 | 14,001,40 |
| 2,00 | Costo Operativo | | | | |
| 2,01 | CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA | | | | |
| | 4 KW/ hora (96 KW/día) 0.35 S/./KW | 33,60 | 250 m ³ | 0,13 | 15,264,00 |
| 2,02 | Artículos de limpieza | 8,00 | 250 m ³ | 0,03 | 2,920.00 |
| 2,03 | Operadores (dos) | 60,00 | 250 m ³ | 0,24 | 43,800,00 |
| 3,00 | COSTO DE MANTENIMIENTO | | | | |
| 3,01 | Cosoto por cloracion | | | | |
| | Cambio de grava 1 vez al año | | | | |
| | Mantenimiento de filtros multimedia | | | | |
| | Servicios HANIL BC PERU S.A.C US \$ 2 100 al año | | | | |
| | El costo en soles por día | 17,26 | 250 m ³ | 0,07 | 6,300,00 |
| 3,02 | Pintura, Mantenimiento de bombas, Válvulas, rejillas | 4,00 | 250 m ³ | 0,02 | 1,460,00 |
| 4,00 | COSTO DE ANÁLISIS DEL AGUA TRATADA | | | | |
| | US \$ 3200 / AÑO | | | | |
| | COSTO EN SOLES/DÍA | 26,30 | 250 m ³ | 0,11 | 9,600,00 |
| | COSTO ANUAL | | | | 90,385 |

- **Evaluación de la dimensión económica y financiera:** Escenario I.

• **Flujo de fondos**

En cuadro 4.68, observamos que el gasto de riego con agua tratada es de S/.1 857,056 soles y se riega 35 has (18 %) del total de áreas verdes de Comas. Con 2 lts/s del proyecto, se puede regar 13 has. Si aplicamos el costo que se paga por el uso de agua tratada, pagaríamos por 13 has S/. 689, 764.00 soles, suma que se convierte en ahorro con el montaje de la planta de depuración. Esta cantidad se utilizará como ingreso para calcular el VAN del flujo económico. Ver tabla 43.

Tabla 43 Flujo de fondo económico

| AÑOS | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A. INGRESO | | 691,764 | 691,764 | 691,764 | 691,764 | 691,764 | 691,764 | 691,764 | 691,764 | 691,764 | 691,764 |
| A.1 Valor de recuperó | | 689,764 | 689,764 | 689,764 | 689,764 | 689,764 | 689,764 | 689,764 | 689,764 | 689,764 | 689,764 |
| A.2 Impacto Ambiental | | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 |
| B. EGRESO | | 96,685 | 96,685 | 96,685 | 96,685 | 96,685 | 96,685 | 96,685 | 96,685 | 96,685 | 96,685 |
| B.1 Inversión | 290,000 | | | | | | | | | | |
| B.2 Costos Operativos | | | | | | | | | | | |
| Mantenimiento | | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 |
| | | 6,300 | 6,300 | 6,300 | 6,300 | 6,300 | 6,300 | 6,300 | 6,300 | 6,300 | 6,300 |
| C. FLUJO ECONOMICO | -290,000 | 595,079 | 595,079 | 595,079 | 595,079 | 595,079 | 595,079 | 595,079 | 595,079 | 595,079 | 595,079 |

El flujo económico se obtiene de la suma de los egresos e ingresos del proyecto. El ingreso comprende el ahorro que se obtiene de eliminar los gastos de compra de agua a cisterna y de los pagos de los puntos de riego de SEDAPAL; además del impacto ambiental que significa la mejora del valor patrimonial de las viviendas aledañas al proyecto.

Los egresos, comprenden los costos operativos y la inversión de la planta de tratamiento. La inversión considerada en el año 0 comprende la inversión fija que se ha de realizar antes de la puesta en marcha la PCTAR. Los desembolsos de los años siguientes, corresponderán a los egresos de mantenimiento y operación anual.

- **Evaluación Económica Social de regeneración y reutilización**

Se está considerando en esta opción, el valor de recuperó de eliminación de gastos en el riego de agua por cisterna. Además, el impacto ambiental positivo al mejorar las condiciones de los parques del distrito que mejorara el valor de propiedades del entorno, con el consiguiente aumento del impuesto predial de los vecinos del gobierno local de Comas. La

tasa de descuento es de 14% al año, definido por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) para proyectos sociales.

Si se mantiene la proyección contemplada y considerando los flujos de fondo antes mencionadas, el sistema integrado de regeneración y utilización de aguas del Río chillon, lograra los índices de recuperación de la inversión, que se indica en la tabla 44, elaborado de acuerdo a la metodología del anexo N° 9.

Tabla 44 Indicadores de rentabilidad

| INDICE | VALOR | |
|-----------------------|------------|--|
| VANE en soles | 1 170, 512 | |
| TIRE (%) | 99,90 | |
| Beneficio / costo | 8,59 | |
| Tasa de descuento (%) | 14 | |

El valor actual neto económico (VANE) precisa que se consigue un excedente neto de 1 170, 512 soles (1 460,512 – 290 000) al cabo de 10 años. La tasa interna de retorno económico (TIRE) es de 99.89%, por tanto, el proyecto está a 85,89 puntos superior a la tasa de descuento establecido (14%). La relación Beneficio / costo de 8,589, señala que el proyecto tendrá un retorno de soles 8.589 por cada sol invertido, es decir, habrá una rentabilidad de 8,589 centavos por cada sol invertido en un periodo de 10 años.

En conclusión, estos índices económicos determinan que el proyecto es beneficioso, recupera la inversión en el periodo indicado; más aún si lo comparamos con los costos de agua por m³, tal como lo indicamos en el Cuadro 4.67. El análisis efectuado, nos indica que el tratamiento biológico, permitirá reducir los altos costo que hoy tiene el distrito de Comas-Lima por el riego de las áreas verdes a través de cisternas o por puntos de riego con agua potable pagados a SEDAPAL en cada uno de sus parques del distrito.

- **Flujo de fondos con análisis de sensibilidad:** Escenario II

Realizando un análisis de sensibilidad, determinamos que la variable mas sensible es el costo del agua tratada, por tal motivo calculamos el promedio del gasto total para regar 196 has del distrito de Comas, cuyo monto según la tabla 18 es de S/. 3 971 611 soles. La

producción de 2 l/s alcanza para regar 13 has. Entonces, si a 196 has lo dividimos entre 13 has que riega el agua de la planta, nos da un valor de 15. Por tanto, S/. 3 971 611 entre 15 da un gasto de S/. 264, 774 nuevos soles que es el monto para regar 13 has y por tanto la variable de ingreso se modifica.

Las mismas condiciones para el escenario 1, pero con un valor de S/. 264, 774 nuevos soles, como pago de precio de agua. Estas condiciones hacen que varíe la distribución del flujo de fondos económicos, pues se modifica el gasto en lo que respecta al precio de agua. El Flujo económico neto quedaría según la tabla 45.

Tabla 45 Flujo de Fondo Económico – alternativo

| AÑOS | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A. INGRESO | | 266,774 | 266,774 | 266,774 | 266,774 | 266,774 | 266,774 | 266,774 | 266,774 | 266,774 | 266,774 |
| A.1 Valor de recuperado | | 264,774 | 64,774 | 264,774 | 264,774 | 264,774 | 264, 774 | 264, 774 | 264, 774 | 264, 774 | 264, 774 |
| A.2 Impacto Ambiental | | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 |
| B. EGRESO | | 96, 685 | 96, 685 | 96, 685 | 96, 685 | 96, 685 | 96, 685 | 96, 685 | 96, 685 | 96, 685 | 96, 685 |
| B. 1 Inversión | 290,000 | | | | | | | | | | |
| B.2 Costos Operativos | | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 | 90,385 |
| Mantenimiento | | 6, 300 | 6, 300 | 6, 300 | 6, 300 | 6, 300 | 6, 300 | 6, 300 | 6, 300 | 6, 300 | 6, 300 |
| C.FLUJO ECONOMICO | -290,000 | 170,089 | 170,089 | 170,089 | 170,089 | 170,089 | 170,089 | 170,089 | 170,089 | 170,089 | 170,089 |

Los indicadores de rentabilidad para este escenario se presentan en la tabla 45.

Tabla 46 Indicadores de rentabilidad

| Análisis de sensibilidad | |
|---------------------------------|---------|
| INDICE | VALOR |
| VANE en soles | 264,248 |
| TIRE (%) | 12,56 |
| Beneficio / costo | -0.146 |
| Tasa de descuento (%) | 14 |

Como se puede observar en el escenario II, obtenido del Flujo de Fondos Económico con precio de pago de S/. 264,774, obtenemos los indicadores muestran que el proyecto tiene rentabilidad negativa baja (El recupero anual: $-1,45/10$ años = 0.145). Con este valor promedio de recupero de la inversión de la Planta de depuración de aguas de Comas-Lima, para regar las áreas verdes del distrito de Comas, es indiferente financiar o no el proyecto. Para cualquier valor del agua, mayor de S/. 264,774 nuevos soles, el proyecto no es rentable. la valoración del precio de agua utilizada, nos dara la rentabilidad estimada del proyecto.

La rentabilidad en este escenario, mejora si consideramos que el costo de las edificaciones está estimado considerando 25 años de vida útil, de fácil duración como lo hemos observado en la PTAR “Maria Reiche”. Para la planta que se proyecta, PCTAR de aguas residuales domesticas en el distrito de Comas- Lima, esta estimación seria valida, con lo cual el proyecto tiene rentabilidad.

El concepto de sostenibilidad debe ser entendido en su magnitud de temporalidad, es decir como se va a mantener un proyecto en el tiempo, con una visión de largo plazo. Para lo cual tenemos en cuenta criterios de costo, que tendrán que asumir las gestiones futuras del distrito de Comas- Lima, en el mantenimiento de esta planta PCTAR. El manejo de los recursos hídricos tiene objetivo lograr el manejo sustentable del recurso.

La experiencia nos dice que, de más de 220 plantas de regeneración de aguas servidas urbanas de América Latina, el 80% de estos sistemas operan en condiciones desfavorables y

10% se encuentran abandonadas. Esta postura es más frecuente cuando los diseños requieren tecnicos de alta calificación y demanda de mucha energía.

Caso concreto son las lagunas aireadas construidas en el Brasil y que actualmente no se mantienen sus sistemas de la aireación. Si bien existen muchas causas que explican la deficiente operación de plantas de depuración, la gran mayoría de las instituciones formuladoras y ejecutoras de estos proyectos aduce limitaciones económicas para explicar esta situación.

Se ha reportado casos en que la industria de tratamiento ha sido diseñada y montada mediante la cooperación internacional, pero el gobierno receptor de la cooperación no ha podido con la operación y el mantenimiento eficientemente por los altos costos. Por tanto, es necesario investigar tecnologías de bajos costos de mantenimiento, inversión y operación para asegurar la sostenibilidad. También será necesario que el gobierno local de Comas-Lima comprometa los recursos económicos, financieros y humanos.

En este contexto, se ha evaluado con objetividad la capacidad económica, financiera y humana del gobierno local de Comas-Lima, encargada de la sostenibilidad de riesgo de las áreas verdes, para estimar los recursos que puede asignar a la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales PCTAR. Frente a estas experiencias, se da sostenibilidad a este proyecto por las siguientes razones:

- ✓ El bajo costo operativo de la planta, tiene garantizada su sostenibilidad aun cambien las autoridades del gobierno local de Comas-Lima, ya que demandan bajos recursos para su operación y mantenimiento, a diferencia de otras alternativas que tienen costo operativo alto (El caso de la Planta ubicada en la Avenida Universitaria del distrito de Independencia con Inversión Suiza, que, para la misma producción, su costo es de \$ 360 mil dólares).

- ✓ La Gestión Municipal moderna incluye de manera obligatoria, la gestión eficiente del medio ambiente tal como indica la ley organica de municipalidades la 27972, en este caso el mantenimiento de las áreas verdes, que deben ser tratados conjuntamente con los problemas vecinales del distrito, para mejorar la calidad de vida de los pobladores y

contribuir con mitigara la contaminación del medio, que es un problema de grandes magnitudes sociales, económicas, ambientales y políticas en el mundo.

✓ Otro enfoque de beneficios del proyecto es el costo por m³ de agua tratada, según cifras comparativas realizadas líneas arriba. Los costos de mantenimiento no serían objeto de sensibilizaciones por considerarse baja (Cuadro 4.69) y la economía local estable.

Asimismo, la inversión por beneficiario es razonable. El proyecto tiene un costo total de S/. 290 000/ 531 000 habitantes, que da un per cápita de S/. 0.55, con IGV. El costo se ha elevado por el diseño paisajista. El costo de la planta es posible sufragarla por el gobierno distrital de Comas -Lima

- Dimensión ambiental: Eficiencia de la calidad del tratamiento.

Es necesario indicar que al inicio del funcionamiento de la PCTAR del distrito de Comas-Lima, observamos un excelente accionar de los componentes del sistema. Pudiendo apreciar pequeñas deficiencias de fácil corrección. Una de ellas es la válvula, de ingreso al pretratamiento y reduce o aumenta el caudal de agua a tratar en el PTAR agua a menos de 3 litros/seg. Por que la capacidad de la planta es sólo para 2 litos/seg.

El sedimentador funciona de manera quieta, lo que permite el sedimento con eficiencia. Los tubos (2) de conducción del agua al sedimentador son abiertos para evitar chorros y propiciar la quietud del agua para mejorar la sedimentación. Sin embargo el tubo de desagüe que va al biofiltro debe ser de 4” en lugar de 3”. y se recomienda un diseño económico optimo.

Se debe hacer un mantenimiento preventivo en el filtro multimedia para evitar posibles daños al mismo y de ese modo disminuir el rendimiento del filtro y su vida útil, a demás de la calidad del agua tratada.

- Evaluar la eficiencia del sistema físico- biológico en la remoción de materia orgánica.

