

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

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



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE LOS
LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA
DE LIMA SUR PARA PROPONER LA IMPLEMENTACIÓN DE
HUMEDALES ARTIFICIALES UTILIZANDO PISTIA STRATIOTES”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ORBEZO CHOQUE, HANS CESAR

Villa El Salvador

2018

DEDICATORIA

A mis padres, las personas más importantes de mi vida, que son y serán el ejemplo a lo largo de mi vida, que me formaron como persona con valores y principios y me acompañaron en todo momento durante todo el camino.

A mis hermanos y a mi padrino que siempre me apoyaron en el día a día y siempre estuvieron junto a mis padres brindándome la fuerza para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Mi mayor agradecimiento principalmente a Dios por brindarme la salud, fuerza y guiarme de manera perseverante hasta culminar esta gran etapa de mi vida. Asimismo, a mis padres, siendo la principal motivación de mi vida y que estuvieron en todo momento apoyándome y motivándome durante todo este tiempo.

A mi asesor Edgar Marcelino por su apoyo durante el desarrollo de mi proyecto, enseñarme sus grandes conocimientos para culminar satisfactoriamente.

Por último y no menos importante agradecer a mi alma mater, a mi Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS), por brindarme los conocimientos y valores necesarios para mi formación personal y profesional.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	2
1.2. Justificación del Problema	3
1.3. Delimitación del Proyecto	4
1.3.1. Teórico	4
1.3.2. Temporal	5
1.3.3. Espacial.....	6
1.4. Formulación del Problema	6
1.5. Objetivos del Trabajo de Suficiencia Profesional	7
CAPITULO II.....	8
MARCO TEORICO.....	8
2.1. Antecedentes.....	8
2.1.1. Internacionales.....	8
2.1.2. Nacionales	11
2.2. Estado del arte.....	13
2.3. Bases Teóricas	18
2.3.1. Marco Legal.....	18
2.3.2. Sistemas de fitorremediación de agua	21

2.3.3. Humedales Artificiales	22
2.3.4. Tipos de Humedales Artificiales	24
2.3.5. Tipos de Plantas Fitorremediadoras.....	28
2.3.6. Pistia Stratiotes	32
2.4. Definición de Términos Básicos.....	35
CAPITULO III.....	37
DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.....	37
3.1. Modelo de Solución Propuesto	37
3.1.1. Lugar de ejecución	37
3.1.2. Recursos a emplear	37
3.2. RESULTADOS.....	50
3.2.1. Tipo de humedal Artificial	50
3.2.2. Tipo de Tratamiento Preliminar	51
3.2.3. Cálculos para el diseño del Humedal Artificial de Flujo Superficial	52
3.2.4. Porcentaje de Remoción de Metales.....	55
3.2.5. Presupuesto de Implementación de un Humedal Artificial	62
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFIA.....	67
ANEXOS.....	70

LISTA DE IMAGENES

Imagen N°1.1. Humedal Artificial de Flujo Superficial.....	26
Imagen N° 1.2. Humedal Artificial de tipo Subsuperficial Vertical y Horizontal	27
Imagen N° 1.3. Especies de Plantas y su bioacumulación de metales pesados .	30
Imagen N° 1.4. Especie Pistia Stratiotes o Lechuga de agua.....	49

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1.1. Ventajas y Desventajas del Humedal Artificial de Flujo Superficial .	25
Tabla N° 1.2. Ventajas y Desventajas del Humedal Artificial de Flujo Sub superficial.....	28
Tabla N° 1.3. Procesos y mecanismos de Remoción	28
Tabla N° 1.4. Clasificación Taxonómica de la especie Pistia Stratiotes.....	33
Tabla N° 1.5. Volumen de Aguas Residuales generadas	38
Tabla N° 1.6. Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales No Domesticas	39
Tabla N° 1.7. Estándares de Calidad Ambiental de Agua, Categoría 3 “Riego de Vegetales y Bebida de Animales”	40
Tabla N° 1.8. Resultados de Monitoreo y comparación con VMA y ECA Agua ...	43
Tabla N° 1.9. Resultados de Agua sin tratar y Agua Tratada	61
Tabla N° 1.10. Presupuesto de Especialista y Personal de Trabajo	63
Tabla N° 1.11. Costos del material del humedal artificial y Etapas preliminares...	64
Tabla N° 1.12. Costo total de la Implementación de un Humedal Artificial	64

INTRODUCCIÓN

A través del presente trabajo se buscará analizar un tipo de aguas residuales, especialmente de tipo no domésticas (Clasificación según la Autoridad Nacional del Agua, ANA) que provienen de las instalaciones de los laboratorios de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS). El análisis tendrá como principal fin el tratar estas aguas residuales a niveles adecuados y que estas sean vertidas hacia el alcantarillado sin causar deterioros en las infraestructuras.

En el Capítulo I principalmente se describirá la problemática actual por la cual se buscará la fitorremediación de estas aguas residuales, a través de una propuesta de implementación de un humedal artificial, siendo este también uno de los objetivos principales que tendrá este trabajo.

En el Capítulo II mencionaremos los conceptos relacionados al título del trabajo, la definición de términos básicos y de aspectos teóricos que complementen el desarrollo del trabajo propuesto por el autor.

En el Capítulo III describiremos el modelo de solución que se propondrá a través del trabajo, así como también los recursos que intervendrán dentro del modelo propuesto y los resultados que estos generen.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

El principal problema generado, es debido a las aguas residuales provenientes de los laboratorios del pabellón C de la UNTELS, ya que debido a los diversos ensayos prácticos que se realizan en estas instalaciones, se generan efluentes no domésticos, que mediante el análisis que se realizará se logrará identificar las concentraciones elevadas de los diversos contaminantes que contienen estas muestras, que principalmente serán metales. Estos diversos metales que contendrán las aguas residuales, en exceso, daña las infraestructuras de los alcantarillados por donde se vierten, es por eso que se debe de realizar un tratamiento antes de ser vertidos para evitar el daño a las plantas donde se tratan estas aguas para su posterior reutilización.

Este vertido es el principal problema a tratarse debido a las consecuencias negativas que generan. Es por eso que el Ministerio de

Vivienda, Construcción y Saneamiento rige bajo una normativa fijando los valores de concentraciones máximas que están permitidas verter sobre el alcantarillado, a estos se nombran Valores Máximos Admisibles (VMA).

1.2. Justificación del Problema

En el presente apartado se describirá uno de los aspectos importantes que se desarrollaran durante el proyecto. La Fitorremediación aplicado a los vertimientos de cuerpos de agua que son emitidas dentro de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS) de Villa el Salvador y que cuentan con concentraciones de metales pesados que podrían sobrepasar los parámetros admisibles de vertido en el alcantarillado, que son controlados por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVSC) y llamados Valores Máximos Admisibles (VMA); es una técnica importante para reducir concentraciones elevadas de contaminantes que principalmente se están vertiendo por parte de los laboratorios que operan dentro de la Universidad, ocasionando una mezcla de aguas residuales entre los efluentes domésticos y efluentes de las industrias que dan a parar a la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas. Al ser destinados a la PTAR, hay una preocupación que no se realice el tratamiento óptimo ya que puede que estas aguas contengan altas concentraciones de metales pesados que incluso puedan afectar la infraestructura y los procesos de la planta de tratamiento de Agua

Residuales, asimismo luego de haber pasado por el proceso de tratamiento y se realice el rehuso o vertimiento en otros cuerpos de agua post-tratamiento, se podría originar una cadena de contaminación. Es por eso que el problema viene siendo que no hay una debida separación entre los efluentes residuales provenientes de los laboratorios y los efluentes domésticos de la Universidad, a fin de considerar un efectivo tratamiento.

Implementando este tipo de sistema de remediación biológico, estaríamos utilizando una técnica sostenible que podría incluso llevar a la reutilización de estos efluentes tratados para otras actividades que se estén desarrollando. Como por ejemplo para el riego de sus áreas verdes del campus y del riego de los exteriores. Así como también se incentivaría al alumnado de la institución a diversificar e implementar otras técnicas en beneficio de la universidad ya sea de tipo preventiva o sostenible. Se ampliarían los conocimientos del alumnado en lo concerniente al tratamiento de Aguas Residuales a través de técnicas biológicas pudiéndolo llevar a mayor escala aplicándolo en otras áreas.

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1. Teórico

En cuanto a la delimitación teórica que comprende el presente trabajo, tenemos una variedad de conceptos y aplicaciones de técnicas que principalmente engloban y

apuntan hacia una conservación del entorno (medio ambiente) en el cual nos desarrollamos día a día. Asimismo, la aplicación de las diversas técnicas y conceptos son enfocados hacia la sostenibilidad y cuidado de los ecosistemas.

