



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

TESIS

**Remoción de material particulado para disminuir
la carga orgánica de las aguas residuales en
Trujillo Metropolitano, 2017**

PRESENTADO POR:

Br. Juan del Carmen Mimbela León

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

TRUJILLO - PERÚ

2017

DEDICATORIA

A DIOS;

Por ser fuente de guía interior para ir por el buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar ante las adversidades, encarándolas con dignidad, honradez y buscando el bien común.

A mis padres;

Personas que han entregado gran parte de su vida para velar por mi bienestar y se constituyeron en el pilar de mi desarrollo personal y profesional, con su permanente preocupación y sabios consejos me otorgan la confianza y seguridad de que siempre estarán allí, incluso desde la eternidad; comprometiéndose a no defraudarlos y hacer denodados esfuerzos por formar unas niñas de bien y solidarias con su sociedad.

A mis hijos;

Porque desde que llegaron a este mundo, en diferentes etapas, dieron sentido a mi vida, y son la fuente de motivación permanente para seguir adelante, para no desmayar ante las adversidades y las pruebas que nos depara el destino; comprometiéndome en ser su soporte y guía eterna para consolidar su desarrollo personal y profesional, en armonía con la valoración y cuidado del ambiente que los rodea y sus naturales.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRAC

INTRODUCCIÓN

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO | 18 |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática | 19 |
| 1.2. Delimitación y definición del problema..... | 23 |
| 1.2.1. Delimitaciones..... | 23 |
| 1.2.2. Definición del problema..... | 24 |
| 1.3. Formulación del problema | 25 |
| 1.3.1. Problema principal | 25 |
| 1.3.2. Problema específicos..... | 25 |
| 1.4. Objetivo de la Investigación..... | 26 |
| 1.4.1. Objetivo principal | 26 |
| 1.4.2. Objetivo específico..... | 26 |
| 1.5. Hipótesis de la investigación | 27 |
| 1.5.1. Hipótesis general | 27 |
| 1.5.2. Hipótesis específicas..... | 27 |
| 1.6. Variables e indicadores | 28 |
| 1.6.1. Variable Independiente: Remoción de material particulado | 28 |
| 1.6.2. Variable Dependiente: Disminución de la carga orgánica..... | 29 |
| 1.7. Viabilidad de la Investigación | 30 |
| 1.7.1. Viabilidad técnica | 30 |
| 1.7.2. Viabilidad operativa..... | 30 |
| 1.7.3. Viabilidad económica | 31 |
| 1.8. Justificación e importancia de la investigación | 31 |
| 1.8.1. Justificación | 31 |
| 1.8.2. Importancia | 32 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 1.9. | Limitaciones de la investigación | 33 |
| 1.10. | Tipo y nivel de la investigación | 34 |
| 1.10.1. | Tipos de investigación..... | 34 |
| 1.10.2. | Nivel de investigación | 34 |
| 1.11. | Método y diseño de la investigación | 34 |
| 1.11.1. | Método de la investigación..... | 34 |
| 1.11.2. | Diseño de la investigación | 34 |
| 1.12. | Técnicas e instrumentos de recolección de la información..... | 35 |
| 1.12.1. | Técnicas..... | 35 |
| 1.12.2. | Instrumentos | 35 |
| 1.13. | Cobertura del estudio | 35 |
| 1.13.1. | Universo..... | 35 |
| 1.13.2. | Muestra..... | 35 |
| 1.14. | Informe final..... | 36 |
| 1.15. | Cronograma y presupuesto | 37 |
| 1.15.1. | Cronograma..... | 37 |
| 1.15.2. | Presupuesto..... | 39 |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO | | 40 |
| 2.1. | ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN | 41 |
| 2.2. | MARCO HISTÓRICO | 43 |
| 2.3. | MARCO CONCEPTUAL..... | 45 |
| 2.3.1. | Aguas Residuales..... | 45 |
| 2.3.1.1. | Aguas Residuales Domesticas..... | 45 |
| 2.3.1.2. | Aguas Residuales Municipales | 45 |
| 2.3.1.3. | Aguas Residuales Industriales | 45 |
| 2.3.1.4. | Aguas Residuales Negras..... | 45 |
| 2.3.1.5. | Aguas Residuales Grises..... | 46 |
| 2.3.1.6. | Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Trujillo Metropolitano..... | 46 |
| 2.3.1.7. | PTAR Las Delicias | 46 |
| 2.3.1.8. | PTAR Covicorti..... | 47 |
| 2.3.1.9. | PTAR Cortijo | 48 |
| 2.3.1.10. | PTAR Huanchaco | 49 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 2.3.1.11. | PTAR Salaverry | 49 |
| 2.3.2. | Parámetros usados en análisis de tratamiento de aguas residuales | |
| 2.3.2.1. | Carga Orgánica | 50 |
| 2.3.2.2. | Caudal | 50 |
| 2.3.2.3. | Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) | 50 |
| 2.3.2.4. | Demanda química de oxígeno (DQO) | 51 |
| 2.3.2.5. | Aceites y grasas | 51 |
| 2.3.2.6. | Sólidos..... | 52 |
| 2.3.2.7. | Eficiencia del tratamiento..... | 54 |
| 2.3.2.8. | Muestra compuesta | 54 |
| 2.3.2.9. | Muestra puntual..... | 54 |
| 2.3.2.10. | Carga másica de contaminantes | 54 |
| 2.3.3. | Remoción física | 54 |
| 2.3.4. | Pretratamiento | 55 |
| A. | Tanque de tormentas..... | 56 |
| B. | Cribado | 56 |
| C. | Rejas | 58 |
| D. | Tamices | 60 |
| E. | Dilaceración..... | 62 |
| F. | Desarenado | 64 |
| G. | Desengrasado | 67 |
| H. | Homogeneización | 70 |
| 2.3.5. | Otros Tratamientos de Aguas Residuales..... | 73 |
| CAPITULO III: CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA..... | | 77 |
| 3.1. | GENERALIDADES | 78 |
| 3.2. | ESTUDIO DE FACTIBILIDAD | 78 |
| 3.2.1. | Factibilidad técnica | 78 |
| 3.2.2. | Factibilidad operativa | 78 |
| 3.2.3. | Factibilidad económica | 79 |
| CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS | | 80 |
| 4.1. | Población y Muestra | 81 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1.1. Población..... | 81 |
| 4.2.1. Muestra..... | 81 |
| 4.2. Prueba de Pretest-Posttest y Grupo Experimental | 81 |
| 4.3. Análisis de Resultados | 82 |
| 4.3.1. Resultados obtenidos en PTAR COVICORTI | 82 |
| 4.3.2. Resultados obtenidos en PTAR CORTIJO | 85 |
| 4.3.3. Resultados obtenidos en PTAR SALAVERRY | 88 |
| 4.3.4. Resultados obtenidos en PTAR LAS DELICIAS | 91 |
| 4.3.5. Resultados obtenidos en PTAR HUANCHACO | 93 |
| 4.4. Prueba de Hipótesis | 97 |
| CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 98 |
| 5.1. Conclusiones | 98 |
| 5.2. Recomendaciones | 99 |
| FUENTES DE INFORMACIÓN | 100 |
| ANEXOS | 104 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|--|
| Tabla 01: Indicadores de las dimensiones de la remoción de material particulado..... | |
| Tabla 02: Indicadores de las dimensiones de la disminución de la carga orgánica | |
| Tabla 03: Cronograma de Actividades de remoción de material particulado ... | |
| Tabla N° 4: Análisis encontrados en PTAR COVICORTI. Antes de pasar por el cribado y sin remoción del material particulado..... | |
| Tabla N°5: Análisis de laboratorio encontrados en PTAR COVICORTI después de pasar por el cribado..... | |
| Tabla N° 6. Análisis encontrados en PTAR CORTIJO. Antes de pasar por el cribado y sin remoción del material particulado..... | |
| Tabla N°7: Análisis encontrados en PTAR CORTIJO después de pasar por el cribado | |
| Tabla N°8: Análisis encontrados en PTAR SALAVERRY antes de pasar por el cribado | |
| Tabla N° 9: Análisis encontrados en PTAR SALAVERRY después de pasar por el cribado..... | |
| Tabla N°10: Análisis encontrados en PTAR LAS DELICIAS antes de pasar por el cribado..... | |
| Tabla N° 11: Análisis encontrados en PTAR LAS DELICIAS después de pasar por el cribado..... | |
| Tabla N°12: Análisis encontrados en PTAR HUANCHACO antes de pasar por el cribado..... | |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|--|
| Figura Nº1. Plano de la ubicación de las cuencas de drenaje de aguas residuales de la ciudad de Trujillo | |
| Figura 2: Pozo de gruesos a la entrada de la depuradora de Rubí (Barcelona) | |
| Figura 3: (A) Tornillos sin fin para la elevación de las aguas desde el pozo de gruesos al nivel de tratamiento en la EDAR de Granollers (Barcelona). (B) Esquema de funcionamiento | |
| Figura 4: Reja mecánica de limpieza automática con rastrillos (izq.) Mecanismo tractor del rastrillo | |
| Figura 5: Esquema de rejas autolimpiables sin sistema de rastrillo | |
| Figura 6: Izq.: Tamiz Estático de la EDAR de Alcanar (Tarragona). Drcha.: Esquema de funcionamiento: El agua pasa a través del tamiz y es recogida por un colector, mientras que los sólidos son conducidos hacia la parte delantera y separado por un tornillo sin fin | |
| Figura 7: Tamiz Rotativo. Esquema de funcionamiento de un tamiz rotativo ... | |
| Figura 8: Aspecto externo de un dilacerador | |
| Figura 9: Sección transversal de una instalación de dilaceración | |
| Figura 10: Vista aérea de la EDAR de Granollers, en Barcelona. Los tanques desarenadores aireados se encuentran en la zona central izquierda, y pueden identificarse por su forma rectangular y por la espuma que genera la inyección de aire | |
| Figura 11: Esquema de funcionamiento de un desarenador – desengrasador | |

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis docentes, profesionales que con sus conocimientos y experiencias transmitidas me han permitido tomar conciencia de la difícil realidad que experimenta nuestro planeta, fundamentalmente por impacto del cambio climático, y valorar nuestros recursos naturales, para promover acciones hacia su uso eficiente y lograr su sostenibilidad.

Quiero expresar un reconocimiento especial a todas aquellas personas, compañeros de estudios y trabajo, profesionales y amigos, que han contribuido con sus conocimientos, consejos e información, para lograr un producto que estoy seguro contribuirá en la gestión de un recurso natural tan importante para la vida y bienestar de las personas, como es el agua.

RESUMEN.

La necesidad de hacer tratamiento a las aguas residuales es de gran interés en la actualidad ya que estas deben ser vertidas al mar luego de ser tratadas para no generar un impacto negativo en el ecosistema marino. La generación de aguas residuales es cada vez mayor, además hay un volumen creciente de residuos biológicos y químicos que son arrojados a la red aguas superficiales incrementando la carga orgánica de las mismas, desde este punto de vista y teniendo en cuenta que la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales es muy costosa así mismo la implementación de un sistema de tratamiento preliminar avanzado para reducir la carga orgánica y otros parámetros indicadores de la calidad de las aguas es importante determinar los beneficios que se lograrían con dicho sistema. En esta investigación se estudió la remoción de material particulado para disminuir la carga orgánica de las aguas residuales en Trujillo Metropolitano. Se evaluaron cinco plantas de tratamiento tales como: PTAR Covicorti, Cortijo, Salaverry, Las Delicias y Huanchaco. Para evaluar la remoción de material particulado en la disminución de la carga orgánica se hicieron los análisis de los siguientes parámetros: demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno, sólidos sedimentables, aceites y grasas.

En este documento se encuentra información pertinente acerca del tratamiento preliminar en las plantas de tratamiento de aguas residuales; así como la información necesaria para comprender los mecanismos que se llevan a cabo en el interior de este tipo de sistemas.

Se obtuvieron resultados en remoción de carga orgánica inferiores al 8% y en los parámetros como DQO inferiores al 10%, DBO inferiores al 8%, sólidos sedimentables inferiores al 25% y aceites y grasas inferiores al 14%.

ABSTRAC.

The need to treat wastewater is of great interest at present as it must be discharged into the sea after being treated so as not to generate a negative impact on the marine ecosystem. The generation of wastewater is increasing, in addition there is a growing volume of biological and chemical waste that is discharged into the surface water network increasing the organic load of them, from this point of view and taking into account that the construction of wastewater treatment plants is very costly as well as the implementation of an advanced preliminary treatment system to reduce the organic load and other parameters indicators of water quality is important to determine the benefits that would be achieved with such a system. This research studied the removal of particulate matter to reduce the organic load of wastewater in Metropolitan Trujillo. Five treatment plants such as: PTAR Covicorti, Cortijo, Salaverry, Las Delicias and Huanchaco were evaluated. In order to evaluate the removal of particulate matter in the reduction of organic load, the following parameters were analyzed: chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand, sedimentary solids, oils and fats.

This document contains relevant information on preliminary treatment in wastewater treatment plants, as well as information necessary to understand the mechanisms that are carried out within this type of system.

Results were obtained in removal of organic load below 8% and COD parameters below 10%, BOD below 8%, sedimentary solids below 25% and oils and fats below 14%.

INTRODUCCIÓN

Una afirmación trascendental de la Organización Mundial de la Salud ha sido la manifestación de que “el goce del grado máximo de salud que se pueda lograr, es uno de los derechos fundamentales de todo ser humano sin distinción de raza, religión, ideología política o condición económica o social”. Para OMS la salud es un “estado de completo bienestar físico, mental y social”, quedando fijado el nivel de salud por el grado de armonía que exista entre el hombre y el medio que sirve de escenario o de recurso a su vida. La contaminación de las aguas es una de los factores importantes que rompe esa armonía entre el hombre y su medio ambiente, precisándose en consecuencia luchar contra ella para recuperar el equilibrio necesario. (Hernández y col., 2014)

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las redes y son transportados mediante el sistema de alcantarillado. En general, se consideran aguas residuales domésticas (ARD) a los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. Las aguas residuales municipales son los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal (Choi y col, 2017). Las aguas residuales industriales son las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura. Las aguas residuales negras son las aguas residuales provenientes de los inodoros, es decir, aquellas, que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. (Romero, 2000).

Las aguas residuales municipales, son una mezcla compleja que contiene agua mezclada con contaminantes orgánico e inorgánico, tanto en suspensión como disueltos. La concentración de estos contaminantes normalmente es muy pequeña, y se expresa en mg/L, esto es miligramos de contaminante por Litro de la mezcla (Castillo y col, 2012). Esta es una relación de peso/volumen que se emplea para indicar concentraciones de componentes de agua, aguas residuales, desperdicios industriales y otras soluciones diluidas. Puesto que la densidad relativa de estas soluciones diluidas es similar a la del agua, las

concentraciones también se pueden considerar relaciones de peso/peso, como mg/Kg o ppm (partes por millón). Sin embargo, cuando la densidad relativa no es 1.00, mg/L y ppm no son términos indistintos. (Glynn y col., 1999)

En la actualidad las plantas de tratamiento de aguas residuales Covicorti y El Cortijo, han cumplido su vida útil y existe la necesidad de realizar los estudios necesarios para el diseño de las nuevas plantas de tratamiento de Trujillo Metropolitano, entendiendo que a la fecha sólo se trata el 65% de las aguas residuales que se generan en la ciudad de Trujillo y el remanente 35% se descargan, sin ningún tratamiento, al Océano Pacífico (ANA, 2013).

En ese sentido la empresa SEDALIB S.A. viene realizando el perfil técnico para determinar el tipo de tecnología que se deberá implementar en las nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales que brindarán servicio a la ciudad de Trujillo Metropolitano. Es por ello que el presente estudio, tiene como objetivo evaluar el efecto de la remoción de material particulado en la disminución de la carga orgánica de las aguas residuales en Trujillo Metropolitano durante el año 2017 así como determinar la relación entre la remoción del material particulado con la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, los sólidos sedimentables y la turbidez de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano del 2017.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El hombre ha utilizado las aguas no sólo para consumo humano sino para su actividad y confort, convirtiendo las aguas usadas en vehículos de desechos. De aquí surge la denominación de aguas residuales. (Hernández, 1998). La contaminación de las aguas es uno de los factores importantes que rompe la armonía entre el hombre y su medio, tanto a corto, como a medio y largo plazo; por lo que la prevención y lucha contra ella constituye en la actualidad una necesidad. Para la ONU, la escasez de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado influyen negativamente en la seguridad alimentaria, las opciones de medios de subsistencia y las oportunidades de educación para las familias pobres en todo el mundo. La sequía afecta a algunos de los países más pobres del mundo, recrudece el hambre y la desnutrición. Para 2050, al menos una de cada cuatro personas probablemente viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce (Arango, 2005).

Según Batista (2013) indica que el 80% de la población latinoamericana vive en ciudades y una gran proporción en asentamientos próximos a fuentes contaminadas, y siendo América Latina una de las regiones más biodiversas del mundo y dueña de un tercio de las fuentes de agua del mundo, la contaminación del agua representa secuencias ecológicas adversas. Además, afirma que el 70% de las aguas residuales de la región latinoamericana no son tratadas. El agua es extraída, usada y devuelta completamente contaminada a los ríos. El tratamiento de aguas residuales es importante para volver a utilizar el agua, evitar su contaminación y la del ambiente (especialmente por sus efectos en la producción agropecuaria) y por salud pública. Las zonas con inadecuado abastecimiento de agua sufren por lo general de enfermedades como el cólera, la hepatitis, la disentería, gastroenterocolitis, etc.; por lo que el tratamiento de aguas residuales requiere del diseño de políticas de saneamiento ambiental, más aun teniendo en cuenta que en las ciudades, se generan aguas residuales originadas por uso doméstico, uso industrial y uso residual agrícola, para lo cual se requieren plantas de tratamiento

de aguas residuales especialmente en las ciudades, dado el alto nivel de concentración urbana (Maldonado, J & Ramón, J. 2015).

Reynolds (2002) refiere que los pasos básicos para el tratamiento de aguas residuales son el pre tratamiento, remoción física de objetos grandes; deposición primaria, sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos; tratamiento secundario, digestión biológica usando lodos activados o filtros de goteo que fomentan el crecimiento de microorganismos; y tratamiento terciario, tratamiento químico (por ejemplo, precipitación, desinfección).

De la revisión del estudio efectuado por SUNASS (2008), se desprende que el 70% de las aguas residuales en el Perú no tienen tratamiento de aguas residuales; asimismo, de las 143 plantas de tratamiento residual que existen en el Perú, solo el 14% cumplen con la normatividad vigente para el cabal funcionamiento de las mismas; de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015, existe un déficit de 948 millones de dólares americanos, la inversión ejecutada hasta el 2005 por las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) alcanzó el importe de 369 millones de dólares americanos. De acuerdo a un estudio sobre la situación actual y perspectivas en el sector agua y saneamiento en el Perú, presentado por la Autoridad Nacional de Agua (ANA), 7 millones de habitantes de nuestro país no tienen acceso a agua potable segura; el nivel de cobertura de agua potable en un nivel mayor al 80%, es solo en los Departamentos de: Lambayeque, Lima, Callao, Ica, Arequipa y Tacna; la cobertura en menor al 40% en Amazonas, Huánuco, y Puno; el agua no facturada es de aproximadamente el 40%; más de 10 millones de habitantes no tienen servicios de saneamiento; la cobertura de saneamiento mayor al 80% es solo en Lambayeque, Lima y Tacna, la cobertura de saneamiento del 20% al 40% es en Loreto, Ucayali y Madre de Dios. (ANA, 2013). Este estudio precisa además que: según datos del 2009, de 786 millones de metros cúbicos (MMC) de Aguas Residuales Domésticas (ARD), 511 MMC se encontraban sin tratamiento, de las cuales corresponden a Lima y Callao 325 MMC. De un total de

143 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas (PTAR), solo el 4.9% (7 plantas) estaba operando en niveles óptimos. En este mismo informe se refiere que de acuerdo a la Dirección General de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos, los ríos de Loreto, Piura, Pasco, Arequipa, Moquegua, Puno, Ucayali, Madre de Dios, se encuentran contaminados por aguas residuales municipales sin tratamiento. (ANA, 2010).

Moscoso (2011) precisa que, para el caso de las plantas de tratamiento de Lima Metropolitana, en un informe del 2011 se efectuó un estudio de opciones de tratamiento y re-uso de aguas residuales en Lima Metropolitana, se detalla que a ese año se estaba brindando tratamiento secundario a 3,200 l/s de aguas residuales, lo que implicaba un 17% del total generado. Previéndose que en el 2014 operarán las dos mega plantas de Taboada y La Chira con tratamiento primario, por lo que se puede aceptar que en corto plazo la situación de las aguas residuales será de un 95% de tratamiento, 78% de nivel primario y 17% secundario. Respecto de los niveles de tratamiento de las plantas que operan en Lima, el citado informe refiere que el mismo resulta algo difícil, si asumimos que en la actualidad se consideran los procesos de desinfección como parte del tratamiento terciario. Lo que si podemos decir con facilidad es que solo los filtros percoladores que tratan el 0.25% de las aguas residuales pueden ser considerados como tratamiento primario. Ahora, si mantenemos la clasificación tradicional, podemos decir que todas las demás plantas aplican tratamiento secundario, aunque ello no signifique que logran una calidad sanitaria adecuada para la disposición o reúso del agua tratada. En cambio, si incorporamos la definición moderna de tratamiento terciario para aquellas plantas que incluyen desinfección, podríamos decir que 27 de ellas podrían ser consideradas en este grupo y que tratan el 95% del agua residual, con la aclaración de que sus sistemas de desinfección no se están utilizando en la mayoría, y por tanto en la práctica no alcanzan tal nivel. Bajo el esquema tradicional, en que se entendía como tratamiento terciario los procesos específicos para

remover ciertos nutrientes o compuestos químicos contaminantes, es fácil asegurar que ninguna planta de Lima alcanzaría ese nivel.

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) ha priorizado las acciones la fiscalización ambiental en el manejo de aguas residuales a nivel nacional, situación que involucra principalmente a los gobiernos locales (provinciales y distritales) competentes en dicha materia, debido a la problemática ambiental generada por un déficit en la cobertura y calidad de los servicios de manejo de aguas residuales a nivel nacional. Uno de los principales problemas en el manejo de aguas residuales es la insuficiente cobertura del servicio de alcantarillado. Así, 50 empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) cubren solo al 69,6% de la población urbana en el Perú. Además, existe un déficit en el tratamiento de estas aguas, una práctica vital para evitar la contaminación de ecosistemas y la generación de focos infecciosos que afecten la salud de las personas. Actualmente, de los 2.2 millones de metros cúbicos (m³) de aguas residuales diarias que pasan por las redes de alcantarillado en el Perú, solo el 32% reciben tratamiento antes de ser vertido a los cuerpos de agua natural (mar, ríos, lagos, quebradas). (Moscoso, 2011)

Para (Maldonado, J & Ramón, J. 2015) La población de América Latina se encuentra concentrada en ciudades en más de un 80%. Sin embargo, la provisión de agua es insuficiente. Más aun, el 70% de las aguas residuales no tienen tratamiento, lo cual dificulta alcanzar el ciclo del agua, particularmente por el reúso del agua debido a su contaminación. En Perú, solamente se ha ejecutado el 30% de la inversión pública en tratamiento de agua, de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural 2006-2015. Para la evaluación de la construcción de una PTAR Domesticas, se debe tomar en cuenta el costo de los efectos en la salud de las personas que se encuentran en riesgo de contaminación por el consumo de agua con arsénico por encima del Límite Máximo Permisible, tal es el caso que para el caso de Lima, asumiendo una población de 10 millones de habitantes, que si el 99.5% sufre los efectos

iniciales a largo plazo, y el 0.5% se encuentra en nivel crónico, asumiendo además un costo tratamiento en la fase inicial de S/. 100 Nuevos Soles por persona por año y para la fase crónica un costo de S/. 1,000 Nuevos Soles por persona por año, implica un costo en servicios de salud ascendente a US\$ 326, 562, 500 que en cinco años significa un monto de US\$ 1, 632, 812, 500 es decir, la ejecución de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para una población de 10 millones de habitantes equivalente a unos 1000 millones de US dólares, se encuentra justificado, máxime no se ha tomado en cuenta el costo tratamiento del cáncer de los pacientes que hubiesen sido afectados por el arsénico. Cabe precisar que, en nuestro país se viene aplicando una Política de Saneamiento Urbano y Rural, a través del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, que para este año se ha asignado S/. 558, 068,292 Nuevos Soles para el Saneamiento Urbano y S/. 1, 003, 764,412 Nuevos Soles para el Saneamiento Rural, lo que representa que se asigna un total de más de 480 millones de dólares anualmente.