Estos indicadores de degradación orgánica es la Demanda Biologica de oxígeno (DBO), es el oxígeno que consumen los microorganismos para la degradación bioquímica o biológica de la materia orgánica y esta expresada en mg/l y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), componentes que asimilan el oxígeno del agua. Estas necesidades de O₂, proveniente de operaciones biológicas, se denomina DQO y esta expresada en mg/l o partes por millón (ppm). Evalúa o estima las materias oxidables y no separa materia biodegradable de inerte.

La DQO y la DQO fueron los parámetros principales que se utilizaron para determinar y evaluar la eficiencia del proceso unitario como han utilizado diferentes investigadores. De igual forma, el oxígeno disuelto (OD), fue un parámetro muy importante en el rendimiento y desempeño del reactor biológico o biofísico por ser uno de los indicadores de la degradación del recurso hídrico.

La evaluación de la PCTAR del distrito de Comas – Lima se presenta en la tabla 47.

Tabla 47 Resumen de evaluación PCTAR Comas-Lima

| PARÁMETROS | | UNIDAD | ENTRADA | REAC | SP | % |
|----------------|---------------------------|--------|---------|-------|------|---------|
| | | | | T.HBC | | REM |
| DB05 – TOTAL | Muestra puntual | mg/l | 620 | 434 | 10 | 97.70% |
| DB05 - SOLUBLE | | mg/l | | | | 99.19 % |
| DQO | Muestra puntual | mg/l | 1295 | | 10 | 96.00% |
| SÓLIDOS | Totales (muestra puntual) | mg/l | 585 | | | 97.15% |
| SUSPENDIDOS | Fijos | mg/l | 138 | 351 | 10 | 97.40% |
| | Volátiles | mg/l | 447 | | | |
| OD | | mg/l | 2.7 | 5.62 | 5.77 | |
| T | | °C | 20 | 19.8 | 19 | |
| PH | | | 7.32 | 7.35 | 7.1 | |

Fuente: UNFV, 5 de diciembre de 2018.

LEYENDA:

PCTAR = Planta Compacta de tratamiento de aguas residuales

REACT.HBC = Reactor HBC

SP = Salida de planta

% Rem = % de Remoción

Los resultados obtenidos muestran que la tecnología de regeneración de aguas servidas urbanas, sistema compacto y aereación extendida y temORIZADA, utilizando material de contacto para los microorganismos en el tratamiento secundario en el reactor, es económica

y eficiente, comparando con los métodos tradicionales. La Planta remueve un 97,70 % de material orgánico (DBO), 96,00 % de DQO y 97,15 % de sólidos suspendidos, que están dentro los parámetros establecidos por el Reglamento Nacional de Construcciones. (Ministerio de Vivienda y Construcción, 1997)

La relación Demanda Bioquímica o biológica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) = 0.47 (620 DBO: 1295 DQO), nos indica que el afluente es altamente biodegradable.

Una eficiente oxigenación en reactor ($OD = 5.62 \text{ mg/l}$), y, el uso de cloro origina condiciones favorables para condiciones de indicadores hidrobiológicos que son los factores del mejoramiento de la planta. La temperatura del agua fue un reflejo de la temperatura ambiente de la zona, los valores no mostraron diferencias notables. La oxidación del material orgánico por las bacterias genera CO_2 , que es utilizado por las algas para seguir produciendo más oxígeno.

En el tratamiento seleccionado se logra remover la turbidez significativamente, considera tratamiento eficiente en aguas para ser usadas o consumidas en riego de áreas verdes o ecosistemas urbanos, considerando que este parámetro es indicador de contaminación o degradación de las aguas, por estar asociado a sustancias y partículas que protegen microorganismos patógenos y que estos elementos que dan valores en la medición y evaluación de la turbidez pueden contener y aglomerar sustancias tóxicas.

En ese orden de ideas, surge la posibilidad de ser considerados como un parámetro microbiológico indirecto, que como un parámetro físico del agua, y la remoción de turbidez puede estar relacionada con remoción o eliminación de microorganismos patógenos, que pueden quedar estabilizados en los lodos. En ese contexto se puede afirmar, que los lodos secundarios y primarios de las aguas servidas son abundantes en patógenos.

En cuanto al pH y conductividad eléctrica (CE), que son de mucha importancia agropecuaria y de riego, la conductividad eléctrica del agua tiene una relación directa con la salinidad de las aguas para riego y el PH con la acidez. La normatividad ambiental vigentes

del órgano rector, establece los límites máximos permisibles (LMP) esta entre 6.5 a 8.5 para pH. y 2 000 micromhos/cm para conductividad eléctrica (CE).

Nutrientes

P y N: Son indispensables para el crecimiento y desarrollo florecimiento y frutificación de plantas, animales y hombre.

Fuentes: Plantas depuradoras: Materia Orgánica. A) Formas degradadas

(PO₄²⁻, NO₃⁻, SO₄⁼): Agricultura: fertilizantes. Industria: P en detergentes

Impactos: Nitritos y Nitratos producen metahemoglobinemia bloqueando el transporte de O₂ (90 mg/l NO₃⁻) y exceso generan eutroficación

- Evaluar la eficiencia del sistema de regeneración de aguas servidas domesticas en la remoción de coliformes fecales:

Si evaluamos una planta de regeneración de aguas servidas municipales o domesticas, como la operan diariamente. Se utiliza para evaluar el rendimiento de la planta de regeneración y para identificar fallas en el sistema operativo (procesos, operación y mantenimiento). Con el informe se muestra los parámetros más importantes para identificar, determinar e interpretar materia organica, solidos suspendidos totales y transmisión de patógenos, Faltando la incorporación de nutrientes, metales pesados y otros parámetros de control de la calidad del agua.

Siendo los objetivos de la evaluación los siguientes:

- Analizar y evaluar la calidad de agua que entra a la planta (afluente) y la calidad del agua tratada (efluente).
- Verificar y vigilar que el agua que sale de la planta cuente con calidad apropiada y se cumpla con los LMP y los ECA, para el riego de áreas verdes o ecosistemas urbanos en el distrito de Comas.
- Determinar la eficiencia y efectividad de desinfección de las aguas tratadas.
- Seleccionar e indicar los parámetros para el programa de monitoreo mensual de la planta de tratamiento, según las exigencias de las normas nacionales vigentes.

Reiterando, que los indicadores microbianos son organismos relacionados con contaminación fecal. Y los indicadores microbiológicos son de utilidad para calificar las condiciones de calidad sanitaria del agua. Además los Indicadores para aguas sin tratamiento son: Coliformes fecales o termotolerantes y Coliformes totales.

Siendo los coliformes bacterias que viven en el intestino de los mamíferos, y un grupo también se presenta como saprofitos en el medio ambiente, con excepción de la *Escherichia* que tiene origen intestinal. se caracteriza principalmente por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-38°C en 24-48 horas y producir ácido y gas. Pertenecen a la familia de las enterobacteriáceas, Del grupo de coliformes la *Escherichia* y ocasionalmente la *Klebsiella* tienen la capacidad de fermentar la lactosa a 44.6°C, siendo denominada Coliformes termotolerantes (fecales). A esta **temperatura inhibe** el crecimiento y desarrollo de los **coliformes no termotolerantes (antes llamados fecales)**.

En noviembre del año 2018), se efectuó la evaluación de la Planta de regeneración de agua del distrito de Comas-Lima. El programa de evaluación fue elaborado considerando que la planta de tratamiento está ubicada en zona urbana y que el efluente se usa para el riego de áreas verdes de contacto directo. El muestreo y el análisis de las muestras se efectuaron según procedimientos estandarizados en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

Asimismo, el 22 de noviembre del presente año se realizó una evaluación por la empresa de prestigio Laboratorio Inspectorate Services Perú SAC, acreditada para el análisis de muestras ambientales.

Los resultados de la Universidad Nacional Federico Villarreal que figuran en Cuadro 4.73. son excelentes. La OMS recomienda máximo 3 logaritmo de coliformes fecales en el agua tratada para el riego de áreas verdes. En este caso, con el tratamiento físico-biológico, los coliformes fecales no llegan a un logaritmo.

Para los resultados se desarrolló un tratamiento estadístico se aplicó la prueba paramétrica de test de Student, por que el número de muestras es pequeño, los coliformes

fecales son variables cuantitativas y el objetivo es comparar dos promedios de muestras: una antes (muestra cruda de las aguas de los colectores en el distrito de Comas) y otra después del tratamiento de las aguas residuales.

Se tomaron muestras del afluente de colectores agua (cruda), salida del reactor biológico, después del sistema de filtración multimedia y finalizada la desinfección mediante cloración. La muestra trabajada en nuestra investigación es puntual (Posteriormente se simuló una distribución para realizar análisis estadístico):

1. Planteamiento de la Hipótesis:

H₀: No existe diferencia significativa de reducción de coliformes fecales entre las muestras crudas y las muestras tratadas.

H_A: Existe diferencia significativa de reducción de coliformes fecales entre las muestras crudas y las muestras tratadas.

2. Datos estadísticos

La Evaluación de las diferencias entre las muestras antes y después del tratamiento se presentan en la tabla 48.

Tabla 48 Evaluación de las diferencias entre muestras antes y después del tratamiento

| Agua cruda de los colectores | | Salida del reactor biológico | | Después de cloración | |
|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| M | Resultados (Log ₁₀) | M | Resultados (Log ₁₀) | M | Resultados (Log ₁₀) |
| 1 | 3.3 E + 05 = 5.52 | 1 | 2.3 E + 04 = 4.36 | 1 | 7.8 = 0.89 |
| 2 | 3.1 E + 05 = 5.49 | 2 | 2.5 E + 04 = 4.40 | 2 | 9.6 = 0.98 |
| 3 | 3.5 E + 05 = 5.54 | 3 | 2.1 E + 04 = 4.32 | 3 | 6.0 = 0.78 |
| 4 | 3.7 E + 05 = 5.57 | 4 | 49 E + 01 = 2.69 | 4 | 18 = 0.26 |
| 5 | 2.9 E + 05 = 5.46 | 5 | 2.2 E + 04 = 4.34 | 5 | 8.4 = 0.93 |

3. Tipo de test: Unilateral

4. Nivel de significación: $\alpha = 0.05$ y zona de rechazo: $p < \alpha$

5. Comparación de los valores p y α : Tratamiento test de Student

Los resultados de las pruebas estadísticas se muestran en las tablas 49,50,51.

Interpretación de la grafica Box – Plot (cloración), observamos que los datos son sesgados a la izquierda. La mayoría por debajo de la media.

Tabla 49 : cruda y post clorada

| | | Cruda | Post cloracion |
|---------------------------|-------------------|--------|----------------|
| N | | 5 | 5 |
| Parámetros normales(a,b) | Media | 5,5160 | ,7680 |
| | Desviación típica | ,04278 | ,29338 |
| Diferencias más extremas | Absoluta | ,137 | ,316 |
| | Positiva | ,128 | ,235 |
| | Negativa | -,137 | -,316 |
| Z de Kolmogorov-Smirnov | | ,307 | ,707 |
| Sig. asintót. (bilateral) | | 1,000 | ,699 |

a La distribución de contraste es la Normal.

b Se han calculado a partir de los datos.

Como indicadores de los patógenos se ha considerado a los coliformes fecales, porque ellos implican la transmisión de enfermedades al hombre. Las no fecales son de poca importancia desde un punto de vista de la salud pública. Pero, no hemos dejado de lado el indicado coliformes totales, en los análisis de las aguas tratadas.

Comparación entre el agua cruda y el agua a la salida del filtro multimedia

Tabla 50 : cruda y a la salida del filtro multimedia

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

| | | Cruda | Salgrava |
|---------------------------|-------------------|--------|----------|
| N | | 5 | 5 |
| Parámetros normales(a,b) | Media | 5,5160 | 4,0220 |
| | Desviación típica | ,04278 | ,74520 |
| Diferencias más extremas | Absoluta | ,137 | ,455 |
| | Positiva | ,128 | ,306 |
| | Negativa | -,137 | -,455 |
| Z de Kolmogorov-Smirnov | | ,307 | 1,018 |
| Sig. asintót. (bilateral) | | 1,000 | ,251 |

a La distribución de contraste es la Normal.

b Se han calculado a partir de los datos.

Tabla 51: cálculos estadísticos de muestras relacionadas

Estadísticos de muestras relacionadas

| | | Media | N | Desviación típ. | Error típ. de la media |
|-------|-------------|--------|---|--------------------|---------------------------|
| Par 1 | Aguacruda | 5,5160 | 5 | ,04278 | ,01913 |
| | Salidagrava | 4,0220 | 5 | ,74520 | ,33326 |

Correlaciones de muestras relacionadas

| | | N | Correlación | Sig. |
|-------|-------------------------|---|-------------|------|
| Par 1 | Aguacruda y Salidagrava | 5 | -,714 | ,175 |

Prueba de muestras relacionadas

| | | Diferencias relacionadas | | | | t | gl | Sig. (bilateral) | |
|-------|-------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------------|---|---------|-------|------------------|----------|
| | | Media | Desviación típ. | Error típ. de la media | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | | | | |
| | | | | | Inferior | | | | Superior |
| Par 1 | Aguacruda - Salidagrava | 1,49400 | ,77632 | ,34718 | ,53007 | 2,45793 | 4,303 | 4 | ,013 |

En Conclusión:

El desempeño de filtración y cloración fue evaluado sobre la base de las diferencias de cargas de los indicadores de coliformes fecales (Termo tolerantes) entre el agua cruda de los colectores y post filtración y cloración. El resultado del test de student indica que existe diferencia significativa en la regeneración después y antes de pasar por filtración y cloracion, demostrando la eficiencia y eficacia del tratamiento físico-biológico de remover los coliformes fecales. La cloración remueve 5 logaritmos en él numero de Coliformes Fecales (de 5.52 log. a 0.89 log.). ver tabla 52.

Tabla 52 Resultado del Test de Student para la remoción de Coliformes fecales

| Tratamiento | Test de Student |
|-----------------------------------|-----------------|
| Salida filtro multimedia | P > ,005 |
| Post cloración | P < 0,005 |
| | 0 < 0,005 |
| P<0,05 para que sea significativa | |

Los resultados obtenidos del post filtro multimedia se refieren a la cisterna de almacenamiento final (agua tratada almacenada por un tiempo desconocido luego de cloración).