Uno de los ejes teóricos resaltantes es el vertimiento al alcantarillado de los efluentes no domésticos sin tratamiento previo, analizándolo y evaluándolo con los Valores Máximos Admisibles vigentes implantados por el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. Igualmente, para una reutilización de estas aguas tratadas adecuadamente, ya sea para riego de áreas verdes del campus o de los alrededores de la UNTELS, se deberán cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental de agua (ECA) categoría 3 “Riego de Vegetales”.

La propuesta para el tratamiento de estas aguas residuales será mediante un Humedal Artificial de Flujo Superficial. Para lograr el tratamiento se utilizará un tipo de planta fitorremediadora de nombre *Pistia Stratiotes*, que, de acuerdo, a su porcentaje de remoción se lograran realizar un adecuado tratamiento previos a estas aguas residuales que provienen de laboratorios de la UNTELS.

1.3.2. Temporal

La duración de la implementación del proyecto será de aproximadamente 12 a 18 meses, incluyendo las acciones de

implementación de áreas de pre-tratamiento, adaptación de la especie *Pistia stratiotes* y la construcción del humedal artificial.

1.3.3. Espacial

El presente proyecto se limitará a realizarse en las instalaciones del campus de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS)

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

- ¿De qué manera la implementación de un humedal artificial utilizando *Pistia stratiotes* influye en el tratamiento de Aguas Residuales provenientes de los laboratorios de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿De qué manera el análisis de la calidad de aguas residuales provenientes de los laboratorios de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur influye en la implementación del humedal artificial utilizando *Pistia stratiotes*?
- ¿De qué manera el caudal de las aguas residuales provenientes de los laboratorios de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur influye en el diseño de la implementación del humedal artificial utilizando *Pistia stratiotes*?

1.5. Objetivos del Trabajo de Suficiencia Profesional

1.5.1. Objetivo General

- ✓ Proponer la implementación de un humedal artificial utilizando *Pistia stratiotes* en el tratamiento de aguas residuales provenientes de los laboratorios de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.

1.5.2. Objetivos Específicos

- ✓ Analizar la calidad del agua residual proveniente de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur para la implementación de un humedal artificial utilizando *Pistia stratiotes*.
- ✓ Determinar el caudal del agua residual provenientes de los laboratorios de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur en el diseño de la implementación del humedal artificial utilizando *Pistia stratiotes*.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

- ✓ Lara, J. (1999), en su trabajo de investigación de título Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales de la Universidad Politécnica de Cataluña, España; dentro de sus conclusiones manifiesta:

La conclusión principal del trabajo es que los humedales artificiales son una tecnología viable para la depuración de aguas residuales, especialmente si estas son de origen, y puede llegar a tener un gran futuro en países en vías de desarrollo que tengan climas tropicales o subtropicales, donde las condiciones económicas de estos proyectos (necesidades de terreno, relativamente menores costes de instalación, operación y mantenimiento), pueden ser determinantes a la hora de emprender o no la depuración de las aguas

residuales, si a este punto adicionamos las condiciones climáticas que favorecerían los rendimientos tendríamos una interesante posibilidad de solución.

Desgraciadamente este tema ha sido estudiado principalmente en países con climas bastantes fríos, por la cual es necesario realizar trabajos de investigación tendientes a adecuar los modelos de diseño a las condiciones locales y analizar sus comportamientos con los otros factores involucrados que junto con la temperatura pueden llegar a variar la eficiencias, como pueden ser las plantas autóctonas, los tipos de medios granulares, etc.

- ✓ Meza, M. (2012) en su trabajo con título Bioabsorción de Pb y Cr usando *Pistia stratioides*, tesis para optar el grado de Magister en Ciencias Ambientales, Revista de Ingeniería. Venezuela en la Universidad de Zulia; en sus conclusiones manifiesta:

Se demostró que *Pistia stratioides* (lechuga de agua) es una planta acuática eficiente para la eliminación de los metales pesados; plomo (II) y cromo (III), en soluciones acuosas a diferentes concentraciones, tanto individuales como combinados, siendo capaz de sobrevivir por más de 15 días de experimentación.

El proceso de bioabsorción de los metales pesados (Pb^{+2} y Cr^{+3}) se llevó a cabo principalmente durante los primeros diez días de análisis. En los casos analizados se encontró que al final de la experiencia la remoción de los contaminantes fue de 76,8% (1 mg Pb^{+2} /L), 81,3% (5 mg Pb^{+2} /L), 81,1% (4 mg Cr^{+3} /L) y 69,9% (6 mg Cr^{+3} /L). Concluyendo que la planta acuática *Pistia stratioides* es una herramienta viable para la disminución de las concentraciones de estos metales presentes en aguas contaminadas.

La mezcla plomo (5 mg Pb^{+2} /L) y cromo (4 mg Cr^{+3} /L), afectó el crecimiento de las plantas, pero sin causar su muerte, ni alterar el proceso de bioabsorción, obteniendo una remoción total del 73,4% para el plomo y 77,9 % para el cromo. De acuerdo a estos resultados en este tratamiento se obtuvo un efecto antagónico.

La mayor bioacumulación de los metales pesados en la planta acuática se dio en las raíces, principalmente para los metales individuales y a concentración más alta. En cuanto a la mezcla de los metales pesados estudiados, la planta *Pistia stratioides* no hace distinción para la bioacumulación de metal (poca selectividad). La concentración de plomo en las raíces fue mayor que la concentración de cromo.

En todos los tratamientos el mecanismo de bioabsorción fue el que prevaleció en cuanto a la remoción de los metales estudiados.

La planta acuática *Pistia stratioides* es una planta con alta capacidad biorremediadora, apropiada para eliminar plomo (II) y cromo (III) a condiciones ambientales reales

2.1.2. Nacionales

- ✓ Torres, Navarro, Languasco, Campos y Cuizano (2007), en el trabajo de investigación denominado Estudio preliminar de la Fitorremediación de cobre Divalente mediante *Pistia Stratioides* (lechuga de Agua) publicado en la Revista Latinoamericana de Recursos Naturales. Perú, en la Universidad Peruana Cayetano Heredia, School of Arts and Science; en sus conclusiones manifiesta:

La fitorremediación constituye una nueva arma contra la contaminación por metales pesados, entre sus principales ventajas destaca que es agradable a la vista, la única energía que necesita proviene del sol, es una tecnología barata comparada con otras metodologías modernas como ósmosis reversa, filtración, precipitación, etc. En el presente estudio se demostró que *Pistia stratioides* (Lechuga de agua) es una planta con alto potencial para la eliminación de iones cobre de soluciones acuosas a concentraciones de hasta 1mg/l a pH 5,

al cual el metal es estable en solución acuosa y la planta sobrevive por más de 2 días. La planta es capaz de absorber hasta un 70% del cobre disuelto, el cual es alcanzado luego de 6 horas de estar en contacto con la solución, experimentando un ligero incremento en el pH. La selectividad de *Pistia stratioides* frente a otros iones presentes en solución, se debe a la acidez de Lewis presente en los metales pesados por encima de los pequeños cationes divalentes, insertándose rápidamente en sistemas celulares y enzimáticos. El pH es considerado como el principal efecto en la absorción del metal, influyendo principalmente en la especiación química del ion cobre en solución acuosa, las cuales condiciones su acidez y su química de coordinación. De lo expuesto se plantea que *Pistia stratioides* es una planta detoxificante, apropiada para eliminar cobre divalente a condiciones ambientales.

- ✓ Barreto y Paredes (2017) en su trabajo de título Determinación del potencial de absorción de cobre en solución acuosa de las especies *Pistia Stratiotes* y *Eichhornia crassipes*. Perú, en la Universidad Nacional Agraria de la Selva; en sus conclusiones manifiesta:

A mayor concentración de cobre en el medio, la afectación de la planta (*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*) es más visible y a menor concentración de cobre, la planta es más

tolerable al medio. 2. Los vegetales *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* presentan una tasa de crecimiento relativo de forma inversamente proporcional a las concentraciones crecientes de cobre. El factor de bioconcentración de cobre para las especies *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en sus diferentes tratamientos supera a 1 demostrando que ambas especies de plantas acuáticas son hiperacumuladoras de cobre. Los vegetales *Pistia Stratiotes* y *Eichhornia crassipes* presentan un alto potencial para la absorción de iones cobre de soluciones acuosas con una eficiencia máxima de la *Pistia stratiotes* para remover el cobre en el agua de 98.87%, para la *Eichhornia crassipes* de 98.34% (a concentraciones de 10 ppm de cobre).