1.2. DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Delimitaciones

a) Delimitación espacial

La investigación se desarrolla en el ámbito de Trujillo Metropolitano que comprende los distritos de Trujillo, Víctor Larco Herrera, Florencia de Mora, El Porvenir, La Esperanza, Huanchaco y Moche.

b) Delimitación temporal

El tiempo del trabajo de investigación comprende desde el año 2015, con la recopilación de la información histórica de la calidad de las aguas residuales en Trujillo Metropolitano y culmina con los estudios y ensayos experimentales, en año 2017.

c) Delimitación social

Está comprendida la población de Trujillo Metropolitano que genera las aguas residuales que son recolectadas por cada uno de los sistemas de alcantarillado instalado en cada cuenca de drenaje de la ciudad de Trujillo y las conducen a las actuales plantas de tratamiento de aguas residuales.

d) Delimitación conceptual

Este trabajo de investigación permitirá determinar cuantitativamente la disminución de la carga orgánica, contenida en las aguas residuales de Trujillo Metropolitano, mediante la remoción del material particulado. Los resultados de este trabajo permitirán definir la importancia de las unidades de pretratamiento en las nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad.

1.2.2. Definición del problema

El indiscriminado vertimiento de residuos a la red pública de alcantarillado, proveniente de las actividades domésticas y no domésticas en la ciudad de Trujillo metropolitano, genera problemas serios en las etapas de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales. Este problema se agudiza especialmente en la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales que tienen instalada infraestructura y equipos electromecánicos como son: desarenadores, sedimentadores, lagunas facultativas, rejas, cámaras de bombeo, equipos de aireación, bomba de lodos entre otros y cuya eficiencia de operación depende directamente del contenido de material particulado que contienen las aguas residuales. En ese sentido existe la necesidad de cuantificar la disminución de la carga orgánica contenida en las aguas residuales de Trujillo Metropolitano, mediante la remoción de material particulado para determinar los beneficios operativos que generarían en los actuales sistemas de tratamiento de aguas

residuales y la necesidad de instalar sistemas de pre tratamiento avanzado en las futuras planta de tratamiento de Trujillo Metropolitano.

El estudio propuesto, entre otros aspectos, permitirá dar respuesta a las siguientes inquietudes:

- a) ¿Cuál es la disminución de la carga orgánica de las aguas residuales mediante la remoción del material particulado?
- b) ¿Cuáles son las características del agua residuales luego de la remoción del material particulado?
- c) ¿Cuál es el impacto en la eficiencia operativa, de una planta de tratamiento de aguas residuales, cuando se considera la remoción de material particulado?
- d) ¿Cuál es el impacto en los costos operativos, de una planta de tratamiento de aguas residuales, cuando se considera la remoción de material particulado?
- e) ¿Cuáles son las ventajas ambientales, cuando se incluye una unidad de remoción de material particulado en el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales?

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Problema principal:

¿En qué medida la remoción de material particulado contribuye a disminuir la carga orgánica de las aguas residuales en la ciudad de Trujillo Metropolitano, durante el año 2017?

1.3.2. Problemas específicos

PE1: ¿En qué medida la remoción de material particulado contribuye a disminuir la Demanda Bioquímica de Oxígeno de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano?

PE2: ¿En qué medida la remoción de material particulado contribuye a disminuir la Demanda Química de Oxígeno de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano?

PE3: ¿En qué medida la remoción de material particulado contribuye a disminuir los aceites y grasas de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano?

PE4: ¿En qué medida la remoción de material particulado contribuye a disminuir los Sólidos Sedimentables de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano?

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo principal

Determinar en qué medida la remoción de material particulado contribuye a disminuir la carga orgánica de las aguas residuales en la ciudad de Trujillo Metropolitano, durante el año 2017.

1.4.2. Objetivos específicos:

OE1: Determinar en qué medida la remoción de material particulado contribuye a disminuir la Demanda Bioquímica de Oxígeno de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano, en el año 2017.

OE2: en qué medida la remoción de material particulado contribuye a disminuir la Demanda Química de Oxígeno de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano, en el año 2017.

OE3: en qué medida la remoción de material particulado contribuye a disminuir los aceites y grasas de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano, en el año 2017.

OE4: en qué medida la remoción de material particulado contribuye a disminuir los sólidos sedimentables de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano, en el año 2017.

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis general

La remoción de material particulado contribuye a la disminución de manera significativa de carga orgánica de las aguas residuales en Trujillo Metropolitano, durante el año 2017.

1.5.2. Hipótesis específicas.

HE1: La remoción de material particulado contribuye a la disminución de manera significativa de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano, en el año 2017.

HE2: La remoción de material particulado contribuye a la disminución de manera significativa de la Demanda Química de Oxígeno de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano, en el año 2017.

HE3: La remoción de material particulado contribuye a la disminución de manera significativa de los aceites y grasas de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano, en el año 2017.

HE4: La remoción de material particulado contribuye a la disminución de manera significativa de los sólidos sedimentables de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano, en el año 2017.

1.6. VARIABLES E INDICADORES

1.6.1. Variable Independiente:

a) Dimensiones

Remoción de material particulado.- El material particulado en el afluente de las cuencas de las aguas residuales de la ciudad de Trujillo influye directamente en la calidad del agua residual del afluente por lo que es necesario obtener las concentraciones de los parámetros establecidos antes de proceder a la remoción del material particulado para su posterior evaluación.

b) Indicadores

Sólidos sedimentables, concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), aceites y grasas.

c) Índices.

- Sólidos Sedimentables, mg/L.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno, mg/L Demanda química de Oxígeno. mg/L
- Aceites y grasas, mg/L

Tabla N° 1: Indicadores de las dimensiones de la remoción de material particulado

| Dimensión | Indicador | Nivel de Medición | Índice |
|--|-------------------------------|-------------------|--------|
| Remoción de Material Particulado | Demanda Bioquímica de Oxígeno | Cuantitativa | mg/L |
| | Demanda Química de Oxígeno | | mg/L |
| Calidad del agua residual en el afluente | Aceites y Grasas | | mg/L |
| | Sólidos Sedimentables | | mg/L |

Fuente: Propia

1.6.2. Variable dependiente:

a) Dimensiones

Disminución de la carga orgánica.- Las aguas residuales al ser sometidas a una remoción del material particulado a través de cribas o tamizados disminuirán la carga orgánica la misma que influirá en la calidad de aguas residuales en el efluente.

Con la aplicación de este sistema se demostrará que la carga orgánica disminuye considerablemente y servirá para la aplicación en los nuevos sistemas de las plantas de tratamiento.

b) Indicadores

Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por día (Kg DBO/día)

c) Índices.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno, mg/L

Tabla N° 2: Indicadores de las dimensiones de la disminución de la carga orgánica.

| Dimensión | Indicador | | | Nivel de Medición | Índice |
|-----------------------------------|-----------------|------------|----|-------------------|------------|
| Disminución de la Carga Orgánica. | Demanda Oxígeno | Bioquímica | de | Cuantitativa | Kg DBO/día |

Fuente: Propia

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Viabilidad técnica

- a) Disponibilidad de profesional con la capacidad técnica y cognoscitiva para desarrollar el estudio de investigación.
- b) Se cuenta con estudios sobre la caracterización de material particulado en las aguas residuales de tipo doméstico.
- c) Se tendrá el acceso a profesionales con conocimiento y experiencia en el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales.

1.7.2. Viabilidad operativa

- a) Se cuenta con la disponibilidad del laboratorio de Control de Calidad de la empresa SEDALIB S.A. para la ejecución de los ensayos de laboratorio.
- b) Se cuenta con los equipos de laboratorio y reactivos necesarios para la ejecución de los análisis de ensayo.

1.7.3. Viabilidad económica

Se dispondrá de los recursos y del presupuesto necesario para ejecutar el estudio de manera integral.

1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. Justificación

El presente trabajo de investigación busca demostrar que tan significativamente se ve disminuida la carga orgánica por la remoción del material particulado, lo cual se lleva a cabo en la etapa preliminar del sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Trujillo Metropolitano; de tal manera que al conocerse los resultados, tendremos las evidencias técnicas para estimar y calcular los beneficios, ventajas en la operación y mantenimiento de las actuales plantas de tratamiento de aguas residuales así como la justificación necesaria para que en las futuras plantas de tratamiento de aguas residuales de Trujillo, tales como la PTAR Covicorti, Salaverry y Huanchaco que la empresa SEDALIB S.A tiene como proyecto de inversión pública, se considere que tan factible es enfatizar en el pretratamiento incluso avanzado para lograr una reducción significativa de la carga orgánica o la posibilidad de hacer tratamientos adicionales para lograr dicho fin.

Así mismo, nos mostrará resultados que van a incidir directamente en la eficiencia de la infraestructura y equipos electromecánicos instalados como son desarenadores, sedimentadores, lagunas facultativas, rejas, cámaras de bombeo, equipos de aireación, bomba de lodos entre otros que depende directamente del contenido de material particulado que contienen las aguas residuales.

1.8.2. Importancia

El estudio conlleva a cuantificar la disminución de la carga orgánica contenida en las aguas residuales de la ciudad de Trujillo Metropolitano, mediante la remoción de material particulado para determinar los beneficios operativos que generarían en los actuales sistemas de tratamiento de aguas residuales y la necesidad de instalar sistemas de pretratamiento avanzado o tratamientos adicionales en las futuras planta de tratamiento de Trujillo Metropolitano. Los beneficios producto de la ejecución del presente trabajo de investigación, los podemos clasificar en los siguientes aspectos.

Institucional:

- ▶ Conocer la caracterización de las aguas residuales y principalmente el contenido de material particulado de aguas residuales.
- ▶ Establecer nuevos parámetros de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, tomando en consideración la disminución de la carga orgánica a través de la remoción del material particulado.

Económico

- ▶ Determinar el costo beneficio que implica la instalación de unidades de pre tratamiento que remuevan el material particulado de las aguas residuales.
- ▶ En qué medida el consumo de energía eléctrica disminuye con la instalación de unidades de remoción de material particulado de las aguas residuales.
- ▶ Establecer el costo por metro cúbico del agua residual tratada con la incorporación de unidades que remuevan el material particulado de las aguas residuales.

Comunicación y Educación:

- ▶ Medidas que reduzcan el vertimiento de residuos sólidos a la red de alcantarillado de Trujillo Metropolitano.
- ▶ La necesidad de establecer una estrategia en la población para el buen uso del servicio de alcantarillado de Trujillo Metropolitano.
- ▶ Establecer un mayor control en el vertimiento de aguas residuales no domésticas a la red de alcantarillado de Trujillo Metropolitano.

Tecnológico

- ▶ Promoción de tecnologías y nuevos conocimientos que permiten mejorar la remoción de material particulado de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano.
- ▶ Mejorar la eficiencia en la remoción de la carga bacterial, orgánica y en sólidos, con la instalación de unidades de pretratamiento para la remoción de material particulado en las aguas residuales.
- ▶ Mejorar la calidad de las aguas residuales tratadas de modo que se garantice el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles y fomente su aprovechamiento mediante el reúso.

Ambiental:

- ▶ Contribución con la minimización del vertimiento de aguas residuales crudas a los cuerpos receptores de aguas mediante el incremento de la capacidad y eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- ▶ Mejorar la calidad de vida de la población con la minimización de los impactos ambientales que genera la gestión de las aguas residuales en Trujillo Metropolitano.

1.9. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Es posible que en el proceso de investigación se presenten limitaciones de tiempo, recursos humanos o financieros; y de presentarse algunos factores limitantes podrían ser superados por el investigador sin mayor

complicación. Sin embargo se prevé falta de información actualizada sobre la temática, así como la falta de insumos propios de la investigación, por lo que se aplicará estrategias para superar estas deficiencias.

1.10. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

1.10.1. Tipo de Investigación:

El estudio corresponde al tipo de investigación cuantitativa, porque se basa en magnitudes cuantificables y en métodos estadísticos. Los estudios que utilizan este enfoque confían en la medición numérica, el conteo y en uso de estadísticas para establecer indicadores exactos. También es aplicada porque sirve para resolver un problema. (Hernández y col., 2014).

1.10.2. Nivel de Investigación:

De acuerdo al fin que persigue, corresponde al nivel Experimental, porque requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados. (Hernández y col., 2014).

1.11. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.11.1. Método de la Investigación

Se aplicará el método científico, complementado con el enfoque sistemático teniendo en cuenta la naturaleza del trabajo de investigación en ingeniería. Como metodología del método científico se aplicará la Estadística para recolectar, procesar y estimar resultados.

1.11.2. Diseño de la investigación

El diseño empleado en la investigación es Pre-experimental, donde existe manipulación de la variable independiente y no participa el grupo. (Hernández y col., 2014).

El esquema es el siguiente:

| | | | |
|-----------|----------------------|----------|----------------------|
| GE | O₁ | X | O₂ |
|-----------|----------------------|----------|----------------------|

Donde:

GE = Grupo experimental

O1 = Prueba del Pre test

X = Estímulo

O2 = Prueba del Post test

1.12. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

1.12.1. Técnicas

Las técnicas aplicables a la presente investigación serán:

- a) Observación y toma de muestras
- b) Ensayo en laboratorio

1.12.2. Instrumentos

Los instrumentos necesarios a utilizar serán:

- a) Guía de observación de campo
- b) Ficha de registro de datos
- c) Equipos de laboratorio para análisis de muestras
- d) Formato de análisis

1.13. COBERTURA DEL ESTUDIO

1.13.1. Universo

Constituye el 100% de aguas residuales (m³) que se generan en la Trujillo Metropolitano y utilizan el sistema de alcantarillado público para su recolección, tratamiento y disposición final.

1.13.2. Muestra

La muestra será de 5 litros de aguas residuales de la ciudad de Trujillo Metropolitano, que serán sometidas a ensayos analíticos en campo y en laboratorio para alcanzar los objetivos del presente trabajo de investigación.

1.14. INFORME FINAL

El Informe Final de la Tesis, será estructurado de acuerdo al esquema propuesto por la Universidad Alas Peruanas.

1.15. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO.

1.15.1. Cronograma

El cronograma constituye un instrumento de control del tiempo, para efectos de la ejecución del trabajo de investigación.

| N° | Actividades | 2016 | | | | | | 2017 | | | | | |
|----------|-------------------------------------|-------|------|------|-----|------|-----|------|------|-----|-----|------|-------|
| | | Julio | Agos | Set. | Oct | Nov. | Dic | Ene | Feb. | Mar | Abr | Mayo | Junio |
| 1 | PLANIFICACION | | | | | | | | | | | | |
| | Planteamiento del problema | X | X | | | | | | | | | | |
| | Investigación bibliográfica | | | | | | | | | | | | |
| | Elaboración del marco teórico | | | | X | | | | | | | | |
| | Formulación del proyecto | | | | | X | X | | | | | | |
| | Presentación del proyecto | | | | | X | X | | | | | | |
| | Aprobación | | | | | | X | | | | | | |
| 2 | INSTRUMENTACION | | | | | | | | | | | | |
| | Elaboración de los instrumentos | | | | | X | X | X | | | | | |
| | Gestión y apoyo institucional | | | | | | | | X | | | | |
| | Validación de instrumentos | | | | | | | | X | | | | |
| 3 | EJECUCION TRABAJO DE CAMPO | | | | | | | | | | | | |
| | Aplicación de los instrumentos | | | | | | | | X | X | X | | |
| 4 | ANALISIS DE DATOS | | | | | | | | | | | | |
| | Organización y tabulación de datos | | | | | | | | X | X | X | | |
| | Análisis e interpretación de datos | | | | | | | | X | X | X | | |
| 5 | PREPARACION DE INFORME | | | | | | | | | | | | |
| | Redacción de informe de tesis | | | | | | | | X | X | X | | |
| | Revisión de informe de tesis | | | | | | | | | | | | |
| | Aprobación de informe de tesis | | | | | | | | | | X | | |
| | Tipiado final y anillado | | | | | | X | | X | X | X | | |
| 6 | PRESENTACION Y SUSTENTACION | | | | | | | | | | | | |
| | Presentación informe de tesis | | | | | | | | | | | X | |
| | Sustentación de tesis | | | | | | | | | | | X | |

Elaboración: El autor

Tabla N° 3: Cronograma de Actividades de remoción de material particulado

| N° | Actividades | Feb | Mar | Abr | May | Jun |
|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | Definir las cuencas de drenaje de aguas residuales de la ciudad de Trujillo Metropolitano | X | | | | |
| 2 | Evaluar los caudales de aguas residuales en cada una de las cuencas de drenaje de Trujillo Metropolitano. | X | | | | |
| 3 | Definir los puntos de muestreo en el sistema de alcantarillado público de Trujillo Metropolitano | X | | | | |
| 4 | Caracterización de las aguas residuales de Trujillo Metropolitano con apoyo de la unidad de Laboratorio de SEDALIB S.A. | | X | | | |
| 5 | Trabajos de remoción de material particulado de las muestras de agua residual con la aplicación de tamices de 5 mm. | | X | | | |
| 6 | Caracterización de las muestras de aguas residuales que han sido tamizadas. | | | X | | |
| 7 | Evaluación de la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de las muestras de agua residual. | | | X | | |
| 8 | Evaluación de la remoción de la Demanda Química de Oxígeno de las muestras de agua residual. | | | X | | |
| 9 | Evaluación de la remoción de Aceites y grasas las muestras de agua residual. | | | | X | |
| 10 | Evaluación de la remoción de la Sólidos Sedimentables en las muestras de agua residual. | | | | X | |
| 11 | Evaluación de la disminución de turbidez en las muestras de agua residual. | | | | X | |
| 12 | Análisis e interpretación de los resultados de laboratorio. | | | | | X |
| 13 | Elaborar el Informe Final | | | | | X |
| 14 | Presentación y sustentación del Informe Final | | | | | X |

Fuente: Elaboración propia

1.15.2. Presupuesto(*)

El presupuesto constituye un instrumento financiero que permite estimar los ingresos y egresos del proyecto a realizar. Será financiado con recursos propios según el detalle siguiente:

| Nº | Descripción | Unidad de Medida | Cantidad | Tiempo (meses) | Costo Unitario (S/.) | Sub Total (S/.) |
|-------------------|--|------------------|----------|----------------|----------------------|-----------------|
| Personal | | | | | | 5,100 |
| 1 | Especialista en Investigación Científica | Persona | 1 | 6 | 200 | 1,200 |
| 2 | Especialista en Aguas Residuales | Persona | 1 | 6 | 300 | 1,800 |
| 3 | Técnico en análisis de ensayos de aguas residuales | Persona | 1 | 3 | 700 | 2,100 |
| Materiales | | | | | | 2,200 |
| 1 | Útiles de oficina | Global | 1 | 1 | 200 | 200 |
| 2 | Bibliografía y publicaciones especializadas | Unidad | 4 | 2 | 70 | 2,000 |
| Servicios | | | | | | 8,700 |
| 1 | Alquiler de movilidad (unidad, chofer y otros) | Unidad | 1 | 10 | 120 | 1,200 |
| 2 | Alquiler equipo de cómputo con acceso a internet | Unidad | 1 | 6 | 300 | 1,800 |
| 3 | Fotocopiado e impresiones | Millar | 0.5 | 6 | 0.20 | 600 |
| 4 | Análisis de ensayo de laboratorio | Unidad | 30 | 6 | 150 | 4,500 |
| 5 | Gastos generales | Global | 1 | 6 | 100.00 | 600 |
| TOTAL | | | | | | 16,000 |

Fuente: Precios del mercado, enero 2017

Elaboración propia

(*) Presupuesto elaborado en base a precios de enero del 2017.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La ciudad de Trujillo, se encuentra ubicada en la provincia de Trujillo, región La Libertad, en la costa norte del Perú, a una altitud de 34 msnm, hacia la margen derecha del valle del río Moche y a pocos kilómetros del Océano Pacífico. Aunque puede ser concebida como una sola ciudad, la provincia de Trujillo no constituye una sola unidad administrativa; más bien es el núcleo o principal centro urbano de un área metropolitana que se extiende sobre un territorio de 110,000 ha; y está conformada por 9 municipios: Trujillo, La Esperanza, El Porvenir, Víctor Larco, Florencia de Mora, Laredo, Huanchaco, Salaverry, El Milagro de los cuales 5 se encuentran completamente urbanizados, mientras que los restantes 4 lo están parcialmente, y en la que reside una población superior a los 804 mil habitantes; constituyéndose como la tercera área metropolitana más poblada del Perú. (SEDALIB, 2016)

Entre las principales empresas que brinda los servicios básicos a la ciudad de Trujillo se encuentra la empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de La Libertad Sociedad Anónima SEDALIB S.A., empresa responsable de brindar los servicios de saneamiento a la Provincia de Trujillo, con excepción de la Municipalidad de Laredo, teniendo como fuentes de agua: Las aguas superficiales del río Santa, ubicado en el Departamento de Ancash y las aguas subterráneas a través de 47 pozos tubulares distribuidos en toda superficie de la Provincia. La producción de agua potable alcanza alrededor de los 50 millones de metros cúbicos anuales. Trujillo, como distrito, tienen una población de 289,797 habitantes de los cuales el 96.32% cuentan con el servicios de agua potable y el 94.84% con el servicio de alcantarillado. La continuidad del servicios de agua potable se encuentra en el orden de las 15.3 horas, promedio anual, con 53,503 conexiones de las cuales 50,634 se encuentran activas. SEDALIB S.A., administra los servicios en 14 distritos de las provincias de Chepén, Ascope y Trujillo. (SEDALIB, 2016)

Hasta el año de 1997, la ciudad de Trujillo contó con cuatro sistemas de tratamiento de aguas residuales: Las lagunas de estabilización de Valdivia,

El Milagro, Covicorti y El Parque Industrial que atendían áreas específicas de la ciudad. Las lagunas de Valdivia trató las aguas residuales de la Urbanización Manuel Arévalo; Las lagunas El Milagro, las aguas residuales de la localidad del mismo nombre; Las lagunas de Covicorti los de la urbanización de Covicorti y las del Parque Industrial las aguas residuales de la referida área industrial (SEDALIB, 2016). A partir del año de 1998, SEDALIB S.A. puso en funcionamiento modernos sistemas de tratamiento de aguas residuales conocidos como la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Covicorti y El Cortijo y que en adelante llamaremos PTAR Covicorti y PTAR El Cortijo respectivamente, se encuentran ubicados al sur oeste de la ciudad de Trujillo desapareciendo las antiguas lagunas de Covicorti. Estos dos nuevos sistemas deberán tratar aproximadamente el 80 % del total de los desechos líquidos producidos en la ciudad y el restante 20% seguirán siendo atendidos por las lagunas de Valdivia, El Milagro y El Parque Industrial (SEDALIB, 2016)

La PTAR Covicorti recibe las aguas residuales de la cuenca de drenaje Covicorti que reúne las aguas residuales provenientes de los distritos de El Porvenir, Trujillo Metropolitano, Víctor Larco y parte de La Esperanza, tiene una capacidad de tratamiento de 24,320 Kg. de DBO/día. La PTAR El Cortijo, estación de tratamiento de menor capacidad que la PTAR Covicorti, recibe las aguas residuales de la cuenca El Cortijo que reúne las aguas de los distritos de Florencia de Mora y la parte sur de la Esperanza (SEDALIB, 2016). La cuenca de drenaje Valdivia, conduce las aguas residuales de la urbanización Manuel Arévalo; La cuenca de drenaje El Milagro, las del Distrito El Milagro y la cuenca del Parque Industrial recolecta las aguas residuales del sector industrial. Estas cuencas de drenaje son las zonas en las que se ha dividido la recolección de las aguas residuales en la ciudad de Trujillo y se puede apreciar en el plano que se presenta a continuación: El área sombreada de amarillo claro es el área de mayor magnitud y corresponde a la cuenca de drenaje Covicorti. El área sombreada de color celeste corresponde a la cuenca de drenaje El Cortijo. La zona sombreada de amarillo oscuro pertenece a la cuenca de drenaje de Valdivia. El área de

color rosado corresponde a la cuenca de drenaje El Milagro y la de color morado a la cuenca de drenaje del Parque Industrial (SEDALIB, 2016).