Las características del agua de entrada y salida de la planta de tratamiento de Comas – Lima se presenta en la tabla 53.

Tabla 53 Características del agua de entrada y salida de la planta de tratamiento de Comas-Lima

| Parámetro | Unidades | Entrada | Salida | Perú | Perú |
|-------------------------------|------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| | | | | Clase III* | Agua potable |
| Físico | | | | | |
| Turbiedad | N.T.U. | 34.0 | 5.2 | - | 10 |
| Conductividad (campo) | µS/L | 538 | 522 | - | - |
| Aceites y grasas | mg/L | < 5.0 | < 5.0 | - | - |
| Sólidos Totales | mg/L | 585 | < 10 | - | 1000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 620 | 10 | 15 | |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 1295 | 10 | - | |
| Microbiológico | | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/100 ml | >1.8 x 10 ⁵ | 4.6 x 10 ³ | 5.0 x 10 ³ | < 2 |
| Coliformes Fecales | NMP/100 ml | >1.8 x 10 ⁵ | 3.1 x 10 ³ | 1.0 x 10 ³ | < 2 |
| Enteroparásitos | Número/L | Ausente | Ausente | - | |

- Agua para riego de vegetales
- Coliformes termotolerantes = Coliformes fecales

La calidad del agua antes de la entrada al filtro multimedia se presenta en la tabla 54.

Tabla 54 Calidad de agua antes de la entrada a la desinfección filtro o multimedia

| | Unidades | Antes de la entrada a la unidad de desinfección | SALIDA de la planta a la cisterna |
|--------------------|------------|---|-----------------------------------|
| Turbidez | N.T.U. | 10.2 | 5.2 |
| Coliformes totales | NMP/100 ml | 4.9 x 10 ³ | 4.6 x 10 ³ |
| Coliformes fecales | NMP/100 ml | 3.1 x 10 ³ | 3.1 x 10 ³ |

Los análisis de parásitos presentamos en la tabla 55.

Tabla 55 Analisis de Parasitos

| ANALISIS DE PARASITOS | | |
|------------------------------------|---|------------------------------|
| Identificación | Observación de huevos y quistes de entero parásitos | Volumen de muestra procesada |
| Agua de colector/Muestra cruda | Quiste de <i>Entamoeba coli</i> : 03 Huevos larvados de nemátodos: 05 Larvas de nemátodos: 57 | 1 litro |
| Agua de reactor/ Filtro multimedia | Ausencia de huevos y quistes de Enteroparásitos | 1 litro |
| Agua tanque/ Post cloracion | Ausencia de huevos y quistes de enteroparásitos | 1 litro |

En las muestras del agua cruda obtenida de los colectores, se ha observado una alta concentración de larvas de nematodos (57 org./l), huevos larvados de nematodos (5 org/l) y quistes de *Entamoeba coli* (3 or/l). A la salida del filtro multimedia y post cloracion, hay ausencia de huevos y quistes de enteroparásitos en el volumen de muestra procesada de 1 litro, lo que nos indica que existe eficiente remoción de la carga bacteriana.

El número de coliformes fecales aceptable para el uso de aguas servidas con destino al riego de áreas verdes es como máximo 3 logaritmo o 1 000 CF / 100mg/l (10³) El análisis de coliformes fecales post cloración nos muestran ausencia de los indicadores citados, por tanto, el uso del agua tratada mediante el sistema de tratamiento esta totalmente garantizada para el riego de áreas verdes o ecosistemas urbanos en el distrito de Comas-Lima. Es decir, no es dañino a la salud humana de quienes utilizan el parque con fines recreacionales.

La conductividad electrica, el pH y la temperatura del recurso hidrico fueron parámetros que no se vieron afectados significativamente por el tratamiento de desinfección. Fueron valores que no tuvieron cambios considerables durante el proceso de desinfección, quedando comprendido dentro de los límites máximos permisibles.

- Dimensión Social

El aspecto social se vera reflejado en la calidad de vida el bienestar y la felicidad, mejores condiciones de salud publica, belleza de las áreas verdes y otos. Esto estará reflejado en forma tangible e intangible.

Los beneficios para el ambiente se pueden clasificar en: aquellos no son y que son percibidos indirecta y directamente por los humanos. Cada estrato social, puede precisar

como se notan estos beneficios en un modelo de mercado. Por ejemplo, 1°.- la gran disponibilidad y precios bajos de bienes y servicios para el consumidor; 2° A través del aumento de la disponibilidad de los servicios y bienes que no son generalmente adquiridos en el mercado. mejorando las condiciones ambientales, alta calidad del agua para la recreación, mejor la salud pública y salud ambiental, etc. La primera categoría es llamada “el efecto mercado”, y la segunda el “efecto de no mercado” (Freeman 1982).

Un diagnóstico, fue realizado por el gobierno local de Comas -Lima en 2018. En la Cuadro 4.78. se evalúan las principales oportunidades, fortalezas, amenazas y debilidades (FODA) del proyecto. Entre la principal fortaleza está la alta prioridad de las organizaciones vecinales en tratar problemas ambientales y Ecológicos del distrito.

Entre la principal debilidad se encuentra la baja calidad sanitaria de los parques del distrito, por empleo de aguas de baja calidad en el riego. Ello trae como consecuencia una mala percepción de los vecinos para usar los parques como distracción.

Las oportunidades destacadas son la alta prioridad de los vecinos de la gestión urbana con visión ecológica: Cumplimiento con la recomendación de la OMS que exige tener 9 m²/hab. de áreas verdes (Comas tiene 7.3 (m²/hab), disminuir contaminación de áreas verdes y la necesidad de una PCTAR de tratamiento para regar las 196 has. de áreas verdes del distrito con agua de calidad sanitaria.

Las debilidades más notorias son la presión de algunos vecinos que se oponen a la construcción de PTAR, la normatividad ambiental urbana con poco apoyo administrativo en la evaluación y monitoreo no permanente acelerar la construcción de las mismas.

Presentamos las fortalezas y debilidades de gestión ambiental en Comas. ver tabla 56.

Tabla 56 fortalezas y debilidades para la gestión ambiental en el distrito de Comas-Lima

| Fortalezas | Debilidades |
|--|---|
| 1. La alta prioridad de los vecinos de la gestión urbana con visión Ecológica. | 1. Baja calidad sanitaria de las áreas verdes del distrito, por riego con aguas de baja calidad. |
| 2. Cumplimiento con la recomendación de la OMS de tener 8 m ² /hab. De áreas verdes (tiene 7.3 (m ² /hab). | 2. Mala percepción de los vecinos para usar los parques como distracción. |
| 3. Proyecto propuesto por los vecinos que beneficia entre 70 a 100% de la población de la zona de proyecto | 3. Oposición de vecinos para la construcción de la PTAR en el distrito de Comas. |
| 4. Montaje de la PCTAR, con diseño paisajístico en la zonal 5 y 12 del distrito de Comas-Lima. | 4. Deficiente apoyo burocrático vinculados al Diseño y montaje. |
| 5. Caudal suficiente de aguas servidas en los colectores | 5. Canales de comunicación ineficientes. Para su captación |
| 6. Buena relación con otras instituciones locales (DIGESA, MINAM, Vivienda y Construcción, etc.). | 6. Inestabilidad de las autoridades que toman decisiones de ejecución de proyectos. |
| Oportunidades | Amenazas |
| 1. Alta prioridad Ecológica de los pobladores del distrito. | 1. Presión de algunos pobladores que se oponen a la ubicación y montaje de la PTAR en el distrito. |
| 2. Disminuir contaminación e impactos de áreas verdes | 2. Evaluación y Monitoreo no permanente. |
| 3. Necesidad de una PCTAR para regar las 196 has. de áreas verdes del distrito con agua de calidad sanitaria. | 3. La normatividad ambiental urbana con poco apoyo administrativo. |
| 4. Presupuesto priorizado con participación de los vecinos para la construcción de la PCTAR. | 4. Presión de los aguateros para que no cambie la gestión actual del agua para el riego de AV. Revolución Collique. |
| 5. Saneamiento ambiental de aguas residuales domésticas antes de las descargas a un cuerpo receptor. | 5. Cambios de autoridades políticas con decisiones contrarias a la operación y mantenimiento PTAR domésticas. |
| 6. Sostenibilidad de riego, Área verde del distrito de Comas-Lima | 6. Insostenibilidad de riego por falta de mantenimiento |
| 7. Compromiso de las autoridades locales para colaborar en la depuración de agua para la conservación de áreas verdes | 7. Mala decisión en políticas ambientales de nuevas autoridades elegidas por voto popular. |

Fuente: Elaboración propia

- **Ventajas - desventajas ambientales del sistema físico-biológico.** Este objetivo se analizó a través de la evaluación de impacto ambiental del proyecto permitió:

✓ **Identificación y análisis de impactos ambientales**

Desde el punto de vista sanitario, de salud pública y ambiental, regar las áreas verdes en el distrito de Comas con aguas sin tratamiento, genera impactos ambientales

A.- Identificación de los impactos al medio físico

Calidad de las aguas de los cuerpos receptores de las aguas servidas

La calidad del efluente del sistema de tratamiento del parque Sinchi Roca no es el óptimo, así como las aguas de los colectores, tiene elevada carga orgánica y patógenos que disminuyen el contenido de oxígeno disuelto, por consiguiente, afectando la actividad biológica aerobia. Por otro lado, se afecta la calidad de las aguas del Río Chillón, debido a la presencia de huevos de helmintos y quistes de protozoarios en concentraciones considerables. Estos generan problemas sanitarios que afectan a los pobladores y trabajadores que laboran en la zona de parques y jardines.

B.- Calidad del aire: Emisiones, olores y polvo

El riego de áreas verdes con aguas no tratadas genera riesgos a la salud pública y malogrará la calidad ambiental. A través de emisiones por volatilización mediante la evaporotranspiración del suelo y de las plantas.

También se debe a la saturación de los suelos inundados por riego con aguas no tratadas, lo cual genera la proliferación de mosquitos como vectores y provocarán muchas enfermedades. Bajo estas consideraciones se genera fermentación anaerobia con emisión de ácido sulfhídrico y proliferación de bacterias del azufre.

C.- Uso eficiente de los recursos hídricos

Se usa esta agua de mala calidad para el riego de parques y otras actividades del distrito que impactan directamente en la salud.

El tratamiento de aguas, tiene un impacto positivo. Contribuirá a incrementar los 7.3 m² por persona de áreas verdes que tiene Comas y aspirar a los 8 m², que es el óptimo. Esta cantidad lo ubica dentro de los límites permisibles según la OMS. Al impacto positivo que

se da en el paisaje y la generación de agua de buena calidad, se suma el costo de mantenimiento bajo, que puede ser asumido sin problemas por el gobierno local.

En la tabla 57 presentamos la evaluación de los potenciales impactos ambientales del proyecto

Tabla 57 Evaluación de los impactos potenciales del Proyecto

| Impactos | | Dirección | Temporalidad | Extensión | Magnitud |
|-----------|--|-----------|--------------|-----------|----------|
| Negativos | Fuente de riesgo de mosquitos otros vectores | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | Riesgo de mala operación | -1 | 1 | 1 | -1 |
| Positivos | Mejor manejo del agua en el riego de parques del distrito de San Borja | 1 | 2 | 2 | 4 |
| | Mejor aceptabilidad de las áreas recreacionales. | 1 | 2 | 2 | 4 |
| | Mejoramiento de la calidad sanitaria del ambiente de recreación | 1 | 2 | 2 | 4 |
| | Mejoramiento de la calidad sanitaria del agua de riego | 1 | 2 | 2 | 4 |
| | Mejoramiento de la institucionalidad ambiental. | 1 | 2 | 2 | 4 |

Fuente: Elaboración propia

✓ Evaluación de los impactos

De acuerdo con la metodología, se desarrolló una matriz de evaluación de impacto del PCTAR. (Anexo tabla 14). Se aprecia que los impactos significativos son positivos debido al efecto expansivo y multiplicador que posee el plan. Pero, los impactos negativos son moderados o leves. Es el caso de la presencia de mosquitos. Es mínimo, considerando únicamente en la etapa de pretratamiento que en algunos momentos esta descubierto como parte del control de la entrada y monitorear el caudal de entrada y la reja de gruesos y el manejo de los residuos.

Uno de los aspectos social relevante del proyecto es la mejora el acceso al agua de buena calidad para el riego de jardines y parques que dara las condiciones pueden de uso por la comunidad Comeña.

- Dimensión Política y Ética

Dimensión Política

El engranaje de educación ambiental con el ámbito político es referido básicamente a su preocupación por una sociedad con capacidades de actuar a nivel grupal, por otro lado, a su vinculación directa e indirecta con la formación de ciudadanas y ciudadanos ambientalmente conscientes de su interacción vital con la naturaleza y con los otros seres humanos con capacidad para participar en el diseño y así construir de un futuro sostenible y/o sustentable. La ciudadanía ambiental tiene su primera actuación a nivel local, en el lugar donde vivimos, donde realizamos nuestras actividades y trabajamos diarios a favor de nuestro futuro y el de nuestra comunidad y sociedad. Pero no termina allí, porque la comunidad está dentro de una región, estas forman parte del país y en un planeta global, donde todo está interrelacionado de forma dinámica. Tradicionalmente, en el análisis del discurso del desarrollo sostenible, este discurso desde la dimensión política hace énfasis en el estudio de las relaciones de poder entre el sistema económico y el sistema político.

Dimensión Ética

La dimensión ética debe constituir el punto de inicio para plantear un desarrollo que permanezca en el tiempo, dada sus efectos o consecuencias en las dimensiones de sostenibilidad (económica, ambiental social, institucional-política) y así construir actividades económicas que resulte justa desde la visión social, factible y viable en términos económicos, y sana para la preservación y conservación del ambiente.

La ética que va acompañada de la moral es el desarrollo reflexivo y crítico, incluso hasta un nivel filosófico, de las interrogantes morales sobre nuestras acciones y decisiones. La ética ambiental maneja desde un punto de vista racional, los problemas morales que están en relación con el ambiente.