2.2. Estado del arte

La Fitorremediación es una técnica sostenible que según Paredes (2015) afirma que, “Se puede considerar un conjunto de métodos para degradar, asimilar, metabolizar o detoxificar metales pesados, compuestos orgánicos, radioactivos y petroderivados”

Asimismo, además de estas principales características que contiene esta técnica, estas acciones se pueden realizar a través de especies vegetales que debido a su capacidad de absorber, volatilizar, tolerar y acumular concentraciones de contaminantes, permiten la remoción de los mismos; esta práctica se diferencia de otras ya que

tiene las características de ser económica, no compleja y limpia (Cordero, 2015).

Esta técnica tiene sus ventajas y sus limitaciones en su aplicación, teniendo en cuenta que es un tipo de método de biorremediación, a continuación, serán mencionadas y detalladas¹:

Ventajas:

- Es una técnica que se puede aplicar in situ.
- Bajo costo y mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo o cuerpo de agua que se aplique.
- Las plantas pueden ser utilizadas como bombas extractoras de bajo costo para depurar suelos y aguas contaminadas
- Algunos procesos degradativos ocurren en forma más rápida con plantas que con microorganismos.
- Es un método apropiado para descontaminar superficies grandes o para finalizar la descontaminación de áreas restringidas en plazos largos.

Limitaciones

- El proceso se limita a la profundidad de penetración de las raíces o aguas poco profundas.
- La fitotoxicidad definida como la capacidad de un compuesto o elemento químico de provocar un daño temporal o permanente en una planta es una limitante en áreas fuertemente contaminadas.

¹ Extraída de la tesis de Paredes, 2015

- Los tiempos del proceso pueden ser muy prolongados en comparación con las tecnologías convencionales como las lagunas de sedimentación.
- La biodisponibilidad de los compuestos o metales es un factor limitante de la captación.

Para la reducción de las concentraciones de ciertos contaminantes las plantas adoptan diversos procesos mediante los cuales se evitan dañar cuerpos de agua o ecosistemas, es decir, estos procesos contribuyen a no dañar los suelos, cuerpos de agua superficiales (ríos, lagunas, mar), cuerpos de agua subterráneos. Estos procesos se encuentran dividido en las siguientes clases: Rizofiltración, Fitoestabilización, Fitoestimulación, Fitovolatilización, Fitodegradación, Fitoextracción, entre otros. Estos procesos son propios de cada planta biorremediadora

Esta técnica de Fitorremediación mayormente es aplicada en Humedales artificiales que son sistemas de tratamiento acuático en los que se insertan plantas y organismos relacionados para el tratamiento de aguas residuales o que pueden tener otros componentes. (PAREDES, 2015)

Dentro del concepto de los sistemas de humedales artificiales tenemos que, según Cubillos et al. (2011), son ecosistemas naturales intermedios, donde el nivel del suelo se mantiene saturado por agua la mayor parte del tiempo. Estos sistemas naturales son diseños ambientalmente amigables. Los humedales artificiales construidos

han demostrado ser excelentes sistemas de tratamiento para la descontaminación de aguas bajo diferentes condiciones climáticas, ya que la presencia de plantas y su interacción con los microorganismos asociados a la zona radicular, permitiendo la generación de procesos físicos, químicos y biológicos que mejoran la calidad de agua.

Los humedales artificiales cumplen con ciertas funciones durante su funcionamiento, estas funciones son de acuerdo con el tipo de técnica, tipo de proceso y la especie que se esté utilizando para la remoción del contaminante, y se realizan a través de procesos físicos, químicos y biológicos que son los siguientes²:

- **Procesos de remoción físicos**

Los humedales son capaces de proporcionar una alta eficiencia física en la remoción de contaminantes asociado con material particulado. El agua superficial se mueve muy lentamente a través de los humedales, debido al flujo laminar característico y a la resistencia proporcionada por las raíces y las plantas flotantes.³

- **Procesos de remoción biológicos:**

La remoción biológica es quizá el camino más importante para la remoción de contaminantes en los humedales. Extensamente reconocido para la remoción de contaminantes en los humedales

² Clasificación según lo mencionado en su tesis Paredes, 2015

³ Concepto según Londoño y Marin, 2009

es la captación de la planta. Los contaminantes que son también formas de nutrientes esenciales para las plantas, tales como nitrato, amonio y fosfato, son tomados fácilmente por las plantas de los humedales. Sin embargo, muchas especies de plantas de los humedales son capaces de captar, e incluso acumular significativamente metales tóxicos, como cadmio y plomo.⁴

- **Procesos de remoción químicos:**

El proceso químico más importante de la remoción de suelos del humedal es la absorción, que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varias clases de contaminantes. La absorción es un término ampliamente definido para la transferencia de los iones a partir de la fase de la solución (agua) a la fase sólida (suelo). La absorción describe realmente un grupo de procesos, que incluye reacciones de adsorción y de precipitación.⁵

⁴⁻⁵ Concepto según Londoño y Marin, 2009

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Marco Legal

Dentro de la normativa legal peruana vigente, existen diversas leyes que contribuyen con la preservación del medio ambiente, así también ayudan a conservar el entorno protegiendo la salud de las personas y asegurando una calidad de vida óptima. Es por eso que a continuación se describirán las normativas ambientales vigentes que se aplicarán dentro del presente proyecto.

❖ Constitución Política del Perú (29/12/1993)

La constitución política de 1993, en el artículo 2° inciso 22 dice: todas las personas tienen derecho a la paz, a la tranquilidad, a la salud y al disfrute del tiempo del tiempo libre y al descanso, así como gozar un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; el Artículo 7°, dice: todos tienen derecho a la protección de la salud, así como el deber de contribuir a su promoción y defensa.

❖ Ley general del Ambiente – ley N° 28611

Artículo 3°.-Del Rol del Estado en materia ambiental

El estado a través de sus entidades y órganos correspondientes diseña y aplica las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarios para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el

cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la presente ley.

Artículo 66°.-De la Salud Ambiental

La prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. Es responsabilidad del Estado, a través de la Autoridad de Salud y de las personas naturales y jurídicas dentro del territorio nacional, contribuir a una efectiva gestión del ambiente.

Artículo 113°.-De la Calidad Ambiental

113.1 Toda persona natural o jurídica, pública o privada, tiene el deber de contribuir a prevenir, controlar y recuperar la calidad del ambiente y sus componentes.

Artículo 121°.- Del vertimiento de Aguas Residuales

El estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines.

❖ **Valores Máximos Admisibles- D.S. N° 021-2009-VIVIENDA**

Artículo 1°.- Finalidad, Ámbito y Obligatoriedad

La presente norma regula mediante Valores Máximos Admisibles las descargas de aguas residuales No Domesticas en el Sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

❖ **Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, D.S. N° 004-2017-MINAM**

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, quedando sujeto a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

2.3.2. Sistemas de fitorremediación de agua

Dentro de los diferentes tipos sistemas de fitorremediación, utilizados para remediar agua o suelo contaminados, conocidos de igual manera como sistemas blandos de depuración, están los lagunajes, los humedales naturales y los humedales artificiales (Meza, 2012).

Los humedales se caracterizan por sus grandes ventajas que dispone en su aplicación para la fitorremediación de aguas contaminadas.

Características de los Humedales

Los humedales se reconocen fácilmente por un conjunto de características generales, como son la presencia de una lámina de agua poco profunda o de una capa freática en superficie sobre suelos hidromorfos, y la existencia de una vegetación especializada, ya sean plantas que viven en el agua (hidrófitos) o las que se desarrollan en terrenos permanentemente inundados o al menos saturados de agua, con bastante frecuencia (higrófitos). Uno de los rasgos más característicos de la vegetación de los humedales es su adaptación a vivir con una fuerte limitación de la disponibilidad del oxígeno en el suelo, es decir, en condiciones de anaerobiosis que normalmente no soportan las plantas terrestres (Sedánes, 1999).

Los humedales tienen una función esencial dentro de los ecosistemas, ya que cuentan con la habilidad de ser depuradoras naturales, ayudando así a conservar las aguas subterráneas y superficiales.