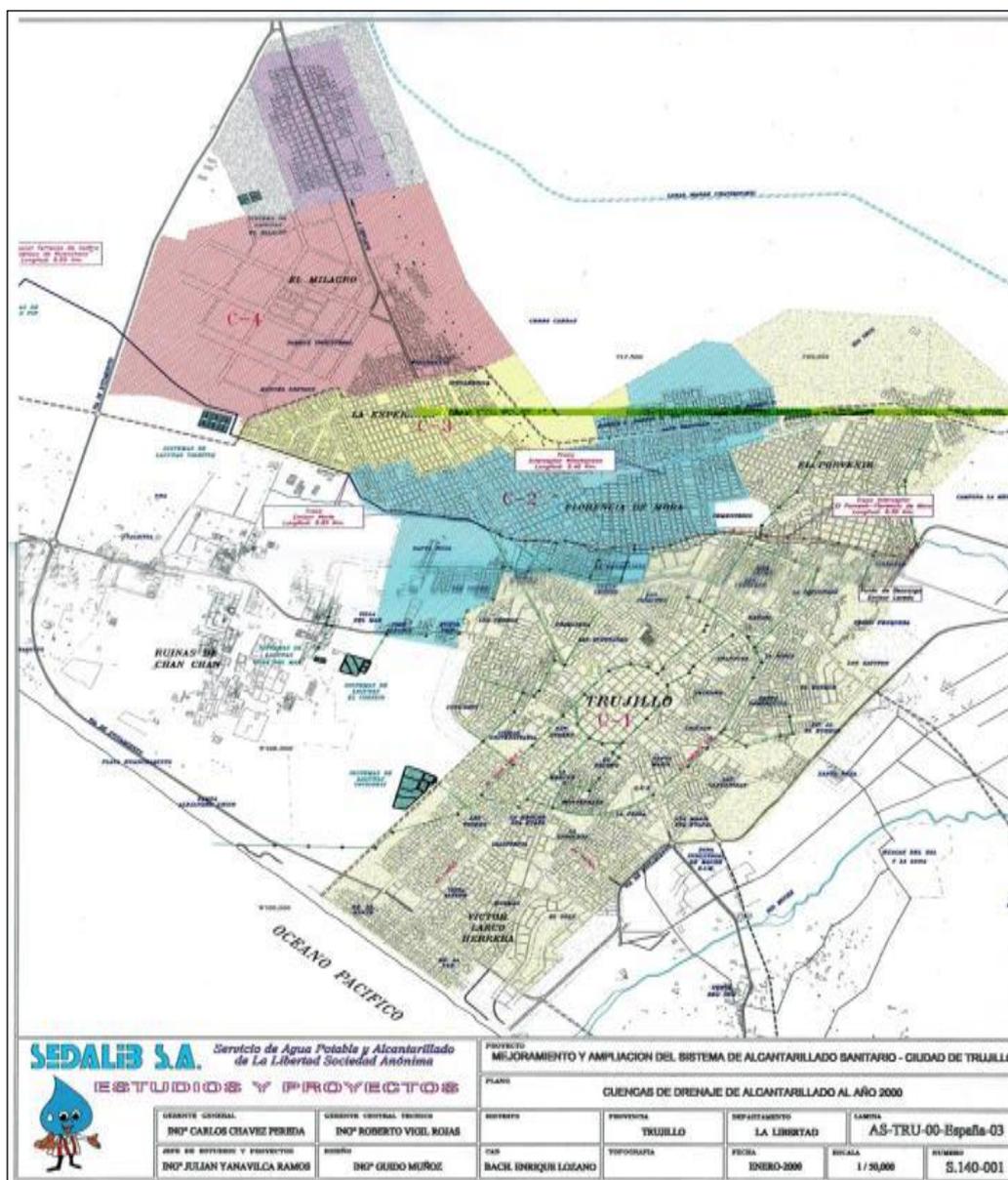


Figura N°1. Plano de la ubicación de las cuencas de drenaje de aguas residuales de la ciudad de Trujillo.

Fuente: Sedalib – 2016

2.2. MARCO HISTÓRICO.

El agua es un elemento esencial para la existencia de vida en nuestro planeta. Todos los seres vivos somos, en mayor o menor medida, agua y necesitamos consumirla de forma continuada para vivir. Es por ello que la humanidad ha almacenado y distribuido agua prácticamente desde sus

orígenes. Desde las primeras técnicas de almacenaje, limpieza y distribución hasta las infraestructuras y tecnologías actuales para el tratamiento de aguas, reciclado de aguas y depuración de aguas ha transcurrido una larga historia. (SEDALIB, 2016)

Los sistemas de alcantarillado de las ciudades se remontan a la antigüedad y se han encontrado instalaciones de alcantarillado en lugares prehistóricos de Creta y en las antiguas ciudades asirias. Aunque su función original era el drenaje, es decir la recogida del agua de lluvia y las corrientes del terreno para reducir el nivel freático; en la antigua Grecia hay catalogados restos de letrinas agrupadas en habitaciones subterráneas, de planta cuadrada o circular, con unos orificios en el techo para conseguir ventilación e iluminación; que desaguaban sobre las cloacas principales, situadas a mayor profundidad. Estas habitaciones se situaban en palacios y otros edificios públicos. La costumbre del resto de ciudadanos de arrojar los desperdicios a las calles, el “¡agua va!” Que en algunos lugares se ha mantenido casi hasta nuestros días; causó que por los originales canales de pluviales viajaran grandes cantidades de materia orgánica; lo que a la postre hizo que este sistema fuese abandonado con el tiempo, debido a los malos olores que producía y al foco de infecciones que esta práctica constituía. SUNASS (2008)

Hacia finales de la edad media empezaron a usarse en Europa los pozos negros, cuyo contenido se empleaba como fertilizante, o era vertido en los cursos de agua y tierras no explotadas. El sistema no ofrecía buenos resultados en zonas de elevadas precipitaciones o con acuíferos superficiales; y las epidemias de peste y otras enfermedades continuaban siendo frecuentes y devastadoras. Para atajar el problema, ya en el Renacimiento, se recuperó la costumbre antigua de construir desagües, normalmente en forma de canales y zanjas a los lados de la calle, cuya función era conducir las aguas naturales y de lluvia, como puede verse aún en algunos pueblos de Castilla. Otra solución adoptada cuando la población se asentaba en la confluencia de varias cuencas pluviales era la desviación de los cauces de agua naturales de menor tamaño en varios ramales o “esguevas” que recogían todos los aportes de inmundicias de la ciudad,

vertiendo luego al cauce principal en distintas desembocaduras. SUNASS (2008)

2.3. MARCO CONCEPTUAL.

2.3.1. Aguas residuales.

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados mediante el sistema de alcantarillado. (Romero Rojas, 2000).

2.3.1.12. Aguas residuales domésticas.

En general, se consideran aguas residuales domésticas (ARD) los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. (Romero Rojas, 2000).

Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión. (Norma técnica de edificación S.090, 2006).

2.3.1.13. Aguas residuales municipales.

Los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal. (Romero Rojas, Jairo).

2.3.1.14. Aguas residuales industriales.

Son las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura. (Romero Rojas, 2000).

2.3.1.15. Aguas negras

Son las aguas residuales provenientes de los inodoros, es decir, aquellas, que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. (Romero Rojas, 2000).

2.3.1.16. Aguas grises.

Son las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos, y lavadoras, aportantes de DBO, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros. (Romero Rojas, 2000)

2.3.1.17. Planta de tratamiento de Agua residual de Trujillo Metropolitano.

Las aguas residuales, tienen su origen en la actividad diaria del hombre y procede de las viviendas, oficinas, instituciones, comercio, industrias, etc. El agua residual de origen doméstico está conformado por los desechos líquidos procedentes de la cocina, lavandería, baño, etc. Y se le conoce popularmente como desagüe doméstico. Si la descarga de la vivienda al sistema de alcantarillado no contiene la descarga del inodoro, se le conoce como “agua gris”. (SEDALIB, 2016)

De otra parte, las aguas residuales procedentes de oficinas, instituciones y comercio pueden tener características similares al doméstico, siempre que no exista una actividad comercial que altere la calidad de las aguas residuales procedentes de los servicios higiénicos. Finalmente, en los que respecta a las descargas de origen industrial, normalmente está compuesta por desechos líquidos procedentes de los procesos industriales, siendo la parte doméstica relativamente mínima. (SEDALIB, 2016)

2.3.1.18. Planta de Tratamiento de Aguas residuales Las Delicias

El presente sistema de tratamiento de aguas residuales Las Delicias, recibe las aguas servidas generadas en la cuenca Moche. Ubicación de las cuencas de drenaje de aguas residuales de la ciudad de Trujillo. La cuenca Moche, es la que recoge las aguas generadas en las localidades de Moche y Las Delicias. (SEDALIB, 2016)

El Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Las Delicias constituye una de las estaciones de depuración de aguas residuales más importantes con que cuenta la ciudad de Trujillo, después de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales Covicorti, Planta de Tratamiento de Aguas residuales El Cortijo y las Lagunas de Estabilización de Valdivia. (SEDALIB, 2016)

La operación de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales Las Delicias, consiste en recibir las aguas residuales de 1 cámara, el cual bombeado hacia la PTAR de Las Delicias con una tubería de impulsión de PVC DN 200mm de 1,493 m. que se encuentra en buen estado. La estructura de la cámara la conforma una cámara de rejillas, cuenta con un equipo de bombeo de 15 HP, Q= 25 lps y un grupo electrógeno que se ubica en una caseta adjunta a la cámara, su estado es bueno. Todo el sistema tiene una antigüedad de 11 años. Esta cámaras se encarga de almacenar las aguas servidas recolectadas por el sistema de alcantarillado, que se encuentra compuesta por 19.18 Km, que se encargan de recolectar los desagües de 2,110 conexiones totales. (SEDALIB, 2016)

2.3.1.19. Planta de Tratamiento de Aguas residuales Covicorti

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Covicorti se encuentra ubicada en la parte Sur-Oeste de la ciudad de Trujillo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, a una altitud de 34 msnm; al final de la Av. Antenor Orrego en el distrito de Víctor Larco Herrera, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, a una altitud de 17 msnm. Además comprende una extensión de 23.22 Ha. En los aspectos generales observamos la operación de la PTAR Covicorti consiste en recibir las aguas residuales de la cuenca de drenaje Covicorti, la más grande de la provincia de Trujillo, conformada por las redes de alcantarillado sanitario de los distritos de El Porvenir, Trujillo Metropolitano, Víctor Larco y parte de La Esperanza, que son distritos de la ciudad de Trujillo. (SEDALIB, 2016)

El proceso de tratamiento de las aguas residuales se inicia con los trabajos de recepción de las aguas, regulando la compuerta principal de ingreso, el cribado, con la operación de un sistema mecánico automático de rejas seguido del bombeo de las aguas la conducción mediante canales abiertos, el proceso de aireación de las aguas residuales para luego conducir las aguas residuales por gravedad, a las lagunas facultativas e iniciar la remoción de sólidos a través de la sedimentación. Las aguas residuales luego de 12 días de permanencia en la planta, son recolectadas por vertederos y dispuestas al canal de regadío para ser conducidas hasta el océano pacífico como cuerpo receptor final de las aguas residuales tratadas. La población beneficiada comprende las localidades de Trujillo, El Porvenir, Víctor Larco La Esperanza y Florencia de María; los sistemas de tratamiento en conjunto atienden a una población de aproximadamente 569 543 habitantes. (SEDALIB, 2016)

2.3.1.20. Planta de Tratamiento de Aguas residuales Cortijo

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Cortijo se encuentra ubicada en la parte Sur-Oeste de la ciudad de Trujillo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, a una altitud de 34 msnm; comprende una extensión aproximada de 98,718.33 m². La PTAR Cortijo limita casi en todo su perímetro con plantaciones de caña de azúcar, de propiedad de la empresa Agroindustrial Laredo S.A.C., canales de riego y al oeste con localidad cercana.

El proceso de tratamiento de las aguas residuales se inicia con los trabajos de recepción de las aguas, el cribado, con la operación de un sistema manual de rejas que retiene sólidos mayores de 05 cm, seguido del bombeo de las aguas mediante la operación de 04 equipos de bombeo de 180 l/s cada uno, la conducción mediante canales abiertos, el proceso de aireación de las aguas residuales, que acelera la descomposición y estabilización de la materia orgánica con el suministro de aire atmosférico con 08 aireadores superficiales de 40 Hp, para luego conducir las aguas residuales por gravedad, a las

lagunas facultativas e iniciar la remoción de sólidos a través de la sedimentación. (SEDALIB, 2016)

2.3.1.21. Planta de Tratamiento de Aguas residuales Huanchaco

En Trujillo Metropolitano contamos con 09 estaciones de bombeo, se usan para ganar altura en donde por la topografía del terreno las aguas servidas no discurren por gravedad hacia las cuerpos receptores. Así, la cámara de Huanchaco se ubica en el balneario del mismo nombre, en la Av. La Marina cruce con el muelle de Huanchaco, el flujo que recibe esta cámara proviene de la recolección de aguas servidas del balneario en su conjunto, el cual es bombeado hacia la Laguna ubicada en la parta alta. La estructura de la cámara la conforma una cámara de rejas, una cámara húmeda, una cámara seca y el sistema de bombeo conformado por 02 bombas eléctricas tipo sumergible de 115 HP las cuales son manejadas en forma automática bombeando un caudal instantáneo de 60 lps; además cuenta con generador de energía en caso de restricción de fluido eléctrico. (SEDALIB, 2016)

2.3.1.22. Planta de Tratamiento de Aguas residuales Salaverry

Es del tipo lagunas de estabilización, las aguas residuales provenientes del distrito de Salaverry y Taquila no cuenta con cámara de rejas ni desarenador pues las aguas residuales llegan por sistema de bombeo, actualmente se está recibiendo las aguas provenientes de Villa Marina (Alto Salaverry) y aquí si se cuenta con una cámara de rejas, además tiene los siguientes componentes:

Cámara de reunión que conduce las aguas residuales a través de canales hasta el ingreso a las tres baterías de lagunas facultativas.

Se cuenta con tres lagunas primarias facultativas, la dimensión de las dos primeras es de aproximadamente 56.80 m de ancho por 112.50 m de largo y de la tercera es de aproximadamente 11.56 m de ancho por 68.46 m de largo, la altura útil de operación de la laguna es de 1.50 m.

Los taludes de las dos primeras baterías de lagunas se encuentran revestidos con arcilla y en buen estado, en la tercera batería los taludes y el fondo se encuentran revestidas con geomembrana. Se observa poca presencia de maleza en sus bordes.

Se cuenta con tres lagunas secundarias facultativas, la dimensión de las dos primeras es de aproximadamente 56.80 m de ancho por 95.70 m de largo, la tercera es de 59.76 m de ancho por 68.5 m de largo, la altura útil de operación de la laguna es de 1.50 m. Los taludes de las lagunas se encuentran revestidos con arcilla y en buen estado. La tercera laguna esta revestida con geomembrana. Se observa poca presencia de maleza en sus bordes. No se observan evidencias de colmatación a nivel superficial. (SEDALIB, 2016)

2.3.2. Parámetros usados en análisis de tratamiento de aguas residuales

2.3.2.1 Carga Orgánica o carga másica.

Es el producto de la concentración de un determinado contaminante por el caudal, en un lugar determinado (kg DBO5 o DQO /día). $CM = 10^{-3} Q \text{ (m}^3\text{/día)} * C \text{ (g/m}^3\text{)}$. (Déniz, F. 2010)

2.3.2.2 Caudal.

Se define como el volumen de agua que pasa por la sección transversal del cauce por unidad de tiempo, y se expresa en $\text{m}^3\text{/s}$ o Lps. (Hernández, V. & Edilberto, L. 2001)

2.3.2.3 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. Cuando se refiere a la DBO necesaria para oxidar todo el material orgánico carbonáceo biodegradable, se denomina demanda bioquímica última de oxígeno carbonácea (DBOUC). En condiciones normales de laboratorio, esta

demanda se cuantifica a 20°C, el ensayo estándar se realiza a cinco días de incubación y se conoce convencionalmente como DBO, con valores numéricos expresados en mg/L – O². (Romero Rojas, 2000)

La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de las aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras. (Romero Rojas, 2000)

2.3.2.4 Demanda química de oxígeno (DQO).

La demanda química de oxígeno (DQO) se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. Para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes se requiere la ayuda de un catalizador como el sulfato de plata. Compuestos inorgánicos que interfieren con el ensayo, como los cloruros, pueden causar resultados erróneos de DBO. La interferencia por cloruros se elimina agregando sulfato mercuríco para formar HgCl₂ y prevenir el consumo de dicromato por el ión cloruro. (Romero Rojas, 2000).

2.3.2.5 Aceites y grasas

Se define como sustancias solubles en hexano, cuando el ensayo se realiza por extracción con hexano. En la técnica actual el ensayo se realiza por extracción con freón. Se considera aceites y grasas los compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno que flotan en el agua residual, recubren las superficies con las cuales entran en contacto, causan iridiscencia y problemas de mantenimiento, e interfieren con la actividad biológica pues son difíciles de biodegradar. Los aceites y grasa de origen vegetal y animal son comúnmente biodegradables y, aun en forma emulsificada, pueden tratarse en plantas de tratamiento

biológico. Sin embargo, cargas altas de grasa emulsificada, como las provenientes de mataderos, frigoríficos, lavanderías y otras industrias causan serios problemas de mantenimiento en las plantas de tratamiento. (Romero Rojas, 2000).

2.3.2.6 Sólidos

El contenido de sólidos de un agua afecta directamente la cantidad de lodo que se produce en el sistema de tratamiento o disposición. Se considera como sólidos totales de un agua el residuo de evaporación y secado a 103 – 105°C. Los sólidos sedimentables son una medida del volumen de sólidos asentados al fondo de un cono Imhoff, en un periodo de una hora, y representa la cantidad de lodo removible por sedimentación simple; se expresa comúnmente en mg/L/hora. (Romero Rojas, 2000)

Los sólidos disueltos representan el material soluble y coloidal, el cual requiere usualmente, para su remoción, oxidación biológica o coagulación y sedimentación. Los sólidos suspendidos o no disueltos constituyen la diferencia entre los sólidos totales de la muestra no filtrada y los sólidos de la muestra filtrada. En la práctica los sólidos disueltos son aquellos con tamaño menor de 1,2 μm y los suspendidos los que tienen tamaño mayor de 1.2 μm , tamaño nominal de poros correspondiente a los filtros de fibra de vidrio usados para hacer la separación. (Maldonado, J & Ramón, J. 2015)

Los sólidos volátiles son, básicamente, la fracción orgánica de los sólidos o porción de los sólidos que se volatilizan a temperaturas de 550 +/- 50°C. Su determinación es muy importante en lodos activados, lodos crudos y lodos digeridos. El residuo de la calcinación se conoce como sólidos fijos y constituye la porción inorgánica o mineral de los sólidos.

(Maldonado, J & Ramón, J. 2015)

Los sólidos volátiles (SV) representan la materia orgánica, a pesar de que parte de la materia orgánica, no se incinere y de que algunas compuestos inorgánicos se descompongan en altas temperaturas. De manera que los ST como los SST poseen fracciones de sólidos fijos y volátiles y en forma similar los sólidos disueltos totales (SDT) también están compuestos de sólidos fijos y sólidos volátiles. La prueba estandarizada para determinar los sólidos sedimentables consiste en colocar una muestra de agua residual en un cono Imhoff de un Litro y anotar el volumen de sólidos en mililitros que sedimenta después de un periodo de tiempo específico (01 hora). Generalmente, cerca del 60% del total de sólidos suspendidos en aguas residuales municipales son sedimentables. (Romero Rojas, 2000)

Aunque los resultados de la prueba de SST son usados comúnmente como una medida de desempeño de las unidades de tratamiento y con propósitos de control es importante anotar que la prueba por sí misma no tiene importancia significativa. Las principales razones que indican porque esta prueba carece de bases son las siguientes:

Los valores medidas de SST dependen del tipo de filtro usado en la determinación. Mayor cantidad de SST se medirá si el tamaño de poro de filtro usado es menor, como se analizará en la filtración en serie. (Romero Rojas, 2000)

Dependiendo del tamaño de muestra usada en la determinación de SST, los sólidos suspendidos que han sido interceptados por el filtro pueden también servir como medio filtrante, como ocurre cuando se utiliza el método de auto filtración. La autofiltración causará un incremento evidente en el valor de la medida de SST con respecto al valor actual.

SST es un parámetro agrupado, ya que se desconoce el número o distribución del tamaño de partículas que componen el valor de la medida. (Romero Rojas, 2000)

2.3.2.7 Eficiencia del tratamiento

Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje. (Norma técnica de edificación S.090 plantas de tratamiento de aguas residuales). (Romero Rojas, 2000)

2.3.2.8 Muestra compuesta

Combinación de alícuotas de muestras individuales (normalmente en 24 horas) cuyo volumen parcial se determina en proporción al caudal del agua residual al momento de cada muestreo. (Norma técnica de edificación S.090 plantas de tratamiento de aguas residuales). (Romero Rojas, 2000)

2.3.2.9 Muestra puntual.

Muestra tomada al azar a una hora determinada, su uso es obligatorio para el examen de un parámetro que normalmente no puede preservarse. (Norma técnica de edificación S.090 plantas de tratamiento de aguas residuales). (Romero Rojas, 2000)

2.3.2.10 Carga másica de contaminantes

La carga másica se expresa por lo general en libras por día (Kilogramos por día) y representa la masa de material (p.ej. DBO) que debe ser sometido a tratamiento. La carga másica se puede calcular por medio del producto de la concentración de la DBO por el caudal. (Romero Rojas, 2000)

2.3.3. REMOCIÓN FÍSICA

La remoción no significa la desaparición o extinción de la sustancia indeseable, puesto que la ley de la conservación de la materia es inviolable, sino que "remoción" en este aspecto, significa la conversión del contaminante a sustancias inocuas o menos objetables. También, remoción tiene el sentido de separación física de la masa de

fluido, del o los componentes no deseados que se encuentran en las aguas residuales. Por mucho, la mayor cantidad de substancias que se encuentran en el agua son residuos de tipo orgánico. Estos residuos se presentan como sólidos y son clasificados, de acuerdo a sus características como: sólidos disueltos, partículas coloidales y sólidos sedimentables. (Déniz, F. 2010)

2.3.4. PRETRATAMIENTO

La misión del tratamiento previo es la separación de materias y cuerpos gruesos (maderas, plásticos, ramas, telas, etc.) y arenosos, que son arrastrados junto con las aguas y, que de no ser apartados:

- Dañarían mecánicamente los equipos de las siguientes fases de tratamiento.
- Sedimentarían en las tuberías y conductos de la instalación, obstruyéndolos.