La Declaratoria de una Ética para el Desarrollo Sostenible y/o sustentable tiene la intención de contribuir y orientar a generar cultura y conciencia ambiental, fundamentados en principios éticos y morales para la formación de ciudadanos profesionales, investigadores y para la actuación en el ejercicio profesional, de la comunidad y la familia.

V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Aquí nos interesa comparar los resultados con la hipótesis de trabajo, para ver si se pueden generalizar. Con los resultados encontrados de los parámetros físico-químicos definimos las eficiencias de remoción que se presentan en la tabla 3.42
- La Planta remueve un 99,19 % de material orgánico (DBO), 95 % de DQO y 97,15 % de sólidos suspendidos, que están dentro los parámetros establecidos por el Reglamento Nacional de Construcciones. (Ministerio de Vivienda y Construcción, 1997)
- De acuerdo a los resultados conseguidos de la Planta de Tratamiento del distrito de Comas-Lima, las aguas responden a elementos provenientes de uso doméstico y que pueden ser tratadas biológicamente. La relación Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) ($620 \text{ DBO} : 1295 \text{ DQO} = 0.47$), y la correlación SSV / SS convalidan esta interpretación.
- Los valores obtenidos del análisis de DBO y $\text{DQO} = 47 \%$, de la PTAR del distrito de Comas, con tendencias muy semejantes a los estudios realizados por Sicha, (2004). El ingreso de la Planta de tratamiento del parque Sinchi Roca llega a 49.2 y a la salida de planta con una relación de 51.64%.
- Por otro lado, los resultados confirman estudios previos realizados por Sicha, (2008), la concentración promedio de DBO en el afluente de la PTAR fue de 832.09 mg/l, mientras que en la salida fue de 132 mg/l, que representa una eficiencia de remoción del 85.84 por ciento de DBO. En tanto que, en la PTAR del distrito de Comas, como promedio, la concentración DBO a la entrada es de 620 mg/l y en la salida de la Planta es 10 mg/l, lo que significa una remoción de 99,19 % de. Si bien es cierto que la remoción es mejor, pero a la entrada y la salida es significativamente menor.
- Encontramos que la remoción DBO de la PTAR de Comas en el parque Sinchi Roca, fue mejor con respecto a un estudio de tratamiento biológico realizado por Sicha, L.

(2005), cuyos resultados indicaron que para la DBO_5 el porcentaje de remoción medio fue de 50.2 % y en general en la mayoría de muestreos el valor osciló alrededor de la media a excepción del mes de mayo que presentó la remoción más baja (17.3%).

- La DQO presentó un porcentaje medio de remoción de 85 %, llegando a alcanzar porcentajes de más del 80%. En la PTAR de Maria Reiche fue 66.4 En sólidos suspendidos el porcentaje de remoción fue en promedio de 86,45 %, mejor comportamiento que el “Maria Reiche” que en promedio fue de 76 %.
- En cuanto a la reducción de coliformes fecales por el pre-tratamiento biológico, en la PTAR Compacta del distrito de Comas-Lima, observamos que apenas removió un logaritmo.
- Resultados similares encontramos en muchos estudios, como es el caso realizado por, Mijaylova, P. (2004) en México que dice: la evaluación de la eliminación de coliformes totales y fecales en ambos periodos del analisis con aguas servidas domésticas nos indica que la utilización del producto biológico no eleva la eliminación de microorganismos patógenos. De las aguas residuales modelo de 4.5×10^7 NMP/100 ml, las eliminaciones determinadas con y sin producto fueron en unas 2-3 unidades log (99.9-99.9% de remoción), típicas para métodos biológicos de regeneración **aeróbico**.
- La remoción de la turbidez ha sido tratada adecuadamente, como un parámetro microbiológico indirecto y como parámetro físico. La eliminación de turbidez puede estar asociada con eliminación de microorganismos patógenos. Este factor se considera muy significativa en aguas utilizadas o consumidas para riego agropecuario, si se considera que este parámetro puede ser un indicador de la degradación de las aguas (Corbitt, 1990) por estar asociado con partículas que protegen microorganismos patógenos.
- Los resultados que se obtienen en los análisis bacteriológicos se presentan en la tabla 2. La eliminación bacteriana se estimó en base al número de unidades

logarítmicas, y se observa que consigue bajar una carga de 5.52 log del afluente a 0.89 log en el efluente ucf/100 ml en bacterias de origen fecal.

- El desempeño de la desinfección fue evaluado sobre la base de las diferencias de cargas de los indicadores de coliformes fecales (Termo tolerantes) entre el agua cruda de los colectores. El resultado del test de student ($p < 0.005$) indica que existe diferencia significativa en la regeneración antes y después de la cloración, lo que demuestra la eficiencia del tratamiento físico-biológico de eliminar los coliformes fecales. La cloración remueve 5 logaritmos en el número de Coliformes Fecales (de 5.52 log. a 0.89 log.).
- En el caso de la PCTAR Comas se utiliza cloro en pastillas, con lo que llegamos a una desinfección eficiente, considerando la evaluación de la calidad del agua. Cabe mencionar, que, sobre la reducción de patógenos, en la mayoría de los países del continente no ha establecido aún estándares de calidad de agua servida para su disposición (OMS, 1989), ya sea en cuerpos receptores o para riego en la agricultura o ecosistemas. En escasos casos que existe regulación, esta se dirige al manejo de impactos en cuerpos receptores, mas no trata la reutilización agropecuaria de las aguas servidas. Entre los parámetros de control a ser considerados para la calidad de descarga, el tema de los patógenos se trata parcialmente (en términos de colimetría fecal) o generalmente se ignora (en términos de huevos de helmintos) (OPS, 2002).
- Asimismo, en casi todos los países, las normas ambientales no contemplan la calidad sanitaria de las aguas servidas en términos de patógenos y, cuando hay legislación, no es aplicado por una serie de inconvenientes, como la débil o escasa capacidad fiscalización, control y vigilancia. Un caso parecido se da en México, donde la norma recomienda un límite permisible de cinco huevos de nematodos por litro de agua servida regenerada porque su planta de lodos activados no puede conseguir el nivel de un huevo permitidos por la OMS

VI: CONCLUSIONES

1. Considerando los resultados obtenidos, en la técnica de regeneración de aguas residuales, por sistema compacto de aireación extendida y temporizada esta enmarcado dentro del Desarrollo Sostenible y /o Sustentable; porque cumple con las tres dimensiones principales de todo sistema de sostenibilidad: 1) económica, 2) social, 3) ambiental y considerando una 4) dimensión la política. Cumple con las características de los proyectos modernos: La Ecoeficiencia, La producción y la tecnología limpias, considerando la planta de tratamiento de aguas residuales como una industria de producción de agua regenerada.
2. El Tratamiento físico-biológico, ayuda a la regeneración del recurso hídrico y a reducir los impactos en el ambiente y la salud; con costos de inversión, operación y mantenimiento sustentables en lo económico por los gobiernos locales y Regionales.
3. En la **dimensión Ambiental**, se enfocó la calidad del agua desde la óptica ambiental y de salud. Considerando la calidad y la salud ambientales. Los resultados obtenidos muestran que la Planta remueve un 99,19 % de material orgánico (DBO), 95 % de DQO y 97,15 % de sólidos suspendidos, que están dentro los parámetros establecidos por el Reglamento Nacional de Construcciones. (Ministerio de Vivienda y Construcción, 1997).
4. La tecnología de regeneración de aguas servidas urbanas elegida para el distrito de Comas-Lima, (**considerando que existe otro distrito de Comas en la región Junin**) garantiza la sostenibilidad ambiental, por ser compacta, no genera externalidades negativas.
5. La Planta utiliza pequeña extensión de terreno, lo que hace posible ser instaladas en zonas urbanas. La estructura cerrada y el tratamiento de aire residual evitan la emisión de olores molestos. Esta opción, tratar el agua in situ, resulta interesante para nuestro país, y en particular para las ciudades, que tienen déficit de áreas verdes por falta de agua para riego.
6. Este proyecto es un instrumento básico para la educación ambiental. El uso de los procesos de oxidación permitirá la directa recuperación de millones de toneladas de nutrientes presentes en estas aguas y que sirve como abono, lo cual disminuye costos

de cultivo de los parques y jardines de la ciudad que ahora son desperdiciados y que se encuentran como recurso natural en los desechos.

7. La relación Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) = 0.47 (620 DBO: 1295 DQO), nos indica que el afluente es altamente biodegradable. Es decir que las aguas residuales domésticas que puede ser tratado biológicamente, lo que se convalida con la correlación SSV/SS.
8. En la **dimensión social**: mejora el acceso al agua de buena calidad para el riego de (áreas verdes) jardines y parques o para otros usos en el ecosistema urbano. El tratamiento es adecuado para utilizarla dentro de la ciudad y el agua es de calidad exigida por las normas peruanas y la OMS para usar en riego de áreas verdes en contacto directo con la población.
9. Mejora de la calidad de vida de todos los pobladores del distrito de Comas en forma directa y de los pobladores de los distritos colindantes de Lima norte en forma indirecta, tomando en cuenta que muchos de ellos transitan a diario por los alrededores del distrito para movilizarse a sus centros de trabajo
10. No genera rechazo para su montaje, instalación y operación por parte de la sociedad, por ser una planta compacta no ocasiona impactos negativos significativos.
11. El agua servida regenerada serviría para aumentar la oferta de agua para el riego de áreas verdes. Lima tiene en promedio 2.5 m²/habitante y según la OMS, cada habitante debe tener 9 m² de área verde, por tanto, un déficit significativo. Asimismo, ahorraremos el agua potable, que hoy se utiliza para el riego de áreas verdes, para destinarlo exclusivamente al uso de consumo humano, y superar la carencia de millones de limeños de este líquido vital.
12. En la **dimensión económica**, alcanzo TIRE de 8,59. Este valor significa que por cada sol que se invierte hay una ganancia de S/ 7,59. Como se observa la rentabilidad es alta considerando que se trata de una actividad social. El costo de agua tratada es S/0.75 por m³ frente a S/. 4.27 m³ de lo que cobran los camiones cisterna. Los costos de implementación, mantenimiento, operación, energía y de insumos de la planta son bajos con respecto a las plantas de tratamiento tradicional.

13. La regeneración de aguas servidas urbanas en el distrito de Comas ayudará en la sostenibilidad de riego de las áreas verdes, en ese orden de ideas mejorará el ornato de la ciudad y la valorización económica de los predios subirá considerablemente.
14. En cuanto a la **dimensión política**: se solucionará parte de los problemas de gobernabilidad en el distrito, tomando en cuenta que la dimensión política de desarrollo sostenible abraza o cubre a las tres principales dimensiones de desarrollo sostenible. Social (humana), económica y ambiental.
15. El tratamiento biológico seleccionado, muestran los considerables beneficios desde el punto de vista financieros, en el ahorro en infraestructuras y alta rentabilidad al comparar con la compra de agua de las cisternas; económicos, incremento del valor patrimonial de las propiedades (viviendas); sociales, al acceso al agua con mayor calidad y medioambientales, porque reduce la presión sobre ecosistemas y recursos; políticos en este contexto las autoridades actuales y futuras del distrito de Comas, no tendrán problemas de gobernabilidad, disminuirán los conflictos entre las autoridades y la población, ya que el proyecto dara sostenibilidad de riego a las areas verdes sin generan impactos negativos directos e indirectos, tales como la contaminación al suelo, agua y aire.
16. El Sistema biologico realiza la regeneración de aguas servidas urbanas in situ. por tanto, nos brinda la posibilidad de utilizar las aguas residuales generadas en el distrito. Estas pueden ser rehusadas en el riego de áreas verdes, agricultura. Por su eficiencia, bajos costos de operación y mantenimiento, comparando con otros sistemas de tratamiento convencionales.

VII: RECOMENDACIONES

- Es necesario un manejo cuidadoso al agua almacenada. No mantener el agua estancada por mucho tiempo, darle uso inmediato. Considerado las condiciones de calidad después de la cloración, en agua estancada, existe la probabilidad la multiplicación de microorganismos, mayor aun, si el estancamiento se da a largo tiempo. Se sugiere llevar un registro de abastecimiento del agua tratada a los distintos parques de distribución y así poder establecer el tiempo de funcionamiento y la producción de la planta por horas/día.
- En muchas oportunidades, las aguas residuales son el único recurso hídrico de los aglomerados pobres que se mantienen por actividades agropecuarias. En este contexto su uso aportará beneficios (incluidos los beneficios de salud como una provisión de alimentos para muchas viviendas, mejor nutrición), su utilización no controlada se relaciona con externalidades negativas en el ecosistema y sobre la salud de la población. Estos impactos se minimizan con buenas prácticas de manejo.
- Se recomienda realizar pruebas cuantitativas para determinar la eficiencia del sistema de tratamiento en la eliminación de otros microorganismos como guardias y helmintos importante para la salud pública, sobre todo si las aguas regeneradas son reutilizadas en riego de actividades agropecuarias o de áreas verdes en contacto directo e indirecto con personas.
- Los patrones para el reuso adecuado de aguas servidas o residuales en áreas verdes o ecosistemas urbanos, deben conseguir consideración justa entre las ventajas de usar recursos escasos y la maximización de los beneficios de salud pública. Es necesario que los patrones o guías sean flexibles lo suficientemente para poder acomodarlas a las características locales, ambientales, sociales y económicas.
- Es necesario elaborar estrategia de información y reuniones informativas, para que se pueda obtener una participación ciudadana y de los permisos locales informada,

en la gestión del agua, especialmente en la regeneración de aguas servidas como mecanismo de Desarrollo Sustentable, donde la reutilización y reciclado de los recursos fuera una práctica obligatoria a la hora de regar los parques, áreas verdes o ecosistemas urbanos, en cualquier actividad donde no sea estrictamente necesario el uso de agua potable.