2.3.3. Humedales Artificiales

Dentro de los conceptos de los humedales tenemos los siguientes:

Un humedal es una zona de la superficie terrestre que esta temporal o permanentemente inundada, regulada por factores climáticos en constante interrelación con los seres que lo habitan.⁶

Los humedales son un bioma que mucha gente no ve como algo realmente importante, de hecho, en muchas áreas los consideran una molestia. Los humedales ayudan al medio ambiente a mejorarse, debido al hecho de que son un suministro natural de agua; ayudan a prevenir inundaciones en muchos lugares y tienen la capacidad natural para purificar el agua superficial.⁷

Al hablar de los humedales artificiales nos referimos a un tipo de tratamiento de aguas no convencional, principalmente su implementación se debe realizar dentro de la etapa secundaria o

⁶ Concepto según Convenio Ramsar

⁷ Concepto según Biopedia

terciaria de un sistema de Tratamiento de Agua Residual, no obstante, de acuerdo con las características fisicoquímicas que pueda contener el efluente a tratarse, podría ser incluida dentro de un tratamiento primario.

“Básicamente, los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que se reproducen, de manera controlada, los procesos físicos, químicos y biológicos de eliminación de contaminantes que ocurren normalmente en los humedales naturales”.⁸

Los humedales artificiales, al ser construidas, están compuestos por diversos componentes, que aseguran un correcto y eficiente funcionamiento a fin de cumplir con la depuración de los contaminantes. Estos componentes⁹ son:

- *Sustrato*: sirve de soporte a la vegetación, permitiendo la fijación de la población microbiana, que va a participar en la mayoría de los procesos de eliminación de los contaminantes.
- *La vegetación (macrofitas)*: contribuye a la oxigenación del sustrato, a la eliminación de nutrientes y sobre la parte subterránea e desarrolla la comunidad microbiana
- *El agua a tratar*: circula a través del sustrato y de la vegetación

⁸ Definición encontrada en el Portal del Agua, México

⁹ Componentes según el portal de Madrid El Agua

2.3.4. Tipos de Humedales Artificiales

Los humedales artificiales, está tipificado de acuerdo con el funcionamiento y en función del sentido del flujo del efluente a tratar, comprende dos tipos de humedales superficiales¹⁰, que a continuación detallaremos:

❖ ***Humedales Artificiales de Flujo Superficial:*** tiene como principal característica que el agua a tratar circula por encima del sustrato. Se favorecen las condiciones aerobias al estar el agua directamente expuesta a la atmosfera. Su utilización es principalmente para efluentes procedentes de tratamientos secundarios y para crear y restaurar ecosistemas acuáticos.

Los Humedales Artificiales de Flujo Superficial Libre, según el compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento, pueden lograr la eliminación de una gran cantidad de sólidos suspendidos y de una moderada eliminación de patógenos, nutrientes y de otros contaminantes como metales pesados. Como la sombra de las plantas y la protección para que el viento no mezcle las aguas limitan la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, esta tecnología sólo es adecuada para aguas residuales con poca fuerza.

¹⁰ Tipos de humedales artificiales según el Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento, 2008

A continuación en la Tabla N° 1.1, de acuerdo al contenido publicado por el autor Perez (2012), se menciona las ventajas y desventajas de este tipo de humedal:

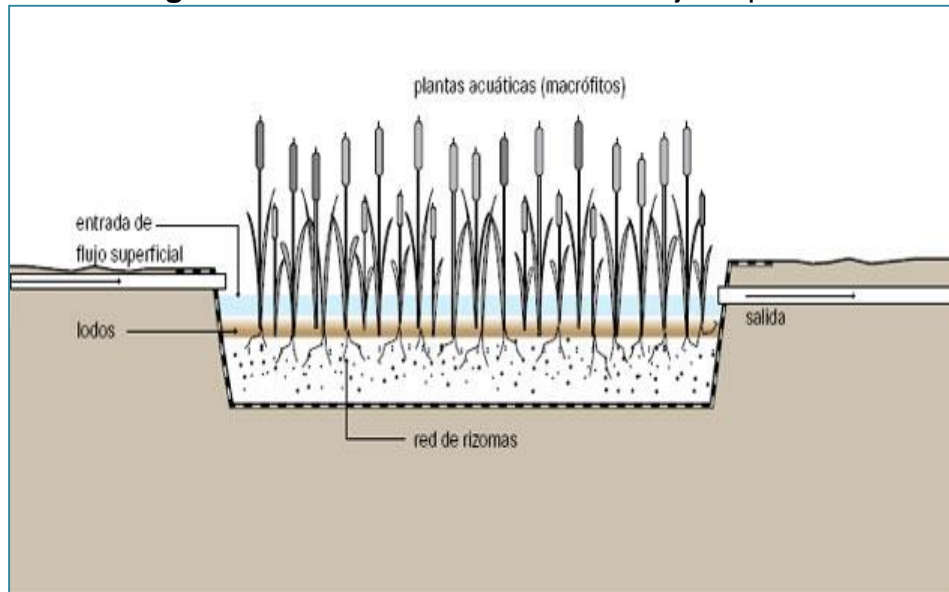
Tabla N° 1.1. Ventajas y Desventajas del Humedal Artificial de Flujo Superficial

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Proporcionan tratamiento efectivo en forma pasiva y minimiza la necesidad de equipos mecánicos, electricidad y monitoreo por parte de operadores adiestrados.	Se requiere terrenos amplios para su construcción
Puede ser menos costosos de construir, operar y mantener que los procesos mecánicos de tratamiento.	La mayoría del agua es esencialmente anóxica, limitando el potencial de nitrificación rápida del amoníaco
La operación a nivel de tratamiento secundario y terciario es posible durante todo el año, con excepción de los climas más fríos.	Los insectos y otros vectores de enfermedad pueden ser un problema
No produce biosólidos ni lodos residuales que requieran tratamiento subsiguiente y disposición.	

Fuente: Perez, 2012

En la imagen 1.1 se observan la estructura de un humedal artificial de Flujo Superficial Libre y sus componentes:

Imagen N°:1.1.Humedal Artificial de Flujo Superficial



Fuente: Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento (2008)

❖ **Humedales artificiales de flujo subsuperficial:** el agua circula a través del sustrato.

En la mayoría de los casos se usan para el tratamiento de aguas residuales generadas en núcleos de población de menos de 2000 habitantes. En función del sentido del flujo, pueden ser horizontales o verticales¹¹.

Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical: el agua circula verticalmente a través del sustrato de manera intermitente. Se suelen incluir chimeneas de aireación para

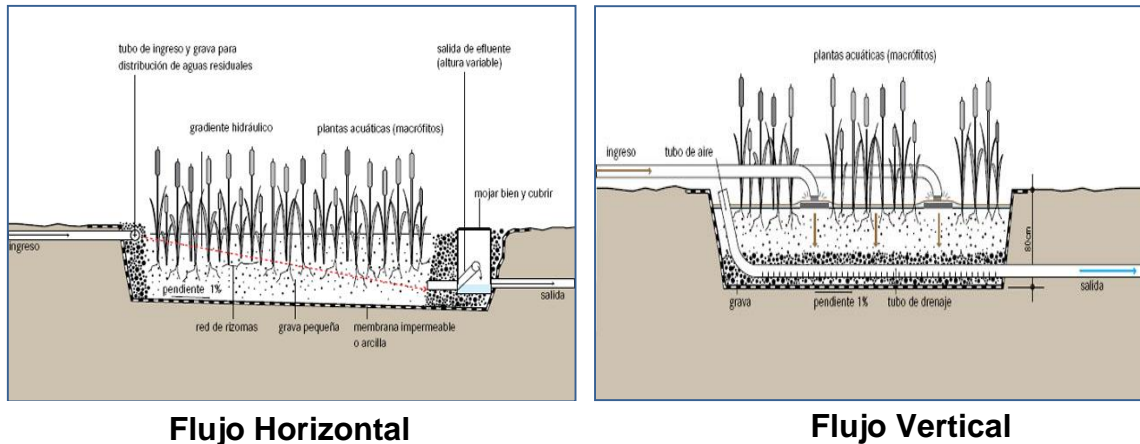
¹¹ Compendio de sistemas de y tecnologías de Saneamiento, 2008

favorecer las condiciones aerobias. Se suelen desarrollar procesos de nitrificación, entre otros¹².

Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal: según el portal de agua desde México, el agua circula horizontalmente a través del sustrato de manera continua. Se favorecen las condiciones anaerobias al mantenerse el nivel del agua por debajo del sustrato.

En la imagen N° 1.2 se muestra los dos tipos de Humedales de Flujo Subsúperficiales, tanto el de Flujo Vertical y Horizontal.