Los pretratamientos más frecuentes son:

1. Cribado (rejas y tamices).
2. Dilaceración.
3. Desarenado.
4. Desengrasado.
5. Homogeneización.

Aunque consideraremos la operación de desarenado en el tratamiento previo, en algunas obras la consideran perteneciente al tratamiento primario. Algo parecido sucede con la separación de aceites y grasas, ya que hay quien la considera un tratamiento previo mientras que para otros es un tratamiento primario; de cualquier forma, esta separación,

que se realiza por flotación (proceso físico), es frecuente que se efectúe simultáneamente al desarenado en una instalación única para ambos. (SEDALIB, 2016: 18)

A. Tanque de tormentas

La misión del aliviadero o tanque de tormentas es evacuar el excedente de caudal en épocas de lluvia hacia el cauce fluvial o, de forma alternativa, a un depósito intermedio para su reintroducción gradual hacia la depuradora. (SEDALIB, 2016)

El aliviadero debe dimensionarse para almacenar un volumen mínimo correspondiente a un tiempo de permanencia del agua de 20 a 30 minutos, que es cuando se supone un mayor grado de contaminación del agua de lluvia y a la diferencia entre el caudal máximo en época de lluvias y el caudal admisible por el reactor biológico. (SEDALIB, 2016)

B. Cribado

Al inicio de la línea de tratamiento de aguas de la mayoría de las estaciones depuradoras, se sitúa un Pozo de Gruesos (**figura 2**) con el objetivo principal de retener en su interior una parte de los sólidos de tamaño mayor (operación de desbastado) como cartones, botellas, plásticos grandes, etc. Estos sólidos son periódicamente separados del fondo del pozo mediante palas bivalvas. (SEDALIB, 2016)

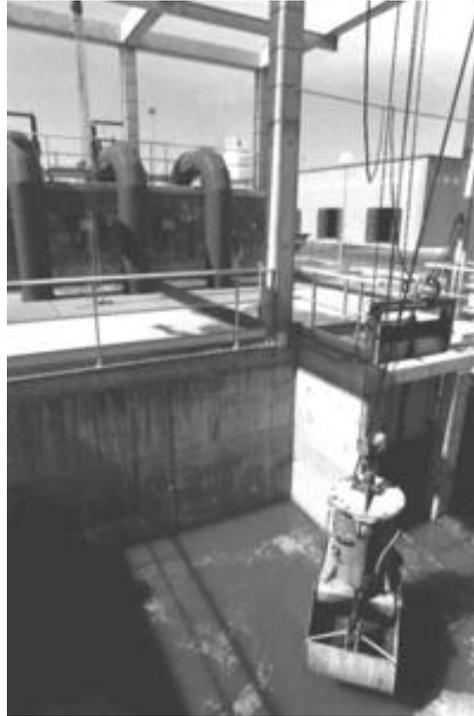


Figura 2: Pozo de gruesos a la entrada de la depuradora de Rubí (Barcelona).

Fuente: Entrecanales y la Junta de Sanejament (Generalitat de Catalunya).

Desde el pozo de gruesos, y tras elevar el agua mediante un tornillo sin fin (figura 3) si el nivel del pozo está por debajo del de la planta depuradora, se inicia el tratamiento propiamente dicho, siendo normalmente un cribado (método físico de separación de sólidos) la primera etapa que se realiza en una planta de tratamiento de aguas residuales. (SEDALIB, 2016)

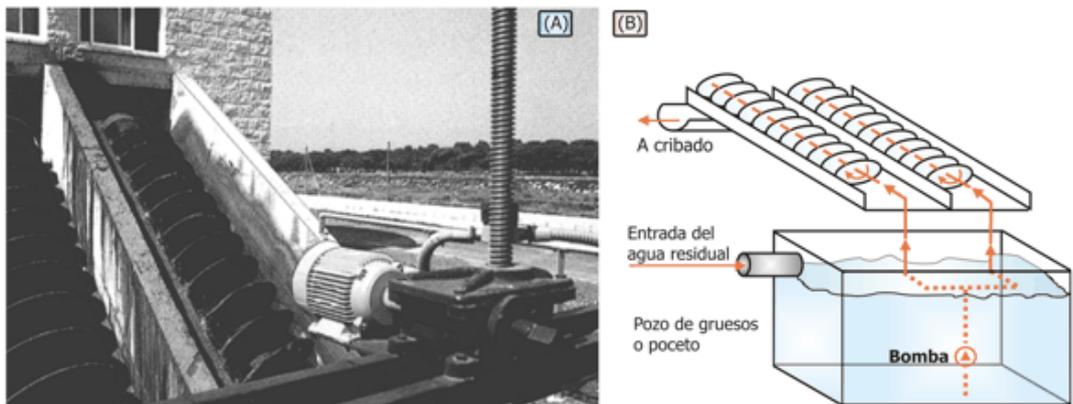


figura 3: (A) Tornillos sin fin para la elevación de las aguas desde el pozo de gruesos al nivel de tratamiento en la EDAR de Granollers (Barcelona).

Fuente: catálogo de Cubiertas y la Junta de Sanejament (Generalitat de Catalunya).
(B) Esquema de funcionamiento.

Este cribado no es más que una continuación del proceso de desbastado ya iniciado en el pozo de gruesos y, cuando estén presentes, en los tornillos sin fin que, además de realizar una acción de bombeo, dejan en el nivel inferior los objetos de gran tamaño. (SEDALIB, 2016)

El cribado se efectúa mediante **rejas** o **tamices** y tiene como objetivo separar todos aquellos materiales de tamaño excesivamente grueso que, además de representar de por sí una forma de contaminación (sólidos en suspensión), pueden dañar u obstaculizar las fases sucesivas de tratamiento. (SEDALIB, 2016)

El desbastado mediante rejas o tamices es una operación sencilla pero llamativa, ya que en ella se retienen los sólidos de gran tamaño. Estos sólidos son una verdadera muestra de la actividad que se ha realizado en la población unas horas antes, ya que en su mayoría proceden de los restos que se arrojan por los inodoros y los fregaderos urbanos. Así, encontramos desde restos de comida hasta pelos, plásticos, trozos de cristales y algunos objetos sorprendentes (lentillas, piezas dentales, etc.). (SEDALIB, 2016)

C. Rejas

En el canal de entrada del agua a una planta depuradora lo habitual es encontrar una reja, constituida por barras paralelas que forman un

ángulo de 30 a 80° respecto a la superficie del agua (aunque también las hay horizontales y verticales). En esta reja quedarán retenidos todos aquellos cuerpos voluminosos, flotantes y en suspensión, arrastrados por el agua y cuyas dimensiones superen la luz de paso de la reja. (Romero Rojas, 2000)

Las rejas más simples son las de **limpieza manual** que suelen presentar una separación entre barras de 5 a 10 cm (se denominan **Rejas de Separación Gruesa**). Otras aprovechan la limpieza hidráulica efectuada por el mismo flujo del influente. Ambos sistemas presentan bajos costes de instalación, pero no garantizan un alto rendimiento de separación y además deben controlarse continuamente, especialmente en los períodos de fuerte presencia de corpúsculos. (Romero Rojas, 2000)

Frente a las citadas, encontramos las rejas de **limpieza automática (figura 4)** con separación de sus barras de entre 1 y 5 cm (son las **Rejas de Separación Media**). Éstas disponen de unos "peines" o "rastrillos" que, movidos por un sistema tractor de cadenas, arrastran los objetos retenidos hasta el interior de un cesto o los descargan sobre una cinta transportadora. (Romero Rojas, 2000)

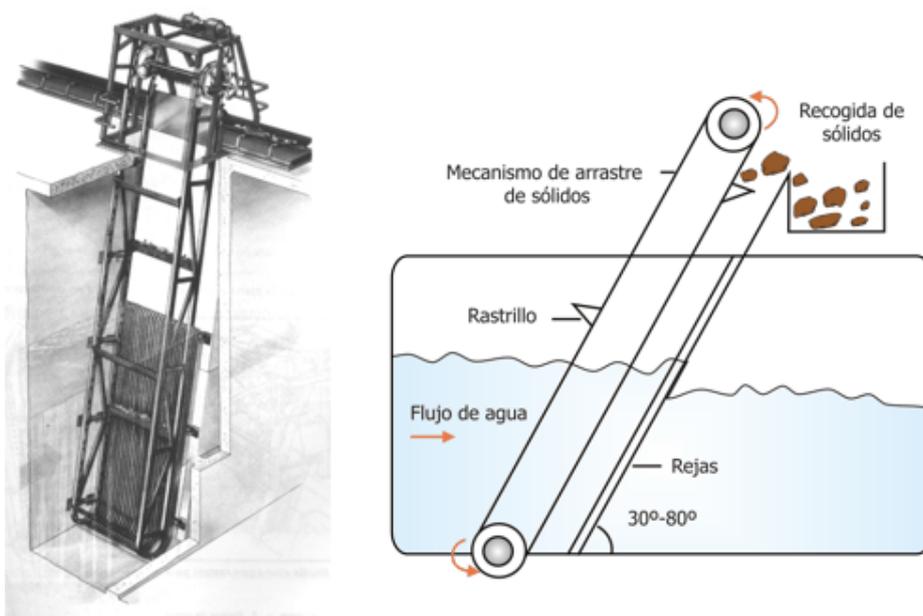


Figura 4: Reja mecánica de limpieza automática con rastrillos (izq.)

Mecanismo tractor del rastrillo.

Esquema de funcionamiento de las rejas de limpieza automática (derecha).

Fuente: Hernández, 1994.

También son muy utilizadas las rejas autolimpiables sin sistema de rastrillo (**figura 5**).

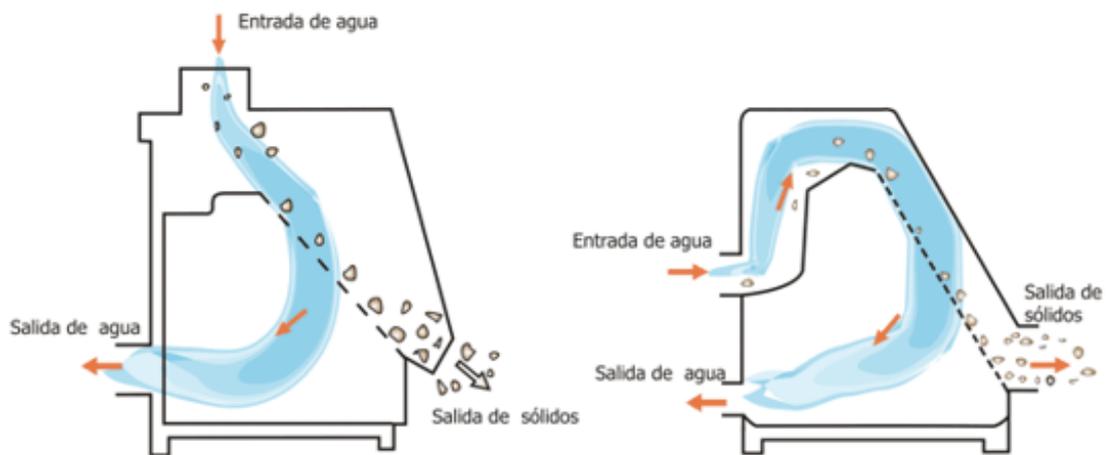


Figura 5: Esquema de rejas autolimpiables sin sistema de rastrillo.

Fuente: Hernández, 1994.

El diseño más común es colocar en la entrada del colector a la estación depuradora una reja de apertura gruesa de limpieza manual, como pretratamiento respecto a la reja de apertura media colocada a continuación. (Romero Rojas, 2000)

En cualquiera de los casos, todo lo recogido en las rejas normalmente es escurrido y compactado, mediante prensas hidráulicas o mecánicas, para facilitar su transporte en recipientes cerrados a una incineradora o a un vertedero. (Romero Rojas, 2000)

D. Tamices

Con los tamices se busca un proceso de eliminación de residuos sólidos más afinado que el que se logra usando rejjas, ya que la separación libre entre barras de los tamices oscila entre 0,2 y 1,5 mm. Se busca, igualmente, un sistema sencillo autolimpiable, que permita la eliminación de arenas gruesas y hasta porcentajes del 30% de grasas y sobrenadantes. (Romero Rojas, 2000)

Existen dos tipos de tamices:

- **Tamices Estáticos (figura 6).** Normalmente son de limpieza hidráulica por ducha de agua que acelera la caída del fango retenido (el cual rueda sobre la superficie del tamiz debido a la energía cinética residual), evitándose así que se reseque y quede depositado sobre la superficie del tamiz, obturándolo. (Romero Rojas, 2000)

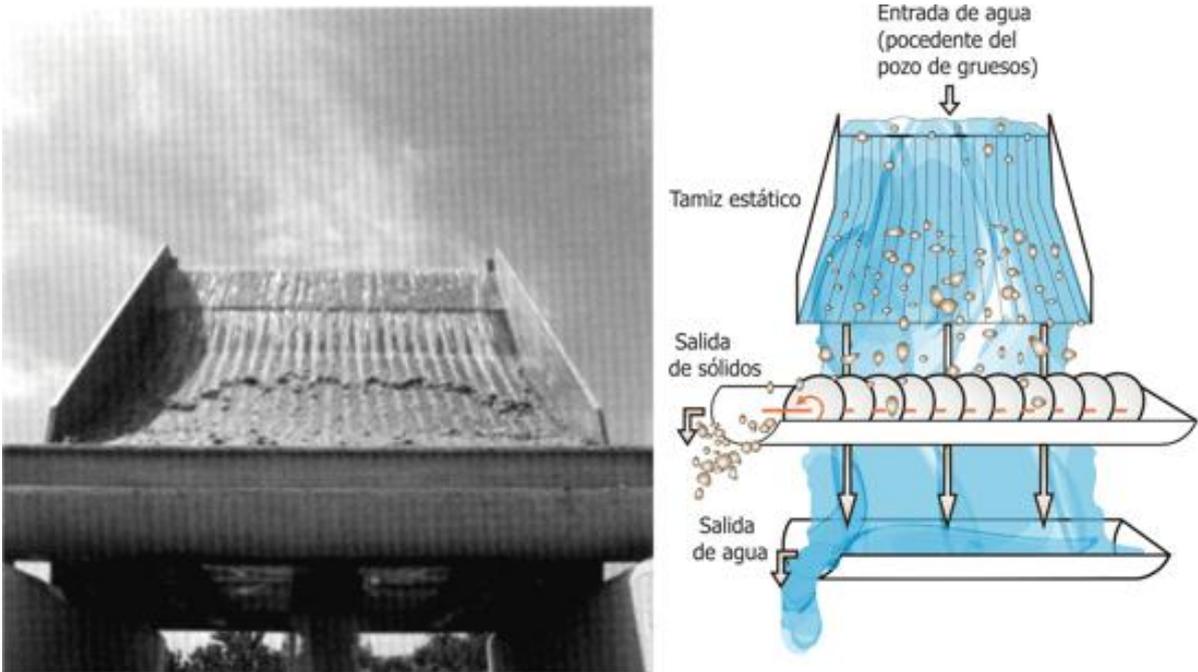


Figura 6: Izq: Tamiz Estático de la EDAR de Alcanar (Tarragona).
Drcha.: Esquema de funcionamiento: El agua pasa a través del tamiz y es recogida por un colector, mientras que los sólidos son conducidos hacia la parte delantera y separado por un tornillo sin fin.

Fuente: Obras y Contratas Javier Guinovart y Junta de Sanejament (Generalitat de Catalunya).

- **Tamices Rotativos (figura 7)**. En ellos la limpieza puede ser hidráulica o mecánica automatizada. Son muy efectivos para la eliminación de algas o en los casos en los que se quieren aprovechar los sólidos tamizados. (Romero Rojas, 2000)

Los tamices son mucho más eficaces que las rejas pero sus costes son más elevados (especialmente los rotativos) y, aunque requieren un escaso mantenimiento, éste debe ser realizado por personal especializado. Por estos motivos se adaptan sólo a instalaciones de una cierta importancia. (Romero Rojas, 2000)

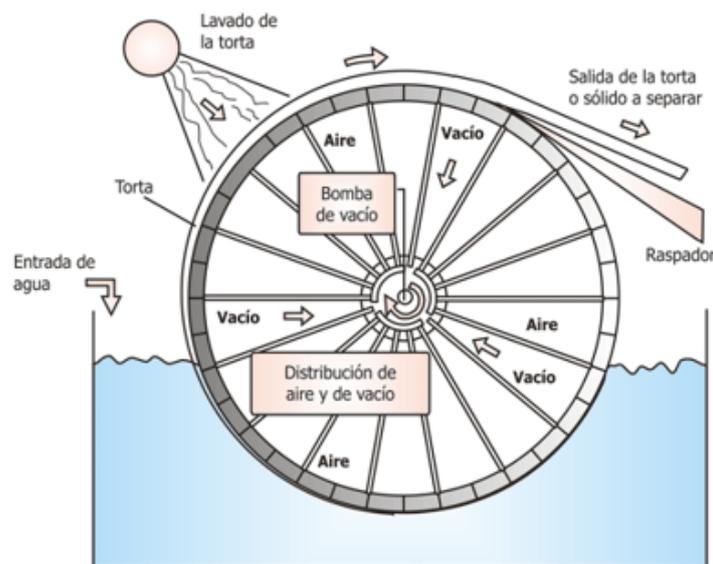


Figura 7: Tamiz Rotativo. Esquema de funcionamiento de un tamiz rotativo.

Fuente: Hernández, 1994.

E. Dilaceración

Algunas estaciones de depuración cuentan con unos mecanismos dilaceradores como sustitutos de las rejas o tras una reja grosera;

normalmente, se trata de plantas depuradoras que reciben aguas que no contienen plásticos. El dilacerador (**figuras 8 y 9**) es un aparato que tritura los sólidos gruesos, en vez de separarlos del flujo. Para realizar esta operación cuenta con unos discos cortantes o unas cuchillas que convierten estos sólidos en partículas de un tamaño menor y más homogéneo, de modo que no entorpecen el funcionamiento de las instalaciones posteriores (especialmente bombas). (Romero Rojas, 2000)

La ventaja de la sustitución de las rejjas por un dilacerador radica en que se minimiza el problema de acumulación de los residuos sólidos, cuyos depósitos generan malos olores y atracción de ratas e insectos y que en zonas frías se pueden congelar dificultando el proceso. El inconveniente es que los sólidos dilacerados continúan en el interior del influente y sedimentan en etapas posteriores del tratamiento. La instalación del dilacerador puede conllevar dos problemas:

- Puede representar un colapso del proceso si hay un incremento no previsto del caudal del influente, o si hay algún problema técnico (un corte de tensión, una avería, etc.), por lo que normalmente se instala en paralelo con rejjas.
- Las unidades de tratamiento posteriores quedan recargadas de trabajo, ya que aumenta la cantidad de residuo a separar en el resto de etapas.

Existe diferencia de opiniones sobre la conveniencia o no de instalar dilaceradores. En general, salvo en algunas ocasiones, no se acostumbra a realizar esta trituración de residuos, ya que su posterior concentración y retirada encarecen el proceso; resulta más económico realizar un desbastado con rejjas que sobredimensionar el resto de la instalación para poder asumir la carga contaminante adicional de un agua no cribada. (Romero Rojas, 2000)

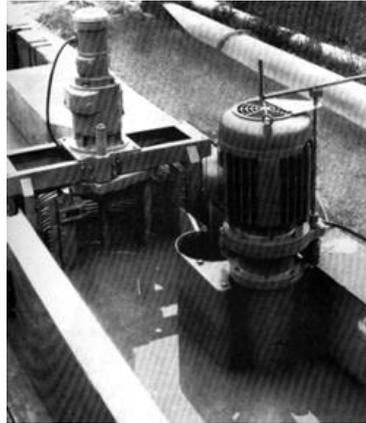


Figura 8: Aspecto externo de un dilacerador.

Fuente: Hernández, 1994.

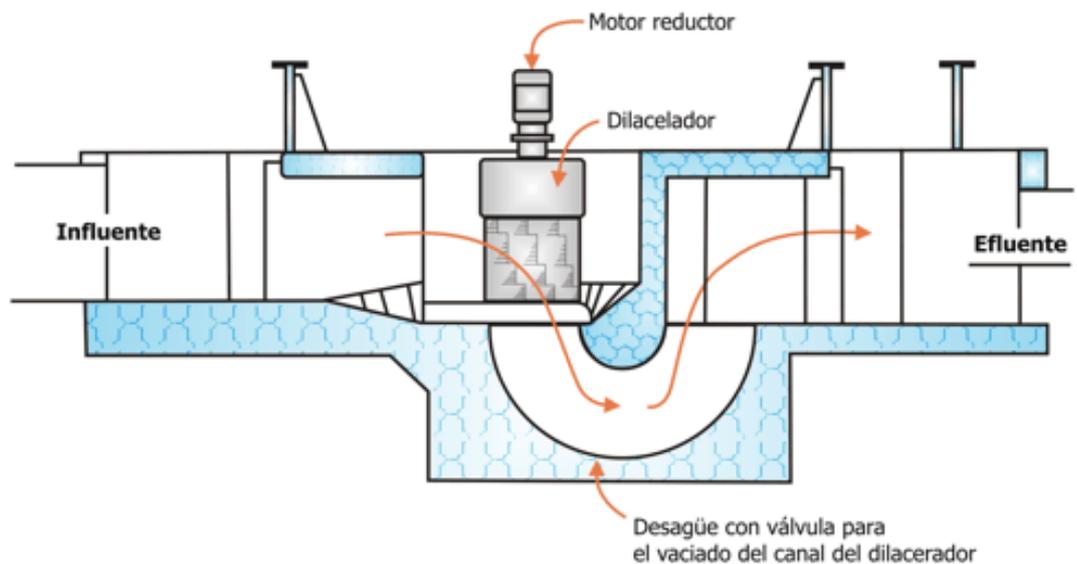


Figura 9: Sección transversal de una instalación de dilaceración (de FMC de Chigaco Pump).

Fuente: Metcalf & Eddy, 1995.

F. Desarenado

El desarenador se utiliza para separar la arena arrastrada en suspensión por el influente. En el tratamiento de aguas residuales se catalogan como **arena** aquellas sustancias sólidas densas (diámetro mayor o igual a 0,2 mm y peso específico mayor o igual a 1,5 g/ml), no putrescibles y con una velocidad de sedimentación notablemente

superior a la de los sólidos orgánicos putrescibles. (Romero Rojas, 2000)

Esta "arena" origina depósitos en canales y tuberías, abrasión y desgaste sobre los elementos mecánicos en movimiento y dificulta la eliminación y digestión de los lodos separados en los tanques de sedimentación (al aumentar su densidad). A pesar de estar concebido para eliminar la arena, el desarenador es capaz de retener otros materiales, como cáscaras de huevo, trozos de huesos, granos de café, residuos de comidas, etc. Los sedimentos retenidos en los desarenadores son recogidos, lavados y acarreados para su posterior incineración o transporte a vertedero. (Romero Rojas, 2000)

Existen dos tipos generales de desarenadores según el procedimiento utilizado en la separación:

- Separación natural por decantación: son los "**Desarenadores de Flujo Horizontal**".
- Aspirador dinámico con procesos que utilizan la inyección de aire o efectos de separación centrífuga: son los "**Desarenadores de Flujo Inducido**". (Romero Rojas, 2000)

➤ **Desarenador de flujo horizontal**

Es el tipo más frecuente de desarenador. Está constituido por un tanque o un conjunto de canales de sedimentación, diseñados de forma que favorezcan una velocidad de la corriente de agua inferior a los 20-30 cm/s ya que, de este modo, se produce la separación por gravedad de las partículas pesadas de un diámetro superior a 0,2 mm. (Romero Rojas, 2000)

La eficacia del desarenador depende fundamentalmente de su superficie horizontal y de la velocidad de caída de las partículas en suspensión, mientras que otros factores como la profundidad, la

sección transversal del tanque y la velocidad horizontal de circulación tienen una importancia secundaria. (Romero Rojas, 2000)

El principal problema de los desarenadores de flujo horizontal, es que una parte de la materia orgánica se separa junto con la arena, produciéndose, al descomponerse, olores desagradables. Para minimizar este problema, hay que lavar las arenas que se han separado e incluir el agua de lavado dentro del proceso de tratamiento de aguas residuales. Otras desventajas, respecto de los desarenadores de flujo inducido, son:

- Mayor pérdida de carga (pérdida de presión).
- Mayor superficie requerida para su implantación.
- Mayor coste de instalación.