- Actualmente el eje de la política sigue estando en la oferta, debemos cambiar por una Gestión de la Demanda de Agua. En el plano medioambiental, este tipo de política alienta a disminuir la coacción sobre los recursos naturales, carece de impacto medio ambiental, mejora el rendimiento de los procesos de depuración y hace que disminuya el consumo energético en el ciclo del agua.
- Lima tiene la oportunidad de aprovechar la ventaja comparativa de ser la única capital sudamericana con un extenso y envidiable litoral y convertirla en bastas playas hermosas y verdes, atractivas para los millones de visitantes que llegan a la capital peruana, con este sistema de tratamiento de inversión, operación y mantenimiento bajo.
- Surge la necesidad de introducir en la legislación de aguas, reglas claras para solucionar problemas que involucra con los perjuicios provocados a los recursos naturales o daños a los ecosistemas, que deben llevar a la exigencia y tipificación de distintas pólizas de seguros que cubran diferentes tipos de “siniestros” con significado ambiental. considerando al seguro como instrumento para la implementación de mecanismos de reconciliación de daños ambientales que pueden ocasionar los pasivos ambientales, como es el caso de las aguas residuales.
- Es conveniente ir hacia la internalización de los costos por la contaminación del agua. En la ciudad debemos empezar por cobrar las tarifas reales del agua y de regeneración de las aguas servidas para su reúso. La mayoría de las entidades responsables de gestión de aguas servidas urbanas del continente no cuentan con recursos para enfrentar las inversiones y costos de operación del tratamiento.

VIII. REFERENCIAS

- Arango, J. (2003). *Evaluación ambiental del sistema tohá en la remoción de salmonella en aguas servidas domésticas*. Tesis para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental. Universidad de Chile Vicerrectoría de asuntos académicos departamento de postgrado y postítulo programa ínter facultades.
- Aurazo, M. (2003). *Contaminantes del agua y sus efectos en la salud y el ambiente*. Universidad Nacional Agraria. Departamento de Física y Meteorología. Lima- Perú. 9 pp.
- Aldama R, Álvaro y Gómez L, (1996). *Fortalecimiento de la Capacidad Institucional del Sector Agua en México mediante la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la formación de recursos humanos*. IMTA. Jiutepec, Morelos, México. 20 pp.
- Avellaneda, (2004). *Gestión ambiental y planificación del desarrollo: El Reloj Verde*. Ecoe Ediciones.
- Baudran, Y. (2005). *Ciclo del agua “Objetivos de sostenibilidad”*. Copersa Ingeniería SAC. Miraflores – Lima Perú.
- Cáceres Tori O. M (1995). *Tratamiento de las aguas residuales domesticas para uso agrícola, mediante filtración directa de flujo ascendente*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Cabelli V.J. 1983. *Microbiological water quality for bathing: Epidemiological Studies*. JWPCF 10 TH Edition (55):1306-1314.
- Castillo G. (2001). *Diplomado en Medio Ambiente: Calidad microbiológica del agua*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Escuela de Postgrado.
- CEPAL, (2005). *Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas
- CEPIS, (2002). *Sistemas Integrados de tratamiento y Uso de aguas residuales en América Latina: Realidad y Potencial*. Convenio IRC/HEP/CEPIS/ (2000 – 2002). Lima. 37 pp.
- CEPIS-OPS, (2002). *Sistemas Integrados de Tratamiento y uso de las aguas residuales en América Latina: realidad y potencial*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Portal del proyecto Regional.
- Cilloniz, (2007). *El agua de Ica*. Diario el Comercio. 13 de Enero (2015).
- Constitución Política del Perú (1993). *Capit I: Del ambiente y los recursos naturales* 66 pp.
- Corbitt, R.A. (1992). *Standard Handbook of Environmental Engineering*. Mc. Graw Hill. USA.
- Citado por OPS, (1991). *Manual de Disposición Aguas Residuales Tomo I*.443 pp.

- CONAM, (2007). *Consejo Nacional del Ambiente*. Publicado en el diario el peruano el 23 de febrero de (2007). Decreto del Consejo Directivo No 003-2007- CONAM/CD
- CMMAD, (1987). *Nuestro Futuro Común*. Alianza Editorial, Madrid.
- DIGESA, (2003). *Parámetros Organolépticos*. Gesta agua. Lima Perú.
- Empresa HAMIL. BC PERU S.A, (2014). *Diseño y tratamiento de Aguas residuales*
- EPA (1999): *Environmental Protection United States Agency*, (Office of Water Washington, D.C).
- Freeman, A, Myrick. (1982). *Air and water pollution control a benefit-cost assessment*. New York: Wiley. 186 p.
- GEO, (2005). PNUMA (2005). *Perspectiva del Medio Ambiente Urbano*: GEO Lima y Callao.
- González Contreras.P, Chamy Magg.R, Poirrier González.P(2011). *Tratamiento anaerobio de aguas residuales urbanas en reactores de una y dos fases a baja temperatura*.
- Glynn, H; y Heinke, G.W. (1999). *Ingeniería Ambiental*. Edición 2da. Prentice Hall Hispanoamericana; S.A. pág. 778.
- Guerrero, M. (2006). *El agua*. Fondo de Cultura Económica. S.A. de CV: México DF. 21 pp.
- Guhl, E. (2006). *El Dilema del Agua: Cambio o Sed*. Eco Portal net. Leído el 9 de junio de 2006.
- Hernández, A. (2001). *Depuración y desinfección de aguas residuales*. Madrid, Colegio de Ingeniería de Caminos, canales y puertos. 1151p.
- Huaman C.; y Lascano, C.(1999). *Trabajo de Investigación: desinfección de efluentes de agua de desecho y potable con el sistema Trojan UV 300 PTP*. SEDAPAL-LA ATARJEA-LIMA PERU. Laboratorio de Biología y Desinfección (información electrónica).
- INEI, (1993). *Perú: Estadísticas del Medio Ambiente*. Lima – Perú. 225 pp.
- INEI, (2007). *Censo 2005*. Texto en Edición.
- INRENA, (1995). *Evaluación de Impacto Ambiental del Proyecto Derivación Kovire*. Tomo I. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Recursos Naturales. Proyecto Especial Afianzamiento y Ampliación de los Recursos Hídricos de Tacna. 141 pp.
- INRENA. (1995). *Estudio de Reconocimiento del Uso del Recurso Hídrico por los Diferentes Sectores Productivos en el Perú*. Lima.
- INRENA, (1996). *Curso – Taller “Evaluación del Impacto Ambiental”*. Ministerio de Agricultura. Instituto de Recursos Naturales. INRENA. Lima- Perú. 196 pp.
- Ley de Aguas. Decreto Ley 17752 del 24 de Julio de 1969.
- Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338 publicado el 30 de marzo del 2009

- Ley General del Ambiente. Ley N° 28611 en Lima, a los trece días del mes de octubre de dos mil cinco.
- Martel K.V., Pérez D.I. (2010). *Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas por medio del Sistema en Serie de U.A.S.B. y Filtro Biológico de Flujo Ascendente a Escala Experimental*.
- Manrique, R. (2002). *Proyecto Regional Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina*. Realidad y Potencial: Estudio de viabilidad sistema de aprovechamiento de las aguas residuales en el fundo San Agustín, Callao –Perú. 57 pp.
- Menahem Libhaber, (2004). *Manejo Sostenible de las Aguas Residuales Urbanas en Países en Vía de Desarrollo Lead Water and Sanitation Specialist*, The World Bank AIDIS Annual Conference San Juan, Puerto Rico August 23-25, 2012.
- Mejía, (2005). *Ordenamiento Territorial e Ingeniería Ambiental UNFV*.
- MTC (1997). Ministerio de Transportes y comunicaciones. Viceministerio de Vivienda y Construcción. *Reglamento Nacional de Construcciones. Norma S.090. Plantas de tratamiento de Aguas Residuales*. 90 pp.
- MA, (2004). Ministerio de Agricultura. *Estrategia Nacional para la Gestión de los Recursos Hídricos Continentales del Lima - Perú*
- Moscoso, J. (1995). *Reuso de aguas residuales en Perú. Taller Regional para América sobre Aspectos de Salud, Agricultura y Ambiente*, organizado por el Instituto Mexicano de tecnología del Agua (IMTA) Morelos, México 18 pp.
- Moscoso, J. & Egocheaga, L. (2002). *Sistemas Integrados de tratamiento y Uso de aguas residuales en América Latina: Realidad y Potencial*. Convenio IRC/HEP/CEPIS/ 2000 - 2002. Lima. 37 pp.
- Nagamine Costanzi, R., Hespanhol, I., Mierzwa, J.C. (2011). *Tratamiento de efluente doméstico de lodos activados por membrana de ultrafiltración*.
- Norma Técnica Peruana NTP 24.006 Agua para consumo humano: *Determinación de la turbiedad. Método nefelométrico*.
- Noyola, A. (2012). *Alternativas de tratamiento de aguas residuales*. Módulo I. Ed. IMTA, México, 3ª Ed. 71 pp.
- OPS (2001). *Manual de Disposición de Aguas Residuales. Origen, descarga, tratamiento y Análisis de aguas residuales*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Organización Panamericana de Salud OPS/Organización Mundial de la Salud. Lima – Perú.

- OMS, (2005): Organización Mundial de la Salud: *El agua, saneamiento y Salud*
- ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. 1999. *Agua y Salud. Organización Panamericana de la Salud*, Oficina Regional para Europa. 19p.
- Orta, T. (2001). *Desinfección de agua residual por UV proveniente de tratamiento físico-químico ó biológico para reuso agrícola*. Instituto de Ingeniería, UNAM. México DF.
- Popel, F. (1980). *Lehrbuch Fur abwassertechnik und Gewässerschutz. Deutscher Fachschriften Verlag, Wiesbaden*. Citado por GTZ tomo II. 1056 pp.
- Ramírez, E, & otros, (2003). *Caracterización físico-química y biológica de un lecho de macrófitas con pretratamiento anaerobio*. Facultad de Estudios Superiores Iztacala UNAM. Av. de los Barrios S/N, los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Edo. de México.
- Ramos, E. (2000). *Alternativas de tratamiento de aguas residuales*. Modulo III. Ed. IMTA, México, 3 ed. 58 pp.
- Recursos Mundiales (2001). *Instituto de Recursos Mundiales Washington*, DC 20002 USA.
- Remy, P. (1995). *Análisis económico de la contaminación de aguas en América Latina: El caso de Perú*. CINDE. Centro Internacional para el Desarrollo Económico. Georgetown University. San Francisco California. 461 pp.
- RIPODA, (2004). *Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua*. Capítulo 21 comportamiento de los indicadores de contaminación fecal en los diferentes sistemas de desinfección.
- Rodier J. (1978). *Análisis de las aguas*. Editorial Omega. Barcelona. pág. 60
- Romero, J. (2005). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Colombia.
- Rosadio Bernal Raúl, (2008). *Tratamiento de aguas*.
- Rubens Sette Ramalho. (2009). *Tratamiento de aguas residuales*. Editorial: REVERTE,S.A.
- Decreto Supremo N° 001-2010-AG .- *Reglamento de la Ley de Recursos Hidricos (Ley N° 29338)*.
- Sánchez Ramírez. E (2016). En su tesis. *Estudio del tratamiento del efluente de un reactor anaerobio de membranas sumergidas (SAnMBR) mediante un sistema de fangos activados*.
- Sáez, R. (2012). *Introducción y uso de aguas residuales en Agricultura y Acuicultura*.
- SEDAPAL, (2002). *Proyecto Mesías*. Lima – Perú. 18 pp.
- SEDAPAL, (2014). *Anuario Estadístico*
- SEDAPAL, (2005). *Plan Maestro de los sistemas de agua potable y alcantarillado de Lima y Callao*. Volumen I. Consorcio Greeley And Hansen- Latin Consult.

- SEDAPAL, (2006). *Actualización del Plan Maestro de los sistemas de agua potable y alcantarillado de Lima y Callao*.
- Shiklomanov, I.A.(1996). *Evaluación de los recursos y agua disponible, en el mundo. State Hydrological Institute. San Petersburgo. Documento técnico anexo de "Evaluación exhaustiva de las existencias de agua dulce en el planeta"*. Informe del Secretario General a la quinta sesión de la Comisión de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas. Nueva York, abril 1997. 64 pp.
- Sitton, D. (1998). *La agricultura avanzada como un instrumento contra la desertificación*.
- Torres, E. (2004). *Restricciones ambientales que afectan al desarrollo sostenible Lima - Perú. 41 pp.*
- UNFPA, (2004). *Estado de la población mundial. El consenso de Cairo diez años después: Población, salud reproductiva y acciones mundiales para eliminar la pobreza*.
- Universidad Nacional Agraria. (2003). *Análisis de la calidad del agua- Control y Aseguramiento. Departamento de Física y Meteorología. Lima- Perú. 40 pp.*
- Vega, E. (2000). *Alternativas de tratamiento de aguas residuales. Modulo II. Ed. IMTA, México, 3 ed. 58 pp.*
- Vinces, A. (1995). *Contaminación Ambiental y Defensa Ecológica de Lima*. Editora Yuracmayo E.I., R.L., Lima, Perú. 444 pp.
- Yáñez, F. (1992). *Teoría, Diseño, Evaluación y Mantenimiento de Lagunas de Estabilización, IEOS, Quito, Ecuador. 421 pp.*

Lincografía

- Análisis de Dimensión Política del Desarrollo Sostenible*. obtenido 12 de diciembre 2018
https://www.researchgate.net/publication/279538932_ANALISIS_DE_LA_DIMENSION_POLITICA_DEL_DESARROLLO_SUSTENTABLE_Y_LEVE_APROXIMACION_AL_CASO_COLOMBIANO
- Adaptación de la Gestión de Recursos Hídrico en Zonas Urbanas al Cambio Climático con la Participación del Sector Privado*: recuperado de.
<https://www.giz.de/en/html/sitemap.html?cv=1>
- Principales Características Territoriales y Demográficas del Distrito de Comas- Lima*:
 obtenido de. https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Comas
- Diagnostico y Plan de Desarrollo Concertado 2011 – 2021, distrito de Comas-Lima: Leído 2 de enero 2018*. obtenido de.
http://www.imp.gob.pe/images/IMP%20-%20PLANES%20DE%20DESARROLLO%20MUNICIPAL/comas_plan_de_desarrollo_concertado_2011_2021.pdf
- Dimensión Ética del Desarrollo Sostenible*: Recuperado de, Leído 10 de diciembre 2018.
<https://es.scribd.com/document/140556926/La-Dimension-Etica-Del-Desarrollo-Sostenible> .
- De una Ética Ambiental hacia una Ética para el Desarrollo Sostenible*: Recuperado de, Leído 30 de mayo 2018
http://www.acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/DOCS_ETICA/HACIA_UNA_ETICA_DEL_DESARROLLO_SOSTENIBLE.pdf
- Elección de la tecnología y definición de la capacidad de tratamiento de aguas en el distrito de comas*: Recuperado de.
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/proyecto/viabilidad/casos/sanagustin.pdf>
- Eficiencia de remoción de organismos patógenos*: Recuperado de.
<http://mgpa.forestaluchile.cldocumentos/arangoj.pdf>
- Lenntech (2005). *Agua residual, & purificación del aire Holding B.V.* Obtenido de.
<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/5722/1/JOSE%20LUIS%20ALEGRE%20LIZARDI.pdf>

Méndez Vega J. P, (2016). *Cambio Climático con la Participación del Sector Privado – PROACC*: Obtenido y Leído 12 de setiembre 2018

<http://msi.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2016/06/2016.09.3.-Tecnologicas-para-Reuso-de-Aguas-Residuales.pdf>

Programa 21. (1992). *Reunión Cumbre de la tierra. Río de Janeiro – Brasil. ECO-92*. Recuperado de . Leído el 14 de febrero de 2014.