Imagen N° 1.2. Humedal Artificial de tipo Subsúperficial Vertical y Horizontal



Fuente: Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento (2008)

Este tipo de humedal artificial de flujo subsúperficial contiene diversas ventajas y desventajas que a continuación en la Tabla N° 1.2 se describirán:

¹² Definición según el Portal de Agua desde México

Tabla N° 1.2. Ventajas y Desventajas del Humedal Artificial de Flujo Sub superficial.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Simplicidad de operación: requieren un bajo tiempo de operación y pocos equipos electromecánicos	Poco o ningún nivel de control durante la operación
Consumo energético poco o nulo	Requieren amplias superficies de terreno
Son eficaces para la depuración de aguas residuales con contaminación principalmente orgánica	No son apropiados para determinadas aplicaciones, como por ejemplo el tratamiento de aguas industriales con alta contaminación inorgánica
Presentan bajo impacto visual de las instalaciones, porque la vegetación proporciona una apariencia natural	Difíciles de diseñar debido al gran número de procesos y mecanismos implicados en la eliminación de contaminantes
Baja producción de residuo durante la operación del sistema	

Fuente: Perez, 2012

2.3.5. Tipos de Plantas Fitorremediadoras

Los tipos de plantas Fitorremediadoras se encargan de la eliminación a través de diversos procesos de remoción según el tipo de contaminante (Ver Tabla N° 1.3).

Tabla N° 1.3. Procesos y mecanismos de Remoción

Procesos	Mecanismos	Contaminantes
Rizofitacion	Acumulación en la rizosfera	Orgánicos e Inorgánicos
Fitotransformacion	Degradación en la planta	Orgánicos
Fitovolatilización	Volatilización	Orgánicos e Inorgánicos
Fitoestabilizacion	Complejación	Inorgánicos
Fitoextraccion	Hiperacumulación en hojas, tallos o raíces	Inorgánicos

Fuente: Meza, 2012

La fitorremediación a partir de las plantas Fitorremediadoras es un conjunto de tecnologías que reducen in situ o ex situ la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por estas plantas y microorganismos asociados a ellas. Se utilizan las plantas para remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar contaminantes (Miretzky, Saralegui, & Fernández-Cirelli, 2004).

Las macrófitas flotantes comprenden un amplio y variado grupo de plantas, entre las que se destacan el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), la salvinia (*Salvinia Sp*), la redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*), y algunas especies de lentejas de agua (Martelo & Borreo, 2012).

Los procesos por los cuales las macrófitas flotantes eliminan los contaminantes se llevan a cabo mediante tres mecanismos¹³:

- ✓ Filtración y sedimentación de sólidos.
- ✓ Incorporación de nutrientes en plantas y su posterior cosechado.
- ✓ Degradación de la materia orgánica por un conjunto de microorganismos facultativos asociados a las raíces de las plantas; y en los detritos del fondo de la laguna, dependiendo del diseño.

¹³ Mecanismos descritos según la tesis de Aguayo, 2015

Las macrófitas son usadas para asimilar y descomponer nutrientes, materia orgánica e inorgánica. Presentan, desde luego, una serie de ventajas en su implementación que dependerán del tipo de efluente a tratar y de las condiciones de operación, además, poseen la capacidad de acumular gran cantidad de metales pesados en sus tejidos como mercurio, plomo, cromo y Cadmio (Hidalgo., 2005).

En la imagen N° 1.3 se muestra el potencial de acumulación de metales que poseen algunas macrófitas.

Imagen N° 1.3. Especies de Plantas y su bioacumulación de metales pesados

Especies de Plantas	Metales Pesados	Acumulación *
		Planta Flotante
<i>Eichhornia crassipes</i>	Cr, Cu, Ni, Zn, Cd, Hg, Ag, Pb, Pt	4000–6000mg/Kg Cr 2230µg/g Cd 6000–7000mg/Kg Cu 1,000ng/g Hg 1200 mg/Kg Ni 10,000mg/Kg Zn
<i>Pistia stratiotes</i>	Cr, Fe, Mn, Cu, Zn	800–1600mg/Kg Cr 1030mg/Kg Cu 7,9 mg/g Fe
<i>Lemna trisulca</i>	Cd	1000µg/g Cd
<i>Lemna gibba</i>	As, Cd, Ni	14,000mg/Kg Cd 1790µg/Kg Ni 1021mg/Kg As
<i>Lemna minor</i>	As, Pb, Ni, Cu, Cr	800µg/g Cu 2140µg/g Cr

* Las concentraciones se determinaron en peso seco de la planta.

Fuente: Meza, 2012

La principal ventaja que ofrecen estos sistemas es la gran superficie de contacto que tienen sus raíces con el agua residual, ya que esta les baña por completo, lo que permite una gran actividad depuradora de la materia orgánica por medio de los microorganismos adheridos a dicha superficie o por las propias raíces directamente. No obstante, la acumulación de bacterias en las raíces de las macrófitas, puede convertir la biomasa en una fuente de contaminación, en cuyo caso se requiere un manejo cuidadoso de la cosecha. La principal desventaja de los sistemas con macrófitas flotantes es la capacidad limitada de acumular biomasa, por lo que se deben hacer retiros periódicos de la misma para permitir el crecimiento de las plantas, y eso encarece el proceso en lo que a mano de obra se refiere. Otra desventaja es la proliferación de mosquitos como vectores transmisores de enfermedades, lo que condiciona la ubicación de los sistemas lejos de centros poblados (Aguayo, 2015).

Dentro de la fitorremediación, la eliminación de sustancias con contenidos de metales pesados se ven con mayor frecuencia, es por eso que la implementación de los humedales artificiales para la eliminación de este tipo de contaminantes están siendo utilizados en diversos lugares a fin de reducir las contaminaciones de cuerpos de agua. Los efectos que pueden causar los metales pesados en plantas dependen del rango de

tolerancia de cada especie, y del metal contaminante. Pueden ocasionar marchitamiento, amarillez, deformación de las hojas y raíz, y pudrición de los tejidos. Los máximos valores tolerables de metales pesados, estimados para cualquier especie vegetal son de: (Aguayo, 2015)

- 259.2 (40 - 530) microgramos/g de peso seco para Zinc
- 58.2 (9 - 93) microgramos/g de peso seco para Cobre
- 3.2 (1 - 8) microgramos/g de peso seco para Cadmio
- 90.0 (27 - 245) microgramos/g de peso seco para Plomo

2.3.6. Pistia Stratiotes

Es una planta acuática flotante que crece en zonas inundadas de agua. Se reproduce tanto sexual como asexualmente y se observa generalmente que forma densas masas sobre la superficie del agua, una condición que es favorecida por la reproducción vegetativa de la planta, junto con una habilidad para el rápido crecimiento. Esta planta acuática dentro de su clasificación taxonómica pertenece al Reino Plantae Phylum, familia Araceae y nombre científico *Pistia Stratiotes* (Ver tabla N° 1.4). Crece y se conserva en forma silvestre durante todo el año. Su alimentación es a partir de los nutrientes que se encuentran en el agua. Justamente por esta característica actualmente se utiliza *Pistia Stratiotes* para descontaminar aguas residuales

industriales que contengan metales pesados, puesto que posee una gran capacidad para asimilar estos metales como nutrientes propios de la planta (Meza, 2012).

Tabla N° 1.4. Clasificación Taxonómica de la especie *Pistia Stratiotes*

Reino	Plantae Phylum
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Alismatales
Familia	Araceae
Género	<i>Pistia</i>
Especie	<i>stratiotes</i>
Nombre científico	<i>Pistia stratiotes</i>
Nombre Común	Repollo de agua, lechuga de agua, Sirena

Fuente: Cueva, 2016

Esta especie con respecto a una de sus funciones que realiza, la fitorremediación de metales pesados, se han comprobado en diversos estudios que contiene un gran porcentaje de remoción de metales pesados, en los siguientes estudios que a continuación se detallaran:

- ❖ Aguayo Giron, (2015) en su estudio de determinación de la acumulación de los metales pesados Plomo, Cadmio y Cromo en la planta *Pistia Stratiotes* conocida como Lechuga de Agua logró comprobar que los metales pesados en concentraciones de 0.5ppm, 1ppm, 3ppm, 5ppm, y 7 ppm alteran el crecimiento de *Pistia stratiotes* sin producirle daños letales. Se propone que *Pistia stratiotes* se puede

utilizar como una alternativa de fitorremediación para la contaminación de metales pesados.