Para mejorar el rendimiento de los desarenadores estáticos, se pueden introducir elementos mecánicos de ayuda; en esta idea se basa el funcionamiento de los desarenadores cuadrados o **cubetas de desarenado**. En este sistema se incorpora un agitador que remueve suavemente el fondo y un mecanismo de elevación de la arena, la cual desliza sobre una rampa para acabar depositándose en el fondo. El resultado es una arena más limpia y más seca que no precisa un lavado posterior. (Romero Rojas, 2000)

➤ **Desarenador de flujo inducido**

Dentro de este grupo, los más frecuentes son los desarenadores aireados (**figura 8**), con los que se obtiene un alto rendimiento de desarenación ya que permiten trabajar a caudales mayores. La circulación del agua a través del tanque se produce en forma de espiral, gracias a la inyección de aire y a un diseño especial de la entrada del agua residual; este movimiento en espiral hace que la longitud del desarenador pueda ser menor, con lo que se ahorra

espacio. El aire inyectado, además de un papel motor, favorece, por su efecto de agitación, la separación de las materias orgánicas que pudieran quedar adheridas a las partículas de arena, obteniéndose de esta manera una arena bien lavada. (SEDALIB, 2016)

La extracción de la arena en un desarenador aireado se realiza mecánicamente, bien sea por barrido hacia una fosa de recepción, de donde se bombea, o bien directamente por una bomba aspirante.

Su gran desventaja respecto a los de flujo horizontal es su mayor consumo energético. (SEDALIB, 2016)



Figura 10: Vista aérea de la EDAR de Granollers, en Barcelona. Los tanques desarenadores aireados se encuentran en la zona central izquierda, y pueden identificarse por su forma rectangular y por la espuma que genera la inyección de aire.

Fuente: catálogo de Cubiertas y de la Junta de Sanejament (Generalitat de Catalunya).

G. Desengrasado

El desengrasado consiste en la separación, en forma de espumas flotantes, de las grasas y aceites arrastrados por el agua residual. (SEDALIB, 2002)

Se considera que en las aguas residuales urbanas las grasas constituyen hasta un 28% de los sólidos en suspensión, creando numerosos problemas en el proceso de depuración, de entre los que destacan:

- Adhesión a aparatos, conductos o depósitos, dificultando la depuración.
- Obstrucción de las rejillas finas.
- Formación de una capa en la superficie de los decantadores que dificulta la sedimentación, al atraer hacia arriba pequeñas partículas de materia orgánica.
- Dificulta la correcta aeración en la depuración por fangos activos.
- Perturba el proceso de digestión de lodos.

Es muy frecuente que desarenado y desengrasado se realicen conjuntamente en una única instalación, caracterizándose esta realización conjunta de ambos procesos por:

1. Las velocidades de sedimentación de las arenas y de flotación de las partículas de grasa no se ven prácticamente modificadas por realizar los dos procesos en el mismo depósito, debido a la diferencia de densidad entre ambos tipos de partículas. Esta circunstancia permite obtener buenos resultados tanto en la sedimentación de las arenas como en la flotación de las grasas.
2. El aire comprimido, que suele ser añadido para facilitar la desemulsión y la flotación de las grasas, también ayuda a impedir la sedimentación de la materia sedimentable no arenosa (partículas de fango), por lo que la arena depositada en el fondo del desarenador es más limpia.

3. Las partículas de arena, al sedimentar, frenan las velocidades ascensionales de las partículas de grasa que, de esta manera, disponen de más tiempo para ponerse en contacto entre sí durante su recorrido hacia la superficie, incrementándose el rendimiento de la flotación.
4. Ahorro económico, pues se reduce el espacio total necesario y las obras de construcción.

La grasa residual que puede quedar tras el desengrasado, se separa en las balsas de decantación, siendo retirada por medio de rasquetas superficiales (**figura 11**). (Romero Rojas, 2000)

Las grasas retiradas se conducen a un depósito y de ahí se transportan para su recuperación o incineración. En plantas pequeñas se aconseja bombear periódicamente las grasas al contenedor de recogida de las arenas, y así mezcladas se transportan al vertedero. (Romero Rojas, 2000)

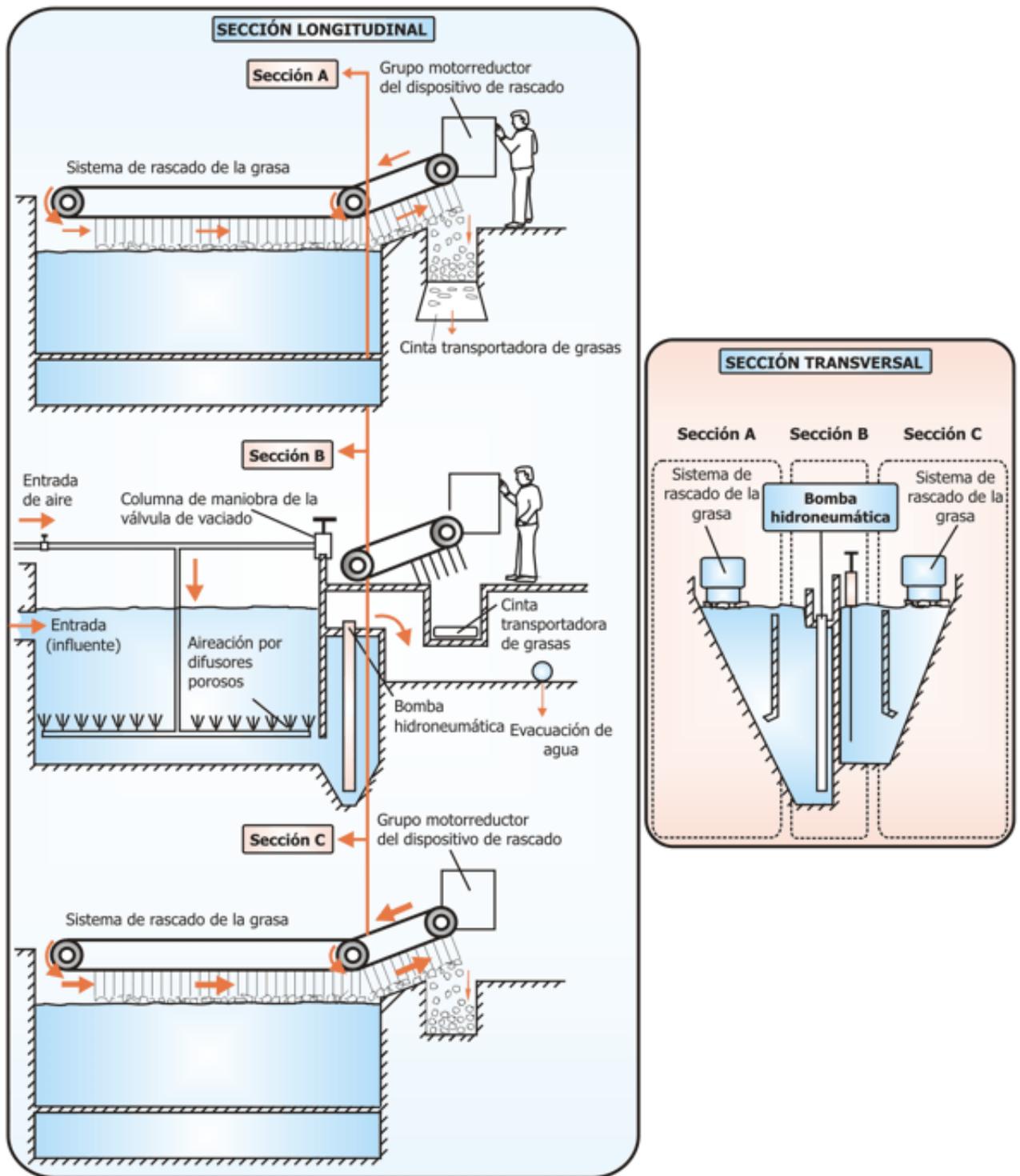


Figura 11: Esquema de funcionamiento de un desarenador - desengrasador.

Fuente: adaptado de Metcalf & Eddy, 1995.

H. Homogeneización

La situación más habitual es que la entrada de agua residual a la planta depuradora sea variable en el tiempo, tanto en lo que respecta a caudal como a carga contaminante. Estas desviaciones suelen ser tanto mayor cuanto más pequeña es la comunidad servida, pudiendo crear notables problemas de gestión en aquellas depuradoras no adecuadamente protegidas de los "golpes" de volumen y/o contaminación. Estas variaciones, especialmente las de carga, dificultan el correcto desarrollo de los tratamientos, ya sean de tipo químico-físico o de tipo biológico. (Romero Rojas, 2000)

Para solventar tales problemas se puede recurrir a la igualación de caudales y/o a la homogeneización de la concentración de los contaminantes. Las ventajas que aportan estos procesos son:

1. Limitación de las sobrecargas hidráulicas en los sedimentadores primarios y secundarios que, particularmente en el segundo caso, podrían comportar la "fuga" de la biomasa activa y una peor calidad del efluente.
2. Limitación de los golpes de carga orgánica en los procesos biológicos.
3. Posibilidad de alimentar de manera continuada los sistemas biológicos de depuración lo que mejora el rendimiento.
4. Posibilidad de obtener mejores prestaciones de los tratamientos químico-físicos, facilitando el control de la dosificación de reactivos y, mejorando la fiabilidad de los procesos.
5. A igualdad de rendimiento, reducción de las dimensiones de las varias secciones que constituyen la planta.
6. A igualdad de dimensión de las secciones, mejora de las prestaciones de las plantas infradimensionadas.
7. Disminución de los consumos energéticos debidos a la punta de carga hidráulica.

En definitiva, se pueden resumir todas las ventajas enumeradas en una sola: optimización de las condiciones operativas de las fases siguientes. (Romero Rojas, 2000)

Sin embargo, en las pequeñas instalaciones de depuración donde únicamente se tratan influentes urbanos, la homogeneización es bastante rara ya que, en estos casos, los tratamientos biológicos previstos suelen ser lo suficientemente robustos como para garantizar efluentes aceptables a pesar de las fluctuaciones de carga contaminante. De hecho, la homogeneización como fase específica de un proceso de depuración de aguas, es sólo adecuada para plantas de grandes dimensiones y con una presencia importante de influentes de origen industrial. (Romero Rojas, 2000)

Básicamente, se aplican dos tipos de técnicas de homogeneización:

- **Homogeneización en línea:** todo el caudal de agua pasa por el tanque de homogeneización. Se consigue así una buena homogeneización y se amortiguan posibles variaciones de la composición de las aguas y del caudal entrante.
- **Homogeneización en derivación o paralelo:** sólo la parte que supera el caudal medio diario pasa por el tanque de homogeneización. Este sistema es útil en los casos en los que se esperan variaciones importantes del caudal, pero no se amortiguan los posibles cambios de composición de las aguas.

Los tanques de homogeneización pueden ser muy variados:

- **Balsas de homogeneización:** se trata de una opción bastante frecuente ya que pueden contener grandes cantidades de agua y son de construcción sencilla (pueden consistir en una zanja en el suelo recubierta con material plástico).
- **Tanques de homogeneización metálicos:** se utilizan en estaciones depuradoras pequeñas que reciben agua con variaciones mínimas de caudal; la homogeneización se realiza con mecanismos agitadores.

- Homogeneización con aeración: el sistema de aeración es el que garantiza el mezclado; este sistema, además, dificulta la formación de sedimentos, con lo que se evita la formación de fango y se inhiben las más olientes fermentaciones anaeróbicas.

En general, la homogeneización constituye el último de los pretratamientos.

El tanque de homogeneización debe insertarse en la línea de tratamiento de la forma más económica posible, minimizando los costes de realización y la envergadura de las obras electromecánicas instaladas. Pueden desarrollar funciones de homogeneización de los contaminantes los tanques de aeración de fangos activos que, dimensionados sobre la base de bajas cargas orgánicas, tienen largos tiempos de retención hidráulica (no por casualidad se afirma que los tanques de fangos activos con aeración prolongada poseen una óptima capacidad de resistencia frente a los golpes de carga orgánica). (Romero Rojas, 2000)

2.3.5. Otros Tratamientos de Aguas Residuales

Buscando nanopartículas de ingeniería (ENP) en sistemas de tratamiento de aguas residuales: aspectos de calificación y cuantificación: El presente estudio desarrolló un método racionalizado para la cuantificación e identificación de nanopartículas diseñadas (ENP) en aguas residuales. Una revisión de la literatura actual reveló que, en general, los métodos actualmente disponibles se centraron principalmente en ENP solos y se aplicaron principalmente a muestras de bajas cargas orgánicas o bajo condiciones de laboratorio bien controladas. En la presente investigación, se usaron procedimientos que incluyen diálisis para desalación y oxidación a baja temperatura para remoción orgánica para pretratar muestras de altas cargas orgánicas, específicamente, aguas residuales municipales y lodos. La técnica de mapeo SEM identificó la presencia de nanopartículas, que fue seguida por la cuantificación de ICP-OES de diferentes nanopartículas de ingeniería en aguas residuales y muestras de lodos recolectados de dos plantas de tratamiento de aguas residuales municipales regionales principales. Los resultados mostraron una identificación y cuantificación exitosas de óxido de titanio y zinc de tamaño nanométrico de plantas de tratamiento de aguas residuales estudiadas. El perfil de concentración

fue trazado para las plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR) utilizando el método desarrollado en esta investigación. Los resultados también mostraron una eliminación total de 80% y 68% de titanio y zinc por partículas de lodo primario y secundario, respectivamente. El flujo masivo de nanopartículas diseñadas (ENP) también se calculó para estimar el flujo diario de nanopartículas diseñadas en el sistema. (Soohoon y col., 2017)

Sistema bioelectroquímico como filtro oxidante para la eliminación de materia orgánica soluble y particulada de aguas residuales municipales: Una configuración del sistema bioelectroquímico (BES) se diseñó y probó como un proceso de pulido para eliminar la demanda de oxígeno químico soluble (SCOD) y los sólidos en suspensión (SS) de las aguas residuales municipales. La configuración se diseñó de modo que el filtro de carbono anódico pudiera comportarse como un filtro que permite la eliminación y la oxidación bioelectroquímica de partículas y materia orgánica soluble del agua residual. Se instalaron tres reactores (aproximadamente 10 L de volumen de líquido) para evaluar tres configuraciones operacionales diferentes: (i) operación de circuito cerrado que permite la producción actual; (ii) operación de circuito abierto sin producción actual; y (iii) controlar el reactor sin electrodo para tener en cuenta el efecto del electrodo como filtro. Los reactores se operaron durante más de 200 días durante los cuales se cuantificaron los parámetros clave del proceso (eliminación de SCOD, eliminación de SS, turbidez, producción de electricidad, pH de electrolito). Los resultados indicaron que la producción actual (corriente máxima de aproximadamente 120 mA) podría aumentar la eficacia de eliminación de SCOD de 11% a 77% a una tasa de eliminación de SCOD de aproximadamente 0,1 kg de SCOD / m³.d. No se observaron diferencias apreciables entre las eficiencias de remoción de SS en el circuito abierto y cerrado (83%) y la obstrucción del filtro del electrodo. Se logró una alta eficiencia coulombic (más del 80%, basado en el SCOD eliminado) y baja resistencia interna (2.7 Ω), lo que indica que la configuración es adecuada para el manejo de aguas residuales reales que contienen material particulado. Sin embargo, el mantenimiento activo de un pH neutro en el ánodo y un entorno catódico ácido (pH <7) fueron esenciales para mantener el rendimiento óptimo del sistema. En

general, este estudio afirma el potencial de usar un BES para servir como un filtro físico y como un medio oxidante para el pulido de efluentes. (Hassan, 2016)

La degradación electroquímica del colorante textil índigo carmín (IC) (3,3-dioxo-2,2-bi-indolilideno-5,5-disulfonato disódico) fue llevada a cabo utilizando ánodos dimensionalmente estables (DSA) de Ti/IrO_2-SnO_2 dopados con Sb_2O_5 . El efecto de diferentes sales ($NaCl$, Na_2SO_4 y $NaHCO_3$) como electrolito soporte fue analizado. Los resultados mostraron que la oxidación del colorante IC se mejora cuando hay presencia de $NaCl$ en el medio de solución debido a la acción de las especies oxidantes $HClO/ClO^-$ electrogenerados a partir del medio conductor. En presencia de $NaCl$, se logró una remoción rápida del color y de la demanda química en oxígeno. Los resultados obtenidos muestran el gran potencial de aplicación de esta tecnología al tratamiento de aguas residuales de la industria textil. (Palma, 2013)

El avance de la fotocatalisis heterogénea como un proceso de oxidación avanzada se ha utilizado en el tratamiento de aguas contaminadas con sustancias recalcitrantes, que provocan impactos negativos al ambiente y, por consiguiente, a la salud humana. Debido a la urgente necesidad de preservar el recurso hídrico, en esta investigación, se utilizó la fotocatalisis heterogénea para el tratamiento de efluentes generados en laboratorios de análisis químico y ambiental. Aplicar la fotocatalisis heterogénea mediante la utilización TiO_2 para el tratamiento de las aguas residuales con presencia del indicador verde de bromocresol. En este proceso se utilizaron reactores tipo Batch; como catalizador, dióxido de titanio (TiO_2) Degussa P-25, y radiación UV natural como fuente de activación del método fotocatalítico, para generar la decoloración y mineralización del indicador verde de bromocresol en los efluentes líquidos.

El seguimiento del proceso se realizó mediante pruebas de pH, absorbancia a través de un espectrofotómetro (longitud de onda de 418 nm) y DQO mediante la técnica sugerida por el *métodos estándar*, cada día en un espacio de tiempo de cinco días. La comparación de datos obtenidos muestra la viabilidad de la técnica, especialmente utilizando una concentración de 300 ppm de catalizador, donde se obtienen porcentajes de degradación de 93,94% y mineralización de 72,22%. Con

los resultados obtenidos de porcentaje de degradación y mineralización se muestra que la fotocatalisis heterogénea, utilizando radiación solar, es un proceso de oxidación avanzada viable para el tratamiento de aguas residuales, con presencia del indicador verde de bromocresol. (Mera, 2011)

La eficiencia de remoción de contaminantes del agua mediante la especie *Eichhornia Crassipes* para el riego de las áreas verdes en la Universidad Peruana Unión (UPeU). Esta investigación surge de observar la contaminación del agua de superficie causada por la presencia de residuos urbanos, domésticos e industriales en el cuerpo de agua a tratar, reduciendo la calidad de esta fuente para riego y generar riesgos a la salud de las personas del campus universitario y otros destinos. El sistema de tratamiento se instaló en la zona denominada "La mansión", donde existe una laguna cuyas dimensiones son 3050.16m², profundidad 4 m, volumen 6405.336 m³ y un caudal de 0.12 m³/sg, con periodo de retención de 5 días para el tratamiento. Se implementó 37 sistemas flotantes ubicados alrededor y 7 en la zona intermedia de la laguna, posteriormente se sembró 600 plántulas de *Eichhornia Crassipes*. El muestreo del agua se realizó antes y al finalizar el tratamiento. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos: pH (8.22), aceites y grasas (4mg/l), sólidos totales (371 mg/l), turbiedad (18.40 UNT), conductividad (3.80 US/cm); microbiológicos: coliformes totales (24000 NMP/100ml), Coliformes Fecales (11000 NMP/100ml); Bioquímicos: (DBO (3 mg/L), DQO (25 mg/L); Metales pesados: Arsénico total (0.050 mg/l As), Plomo total (0.153 mg/l pb), Cadmio (0.004ppm) y nutrientes: N-Amoniacal (0.022 mg/NO₄-N), Nitratos (0.10 mg/l NO₃). Entretanto, el método estadístico que permitió analizar los datos, fue la prueba t, a través de la comparación de medias entre los parámetros estudiados. Finalmente, se concluye que la remoción de contaminantes del agua mediante la especie *EichhorniaCrassipes* para el riego de las áreas verdes en la UPeU es totalmente eficiente, ya que, a través del tratamiento de dichas aguas se consiguió establecer un sistema armonioso con el ambiente, útil para limpiar los residuos acuáticos, como los metales pesados y otros contaminantes, convirtiéndose en una vía cada vez más reconocida para desarrollar la capacidad de tratamiento en las aguas residuales sin demandar costos elevados. (Cruz y col., 2016)

CAPITULO III

CONSTRUCCION DE LA HERRAMIENTA

3.1. Generalidades

Para la realización del presente trabajo de investigación se realizó un trabajo específico que consistió en definir primeramente los puntos de muestreo y luego proceder a la toma de las muestras las mismas que fueron llevados al laboratorio de la Empresa SEDALIB para realizar los ensayos de análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Aceites y grasas, Sólidos sedimentables y turbidez.

Se realizó este muestreo antes y después de remover el material particulado para proceder a realizar un modelamiento con estos datos obtenidos y llevar a cabo los respectivos análisis de resultados.

Para la elaboración del presente trabajo se utilizó fichas y formatos así como una guía de observación de campo.

Para la toma de muestra se siguió el procedimiento de acuerdo al anexo V.

3.2 Estudio de Factibilidad.

3.2.1. Factibilidad Técnica

Para el presente trabajo se cuenta con un historial técnico referido a caracterización de material particulado en las aguas residuales y el profesional técnico especializado para el desarrollo del presente trabajo.

3.2.2 Factibilidad Operativa.

El trabajo cuenta con factibilidad operativa debido a que se tiene acceso realizar los análisis de las muestras dentro del laboratorio de Control de Calidad de la empresa SEDALIB SA además de permitirnos realizar los muestreos en los puntos establecidos en el presente trabajo.

3.2.3. Factibilidad Económica

La inversión requerida es de aproximadamente 16 000 soles sin embargo los beneficios a obtener son varios que redundara en mejora en el tratamiento de las aguas residuales que se tratan en las PTAR y se reducirán costos operativos durante el proceso de tratamiento a fin de cumplir con los estándares exigidos por la normatividad lo que justifica la aplicación del presente trabajo.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS

RESULTADOS

CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

4.1. Población y Muestra

4.1.1. Población:

Constituye el 100% de aguas residuales (m^3) que se generan en la Trujillo Metropolitano, correspondientes a las cinco plantas de tratamiento tales como PTAR Covicorti, Cortijo, Salaverry, las Delicias y Huanchaco.

4.1.2. Muestra:

La muestra será 5 litros de aguas residuales de cada planta de tratamiento de la ciudad de Trujillo Metropolitano.

4.2. Prueba de Pretest- Posttest y Grupo Experimental

Diseños de pretest-posttest con un grupo: A un grupo de sujetos se le aplica en primer lugar el pretest, a continuación el tratamiento y por último, el posttest. Se debe valorar los cambios que se han dado desde la aplicación del pretest a la aplicación del posttest. (Arquero, y Col. 2009)

El esquema es el siguiente:



Donde:

- **Grupo Experimental (GE):** Aguas residuales de las cinco plantas de tratamiento estudiadas.
- **Prueba del Pre test (O₁):** Cantidad de carga orgánica y calidad de las aguas residuales, respecto a los parámetros estudiados, antes de la remoción del material particulado.
- **Estímulo(X):** La remoción del material particulado.
- **Prueba del Post test (O₂):** Cantidad de carga orgánica y calidad de las aguas residuales después de la remoción del material particulado.

4.3. Análisis de Resultados

4.3.1. Resultados obtenidos en PTAR COVICORTI.

Se realizó los análisis de laboratorio de las muestras de aguas residuales de los parámetros elegidos en la PTAR COVICORTI que recibe las aguas residuales de las zonas del Porvenir, Trujillo Metropolitano, y parte de la Esperanza con la finalidad de conocer la relación que tiene la remoción del material particulado con los parámetros físico químicos.