[http://www.Cedha./Org.ar spanish/ agenda 21](http://www.Cedha./Org.ar%20spanish/agenda%2021)

PNUMA, (1998). *Informe sobre el desarrollo humano. Capítulo IV*. Recuperado de :

<http://www.Cedha./>

Proyecto “*Adaptación de la Gestión de Recursos Hídricos en Zonas Urbanas al Cambio climático*”: Recuperado y Leído el 20 de enero de 2016.

[Org.ar spanish/ agenda 21](http://www.Cedha./Org.ar%20spanish/agenda%2021)

Rotterdamseweg 402 M. Chemical elements. Recuperado y Leído el 4/11/2005

<http://www.lenntech.com/index.htm>.

Repositorio universidad nacional del Callao Facultad de ingeniería ambiental y recursos naturales: Recuperado de.

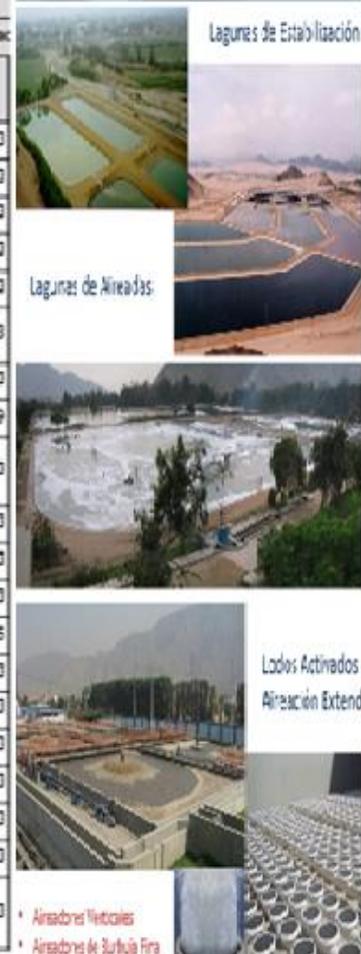
<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1481?cv=1&show=full>

Sostenibilidad Política: <https://journals.openedition.org/polis/5167>

IX. ANEXOS

Anexo N° 1: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Existentes al 2018

| PTAR | Tecnología de Tratamiento | Calidad | |
|---------------------------|--|--------------|------------|
| | | Caudal (l/s) | DBO (mg/L) |
| Ventania | Sistema Anaerobio-Aerobio | 200 | 360 |
| Puente Piedra | Lodos Activados Tipo SBR | 422 | 250 |
| Ancón | Lagunas de Oxidación | 20 | 250 |
| Santa Rosa | Filtro Biológico | 10 | 250 |
| Carapongo | Sistema Anaerobio-Aerobio | 500 | 250 |
| San Antonio de Carapongo | Lodos Activados Aireación Extendida | 199 | 423 |
| Cieneguilla | Lodos Activados Aireación Extendida | 118 | 250 |
| Nueva Sede | Lodos Activados Aireación Extendida | 0.5 | 229 |
| Manchay | Lodos Activados Tipo ICEAS + Tratamiento Terciario (Filtración) | 60 | 700 |
| Huáscar | Laguna Anaerobia - Lagunas Aireadas | 170 | 250 |
| San Juan | Lagunas Aireadas | 800 | 250 |
| José Galvez (Y) | Sistema Anaerobio-Aerobio | 100 | 250 |
| Julio C. Tello | Sistema Anaerobio-Lagunas Aireadas | 23 | 565 |
| Nuevo Lurín (Y) | Lagunas de Oxidación | 10 | 250 |
| Pucúsaca (Y) | Lagunas de Oxidación | 10 | 250 |
| San Bartolo | Lagunas Aireadas | 1700 | 250 |
| Putta Hermosa (Y) | Lagunas de Oxidación | 10 | 250 |
| Baños de S. Bartolo Sur | Lodos Activados Tipo SBR | 24 | 270 |
| Baños de S. Bartolo Norte | Lodos Activados Tipo SBR | 13 | 270 |
| Santa Clara | Lodos Activados Aireación Extendida + Tratamiento Terciario (Filtración) | 437 | 530 |



Fuente Sedapal: Ing. Francisco Quezada Neciosup

Anexo N° 2: Composición promedio de agua residual doméstica

| CONTAMINANTES | UNIDAD | CONCENTRACIÓN | | |
|---------------------------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | DEBIL | MEDIA | ALTA |
| Sólidos Totales | Mg/L | 350 | 720 | 1200 |
| Disueltos Totales | Mg/L | 250 | 500 | 850 |
| Disueltos Fijos | Mg/L | 145 | 300 | 525 |
| Disueltos Volátiles | Mg/L | 105 | 200 | 325 |
| Suspendidos Totales | Mg/L | 100 | 220 | 350 |
| Suspendidos Fijos | Mg/L | 20 | 55 | 75 |
| Suspendidos Volátiles | Mg/L | 80 | 165 | 275 |
| Sólidos sedimentables | Mg/L | 5 | 10 | 20 |
| DQO | Mg/L | 250 | 500 | 1000 |
| DBO ₅ | Mg/L | 110 | 220 | 400 |
| Nitrógeno (Total como N) | Mg/L | 20 | 40 | 85 |
| Orgánico | Mg/L | 8 | 15 | 35 |
| Amoniaco | Mg/L | 12 | 25 | 50 |
| Nitritos | Mg/L | 0 | 0 | 0 |
| Nitratos | Mg/L | 0 | 0 | 0 |
| Fósforos (Total como P) | Mg/L | 4 | 8 | 15 |
| Orgánico | Mg/L | 1 | 3 | 5 |
| Inorgánico | Mg/L | 3 | 5 | 10 |
| Cloruros | Mg/L | 30 | 50 | 100 |
| Sulfato | Mg/L | 20 | 30 | 50 |
| Alcalinidad (como CaCO ₃) | Mg/L | 50 | 100 | 200 |
| Grasas | Mg/L | 50 | 100 | 150 |
| Coliformes totales | NMP/100ml | 1X10 ⁶ | 1X10 ⁷ | 1X10 ⁸ |

Fuente: Metcalf & Eddy, 1991. Alternativa de Tratamiento de Aguas Residuales. IMTA. México.

Anexo N°3: Agentes infecciosos potencialmente presentes en aguas residuales domésticas no tratadas

| Organismo | Enfermedad Causada |
|---|--|
| Bacterias | |
| <i>Escherichia coli</i> (enterotoxígeno) | Gastroenteritis |
| <i>Leptospira</i> (spp.) | Leptospirosis |
| <i>Salmonella typhi</i> | Fiebre tifoidea |
| <i>Salmonella</i> (2,100 serotipos) | Salmonelosis |
| <i>Shigella</i> (4 spp.) | Shigellosis (disentería bacilar) |
| Protozoos | |
| <i>Balantidium coli</i> | Balantidiasis |
| <i>Cryptosporidium parvum</i> | Cryptosporidiasis |
| <i>Entamoeba histolytica</i> | Amebiasis (disentería amoébrica) |
| <i>Giardia lamblia</i> | Giardiasis |
| Helmintos | |
| <i>Ascaris lumbricoides</i> | Ascariasis |
| <i>T. solium</i> | Teniasis |
| <i>Trichuris trichiura</i> | Tricuriasis |
| Virus | |
| Virus entéricos (72 tipos; por ejemplo: virus <i>echo</i> y <i>coxsackie</i> del polio) | Gastroenteritis, anomalías del corazón y meningitis. |
| Hepatitis A | Hepatitis de tipo infeccioso |
| Agente de Norwalk | Gastroenteritis |
| Rotavirus | Gastroenteritis |

Fuente: Tabla adaptada de Crites and Tchobanoglous, 1998

Anexo N° 4: Carga diaria promedio por persona según IMHOFF/73/

| Carga diaria promedio por persona | Total (g./p.d) | Orgánico (g./p.d) | Inorgánico (g./p.d) |
|-----------------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|
| Total de desechos | 190 | 110 | 80 |
| Sustancias disueltas | 100 | 50 | 50 |
| En suspensión | 90 | 60 | 30 |
| sedimentables | 60 | 40 | 20 |
| No sedimentables | 30 | 20 | 10 |

Fuente: Imhoff, 78. Citado por OPS 1991.

Anexo N° 5: Niveles de Concentración de Materia Orgánica

| | Alta | Media | Baja(débil) |
|------------------|------|-------|-------------|
| DBO | 300 | 200 | 100 |
| DBO | 400 | 220 | 110 |
| DQO | 1000 | 500 | 250 |
| DBO ₅ | 300 | 200 | 100 |

Fuente: American public Health Association (los valores están en mg/l)*

Fuente: OPS, 1991.

* no incluye sedimentos

Anexo N° 6: Analisis microbiológico y fisico en aguas residuales observaciones de enteroparasitos y quistes de protozoarios.

producto: agua residual

Ubicación: Colectores Collique

| N° | FECHA | CANTIDAD | ANALISIS | | UNIDAD |
|----|------------|---------------|------------------------|-----------------------|---------------------|
| | | | MICROBIOLOGICO | PARASITOLOGICO | |
| 4 | 06.04.2016 | 1000 ml aprox | HELMINTOS | PROTOZOARIOS | |
| | | | Huevos Ziehl Nielsen | Quistes | Modificado |
| | | | Diphyllobotrium sp. <1 | Entamoeba coli... 05 | |
| | | | Cryptosporidium sp. <1 | Ent hys/ E. Dispar 02 | |
| | | | Ascaris sp.<1 | Endolimax sp 05 | |
| | | | Trichuris sp.<1 | Giardia sp..... .03 | |
| | | | Hymenolepis sp. ... <1 | Chilomastix sp... < 1 | |
| | | | Enterobius sp.<1 | Iodomoeba sp.... <1 | |
| | | | Taenia sp.<1 | Balantidium sp. < 1 | |
| 5 | 06.04.2016 | | HELMINTOS | PROTOZOARIOS | PROTOZOARIOS |
| | | | Huevos Ziehl Nielsen | Quistes | Coloracion de Ziehl |

| | | | MODIFICADO | Entamoeba coli. 07 | Cryptosporidium sp < 1 |
|----|------------|----------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| | | | Diphyllobotrium sp. 01 | Cyclospora sp 02 | |
| | | | Uncinaria sp 02 | Ent hys/ E. Dispar 05 | |
| | | | Ascaris sp.<1 | Endolimax sp 06 | |
| | | | Trichuris sp.<1 | Giardia sp..... 10 | |
| | | | Hymenolepis sp. . <1 | Chilomastix sp..... <1 | |
| | | | Enterobius sp.<1 | Iodomoeba sp..... <1 | |
| | | | Taenia sp.<1 | Balantidium sp. < 1 | |
| 6 | 15.04.2016 | | HELMINTOS | PROTOZOARIOS | PROTOZOARIOS |
| | | | Huevos Ziehl Nielsen | Quistes | Coloracion de Ziehl |
| | | | MODIFICADO | | |
| | | | Ausencia | Entamoeba coli..... 02 | Cryptosporidium sp < 1 |
| | | | | Cyclospora sp 03 | |
| | | | | En hys /E.dispar.*. <1 | |
| | | | | Endolimax sp01 | |
| | | | | Giardia sp..... 30 | |
| | | | | Chilomastix sp.05 | |
| | | | | Iodomoeba sp. <1 | |
| | | | | | |
| | | | | Balantidium sp. < 1 | |
| N° | FECHA | CANTIDAD | ANALISIS | | UNIDAD |
| | | | MICROBIOLOGICO | PARASITOLOGICO | |
| 7 | 24.04.2016 | | HELMINTOS | PROTOZOARIOS | PROTOZOARIOS |
| | | | Huevos Ziehl Nielsen | Quistes | Coloracion de Ziehl |
| | | | MODIFICADO | | |
| | | | Larva de Nematodos 14 | Entamoeba coli..... < 1 | Cryptosporidium sp < 1 |
| | | | | Cyclospora sp < 1 | |
| | | | | Ent hy /E.dispar. .02 | |
| | | | | Endolimax sp 02 | |
| | | | | Giardia sp..... 11 | |
| | | | | Chilomastix sp.< 1 | |
| | | | | Iodomoeba sp.0 1 | |
| | | | | Balantidium sp. < 1 | |
| 8 | 24.04.2016 | | HELMINTOS | PROTOZOARIOS | PROTOZOARIOS |
| | | | Huevos Ziehl Nielsen | Quistes | Coloracion de Ziehl |
| | | | MODIFICADO | | |
| | | | Larva de Nematodos 25 | Entamoeba coli.....0 6 | Cryptosporidium sp < 1 |
| | | | | Cyclospora sp .. < 1 | |
| | | | | Ent hy /E.dispar < 1 | |

| | | | |
|--|--|--|------------------------|
| | | | Endolimax sp0 8 |
| | | | Giardia sp.....19 |
| | | | Chilomastix sp.<1 |
| | | | Iodomoeba sp.<1 |
| | | | Balantidium sp. < 1 |

Anexo N° 7: Informe de análisis N° 002/17

Producto : Agua de colector
Ubicación : Collique
Cantidad de muestra : 04
Volumen de muestra : 200ml.
Determinación : Turbidez
Método : Nefelométrico

| N° de muestra | Fecha | Resultado | |
|---------------|----------|-------------|--------|
| | | ABSORBANCIA | NTU |
| 01 | 06.02.06 | 0.730 | 487.40 |
| 02 | 06.02.06 | 0.792 | 528.8 |
| 03 | 07.02.06 | 0.297 | 198.32 |
| 04 | 07.02.06 | 0.304 | 203.00 |
| 05 | 07.02.06 | 0.315 | 210.30 |
| 06 | 07.02.06 | 0.351 | 234.33 |
| 07 | 08.02.06 | 0.989 | 666.27 |
| 08 | 08.02.06 | 0.957 | 638.91 |
| 09 | 08.02.06 | 0.934 | 623.56 |
| 10 | 08.02.06 | 0.747 | 498.71 |
| 11 | 09.02.06 | 0.215 | 143.53 |
| 12 | 09.02.06 | 0.236 | 157.55 |
| 13 | 09.02.06 | 0.275 | 183.59 |
| 14 | 09.02.06 | 0.334 | 222.98 |
| 15 | 10.02.06 | 0.378 | 252.36 |
| 16 | 10.02.06 | 0.366 | 244.35 |
| 17 | 10.02.06 | 0.308 | 205.62 |
| 18 | 10.02.06 | 0.366 | 244.35 |

Observación: El muestreo fue realizado entre las 11:30 hrs a 13:30 hrs.