- ❖ Meza Perez (2012), en su estudio de Bioabsorción de Plomo y Cromo usando *Pistia Stratiotes* determinó que para el plomo la remoción total fue de 73.4% y para el cromo fue de 77.9%, concluyendo que la especie *Pistia Stratiotes* presente una excelente capacidad bioabsortiva de Pb y Cr, convirtiéndola en una posible alternativa para su empleo en sistemas biológicos tipo humedales, en cuanto al tratamiento de efluentes contaminados.
- ❖ Barreto y Paredes (2017), en su estudio de Determinación del potencial de absorción de cobre en solución acuosa de las especies *Pistia Stratiotes* y *Eichhornia Crassipes* se obtuvo que la tasa de crecimiento relativo se vio afectada después de la concentración de 10 mg/L de cobre, en ambas especies, así mismo se determinó alta capacidad de absorción de cobre las dos especies, siendo 98.87% y 98.34% para *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* respectivamente.

2.4. Definición de Términos Básicos

✚ **Sistema:** Un sistema es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben datos, energía o materia del ambiente (entrada) y proveen información, energía o materia¹⁴.

✚ **Humedal:** es cualquier zona normalmente plana donde la superficie del suelo se cubre de agua de forma permanente o estacional, es un humedal. El agua puede ser dulce, salada o salobre. Pero no todo el suelo que se llena de agua es considerado un humedal. Para eso, el sitio tiene que contener el líquido durante un periodo de tiempo suficiente para que prospere una población de plantas acuáticas¹⁵.

✚ **Artificial:** Se trata de un adjetivo que alude a aquello que es fabricado por el hombre: es decir, que no procede de la naturaleza. Muchas veces lo artificial funciona como reemplazo de lo natural a partir de una semejanza o de una imitación. Una laguna artificial es creada por el ser humano, que realiza una excavación y la llena de agua originándose un tipo de ecosistema creado antropogenicamente¹⁶.

¹⁴ Definición según la página web ALEGSA

¹⁵ Concepto según Geoenciclopedia

¹⁶ Concepto según la página web Definicion, 2016

✚ **Metales tóxicos:** son los metales tan conocidos y utilizados como el plomo, mercurio, cadmio, níquel, cromo, cobre, aluminio, etc. son sustancias tóxicas si están en concentraciones altas. Muchos de estos elementos son micronutrientes necesarios para la vida de los seres vivos, pero cuando por motivos naturales o por la acción del hombre se acumulan en los suelos, las aguas o los seres vivos en concentraciones altas se convierten en tóxicos peligrosos¹⁷.

✚ **Biorremediación:** es el proceso natural por el cual los microorganismos degradan o alteran moléculas orgánicas transformándolas en moléculas más pequeñas y no tóxicas¹⁸.

¹⁷ Libro electrónico Ciencias de la tierra y del Medio ambiente, 2010

¹⁸ Definición según la página web del Consejo Argentino para la Información y Desarrollo de la Biotecnología (ARGENBIO)

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1. Modelo de Solución Propuesto

3.1.1. Lugar de ejecución

Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur - UNTELS

3.1.2. Recursos a emplear

A. Recolección de Muestra:

Se coleccionará una muestra de las aguas residuales de los laboratorios del pabellón C (laboratorio de Química, Bioquímica y Edafología) del campus de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS), esta muestra estará compuesta por los desechos generados principalmente durante los ensayos que se realicen en los laboratorios en los horarios de clase, por parte de los alumnos.

La recolección de la muestra se realizará en envases cerrados, con el apoyo de la Señorita Joselyn Gallardo, encargada de los laboratorios, colocando recipientes en cada uno de los tres laboratorios, recolectando las aguas residuales para su posterior análisis en un laboratorio. A continuación, en el cuadro N° 1.5 se describirá los desechos que se considerarán como aguas residuales y las cantidades que se generarán por los tres laboratorios:

Tabla N° 1.5. Volumen de Aguas Residuales generadas

Agua Residual	Volumen (Tres Laboratorios) **
Durante los Ensayos	360 litros
Uso externo del laboratorio*	90 litros
Lavado y Enjuague de accesorios	720 litros
Volumen Total	1170 litros

Fuente: Elaboración Propia

** Uso de los laboratorios adicionales fuera del horario de clases*

*** Laboratorio de Química, Biología y Edafología*

B. Análisis de la Calidad de Aguas Residuales

En la presente sección se describen las condiciones de la calidad del efluente residual proveniente de los laboratorios del Pabellón “C” ubicado dentro de las instalaciones del Campus de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, con el principal objetivo de realizar la caracterización y proponer el tratamiento adecuado para posteriormente ser vertido al alcantarillado y/o reutilizado para el riego de las áreas verdes del campus o áreas exteriores adyacentes a la universidad.

Normativa Aplicable:

De acuerdo con lo establecido por la normatividad nacional ambiental vigente, los efluentes residuales que son vertidos al alcantarillado son sometidos y contrastados con los Valores Máximos Admisibles, establecidos en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA y su modificatoria según el D.S. N° 001-2015-VIVIENDA (Ver Tabla N° 1.6), a fin de verificar que no tengan concentraciones demasiado elevadas provocando daños en la infraestructura del alcantarillado y de la Planta de Tratamiento a donde se disponga.

Tabla N° 1.6. Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales No Domesticas

PARAMETRO	UNIDAD	Valores Máximos Admisible
Aluminio	mg/L	10
Arsénico	mg/L	0.5
Boro	mg/L	4
Cadmio	mg/L	0.2
Cianuro	mg/L	1
Cobre	mg/L	3
Cromo Hexavalente	mg/L	0.5
Cromo Total	mg/L	10
Manganeso	mg/L	4
Mercurio	mg/L	0.02
Niquel	mg/L	4
Plomo	mg/L	0.5
Sulfatos	mg/L	1000
Sulfuros	mg/L	5
Zinc	mg/L	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	80
pH	unidad	6-9
SST	mg/L	500
Temperatura	°C	<35

Fuente: D.S. N° 021-2009-VIVIENDA y modificatoria D.S. 001-2015-VIVIENDA

Así también para obtener niveles de concentraciones adecuadas para darle un rehuso (riego de áreas verdes) a estas aguas residuales luego de su tratamiento, deben cumplir con parámetros que se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, dispuestos a través del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, específicamente cumplir con los valores de la Categoría 3 “Riego de Vegetales y Bebida de Animales” (Ver Tabla N° 1.7).

Tabla N° 1.7. Estándares de Calidad Ambiental de Agua, Categoría 3 “Riego de Vegetales y Bebida de Animales”

PARAMETRO	UNIDAD	ECA Agua Categoría 3	
		Riego de Vegetales	Bebida de Animales
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0.1	0.2
Bario	mg/L	0.7	**
Berilio	mg/L	0.1	0.1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0.01	0.05
Cobre	mg/L	0.2	0.5
Cobalto	mg/L	0.05	1
Cromo Total	mg/L	0.1	1
Hierro	mg/L	5	**
Litio	mg/L	2.5	2.5
Magnesio	mg/L	**	250
Manganeso	mg/L	0.2	0.2
Mercurio	mg/L	0.001	0.01
Niquel	mg/L	0.2	1
Plomo	mg/L	0.05	0.05
Selenio	mg/L	0.02	0.05
Zinc	mg/L	2	24
pH	unidad	6.5 - 8.5	6.5 – 8.4
SST	mg/L	**	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

** Parámetro no aplica para esta sub-categoría

Zonas de Muestreo del Agua Residual

Principalmente las muestras de agua residual fueron recolectadas del efluente que proviene del pabellón C, donde se encuentran los laboratorios de la UNTELS.

El principal criterio para realizar las tomas de muestra es debido a la utilización de reactivos químicos que usan los estudiantes para realizar diversos ensayos, simulaciones, entre otras actividades dentro de los laboratorios. Los principales reactivos que mayormente se utilizan para las diversas pruebas experimentales son:

- ✓ Acetato de Plomo
- ✓ Nitrato de Plata
- ✓ Sulfato de Cobre
- ✓ Permanganato de Potasio
- ✓ Cromato de Potasio

Así como también entre otros solventes, cloruros, sales, bases ácidos y otros reactivos en menor cantidad

Para la toma de muestra se siguió el protocolo respectivo de monitoreo de Calidad de Agua dispuesto por La Autoridad Nacional del Agua.

Resultados del Monitoreo

Las muestras de agua recolectada de los laboratorios fueron llevadas al laboratorio LABECO, acreditado por INACAL (Ver Anexo N° 2), para ser analizadas y las concentraciones obtenidas puedan ser contrastadas con los Valores Máximos Admisibles señalados por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y los Estándares de Calidad Ambiental de Agua, por el Ministerio del Ambiente.

Los resultados del monitoreo fueron emitidos por el laboratorio a través del Ensayo N° 1108-18 (Ver Anexo N° 1), donde detalla las concentraciones de los parámetros analizados.