Tabla N° 4: Análisis encontrados en PTAR COVICORTI. Antes de pasar por el cribado y sin remoción del material particulado.

| ITEM | PARAMETRO | CONC. | UNIDAD |
|------|----------------------------|---------|------------|
| 1 | Demanda Bioquímica de | 261.95 | mg/L. |
| 2 | Demanda Química de Oxígeno | 633.00 | mg/L |
| 3 | Aceites y grasas | 33.20 | mg/L |
| 4 | Solidos Sedimentables | 2.10 | mg/L |
| 5 | Caudal | 320 | Lps |
| 6 | Carga Orgánica | 7242,39 | Kg DBO/día |

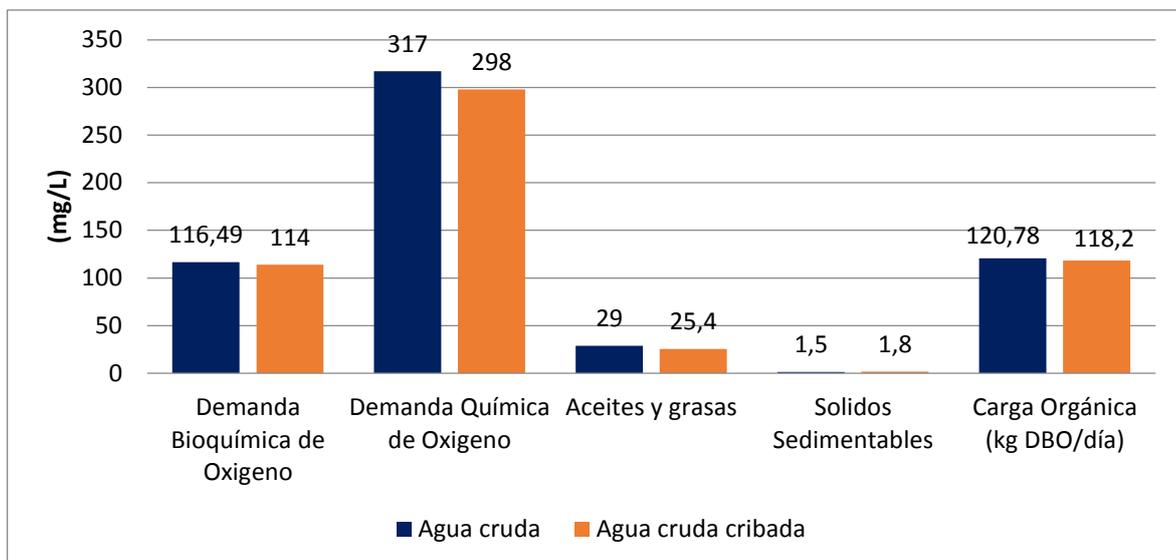
Fuente: Propia.

Tabla N°5: Análisis de laboratorio encontrados en PTAR COVICORTI después de pasar por el cribado.

| ITEM | PARAMETRO | CONC. | UNIDAD |
|------|-------------------------------|---------|------------|
| 1 | Demanda Bioquímica de Oxígeno | 259.21 | mg/L. |
| 2 | Demanda Química de Oxígeno | 608.00 | mg/L |
| 3 | Aceites y grasas | 30.80 | mg/L |
| 4 | Solidos Sedimentables | 2.00 | mg/L |
| 5 | Caudal | 320 | Lps |
| 6 | Carga Orgánica | 7166,64 | Kg DBO/día |

Fuente: Propia

Grafico N° 1. Relación entre la Remoción del material particulado y los parámetros físico químicos en PTAR COVICORTI



Fuente: Propia

La gráfica N° 1 permite analizar el comportamiento de la remoción de material particulado en término de los siguientes parámetros: demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, sólidos sedimentables y carga orgánica tanto antes como luego de pasar por el cribado, por lo que se observa diferencias mínimas en cada uno de los parámetros.

La remoción de material particulado en términos de carga orgánica y DBO, el valor de la carga orgánica ha sido obtenida al multiplicar los resultados de DBO de la muestra compuesta por su respectivo caudal (ver anexo 1), y el resultado de la DBO es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica degradable bioquímicamente.

En la gráfica puede observarse una tendencia muy similar de remoción de la DBO a la obtenida en la DQO lo que es coherente ya que ambos ensayos están estrechamente relacionados.

La DBO es un Bioensayo en donde se deben controlar variables como la calidad del inóculo, la temperatura de incubación, el agua de dilución, la preservación de la muestra y todas estas tienen gran influencia en los resultados. (Londoño y col., 2009)

La DBO tuvo como limitante que la muestra sólo se podía preservar por 24 horas en la nevera para obtener resultados confiables; por tanto este era el tiempo en que se debía realizar el análisis; en muchas ocasiones cuando se leía el oxígeno final se obtenían resultados insatisfactorios, pero como la muestra ya llevaba 5 días en la nevera el ensayo no se repetía por el estado de degradación de la muestra.

La eficiencia de remoción de la **carga orgánica** es de **1.05 %** indicando que la disminución de la misma ha sido ínfima. Esto se puede atribuir a que el pretratamiento de las aguas residuales tiene escaso efecto en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno. (Muñoz, D., 2005) y de la carga orgánica puesto que se está relacionada directamente con la DBO. Además luego del paso por el cribado solo se remueven los sólidos de gran tamaño, por ejemplo, botellas, palos, bolsas, balones, etc. Con los tratamientos posteriores se puede llegar a una alta remoción de la carga orgánica.

La remoción de sólidos sedimentables no ha sido significativa; la causa puede ser atribuida a la falta de agitación u/o homogenización de la muestra, dicha homogenización era fundamental puesto que los componentes utilizados en la muestra formaban sólidos sedimentables difíciles de manejar, además que el tamiz utilizado era de malla 5mm lo cual solo remueve sólidos de gran tamaño, por ejemplo, botellas, palos, bolsas, balones, llantas, etc., de tal manera que solo se removieron el 4.8 % de sólidos sedimentables, con los tratamientos posteriores se puede llegar a una alta remoción de los mismos.

La remoción de aceites y grasas ha sido un 7.2 % luego del cribado, Este valor bajo se puede atribuir a que el pretratamiento de las aguas residuales tiene escaso efecto en la reducción de las grasas y los aceites. (Muñoz, D., 2005)

Resultados obtenidos en PTAR CORTIJO.

Se realizó los análisis de laboratorio de las muestras de aguas residuales de los parámetros elegidos en la PTAR CORTIJO que recibe las aguas residuales de las zonas de Florencia de Mora y parte de sur de la Esperanza con la finalidad de conocer la relación que tiene la remoción del material particulado con los parámetros físico químico.

Tabla N° 6. Análisis encontrados en PTAR CORTIJO. Antes de pasar por el cribado y sin remoción del material particulado.

| ITEM | PARAMETRO | CONC. | UNIDAD |
|------|-------------------------------|---------|------------|
| 1 | Demanda Bioquímica de Oxígeno | 340.00 | mg/L. |
| 2 | Demanda Química de Oxígeno | 781.00 | mg/L |
| 3 | Aceites y grasas | 47.40 | mg/L |
| 4 | Solidos Sedimentables | 3.00 | mg/L |
| 5 | Caudal | 65 | Lps |
| 6 | Carga Orgánica | 1909,44 | Kg DBO/dia |

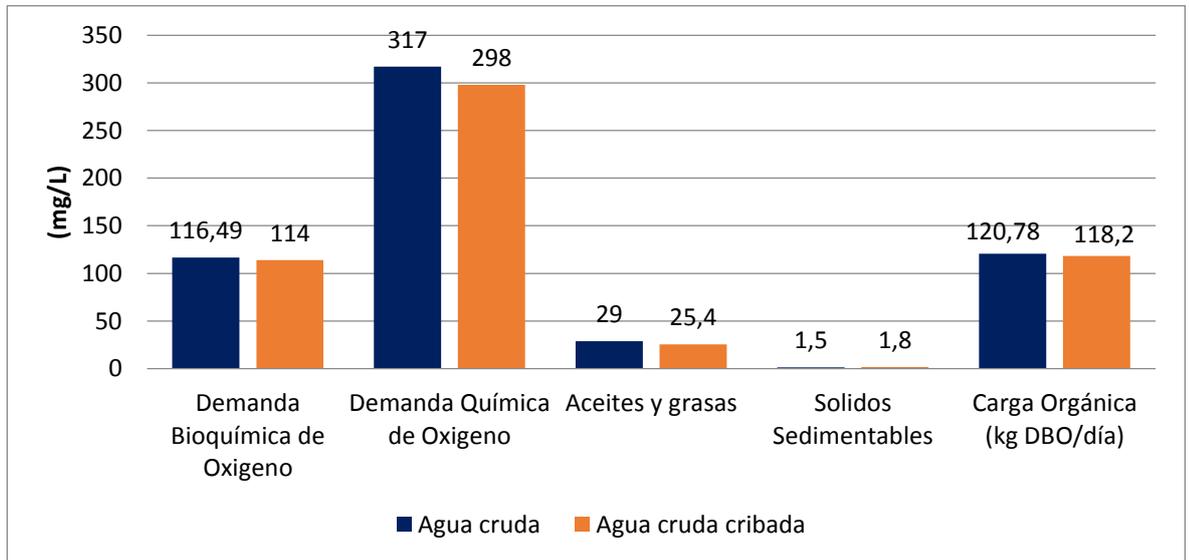
Fuente: Propia

Tabla N°7: Análisis encontrados en PTAR CORTIJO después de pasar por el cribado

| ITEM | PARAMETRO | CONC. | UNIDAD |
|------|-------------------------------|---------|------------|
| 1 | Demanda Bioquímica de Oxígeno | 315.41 | mg/L. |
| 2 | Demanda Química de Oxígeno | 805 | mg/L |
| 3 | Aceites y grasas | 40.80 | mg/L |
| 4 | Solidos Sedimentables | 2.9 | mg/L |
| 5 | Caudal | 65 | Lps |
| 6 | Carga Orgánica | 1771,34 | Kg DBO/dia |

Fuente: Propia.

Grafico N° 2. Relación entre la Remoción del material particulado y los parámetros físico químicos en PTAR CORTIJO



Fuente: Propia

La gráfica N° 2 permite analizar el comportamiento de la remoción de material particulado en término de los siguientes parámetros: demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, sólidos sedimentables y carga orgánica tanto antes como luego de pasar por el cribado, por lo que se observa diferencias mínimas en cada uno de los parámetros.

La remoción de material particulado en términos de carga orgánica y DBO, el valor de la carga orgánica ha sido obtenida al multiplicar los resultados de DBO de la muestra compuesta por su respectivo caudal (ver anexo 1), y el resultado de la DBO es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica degradable bioquímicamente.

La DBO es un Bioensayo en donde se deben controlar variables como la calidad del inóculo, la temperatura de incubación, el agua de dilución, la preservación de la muestra y todas estas tienen gran influencia en los resultados. (Londoño y col., 2009)

La DBO tuvo como limitante que la muestra sólo se podía preservar por 24 horas en la nevera para obtener resultados confiables; por tanto este era el tiempo en que se debía realizar el análisis; en muchas ocasiones cuando se leía el oxígeno final se obtenían resultados insatisfactorios, pero como la muestra ya llevaba 5 días en la nevera el ensayo no se repetía por el estado de degradación de la muestra.

La eficiencia de remoción de la **carga orgánica** es de **7.23 %** indicando que la disminución de la misma ha sido baja. Esto se puede atribuir a que el pretratamiento de las aguas residuales tiene escaso efecto en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (Muñoz, D., 2005) y de la carga orgánica puesto que se está relacionada directamente con la DBO.

En la gráfica puede observarse un ligero aumento del 3% con respecto a la DQO, esto puede atribuirse a posibles errores en la uniformización y/o manipulación de la muestra.

La remoción de sólidos sedimentables no ha sido significativa; la causa puede ser atribuida a la falta de agitación u/o homogenización de la muestra, dicha homogenización era fundamental puesto que los componentes utilizados en la muestra formaban sólidos sedimentables difíciles de manejar, además que el tamiz utilizado era de malla 5mm lo cual solo remueve sólidos de gran tamaño, por ejemplo, botellas, palos, bolsas, balones, llantas, etc., de tal manera que solo se removieron el 3.3 % de sólidos sedimentables, con los tratamientos posteriores se puede llegar a una alta disminución de los mismos.

La remoción de aceites y grasas ha sido un 13.92 % luego del cribado. Este valor bajo se puede atribuir a que el pretratamiento de

las aguas residuales tiene escaso efecto en la reducción de las grasas y los aceites. (Muñoz, D., 2005)

4.3.2. Resultados obtenidos en PTAR SALAVERRY.

Se realizó los análisis de laboratorio de las muestras de aguas residuales de los parámetros elegidos en PTAR SALAVERRY que recibe las aguas residuales de las zonas provenientes del distrito de Salaverry y Taquila con la finalidad de conocer la relación que tiene la remoción del material particulado con los parámetros físicos químicos.

Tabla N°8: Análisis encontrados en PTAR SALAVERRY antes de pasar por el cribado

| ITEM | PARAMETRO | CONC. | UNIDAD |
|------|-------------------------------|--------|------------|
| 1 | Demanda Bioquímica de Oxígeno | 108.46 | mg/L. |
| 2 | Demanda Química de Oxígeno | 664.00 | mg/L |
| 3 | Aceites y grasas | 58.80 | mg/L |
| 4 | Solidos Sedimentables | 2.00 | mg/L |
| 5 | Caudal | 25 | Lps |
| 6 | Carga Orgánica | 234,27 | Kg DBO/dia |

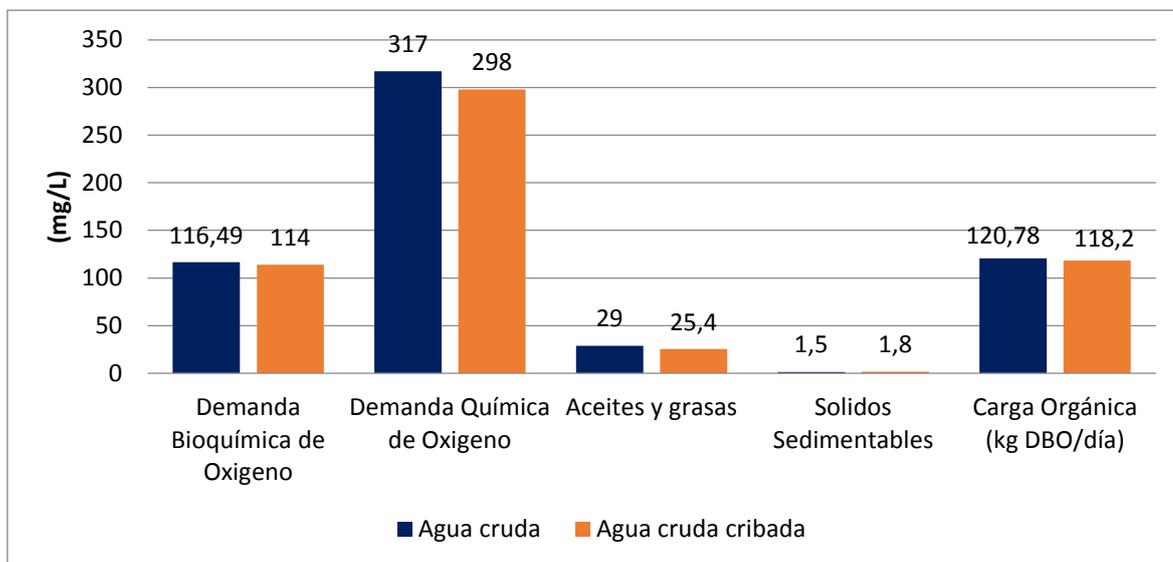
Fuente: Propia

Tabla N° 9: Análisis encontrados en PTAR SALAVERRY después de pasar por el cribado.

| ITEM | PARAMETRO | CONC. | UNIDAD |
|------|-------------------------------|--------|------------|
| 1 | Demanda Bioquímica de Oxígeno | 105.95 | mg/L. |
| 2 | Demanda Química de Oxígeno | 655.00 | mg/L |
| 3 | Aceites y grasas | 57.40 | mg/L |
| 4 | Solidos Sedimentables | 1.5 | mg/L |
| 5 | Caudal | 25 | Lps |
| 6 | Carga Orgánica | 228,85 | Kg DBO/dia |

Fuente: Propia.

Grafico N° 3. Relación entre la Remoción del material particulado y los parámetros físico químicos en PTAR SALAVERRY.



Fuente: Propia.

La gráfica N° 3 permite analizar el comportamiento de la remoción de material particulado en término de los siguientes parámetros: demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, sólidos sedimentables y carga orgánica tanto antes como luego de pasar por el cribado, por lo que se observa diferencias mínimas en cada uno de los parámetros.

La remoción de material particulado en términos de carga orgánica y DBO, el valor de la carga orgánica ha sido obtenida al multiplicar los resultados de DBO de la muestra compuesta por su respectivo caudal (ver anexo 1), y el resultado de la DBO es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica degradable bioquímicamente.

En la gráfica puede observarse una tendencia muy similar de remoción de la DBO a la obtenida en la DQO lo que es coherente ya que ambos ensayos están estrechamente relacionados.

La DBO es un Bioensayo en donde se deben controlar variables como la calidad del inóculo, la temperatura de incubación, el agua de dilución, la preservación de la muestra y todas estas tienen gran influencia en los resultados.(Londoño y col., 2009)

La DBO tuvo como limitante que la muestra sólo se podía preservar por 24 horas en la nevera para obtener resultados confiables; por tanto este era el tiempo en que se debía realizar el análisis; en muchas ocasiones cuando se leía el oxígeno final se obtenían resultados insatisfactorios, pero como la muestra ya llevaba 5 días en la nevera el ensayo no se repetía por el estado de degradación de la muestra.

La eficiencia de remoción de la **carga orgánica** es de **2.3 %** indicando que la disminución de la misma ha sido muy baja. Esto se puede atribuir a que el pretratamiento de las aguas residuales tiene escaso efecto en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (Muñoz, D., 2005) y de la carga orgánica puesto que se está relacionada directamente con la DBO.

La remoción de sólidos sedimentables ha sido buena; pese a que el tamiz utilizado era de malla 5mm lo cual solo remueve sólidos de gran tamaño, por ejemplo, botellas, palos, bolsas, balones, llantas, etc., es por ello que se removieron el 25 % de sólidos sedimentables, con los tratamientos posteriores se puede llegar a una alta remoción de los mismos.

La remoción de aceites y grasas no ha sido significativa, siendo su valor un 1.4 % luego del cribado. Este valor muy bajo se puede atribuir a que el pretratamiento de las aguas residuales tiene escaso efecto en la reducción de las grasas y los aceites. (Muñoz, D., 2005)

4.3.3. Resultados obtenidos en PTAR LAS DELICIAS.

Se realizó los análisis de laboratorio de las muestras de aguas residuales de los parámetros elegidos en PTAR LAS DELICIAS que recibe las aguas residuales de la CAS Moche, Las Delicias y Torres de San Borja que luego se conducen a través de un pequeño canal de concreto, con la finalidad de conocer la relación que tiene la remoción del material particulado con los parámetros físico químicos.

Tabla N°10: Análisis encontrados en PTAR LAS DELICIAS antes de pasar por el cribado.

| ITEM | PARAMETRO | CONC. | UNIDAD |
|------|-------------------------------|--------|------------|
| 1 | Demanda Bioquímica de Oxígeno | 188.93 | mg/L. |
| 2 | Demanda Química de Oxígeno | 525.00 | mg/L |
| 3 | Aceites y grasas | 56.20 | mg/L |
| 4 | Solidos Sedimentables | 2.00 | mg/L |
| 5 | Caudal | 14.23 | Lps |
| 6 | Carga Orgánica | 232,28 | Kg DBO/día |

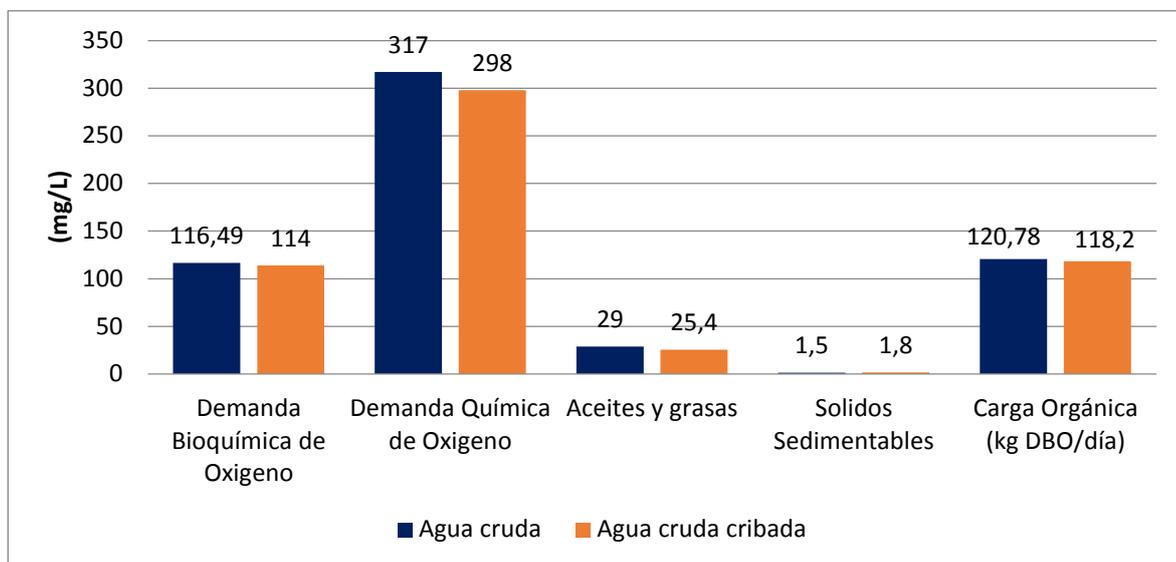
Fuente: Propia.

Tabla N° 11: Análisis encontrados en PTAR LAS DELICIAS después de pasar por el cribado

| ITEM | PARAMETRO | CONC. | UNIDAD |
|------|-------------------------------|--------|--------|
| 1 | Demanda Bioquímica de Oxígeno | 186.79 | mg/L. |
| 2 | Demanda Química de Oxígeno | 520.00 | mg/L |
| 3 | Aceites y grasas | 53.40 | mg/L |
| 4 | Solidos Sedimentables | 1.80 | mg/L |
| 5 | Caudal | 14.25 | Lps |
| 6 | Carga Orgánica | 229,98 | Kg |

Fuente: Propia.

Grafico N° 4. Relación entre la Remoción del material particulado y los parámetros físico químicos en PTAR LAS DELICIAS



Fuente: Propia.

La gráfica N° 4 permite analizar el comportamiento de la remoción de material particulado en término de los siguientes parámetros: demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, sólidos sedimentables y carga orgánica tanto antes como luego de pasar por el cribado, por lo que se observa diferencias mínimas en cada uno de los parámetros.

La remoción de material particulado en términos de carga orgánica y DBO, el valor de la carga orgánica ha sido obtenida al multiplicar los resultados de DBO de la muestra compuesta por su respectivo caudal (ver anexo 1), y el resultado de la DBO es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica degradable bioquímicamente.

En la gráfica puede observarse una tendencia muy similar de remoción de la DBO a la obtenida en la DQO lo que es coherente ya que ambos ensayos están estrechamente relacionados.

La DBO es un Bioensayo en donde se deben controlar variables como la calidad del inóculo, la temperatura de incubación, el agua de

dilución, la preservación de la muestra y todas estas tienen gran influencia en los resultados. (Londoño y col., 2009)

La DBO tuvo como limitante que la muestra sólo se podía preservar por 24 horas en la nevera para obtener resultados confiables; por tanto este era el tiempo en que se debía realizar el análisis; en muchas ocasiones cuando se leía el oxígeno final se obtenían resultados insatisfactorios, pero como la muestra ya llevaba 5 días en la nevera el ensayo no se repetía por el estado de degradación de la muestra.

La eficiencia de remoción de la **carga orgánica** es de **0.99 %** indicando que la disminución de la misma ha sido ínfima. Esto se puede atribuir a que el pretratamiento de las aguas residuales tiene escaso efecto en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno. (Muñoz, D., 2005) y de la carga orgánica puesto que está relacionada directamente con la DBO.