1.- J. Rodier !978 Análisis de las aguas. Edt. Omega. Barcelona. pág. 60

2.- Norma Técnica Peruana NTP 24.006 Agua para consumo humano: Determinación de la turbiedad. Método nefelométrico

Anexo N° 8: Factores a considerar para la selección y evaluación de los procesos de tratamiento

| FACTOR | COMENTARIOS |
|--|---|
| 1. Aplicabilidad de los procesos | La aplicabilidad de los procesos es evaluada con base en la Experiencia de plantas operando, datos de literatura y datos De plantas piloto. Es necesario realizar pruebas en plantas Piloto para determinar las condiciones de operación referentes Al agua residual problema |
| 2. Intervalo aplicable al flujo | Los procesos se diseñan considerando un intervalo de flujo Esperado |
| 3. Variación aplicable al flujo | Debido a que los procesos de tratamiento trabajan Eficientemente con un flujo constante; sin embargo, se debe Tener en cuenta las variaciones de flujo que pueden ser Toleradas por el sistema. Si la variación del flujo es muy Grande se deberá emplear un tanque regulador |
| 4. Características del agua residual | Las características del influente y efluente son la principal consideración para la selección de los procesos y los requerimientos para su operación |
| 5. Compuestos inhibidores y que No afectan al proceso | Se debe conocer que compuestos son inhibidores y bajo que Consideraciones. Asimismo cuales son los constituyentes que No afectan al tratamiento |
| 6. Limitaciones climáticas | Un incremento en la temperatura afecta la rapidez de reacción De algunos procesos químicos y biológicos. Por el contrario Un decremento afecta la operación física de las unidades |
| 7. Cinética de reacción y selección Del reactor | El tamaño del reactor se basa en la reacción cinética que Gobierna el proceso. Los valores para las ecuaciones cinéticas Son tomados de la práctica, la literatura y los resultados de las Plantas pilotos |
| 8. Funcionamiento | La operación de la planta es medida en términos de la calidad del efluente, la cual se establece con los requerimientos de descarga establecidos en la legislación |
| 9. Tipo de subproductos | Los tipos y cantidades de los productos residuales sólidos, |

| | |
|-----------------------------------|--|
| | líquidos y gaseosos deben ser conocida o estimada. El empleo |
| | de las plantas piloto permite identificar apropiadamente los |
| | residuos generados por el sistema |
| 10. Restricciones en el manejo de | Algunas limitaciones que deben considerarse en el |
| Lodos | procesamiento de los lodos son el sitio de disposición final |
| | y el costo de operación y disposición. Además, se tiene que |
| | considerar el efecto de la recirculación en el sistema. La |
| | selección del sistema de tratamiento de lodos y el sistema |
| | para tratar aguas residuales debe hacerse en forma conjunta |
| | |
| 11. Restricciones ambientales | Si se emplean procesos biológicos debe considerarse la |
| | disponibilidad de nutrientes. Los factores ambientales como |
| | los vientos predominantes y la dirección del mismo, pueden |
| | restringir el uso de algunos procesos, especialmente en |
| | aquellos que generan olores |
| | |
| 12. Requerimientos químicos | Se debe tener disponibilidad de los reactivos empleados por |
| | el sistema (proveedor y cantidad) para períodos largos de |
| | Operación |
| | |
| 13. Requerimientos energéticos | Los requerimientos de energía, así como los costos de |
| | energía en el futuro, deben ser evaluados para el sistema |
| | durante el diseño |
| | |
| 14. Otros tipos de requerimientos | Se debe considerar durante el diseño el empleo de otros |
| | servicios dentro de la planta |
| | |
| 15. Disponibilidad | Se debe conocer si la operación del proceso es fácil y bajo |
| | que consideraciones opera, esto es, acepta variaciones de |
| | tipo hidráulico y si ocurren que tanto afectan al sistema |
| | |
| 16. Complejidad | Es necesario establecer el grado de complejidad de los |
| | procesos en su operación bajo condiciones normales y |
| | adversas. De esta forma se podrá establecer el nivel |
| | requerido para el personal de la planta |
| | |
| 17. Empleo de procesos en desuso | Debe establecerse en caso de emplear sistemas poco |
| | comunes, la compatibilidad con otros procesos |
| | |
| 18. Compatibilidad | Se debe establecer si los procesos usados pueden instalarse |
| | en plantas operando. Asimismo, se tiene que fijar una |
| | expansión a futuro de la planta y si se pueden modificar los |
| | procesos existentes |

Anexo N° 9: Metodología para obtener los indicadores de rentabilidad

VAN AL 14 %.....1 460, 512

DETERMINACION DEL TIR

AL 99 %

VAN = 292,540

AL 100 %

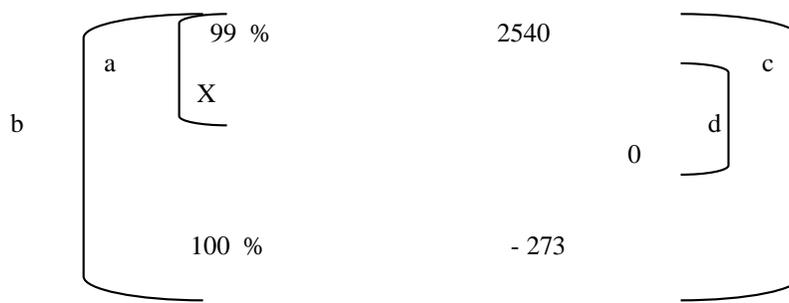
VAN 279, 727

INVERSIÓN 290, 000

99 % 292,540 – 290,000 = +2 540

100 % 289,727 – 290,000 = - 273

INTERPOLANDO LAS CANTIDADES TENEMOS



Utilizando las proporciones

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$$

$$a = \frac{b \times c}{d} = \frac{(100 - 99) (2540 - 0)}{(2540) - (- 273)} = 0.89$$

TIR = 99 % + a

TIR = 99 % + 0.89

TIR = 99.89 %

VAN AL 14 % 1 180 512

TIR 99.89 %

14,00 %

85, 89 %

Entonces el recupero anual: 85,89/10 años = 8,589. Recupero = 8.589%

Anexo N° 10: Porcentaje de reducción de microorganismos patógenos con relación a los Procesos de tratamiento

| Procesos | N° colonia (%) | Coliformes (%) | Salmonella (%) | Bacilus Tubercul (%) | Vibrio Ch. Y Shigella (%) | Virus (%) |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|---------------------------|-----------|
| Lodos activados | 90-98 | 90-98 | 90-98 | 88 | 91-99 | 90 |
| Lechos bacterianos | 70-95 | 70-95 | 84-99 | 66 | | |
| Digestión anaerobia | D/d | | 25-93 | 90-96 | | |
| Cloración | 98-99 | 98-99 | 98-99 | 98-99 | 98-99 | 98-99 |
| Sedimentación | | | | | | 40-50% |
| Fuente: Hernández, 2001 | | | | | | |

Anexo N° 11: Análisis físicos empleados para determinar las Impurezas en el agua residual

| PRUEBA | ABREVIACION | USO |
|---------------------|-------------|--|
| Turbiedad | UTN | Para asegurar la claridad del agua |
| Sólidos | ST | Para asegurar el reúso potencial de un agua residual y para determinar |
| Sólidos totales | | los procesos empleados para su |
| Sólidos totales | STV | tratamiento; la prueba de SDT prevé |
| Volátiles | | la disponibilidad de una fuente de |
| Sólidos suspendidos | SSF | agua para uso público, industrial y |
| Fijos | | Agrícola |
| Sólidos suspendidos | SSV | |
| Volátiles | | |
| Sólidos disueltos | SDT | |
| Totales | | |
| (ST-SS) | | Para determinar los sólidos que |
| Sólidos | Sse | pueden sedimentar en un tiempo |
| Sedimentables | | específico; los valores de la prueba |
| | | se usan para facilitar el diseño de los |

| | | |
|-------------|--------------|---|
| | | Sedimentados |
| Color | Varios tonos | Para determinar la presencia de agentes colorantes sintéticos y naturales en el agua |
| | De luz | |
| | Amarilla | |
| | Luz café, | Define la condición del agua residual (fresca o séptica) |
| | Gris, negro | |
| Olor | LMCO* | Determinar si el nivel de olor puede ser un problema |
| Temperatura | °C | Para diseñar los procesos de tratamiento: determina la concentración de saturación de gases |

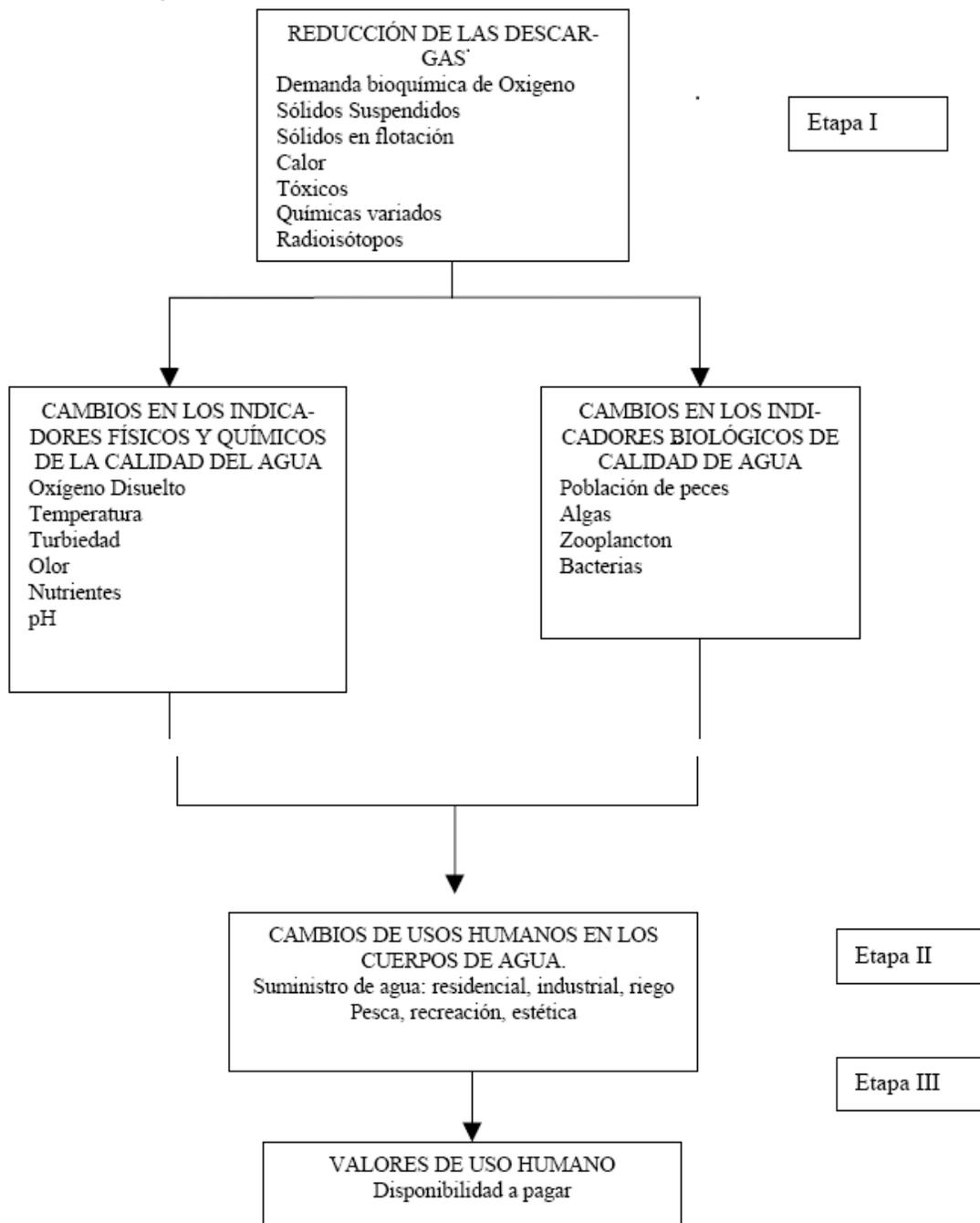
*LMCO Límite mínimo de la concentración de olor detectado En Resumen: las características físicas importantes para la calidad del agua son: Los Sólidos, Temperatura, Color, Olor y sabor, Radioactividad (UNA, 2003).