El monitoreo de los parámetros de pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica y Sólidos Suspendedos Totales fueron analizados In Situ, ya que para el análisis se empleó un Multiparámetro posterior a haberse realizado la recolección de la muestra. (Ver Anexo N° 3)

A continuación, en la tabla N° 1.8 se muestra los resultados de las concentraciones de los parámetros analizados comprándose con los Valores Máximos Admisibles y Estándares de Calidad Ambiental, Categoría 3.

Tabla N° 1.8. Resultados de Monitoreo y comparación con VMA y ECA Agua

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES	ECA Agua Categoría 3	
				Riego	Bebida
Aluminio	mg/L	<0.006	10	5	5
Arsénico	mg/L	<0.003	0.5	0.1	0.2
Bario	mg/L	<0.003	--	0.7	**
Berilio	mg/L	<0.0007	--	0.1	0.1
Boro	mg/L	<0.002	4	1	5
Cadmio	mg/L	0.0082	0.2	0.01	0.05
Cianuro	mg/L	--	1		
Cobre	mg/L	8.21	3	0.2	0.5
Cromo Hexavalente	mg/L	2.3	0.5	**	**
Cromo Total	mg/L	--	10	0.1	1
Hierro	mg/L	0.008	**	5	**
Litio	mg/L	<0.002	**	2.5	2.5
Magnesio	mg/L	3.21	**	**	250
Manganeso	mg/L	0.343	4	0.2	0.2
Mercurio	mg/L	--	0.02	0.001	0.01
Niquel	mg/L	<0.001	4	0.2	1
Plomo	mg/L	2.5	0.5	0.05	0.05
Selenio	mg/L	<0.007	**	0.02	0.05
Sulfatos	mg/L	--	1000	**	**
Sulfuros	mg/L	--	5	**	***
Zinc	mg/L	0.430	10	2	24
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	--	80	**	**
pH	unidad	6.19	6-9	6.5-8.5	6.5-8.4
SST	mg/L	302	500	**	**
Temperatura	°C	17.8	<35	Δ 3	Δ 3
Conductividad Eléctrica	uC	607	**	2500	5000

Fuente: Informe de Ensayo N° 1108-18, D.S. N° 004-2017-MINAM, D.S. N° 021-2009-VIVIENDA y modificatoria D.S. 001-2015-VIVIENDA

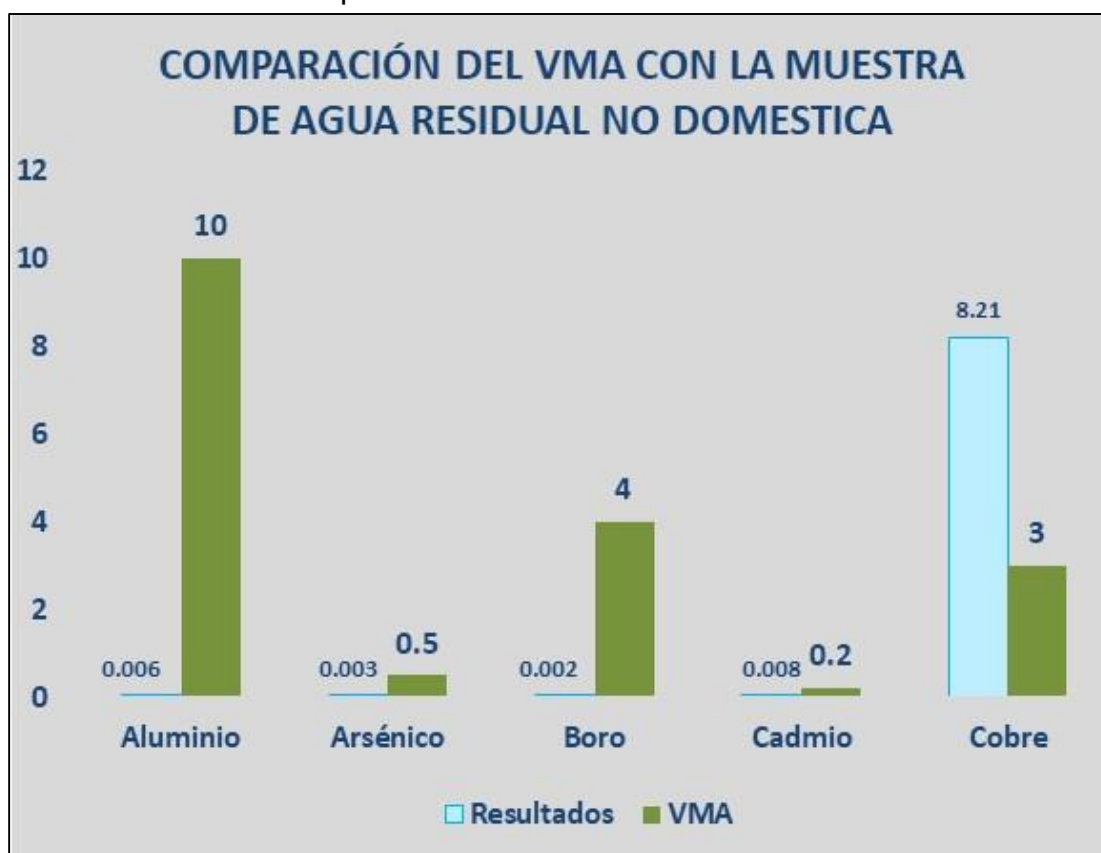
** Parámetro no aplica para esta categoría

--Parámetro no evaluado

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

A continuación, en los siguientes gráficos, Grafico N° 1.1 y el Grafico N° 1.2 se visualiza las concentraciones de los resultados emitidos a través del Ensayo N° 1108-18 por el Laboratorio LABECO, donde se comparan con los Valores Máximos Admisibles, dando como resultado a tres parámetros que exceden lo normado para el vertido de efluentes al alcantarillado, que son los contaminantes Cobre, Cromo y Plomo.

Gráfico N° 1.1. Comparación de los VMA con los Resultados obtenidos



Fuente: Ensayo N° 1108-18, N° 004-2017-MINAM, D.S. N° 021-2009-VIVIENDA y modificatoria D.S. 001-2015-VIVIENDA

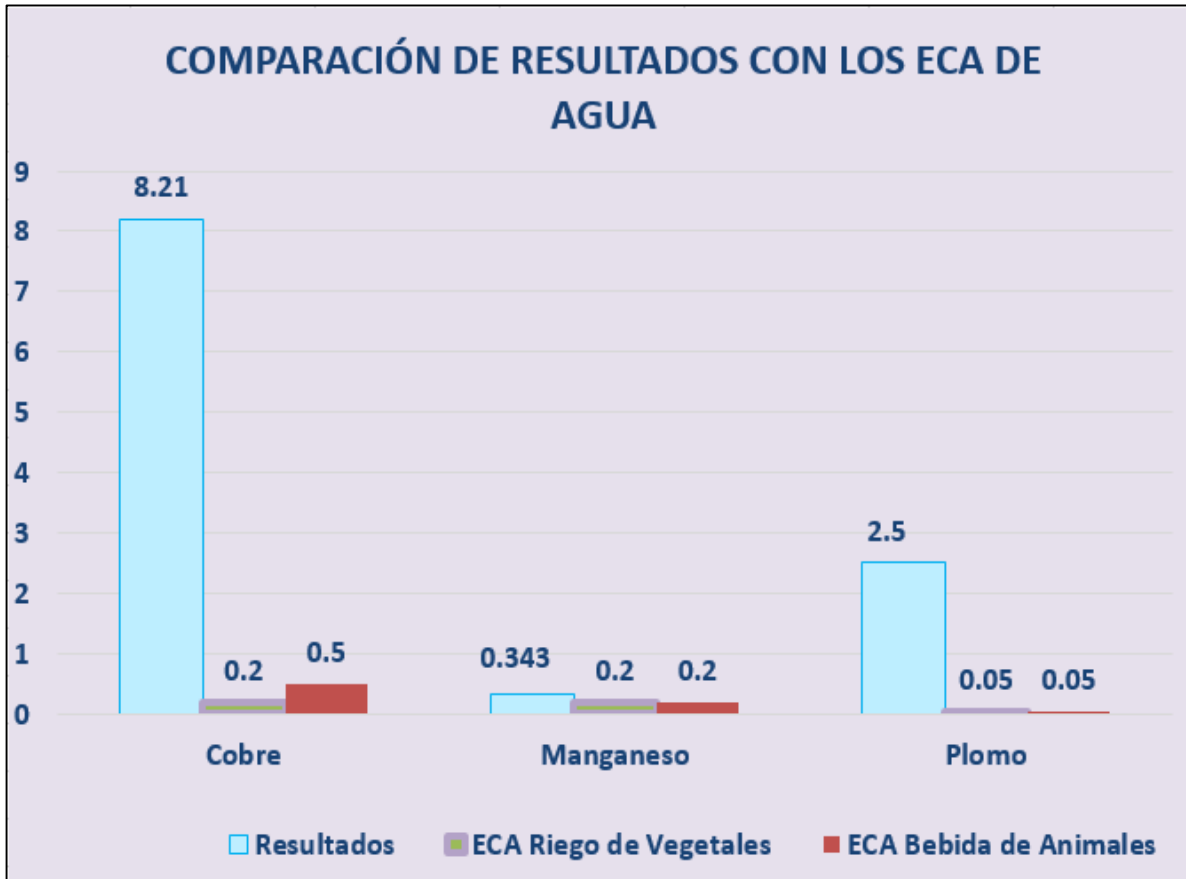
Grafico N° 1.2. Comparación de los VMA con los Resultados obtenidos