La remoción de sólidos sedimentables ha sido regular; pese a que el tamiz utilizado era de malla 5mm lo cual solo remueve sólidos de gran tamaño, por ejemplo, botellas, palos, bolsas, balones, llantas, etc., es por ello que se removieron el 10 % de sólidos sedimentables, con los tratamientos posteriores se puede llegar a una alta remoción de los mismos.

La remoción de aceites y grasas no ha sido significativa, siendo su valor un 4.98 % luego del cribado. Este valor bajo se puede atribuir a que el pretratamiento de las aguas residuales tiene escaso efecto en la reducción de las grasas y los aceites. (Muñoz, D., 2005)

4.3.4. Resultados obtenidos en PTAR HUANCHACO.

Se realizó los análisis de laboratorio de las muestras de aguas residuales de los parámetros elegidos en PTAR HUANCHACO que recibe las aguas residuales de la zona. Así, la cámara de Huanchaco se ubica en el balneario del mismo nombre, en la Av. La Marina cruce con el muelle de Huanchaco, el flujo que recibe esta cámara proviene de la recolección de aguas servidas del balneario en su conjunto, el cual es bombeado hacia la PTAR ubicada en la parta alta. La estructura de la cámara la conforma una cámara de rejillas, una cámara húmeda, una cámara seca y el sistema de bombeo conformado por 02 bombas eléctricas tipo sumergible de 115 HP las cuales son manejadas en forma automática bombeando un caudal instantáneo de 60 Lps; además cuenta con generador de energía en caso de restricción de fluido eléctrico. (PMO SEDALIB 2012)

Por tanto se realizó el estudio con la finalidad de conocer la relación que tiene la remoción del material particulado con los parámetros fisicoquímicos.

Tabla N°12: Análisis encontrados en PTAR HUANCHACO antes de pasar por el cribado.

| ITEM | PARAMETRO | CONC. | UNIDAD |
|------|-------------------------------|--------|------------|
| 1 | Demanda Bioquímica de Oxígeno | 116.49 | mg/L. |
| 2 | Demanda Química de Oxígeno | 317.00 | mg/L |
| 3 | Aceites y grasas | 29.00 | mg/L |
| 4 | Sólidos Sedimentables | 1.50 | mg/L |
| 5 | Caudal | 12 | Lps |
| 6 | Carga Orgánica | 120,78 | Kg DBO/día |

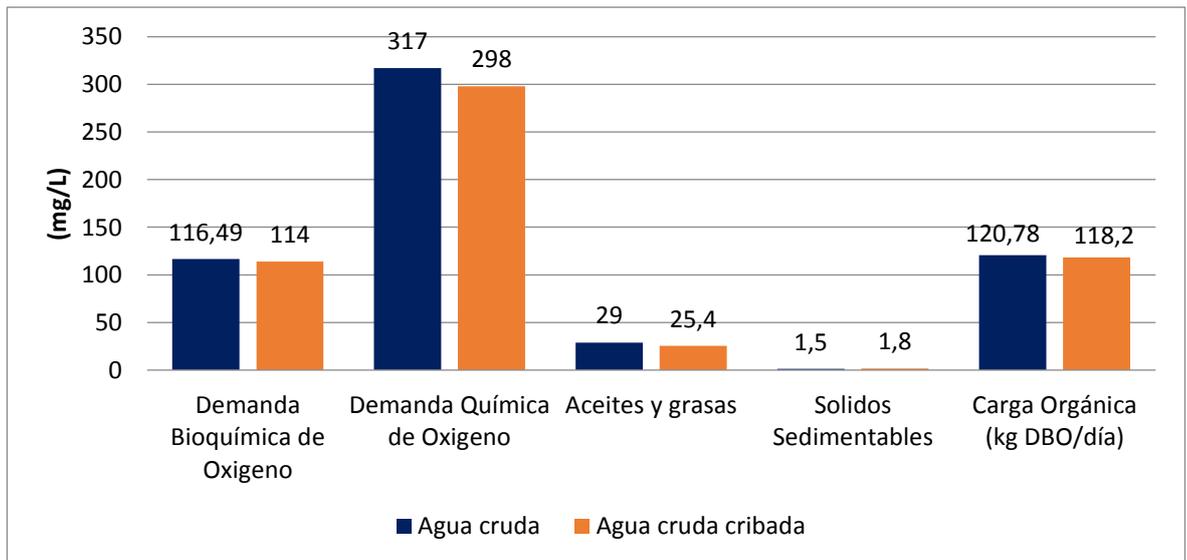
Fuente: Propia.

Tabla N° 13: Análisis encontrados en PTAR HUANCHACO después de pasar por el cribado.

| ITEM | PARAMETRO | CONC. | UNIDAD |
|------|-------------------------------|--------|------------|
| 1 | Demanda Bioquímica de Oxígeno | 114.00 | mg/L. |
| 2 | Demanda Química de Oxígeno | 298.00 | mg/L |
| 3 | Aceites y grasas | 25.40 | mg/L |
| 4 | Solidos Sedimentables | 1.45 | mg/L |
| 5 | Caudal | 12 | Lps |
| | Carga Orgánica | 118,20 | Kg DBO/día |

Fuente: Propia.

Grafico N° 5. Relación entre la Remoción del material particulado y los parámetros físico químicos en PTAR HUANCHACO



Fuente: Propia

La gráfica N° 5 permite analizar el comportamiento de la remoción de material particulado en término de los siguientes parámetros: demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, sólidos sedimentables y carga orgánica tanto antes

como luego de pasar por el cribado, por lo que se observa diferencias mínimas en cada uno de los parámetros.

La remoción de material particulado en términos de carga orgánica y DBO, el valor de la carga orgánica ha sido obtenida al multiplicar los resultados de DBO de la muestra compuesta por su respectivo caudal (ver anexo 1), y el resultado de la DBO es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica degradable bioquímicamente.

En la gráfica puede observarse una tendencia muy similar de remoción de la DBO a la obtenida en la DQO lo que es coherente ya que ambos ensayos están estrechamente relacionados.

La DBO es un Bioensayo en donde se deben controlar variables como la calidad del inóculo, la temperatura de incubación, el agua de dilución, la preservación de la muestra y todas estas tienen gran influencia en los resultados. (Londoño y col., 2009)

La DBO tuvo como limitante que la muestra sólo se podía preservar por 24 horas en la nevera para obtener resultados confiables; por tanto este era el tiempo en que se debía realizar el análisis; en muchas ocasiones cuando se leía el oxígeno final se obtenían resultados insatisfactorios, pero como la muestra ya llevaba 5 días en la nevera el ensayo no se repetía por el estado de degradación de la muestra.

La eficiencia de remoción de la **carga orgánica** es de **2.14 %** indicando que la disminución de la misma no ha sido significativa. Esto se puede atribuir a que el pretratamiento de las aguas residuales tiene escaso efecto en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (Muñoz, D., 2005) y de la carga orgánica puesto que se está relacionada directamente con la DBO.

En la gráfica puede observarse un ligero aumento del 20% con respecto a los sólidos sedimentables, esto puede atribuirse a posibles errores en la uniformización y/o manipulación de la muestra.

La remoción de aceites y grasas ha sido un 12.41 % luego del cribado. Este valor bajo se puede atribuir a que el pretratamiento de las aguas residuales tiene escaso efecto en la reducción de las grasas y los aceites. (Muñoz, D., 2005)

4.4. Prueba de Hipótesis

1.1.1. Hipótesis general

De acuerdo a los resultados obtenidos, la hipótesis general es rechazada.

1.1.2. Hipótesis específicas.

HE1: De acuerdo a los resultados obtenidos, la hipótesis general es rechazada.

HE2: De acuerdo a los resultados obtenidos, la hipótesis general es rechazada.

HE3: De acuerdo a los resultados obtenidos, la hipótesis general es rechazada.

HE4: De acuerdo a los resultados obtenidos, la hipótesis general es rechazada.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- La remoción de material particulado contribuye a disminuir el 1.05%, 7.23%, 2.3%, 0.99% y 2.14% la carga orgánica en las PTAR Covicorti, Cortijo, Salaverry, Las Delicias y Huanchaco respectivamente. Lo cual indica ha sido poco significativa la disminución de la carga orgánica.
- La remoción de material particulado contribuye a disminuir en 1.05%, 7.23%, 2.31%, 1.13% y 2.14% la demanda bioquímica de oxígeno en las PTAR Covicorti, Cortijo, Salaverry, Las Delicias y Huanchaco respectivamente.
- La remoción de material particulado contribuye a disminuir en 3.95%, 9.73, 1.36, 0.95% y 5.99% la demanda química de oxígeno en las PTAR Covicorti, Cortijo, Salaverry, Las Delicias y Huanchaco respectivamente.
- La remoción de material particulado contribuye a disminuir en 7.2%, 13.92%, 1.4%, 4.98% y 12.41% los aceites y grasas en las PTAR Covicorti, Cortijo, Salaverry, Las Delicias y Huanchaco respectivamente.
- La remoción de material particulado contribuye a disminuir en 4.8%, 3.3%, 25%, 10% y 3.3% los sólidos sedimentables en las PTAR Covicorti, Cortijo, Salaverry, Las Delicias y Huanchaco respectivamente.

5.2. Recomendaciones

- Para lograr una disminución significativa de la carga orgánica en las aguas residuales de las plantas de tratamiento, se deben adicionar más tratamientos puesto que ha quedado demostrado que con solo el pretratamiento o tratamiento preliminar el porcentaje de remoción es mínimo.
- Uniformizar bien la muestra para disminuir el porcentaje de error en los resultados. Considerar el porcentaje de error en el análisis de muestras de cada uno de los parámetros.
- Para mejorar el pretratamiento con el objetivo disminuir la carga orgánica del agua a procesar, luego de que el agua pasa a través de una criba o rejilla donde los sólidos gruesos son removidos, el agua debe pasar por un sedimentador, donde se separan por efecto de la gravedad, una cierta cantidad de las partículas sólidas o sólidos suspendidos, con la ayuda de un coagulante y floculante. Con este proceso se debe disminuir de un 30 a un 60% la DBO inicialmente presente en el agua residual.
- El pretratamiento es solo un paso inicial en la depuración del agua y para lograr disminuir la carga orgánica se debe emplear un proceso posterior más efectivo.
- Las futuras plantas de tratamiento de aguas residuales que la empresa SEDALIB S.A. tiene como proyecto de inversión pública deben considerar que no es suficiente el pretratamiento, es decir el uso de cribas incluso con un sistema avanzado, lograr reducir significativamente la carga orgánica. Por ello será necesario emplear tratamientos posteriores que hará efectivo la alta remoción de la carga orgánica.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arango AR (2005). La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. Rev. Lasallista de investigación. 2(1): 49-56.
- Autoridad Nacional del Agua, (marzo, 2013). Situación actual y perspectivas en el Sector Agua y Saneamiento en el Perú. Trabajo presentado en el Seminario de Tecnología alemana en el rubro de Agua y Saneamiento. Lima: Autoridad Nacional del Agua. Recuperado de: <http://www.camara-alemana.org.pe/downloads/2-130311-ANA.pdf>.
- Arquero, y Col. (2009). Investigación Experimental-Métodos de la investigación educativa. Madrid, España.
- Cruz, M; Carbo, N; Gonzales, J; Tito, G; Depaz, K; Torres, S; Núñez, R; Torres, S & Quispe, W. Tratamiento De Las Aguas De La Laguna “Mansión” Mediante La Especie Eichhorniacrassipes, Para El Riego De Áreas Verdes En La Universidad Peruana Unión. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 9(8),53-65.
- Castillo EB, Bolio AR, Méndez RN, Osorio JH, Pat RC (2012). Remoción de materia orgánica en aguas residuales de rastro por el proceso de Contactor Biológico Rotacional. Rev. Ingeniería. 16 (2), 83-91
- Choi S, Murray VJ, Wang GC, Huang CP (2017). Looking for engineered nanoparticles (ENPs) in wastewater treatment systems: Qualification and quantification aspects. *Sci Total Environ*. 590–591(809-817)
- Déniz, F. (2010) Análisis estadístico de los parámetros DQO, DBO5 y SS de las aguas residuales urbanas en el ensuciamiento de las membranas de

- ósmosis inversa. Tesis Doctoral. Universidad De Las Palmas de Gran Canaria, España.
- Glynn J, & Heinke G. 1999. Ingeniería Ambiental. Prentice Hall, México, Segunda Edición. 800..
 - Hassan, M; Maneesha, P; Ranjan, S; Ahmet, S & Ka Yu, C. (2016). Bioelectrochemical System As An Oxidising Filter For Soluble And Particulate Organic Matter Removal From Municipal Wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 1-33.
 - Hernández, A. (1994). Depuración de aguas residuales. Colección Senior Nº9. Servicio de publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid.
 - Hernández A. (1998). Depuración de Aguas Residuales, Servicio de publicaciones de la escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, Cuarta edición.1006 pp.
 - Hernández, V & Edilberto, L. (2001). Análisis de Aforo de la Estación Hidrométrica Obrajillo. Universidad nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú.
 - Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. 5ta Edición, México: McGraw- Hill
 - Junta De Sanejament (1996). Programa de sanejament d'aigües residuals urbanes de Catalunya. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya.
 - Maldonado JI, Ramon JA (2015). Treatmentssystem For Industrialw Astew Ater Ofthe Slaughterhouses. *Revista Ambiental*.

- Metcalf & Eddy (1995). Ingeniería de aguas residuales. Mc.Graw-Hill.
- Mera, D & Mera A. (2011). Tratamiento fotocatalítico de aguas residuales generadas en laboratorios con presencia del indicador verde de bromocresol. *Revista Lasallista de Investigación*, 8(1), 28-41.
- Moscoso, J. (2011) Estudio de Opciones de Tratamiento y Reuso De Aguas Residuales En Lima Metropolitana, Lima Water, University of Stuttgart.
- Muñoz, D. (2005). System Of Residual Water Treatment Of Slaughter House: For A Smaller Population 2000 Inhabitants. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.
- Norma técnica de edificación S.090 plantas de tratamiento de aguas residuales. Diario El Peruano. Perú. 23 de Mayo de 2006.
- Palma, R; Macías, J; Gonzáles; & Torres, R (2013). Tratamiento De Aguas Residuales Provenientes De La Industria Textil Mediante Oxidación Electroquímica. *Revista Colombiana de Materiales*, 4, 93 – 108.
- Reynolds, K. (2002). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica: Identificación del Problema. Recuperado de: <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf>.
- Resolución de consejo directivo N° 100-2008-SUNASS -CD. Diario el Peruano, Lima, Perú, 17 de noviembre del 2008.
- Romero, J. (2000) Tratamiento de Aguas Residuales, teoría y principios de diseño, Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Soohoon, C; Murray, V; Gen-Suh, W & Huang C. (2017). Looking for engineered nanoparticles (ENPs) in wastewater treatment systems: Qualification and quantification aspects. *Elsevier*, 9.

- Sedalib S.A. (2016). Manual De Operación & Mantenimiento De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales, Trujillo-Perú.
- Yee-Batista, C. (2013). Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas. Banco Mundial, BIRF – AIF. Recuperado de: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>>

ANEXOS

ANEXO I

| PTAR | CRIBADO | DBO(mg/L) | DBO(kg/L) | CAUDAL(L/s) | CAUDAL(L/día) | CARGA ORGÁNICA | % REMOCIÓN |
|---------------------|----------------|------------------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|
| COVICORTI | SIN REMOCION | 261,95 | 0,00026195 | 320 | 27648000 | 7242,39 | 1,05 |
| | CON REMOCION | 259,21 | 0,00025921 | 320 | 27648000 | 7166,64 | |
| CORTIJO | SIN REMOCION | 340 | 0,00034 | 65 | 5616000 | 1909,44 | 7,23 |
| | CON REMOCION | 315,41 | 0,00031541 | 65 | 5616000 | 1771,34 | |
| SALAVERRY | SIN REMOCION | 108,46 | 0,00010846 | 25 | 2160000 | 234,27 | 2,31 |
| | CON REMOCION | 105,95 | 0,00010595 | 25 | 2160000 | 228,85 | |
| LAS DELICIAS | SIN REMOCION | 188,93 | 0,00018893 | 14,23 | 1229472 | 232,28 | 0,99 |
| | CON REMOCION | 186,79 | 0,00018679 | 14,25 | 1231200 | 229,98 | |
| HUANCHACO | SIN REMOCION | 116,49 | 0,00011649 | 12 | 1036800 | 120,78 | 2,14 |
| | CON REMOCION | 114,00 | 0,000114 | 12 | 1036800 | 118,20 | |

ANEXO II

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título :Remoción de material particulado para disminuir la carga orgánica de las aguas residuales en Trujillo Metropolitano, 2017

Autor : Br. Juan del Carmen Mimbela León

| PROBLEMA | OBJETIVO | HIPÓTESIS | VARIABLES | INDICADORES | INDICES | MÉTODOS | TÉCNICAS | INSTRUMENTOS |
|--|---|--|--|--|---|--|--|---|
| <i>Problema Principal</i> | <i>Objetivo General</i> | <i>Hipótesis General</i> | | | | | | |
| ¿En qué medida la remoción de material particulado contribuye a disminuir la carga orgánica de las aguas residuales en la ciudad de Trujillo Metropolitano, durante el año 2017? | Determinar en qué medida la remoción de material particulado contribuye a disminuir la carga orgánica de las aguas residuales en la ciudad de Trujillo Metropolitano, durante el año 2017 | La remoción de material particulado contribuye de manera significativa, a la disminución de carga orgánica de las aguas residuales en la ciudad de Trujillo Metropolitano, durante el año 2017 | <p>Variable Independiente:</p> <p>Remoción de material particulado</p> <p>Variable Dependiente :</p> <p>Carga orgánica de aguas residuales</p> | <p>A1. Demanda Bioquímica de Oxígeno</p> <p>A2. Demanda Química de Oxígeno</p> <p>A3. Aceites y Grasas</p> <p>A4. Sólidos Sedimentables</p> <p>A.5 Turbidez.</p> | <p>mg/L</p> <p>mg/L</p> <p>mg/L</p> <p>mg/L</p> | <p>Tipo de Investigación: Cuantitativa y Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación: Experimental</p> <p>Diseño de la investigación: Pre-experimental</p> <p>Universo : 100% de aguas residuales</p> <p>Universo Social : Población de habitantes de la ciudad de Trujillo</p> <p>Muestra :</p> | <p>1. Observación y toma de muestra en campo. (Pre y Post test)</p> <p>2. Ensayo de laboratorio</p> <p>3. Análisis de resultados</p> | <p>1. Guía de observación en campo</p> <p>2. Formatos de registro de datos.</p> <p>3. Equipos e Instrumentos de Laboratorio</p> |

ANEXO III: FOTOGRAFIAS



Izquierda: Toma de muestras en la planta de tratamiento de aguas residuales. Derecha: Trasvase del agua extraída de la PTAR a un frasco pequeño.



Izquierda y derecha: Toma de muestras en la planta de tratamiento de aguas residuales.



Izquierda: Primeros ensayos realizados en el laboratorio. Derecha: Filtrado del agua residual.



Izquierda: Obtención de la muestra compuesta de agua residual. Derecha: Extracción de materia orgánica.



Izquierda: Análisis del peso de la muestra obtenida de materia orgánica. Derecha: Secado de la muestra de materia orgánica.



Izquierda: Las muestras de materia orgánica llevadas al desecador. Derecha: Análisis de las muestras obtenidas.

ANEXO IV

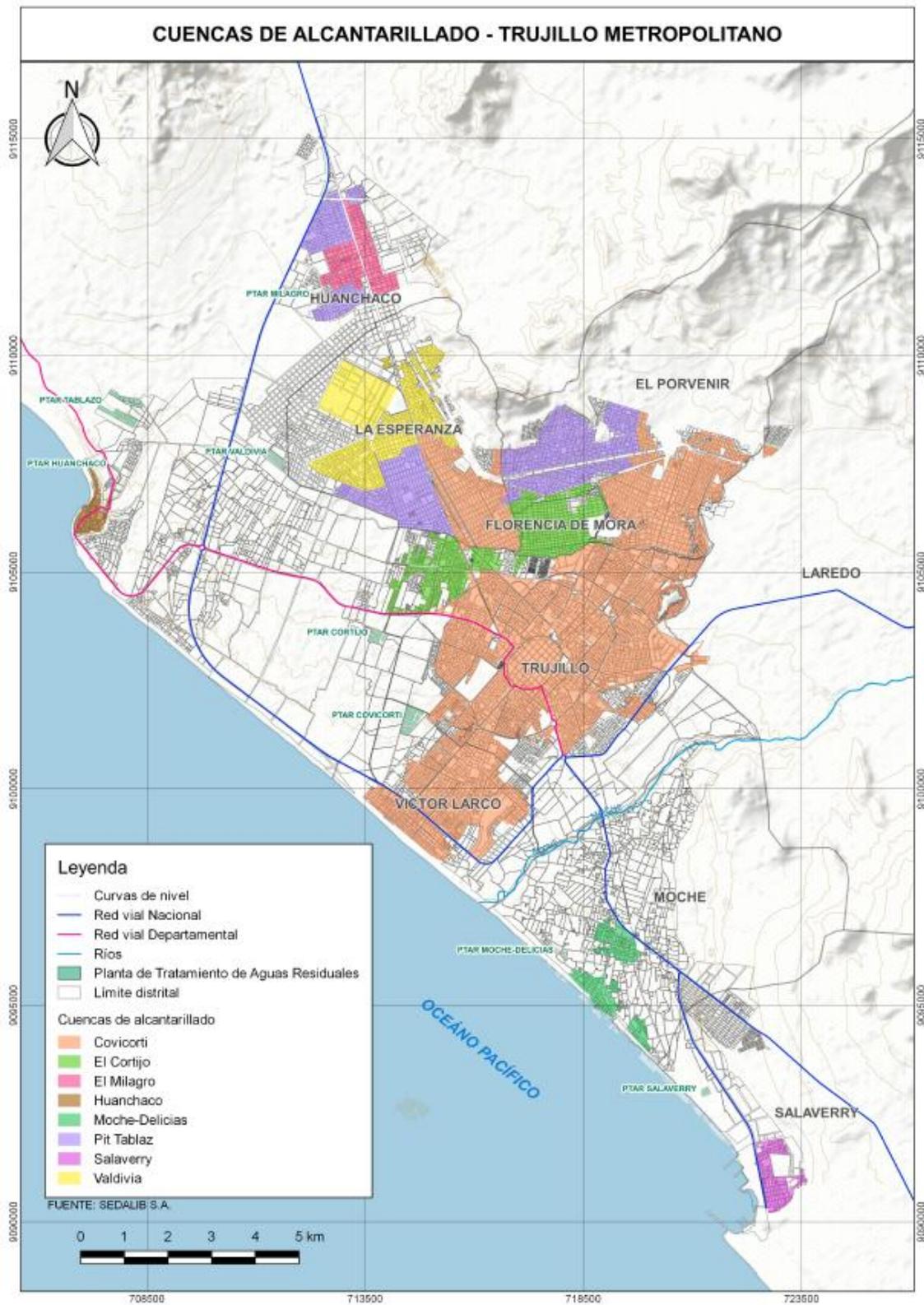


Imagen: Mapas de cuencas de alcantarillado y Plantas de Tratamiento (SEDALIB, 2016)

ANEXO V



Ministerio de agricultura
Autoridad Nacional del Agua

PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH

METODOLOGIA DE MUESTREO

La etapa de recolección de muestras es de trascendental importancia. Los resultados de los mejores procedimientos analíticos serán inútiles si no se recolecta y manipula adecuadamente las muestras

AGUAS RESIDUALES

Para recolectar una muestra aleatoria manual de una descarga, debe insertarse un recipiente corriente abajo de la descarga con la abertura del recipiente en dirección aguas arriba. En la mayoría de casos, el mismo recipiente para la muestra puede ser usado para recolectarla. Si el lugar de muestreo es menos accesible, puede ser necesario utilizar una cubeta debidamente acondicionada para recolectar la muestra. Se debe tener cuidado si es necesario transferir la muestra de un cubo a un recipiente (este método no debe usarse para muestras de aceites y grasas ni fenoles). La muestra debe tomarse del centro horizontal y vertical del canal. Al tomar la muestra, debe evitarse agitar los sedimentos que se encuentran en el fondo del canal o recolectar residuos que no sean característicos de la descarga. En todo momento deben tomarse precauciones de seguridad.