ANEXO N° 12: Matriz de Calificación de Impactos Ambientales en la planta de tratamiento-Comas

| MATRIZ DE CALIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES | | | | | | | | |
|--|-----------------------|------------|-----------|--------------|--------------|------------------------|---------------|--------------|
| ALTERACIONES AMBIENTALES GENERADORAS DE IMPACTOS | ATRIBUTOS DE IMPACTOS | | | | | | | |
| | CALIDAD AMBIENTAL | INTENSIDAD | EXTENSION | PERSISTENCIA | RECUPERACION | RELACION CAUSA -EFECTO | INTERRELACION | PERIODICIDAD |
| ALTERACION DE LA CALIDAD DEL AIRE | Positivo | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno |
| ALTERACION DE LA CALIDAD DEL SUELO | positivo | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno |
| ALTERACION DE LA CALIDAD DEL AGUA | positivo | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno |
| ALTERACION FAUNA Y FLORA | positivo | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno |
| ALTERACION EN LA SALUD OCUPACIONAL | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |
| ALTERACION EN EL MEDIO SOCIOECONOMICO | positivo | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno | ninguno |

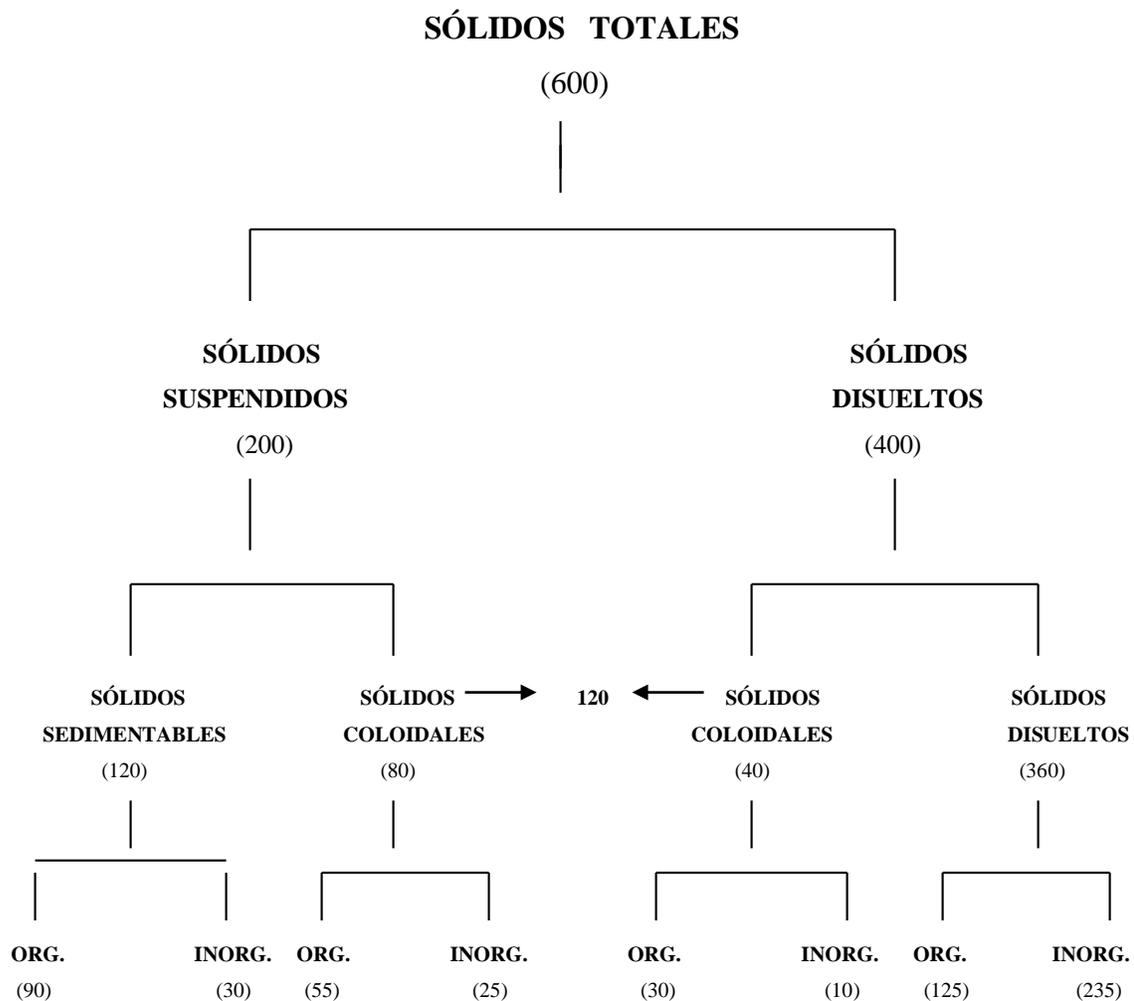
Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 13: Beneficios ambientales que genera el mejoramiento de la calidad del agua.



Fuente: Freeman, A. 1982. Air and Water Pollution control a benefit-cost assesment.

ANEXO N° 14: Sólidos Totales



ANEXO N° 15: Antecedentes de la localidad donde se desarrolla el estudio

| PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS TERRITORIALES Y DEMOGRÁFICAS DEL DISTRITO DE COMAS | |
|---|--|
| Alcalde | Miguel Saldaña Reátegui (PSN) (2015-2018) |
| Subdivisiones | 14 Zonas |
| Urbanizaciones | 27 |
| Asoc. de prop. | 22 |
| AAHH | 64 (entre otros grupos más) |
| Fundación | 12 de diciembre de 1961 por decreto Ley N° 13757 |
| Superficie | Total 48.75 km ² |
| Altitud | Máxima 811 m s. n. m. Mínima 150 m s. n. m. |
| Clima | Clima subtropical árido |
| Curso de agua | Rio chillon (cuenca hidrográfica del chillon) |
| Población (2016) | Puesto 4.º(LM)• Total 532, 900.hab.(Dpto. de Estadística –CPI) |
| Densidad | 10 813.641 hab/km ² |
| PIB (nominal) | • Total n/d |

Anexo N° 17 Servicio y calidad de las áreas verdes

El distrito de Comas-Lima, cuenta con un total de 333 parques y 38 zonas arborizadas que tienen un total estimado de **1, 902,001.63 m2, de áreas verdes** del distrito de Comas a los cuales se les brinda el mantenimiento constante, tal como se detalla a continuación en las tablas 1.8 y 1.9

Resumen inventario de áreas verdes ordenanza 349-MDC

| GRUPO SERVICIO | AREA VERDES (extensión en m2) | % de participación |
|----------------|-------------------------------------|-----------------------|
| | (a) | (b)=(a)/Σ(a) |
| GUPO I | 1,505,539.31 | 79% |
| GUPO II | 396,462.32 | 21% |
| | 1,902,001.63 | 100% |

Resumen de inventario de áreas verdes periodo 2017

| GRUPO SERVICIO | Zonales | AREA VERDES (extensión en m2) | % de participación |
|----------------|------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| | | (a) | (b) |
| GUPO I | 1,6,7,8,9,10,11 | 1,553,398.60 | 79.36% |
| GRUPO II | 2.3,4,5,12,13.14 | 404,093.79 | 20.64% |
| | | 1,957,492.39 | 100.00% |

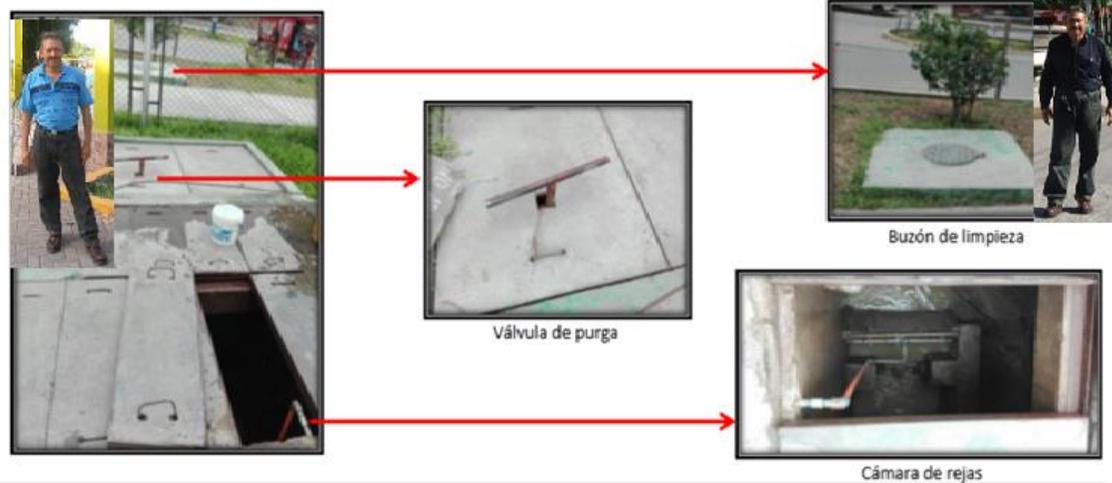
ANEXO N° 18: GALERIA DE FIGURAS (FOTOS) DE PCTAR COMAS**Figura N°A. 1: CAMARA DE REJAS DEL PCTAR COMAS****Figura N°A. 2: DESARENADOR PCTAR COMAS**

Figura N°A. 3: MUESTREO EN EL REACTOR BIOLÓGICO PCTAR COMAS



Figura N°A. 4: FILTRO MULTIMEDIA PCTAR COMAS



Figura N°A. 5: SEDIMENTADOR PCTAR COMAS



Figura N°A. 6: REACTOR BIOLÓGICO PCTAR COMAS



Figura N°A. 7: SISTEMA DE FILTRO MULTIMEDIA PCTAR COMAS



Mantener presionado el botón marcado del multimedida por 6 seg.
Abrir la válvula A tal como muestra la imagen.
Cerrar la válvula B tal como muestra la imagen.

Al terminar el retrolavado automático luego del tiempo programado:
Cerrar válvula A a su 180°
Abrir la válvula B al 100%
El cambio de operación de los motores se hará de modo automático.



Figura N°A. 8: CENTRO CIVICO DE COMAS



Figura N°A. 19: COLLIQUE LÍMITES EN ZONALES 5 Y 12



Figura N°A. 10: AREAS VERDES EN LA VERMA CENTRAL DE LÍMITE CON EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA



Figura N°A. 11: TRATAMIENTO BIOLÓGICO SISTEMA COMPACTO

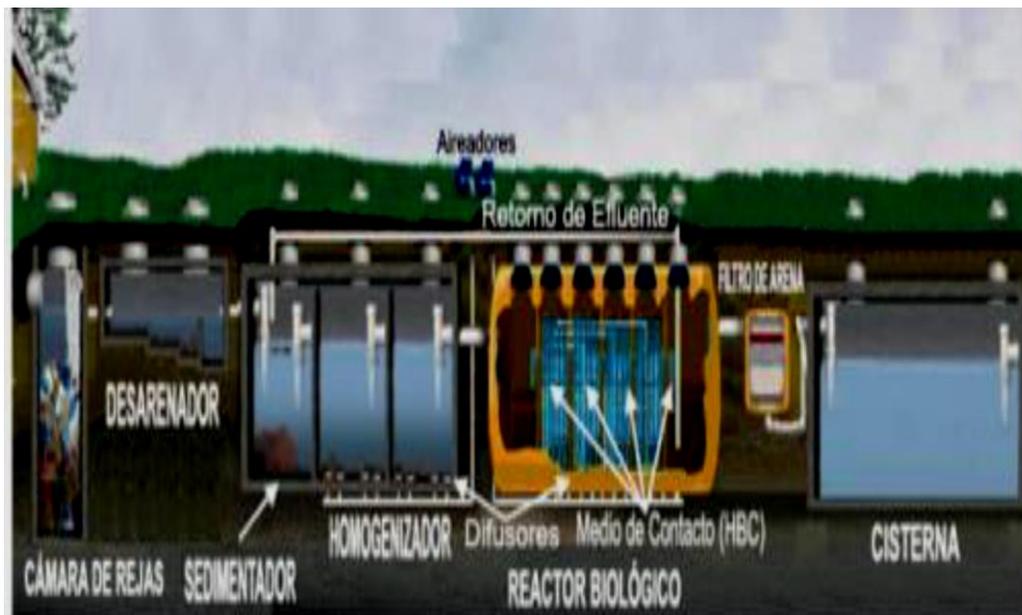


Figura N°A. 12: MONTAJE DE TANQUES DE TRATAMIENTO Y EQUIPOS SISTEMA COMPACTO



Figura N°A. 13: TECNOLOGIA Y METODO HBC

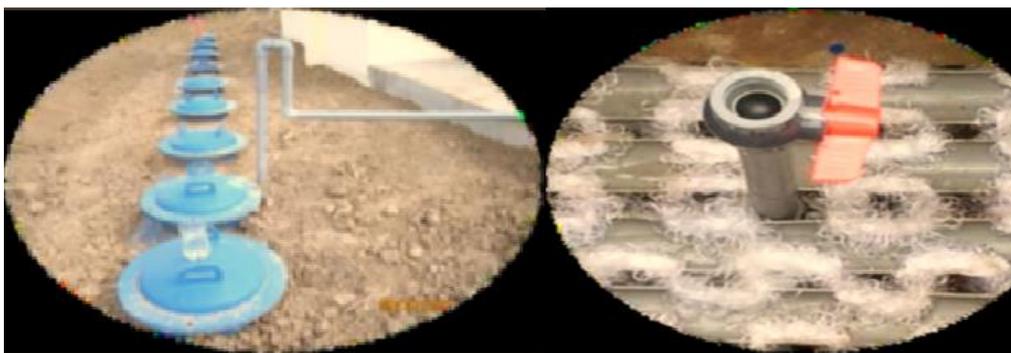


Figura N°A. 14: RIEGO DE PARQUES Y JARDINES EN COMAS