TOMA DE MUESTRAS POR PARAMETRO

Las muestras de agua deberán ser recogidas en frascos de plástico o frascos de vidrio, lo cual dependerá del parámetro a analizar.

Asimismo el volumen necesario de muestra queda determinado por método analítico empleado por el laboratorio responsable de los análisis.

Para la toma de muestras en ríos evitar las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente y la distancia de separación entre ambas orillas.

- La toma de muestra se realizará en el centro de la corriente a una profundidad de acuerdo al parámetro a determinar.
- Para la toma de muestras en lagos y pantanos, se evitará la presencia de espuma superficial.
- La toma de muestras, se realizará en dirección opuesta al flujo del recurso hídrico.
- Considerar un espacio de alrededor del 1% aproximadamente de la capacidad del envase (espacio de cabeza) para permitir la expansión de la muestra.

La forma de tomar cada muestra dependerá de los parámetros a analizar. Así tenemos:

A. PARÁMETROS BIOLÓGICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Estos parámetros requieren de frascos de plástico o vidrio previamente esterilizados, llevados hasta el lugar de muestreo en las mejores condiciones de higiene. Durante la toma de muestras, el frasco debe destaparse el menor tiempo posible, evitando el ingreso de sustancias extrañas que pudieran alterar los resultados. También requieren dejar un espacio libre para la homogenización de la muestra, aproximadamente 5% del volumen del frasco, para evitar acelerar la mortandad de bacterias.

La toma de **muestra microbiológica** deberá realizarse a una profundidad de 20 a 30 cm. Los frascos para las muestras deben ser de vidrio y esterilizados, **no deben ser sometidos al enjuague**, la

toma de muestra es directa dejando un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo.

Para el caso de la toma de muestras de **Parásitos** deben emplearse frascos de plásticos de boca ancha con cierre hermético, limpios. Abrir el envase y sumergirlo a unos 30 cm por debajo de la superficie. El volumen requerido es 4 litros.

En la toma de muestras para el análisis de Fitoplancton, se recogerá directamente, sin filtración previa, en un recipiente de vidrio. Deberá llenarse el recipiente de manera directa sumergiéndolo unos 20-25 cm por debajo de la superficie un volumen de 1/2 litros. Para la conservación del fitoplancton utilizar la solución de lugol ácido agregando entre 3 y 7 ml por litro (hasta virar color caramelo). Para la toma de muestras de Perifiton (algas microscópicas diatomeas) se deberá seleccionar piedras de morfología similar no removidas. Como criterio general, es recomendable efectuar la recolección de comunidades que se desarrollen sobre sustratos rocosos (rocas, piedras, cantos rodados, gravas, etc) o sobre plantas acuáticas u otros organismos. Recolección sobre piedras, rocas, cantos rodados o grava: Seleccionar piedras de morfología similar en el punto de muestreo, no sospechosas de haber sido giradas recientemente. Si se trata de rocas, con tres es un número suficiente; si son cantos rodados, deberán ser cinco; si se trata de gravas, el número será siete. La parte a rascar puede ir desde la totalidad de la superficie superior en el caso de las gravas, hasta una pequeña fracción en el caso de las rocas. Se debe anotar qué fracción (área) se ha obtenido y de qué material. Poner el material obtenido en un único vial. Marcar adecuadamente en el vial la fecha y el punto de muestreo. Añadir un pequeño volumen de formol. Anotar el tipo de sustrato muestreado (rocas, cantos rodados, gravas) y el número de unidades muestreado. Arena o limos: Recoger una muestra de la parte superficial del sedimento arenoso o limoso mediante una cuchara, estimando el área muestreada. Anotar la profundidad (en

centímetros) que comprende la muestra obtenida sobre la arena o el limo. Disponer el material en el vial y añadir un pequeño volumen de formol. **Recolección sobre plantas acuáticas u otros organismos:** Recoger las muestras sobre macrófitos (plantas acuáticas) sumergidas o sobre porciones sumergidas, estimando el área muestreada. Anotar la información de la planta sobre la que se ha recogido la muestra. Proceder como en los substratos anteriores. Por último, se debe asegurar, en todos los casos, el correcto cierre de los viales y su adecuado etiquetaje. Las muestras, una vez fijadas, se deben conservar en un lugar apartado de la luz y evitar una prolongada exposición a altas temperaturas.

B. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS - INORGÁNICOS

Generalmente estas muestras pueden ser tomadas en frascos de plástico directamente del cuerpo de agua. Antes se debe realizar el enjuague del frasco con un poco de muestra, agitar y desechar el agua de lavado corriente abajo. Este procedimiento tiene por finalidad la eliminación de posibles sustancias existentes en el interior del frasco que pudieran alterar los resultados. La muestra de estos parámetros deberá provenir del interior del cuerpo de agua en los primeros 20 cm de profundidad a partir de la superficie. Tener en cuenta que las muestras se toman en contra corriente y colocando el frasco con un ángulo apropiado para el ingreso de agua. Estas muestras no requieren ser llenadas al 100%, pero en caso se requiera la adición de preservante se dejara cierto volumen libre para la adición del preservante respectivo. Luego de cerrar el frasco es necesario hacer la homogenización de muestra, mediante agitación. En todo momento evitar tomar la muestra cogiendo el frasco por la boca.

En el caso de la toma de muestra para determinar Metales Pesados, se utilizará frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios de un litro de capacidad. Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego preservar. En la toma de

muestra para determinar Mercurio y Arsénico se empleará frascos de plásticos de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1 litro de capacidad. Abrir el envase y sumergirlo a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego preservar; así mismo mantener la muestra en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente. La toma de muestras para los parámetros Físicos y iones se utilizan frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1 litro de capacidad, no requiriendo preservación y conservándose en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente. La toma de muestras para el parámetro Dureza Total y Cálcica se utilizan frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1/2 litro de capacidad y luego preservar y conservándose en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente. Para la toma de muestra de los parámetros Cianuro WAD y Libre se empleará frascos de plásticos de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1/2 litro de capacidad y luego preservar.

C. PARÁMETROS ORGÁNICOS

La recolección de la muestra de agua para TPH y aceites y grasas deberá realizarse de manera directa sin realizar el enjuague previo del frasco. La toma de muestra se hace en la superficie del cuerpo de agua, es decir no introducir totalmente la boca del frasco de la botella. Estos parámetros deben ser tomados en frascos de vidrio de boca ancha color ámbar para evitar su degradación por fotólisis, cerrar herméticamente (no utilizar contratapa de plástico) y preservar. La muestra para Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y COT, utilizar frascos de plástico de boca ancha de un litro de capacidad, limpios, al coleccionar la muestra llenar completamente el frasco (sin burbujas de aire) para evitar alteración de los resultados por procesos de oxidación, e inmediatamente tapar, manteniendo la muestra en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente (no se debe de congelar la muestra), no requiere preservante. En caso que las muestras requieran la adición de preservantes, se

deberá dejar cierto volumen vacío para la adición de preservante respectivo. Luego de cerrar el frasco es necesario hacer la homogenización de muestra, mediante agitación. En todo momento evitar tomar la muestra cogiendo el frasco por la boca. Estos parámetros necesariamente deben ser tomados directamente del cuerpo de agua, ya que si se toman en recipientes de plástico pueden quedar ciertas cantidades de sustancias adheridas a las paredes y conducir a error el resultado final.

PARÁMETROS DE CAMPO

Los parámetros a ser evaluados en campo deben ser confiables y para ello se necesita:

- Tener calibrados los equipos portátiles (multiparametro, oxímetro, GPS, etc.) antes de la salida al campo y verificar su correcto funcionamiento. La calibración debe realizarse de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- La calibración debe verificarse y ajustarse de ser necesario en campo
- Antes de realizar las lecturas, enjuague dos a tres veces con el agua de la muestra los electrodos con el equipo apagado. Luego realizar la medición agitando ligeramente el electrodo, dejar estabilizar la lectura y tomar nota.
- Luego de realizar las mediciones deberá lavar los electrodos con agua destilada utilizando una pizeta. Secar con papel toalla y guardar adecuadamente. En algunos casos el electrodo necesita conservarse en una solución salina, entonces antes de guardar coloque la capucha con la solución conservadora.

Al finalizar las actividades de monitoreo los equipos deben mantenerse en óptimo estado de limpieza y en buenas condiciones de funcionamiento. Debe tenerse un registro de mantenimiento de cada instrumento, a fin de llevar el control del mantenimiento,

reemplazo de baterías y cualquier problema de lecturas o calibraciones irregulares al usar las sondas o electrodos. Es prudente verificar que cada equipo cumpla con los estándares de calibración antes de salir al campo.

PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGUA:

- Una vez tomada la muestra de agua, se procede a adicionarle el preservante requerido de acuerdo a lo estipulado en el Anexo I “Requisitos para toma de muestras de agua y preservación”.
- Una vez preservada la muestra, cerrar herméticamente el frasco y para mayor seguridad encintar la tapa para evitar cualquier derrame del líquido.

Identificación de las muestras de agua:

Los recipientes deben ser identificados antes de la toma de muestra con una etiqueta, escrita con letra clara y legible la cual debe ser protegida con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información:

- Número de Muestra (referido al orden de toma de muestra).
- Código de identificación (punto y/o estación de muestreo).
- Origen de la fuente.
- Descripción del punto de muestreo.
- Fecha y hora de la toma de la muestra.
- Preservación realizada, tipo de preservante utilizado.
- Tipo de análisis requerido.
- Nombre del responsable del muestreo.

Conservación y envío de las muestras de agua:

- Las muestras recolectadas deberán conservarse en cajas térmicas (Coolers) a temperatura indicada en La Tabla: I “Requisitos para

toma de muestras de agua y preservación”, disponiendo para ello con preservantes de temperatura (Ice pack, otros).

- Los recipientes de vidrio deben ser embalados con cuidado para evitar roturas y derrames. En el caso de utilizar hielo, colocar este en bolsas herméticas para evitar fugas de la caja donde se transportan las muestras de agua.
- Las muestras recolectadas para análisis físico químicos deberán entregarse al laboratorio en el menor tiempo posible, preferentemente dentro de las 24 horas de realizado el muestreo.
- En el caso de las muestras para análisis microbiológico se recomienda entregar estas al laboratorio dentro de las 6 horas después del muestreo y conservadas (aguas superficiales y residuales), refrigerar a 4 °C.
- Para su ingreso al laboratorio de análisis, las muestras deberán ir acompañadas de: la Cadena de Custodia; documento que en caso de ser enviado en forma directa al laboratorio por medio de una agencia de transporte será remitido dentro del “Cooler” colocado en un sobre plastificado a fin de evitar que se deteriore.

TABLA 1. RECOMENDACIONES PARA EL MUESTREO Y PRESERVACIÓN

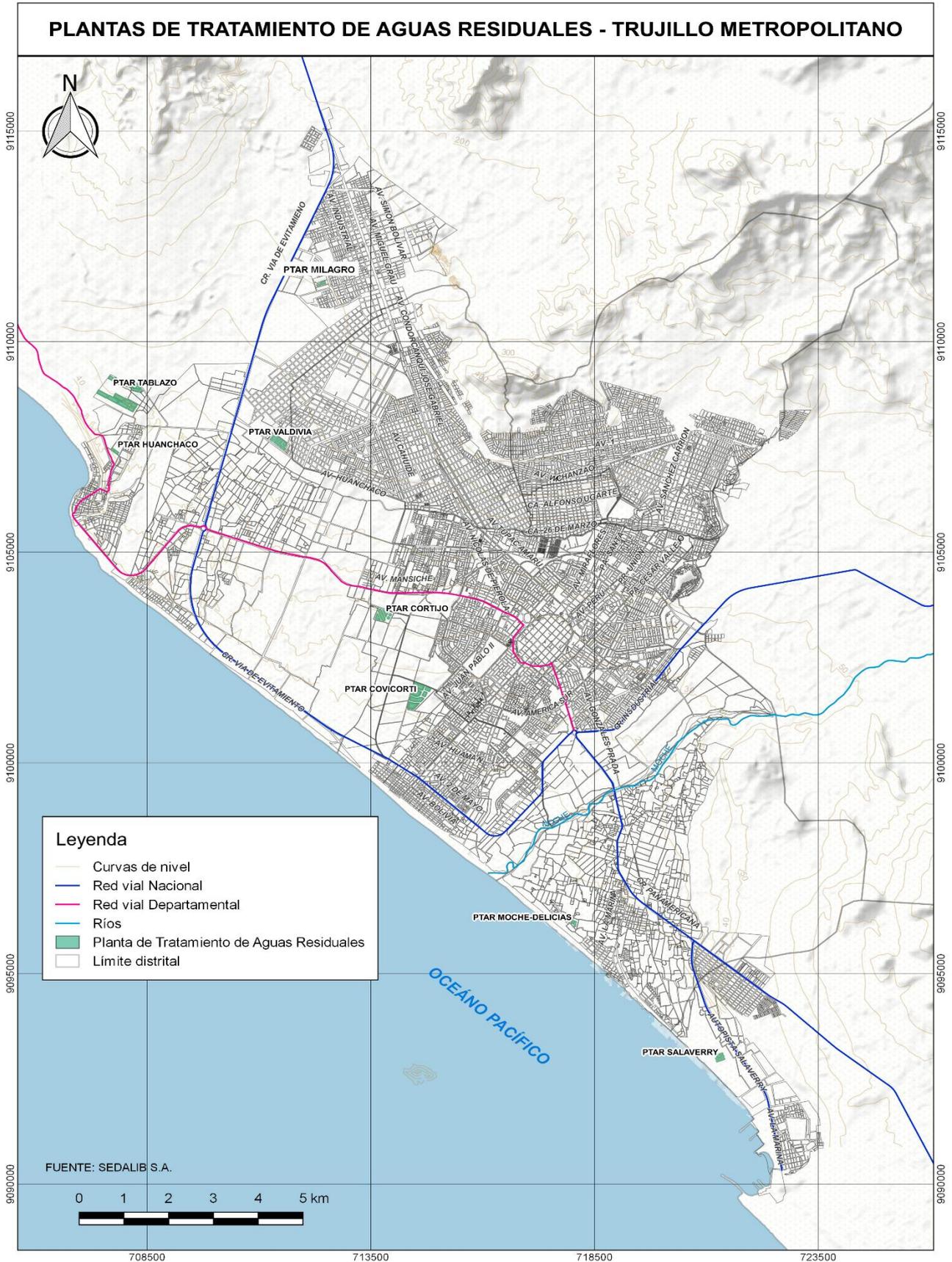
| DE MUESTRAS DE ACUERDO CON LAS MEDICIONES ¹ | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|---|--|
| Determinación | Recipiente ² | Volumen mínimo de muestra, mL | Tipo de muestra ³ | Preservación ⁴ | Almacenamiento máximo recomendado ⁵ |
| Acidez | P, V | 100 | s | Refrigerar | 14 d |
| Alcalinidad | P, V | 200 | s | Refrigerar | 14 d |
| Boro | P | 100 | s, c | No requiere | 6 meses |
| Bromuro | P, V | 100 | s, c | No requiere | 28 d |
| Carbono orgánico, total | V | 100 | s, c | Análisis inmediato; o refrigerar y agregar H ₃ PO ₄ o H ₂ SO ₄ hasta pH<2 | 28 d |
| Cianuro: Total | P, V | 500 | s, c | Agregar NaOH hasta pH>12, refrigerar en la oscuridad ⁶ | 14 d ⁷ |
| Clorable | P, V | 500 | s, c | Agregar 100 mg Na ₂ S ₂ O ₃ /L | 14 d ⁷ |
| Cloro, residual | P, V | 500 | s | Análisis inmediato | — |
| Clorofila | P, V | 500 | s, c | 30 d en la oscuridad | 30 d |
| Cloruro | P, V | 50 | s, c | No requiere | 28 d |
| Color | P, V | 500 | s, c | Refrigerar | 48 h |
| Compuestos orgánicos: | | | | | |
| Sustancias activas al azul de metileno | P, V | 250 | s, c | Refrigerar | 48 h |
| Plaguicidas | V(S), tapón de TFE | 1000 | s, c | Refrigerar; agregar 1000 mg ácido ascórbico/L si hay cloro residual | 7 d hasta la extracción |
| Fenoles | P, V | 500 | s, c | Refrigerar; agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2 | 40 d después de extraer |
| Purgables por purga y trampa | V, tapón de TFE | 2 · 40 | s | Refrigerar; agregar HCl hasta pH<2; agregar 1000 mg ácido ascórbico/L si hay cloro residual | 14 d |
| Conductividad | P, V | 500 | s, c | Refrigerar | 28 d |
| DBO | P, V | 1000 | s | Refrigerar | 48 h |
| Dióxido de carbono | P, V | 100 | s | Análisis inmediato | — |
| Dióxido de cloro | P, V | 500 | s | Análisis inmediato | — |
| DQO | P, V | 100 | s, c | Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar | 28 d |
| Dureza | P, V | 100 | s, c | Agregar HNO ₃ hasta pH<2 | 6 meses |

| | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|---|------------------------------------|
| Fluoruro | P | 300 | s, c | No requiere | 28 d |
| Fosfato | V(A) | 100 | s | Para fosfato disuelto filtrar inmediatamente; refrigerar | 48 h |
| Gas digestor de lodos | V, botella de gases | — | | — | — |
| Grasa y aceite | V, boca ancha calibrado | 1000 | s, c | Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar | 28 d |
| Metales, general | | 500 | s | Filtrar, agregar HNO ₃ hasta pH<2 | 6 meses |
| Cromo VI | P (A), V(A) | 300 | s | Refrigerar | 24 h |
| Cobre, colorimetría | P (A), V(A) | | | | |
| Mercurio | P (A), V(A) | 500 | s, c | Agregar HNO ₃ hasta pH<2, 4° C, refrigerar | 28 d |
| Nitrógeno: | | | | | |
| Amoniaco | P, V | 500 | s, c | Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar | 28 d |
| Nitrato | P, V | 100 | s, c | Analizar lo más pronto posible o refrigerar | 48 h (28 d para muestras cloradas) |
| Nitrato + nitrito | P, V | 200 | s, c | Agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2, refrigerar | 28 d |
| Determinación | Recipiente ² | Volumen mínimo de muestra, mL | Tipo de muestra ³ | Preservación ⁴ | Almacenamiento máximo recomendados |
| Nitrito | P, V | 100 | s, c | Analizar lo más pronto posible o refrigerar | 48 h |
| Orgánico, Kjeldahl | P, V | 500 | s, c | Refrigerar; agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2 | 28 d |
| Olor | V | 500 | s | Analizar lo más pronto posible; refrigerar | — |
| Oxígeno, disuelto: | G, botella DBO | 300 | s | | |
| Electrodo | | | | | — |
| Electrodo Winkler | | | | Análisis inmediato. La titulación puede aplazarse después de la acidificación | 8 h |
| Ozono | V | 1000 | s | Análisis inmediato | — |
| pH | P, V | 50 | s | Análisis inmediato | — |
| Sabor | V | 500 | s | Analizar lo más pronto posible; refrigerar | — |
| Salinidad | V, sello de cera | 240 | s | Análisis inmediato o usar sello de cera | — |
| Silica | P | 200 | s, c | Refrigerar, no congelar | 28 d |

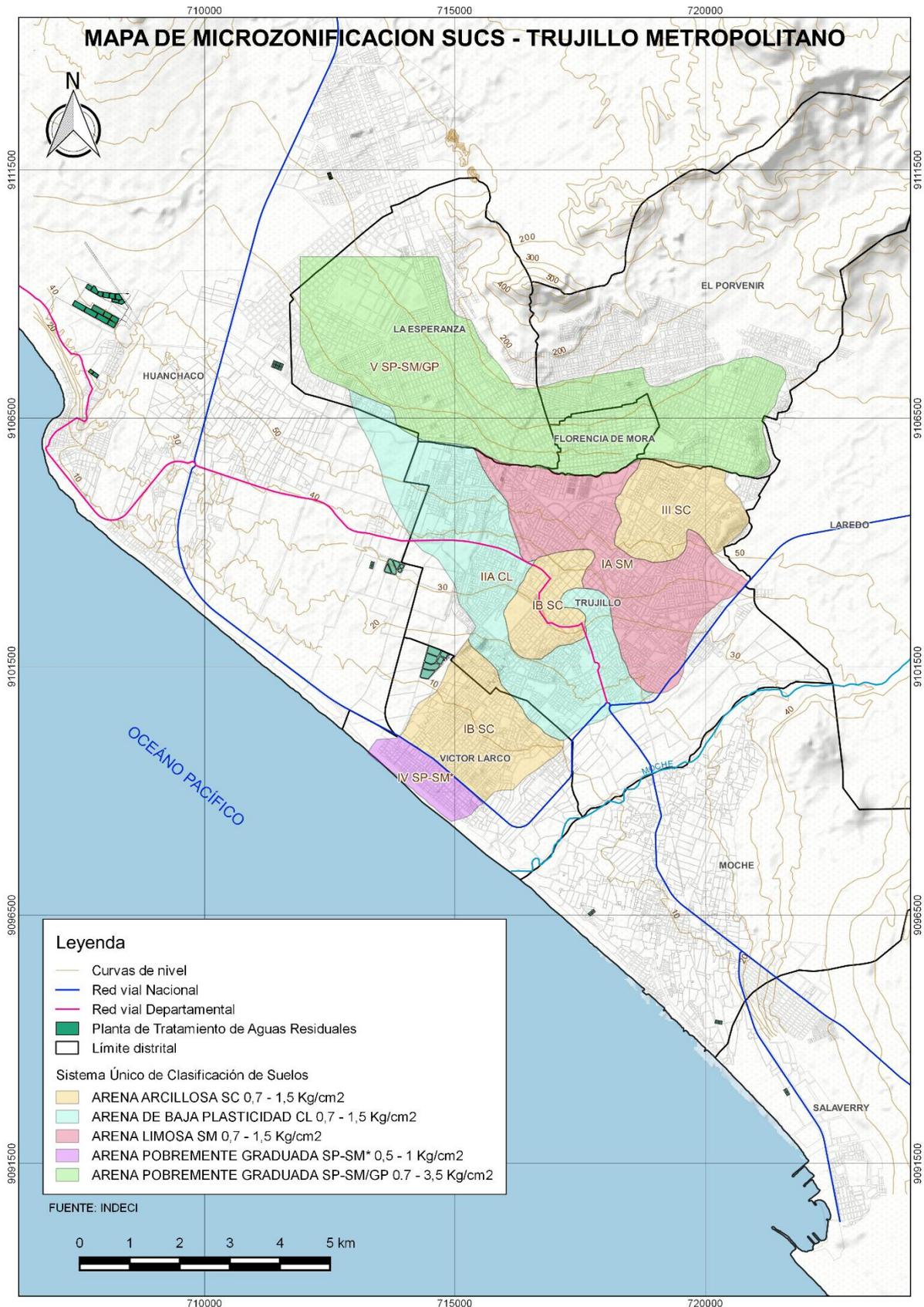
| | | | | | |
|-------------|------|-----|------|---|----------------------|
| Sólidos | P, V | 200 | s, c | Refrigerar | 2-7 d, ver protocolo |
| Sulfato | P, V | 100 | s, c | Refrigerar | 28 d |
| Sulfuro | P, V | 100 | s, c | Refrigerar; agregar 4 gotas de acetato de zinc 2N/100 mL; agregar NaOH hasta pH>9 | 7 d |
| Temperatura | P, V | — | s | Análisis inmediato | — |
| Turbidez | P, V | 100 | s, c | Analizar el mismo día; para más de 24 h guardar en oscuridad, refrigerar | 48 h |
| Yodo | P, V | 500 | s, c | Análisis inmediato | — |

ANEXO VI

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - TRUJILLO METROPOLITANO



ANEXO VII



ANEXO VIII