Fuente: Ensayo N° 1108-18, N° 004-2017-MINAM, D.S. N° 021-2009-VIVIENDA y modificatoria D.S. 001-2015-VIVIENDA

El segundo fin con el que se está fitorremediando estos efluentes residuales de los laboratorios es para reutilizar estas aguas y designarlas al riego de áreas verdes de la UNTELS, es por eso que además de comparar los resultados con los Valores Máximos Admisibles (VMA) también se compararán con los Estándares de Calidad Ambiental de Agua, Categoría 3. En el Grafico N° 1.3 se puede apreciar los parámetros que están sobrepasando los Estándares y necesitan una reducción considerable para ser efectiva la reutilización de los efluentes.

Grafico N° 1.3. Comparación de los ECA de Agua, Categoría 3 con los resultados del análisis de las aguas residuales obtenidos



Fuente: Ensayo N° 1108-18, D.S. N° 004-2017-MINAM

Interpretación de Resultados

Los resultados mostrados en el Ensayo N° 1108-18 por parte del laboratorio LABECO, que cuenta con la acreditación de la Institución Nacional de Calidad (INACAL), fueron comparados con los Valores Máximos Admisibles del D.S N° 021-2009-VIVIENDA con modificatoria N°001-2015-VIVIENDA donde se obtuvieron concentraciones de ciertos parámetros por encima de lo normado. Los parámetros que sobrepasaron los VMA son el

Cobre, Plomo y Cromo. Las concentraciones altas de estos metales se infieren que son producto de la utilización de reactivos químicos con altas concentraciones de estos.

Asimismo, los parámetros de Cobre, Manganeso y Plomo al ser comparados con los Estándares de Calidad Ambiental de Agua están sobrepasándolos de manera considerable necesitando una remoción de estos contaminantes a través del humedal artificial.

C. Humedal Artificial

De acuerdo con los resultados del análisis de las aguas residuales, se puede identificar que existen contaminantes por encima de los valores máximos que decreta la normativa peruana, entre ellos tenemos al Cobre, Plomo, Cromo y Manganeso (Ver Tabla N° 1.9), es por eso que para poder verter estas aguas residuales debemos reducir estas concentraciones a valores que sean inferiores a lo dispuesto por el MVCS¹⁹ y el MINAM²⁰. Para esta remoción de contaminantes se propondrá la implementación de un humedal artificial como sistema de tratamiento para estas aguas residuales provenientes de los laboratorios antes que fuesen vertidas al alcantarillado o sean reutilizadas para el riego de áreas verdes.

¹⁹ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

²⁰ Ministerio del Ambiente

El humedal artificial será un sistema de tratamiento sostenible que a través de una planta fitorremediadora se buscará la eliminación de los contaminantes de las aguas residuales.

Componentes del Sistema de Humedal Artificial:

Agua Residual No Domestica:

El agua residual no domestica serán las muestras de agua que se tomaron del efluente de los tres laboratorios (Química General, Bioquímica y Edafología),

Vegetales

Entre los vegetales que se emplearan para la fitorremediación será la especie *Pistia Stratiotes* (Ver imagen N° 1.4),

Lo más importante en los humedales de flujo superficial libre es que las proporciones sumergidas de las hojas y tallos muertos se degradan y sirven como substrato para el crecimiento microbiano fijo (Lara, 1999).

Imagen N° 1.4. Especie *Pistia Stratiotes* o Lechuga de agua



Fuente: Blog Biologismos

Equipos e instrumentos de Análisis:

- *Multiparámetro:* es un instrumento que se utiliza para medir parámetros de calidad de agua importantes sin la necesidad de llevar la muestra a un laboratorio; es por eso que la medición con este instrumento es In Situ. Los parámetros que alcanza a medir son: Temperatura, Ph, Solidos Suspendidos Totales y Conductividad Eléctrica.

3.2. RESULTADOS

En base al análisis de las aguas residuales provenientes de los laboratorios, se propondrá un humedal artificial que contendrá diversas características adecuadas para remover de forma eficiente los contaminantes. Asimismo, para su diseño se considerará el volumen diario de aguas residuales emitidos por los laboratorios.

3.2.1. Tipo de humedal Artificial

Para la elección del tipo de humedal artificial se está tomando como base ciertos criterios que, cumpliendo con estos, el humedal artificial pueda tener un mejor funcionamiento y remoción de los contaminantes.

El tipo de humedal que se eligió es el Humedal Artificial de tipo Flujo superficial Libre.

Este tipo de humedal se eligió porque además de producir bajas concentraciones de nitrógeno y fosforo, la remoción de contaminantes es mayor aun con menor tiempo de retención. Asimismo, los metales son removidos de manera eficaz y en tiempos cortos.

Los sistemas de FSL²¹ son usados para la remoción de aguas residuales, de tipos domésticas, drenaje de minas, escorrentía pluvial urbana, desbordes de drenajes combinados,

²¹ Flujo Superficial Libre

escorrentía agrícola, desechos ganaderos y avícolas y lixiviados de rellenos sanitarios, y para efectos de mitigación (EPA, 2000)

3.2.2. Tipo de Tratamiento Preliminar

El sistema de Humedal Artificial deberá contar con zonas de pre tratamiento de las aguas provenientes de los laboratorios, considerando que uno de los puntos de muestra tomado es del laboratorio de edafología, en este laboratorio al trabajarse con muestras de arena, las aguas residuales son vertidas al desagüe con porcentajes de arena, las cuales podrían dañar nuestro humedal.

Dentro de la propuesta de implementación de una infraestructura adicional previo al sistema de humedal artificial, se decidió que se debe contar con un Desarenador, con el objetivo de que el agua residual al pasar por la zona de Pre Tratamiento pueda descargar las concentraciones que pueda tener de arena, evitando así el mantenimiento constante y que dañe el funcionamiento del humedal artificial.

3.2.3. Cálculos para el diseño del Humedal Artificial de Flujo Superficial

Para la construcción del humedal artificial se deben realizar cálculos, que dependerán del caudal diario y otros parámetros que a continuación procederán a hallarlos:

- a) Determinación del caudal diario que ingresara al humedal artificial:

$$Q = 1170 L/d$$

$$Q = 1,17 m^3/d$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m³/d)

- b) Determinación del área a emplearse para construir el humedal artificial; por consiguiente, se calculará el Área de la Superficie del humedal (A_{sh}), teniendo en cuenta el caudal a emitirse por los laboratorios y que estos no excedan el volumen de almacenamiento del humedal.

$$A_{sh} = \frac{Q \times T}{d}$$

Donde:

Q: Caudal diario (m³/d)

T: Tiempo de Retención (d)

d: Profundidad (m)*

$$A_{sh} = \frac{1.172 \frac{m^3}{d} \times 3 d}{0.3 m}$$

$$A_{sh} = 11.72 m^2$$

$$A_{sh} = 11.8 m^2$$

(*) Para vegetación escasa, $y > 0.4 m$

Para vegetación moderadamente densa, $y = 0.3 m$

Para vegetación muy densa, $y < 0.3 m$

Considerando que el tipo de planta fitorremediadora tiene la propiedad de proliferarse se elegirá el factor de resistencia para vegetación moderadamente densa obteniendo como valor de profundidad $y = 0.3 m$.

c) Área de Superficie del humedal (A_{sh}) para hallar el largo y ancho del humedal, que según el manual de la EPA, respecto al diseño de la construcción de un humedal artificial superficial, debe tener una relación de 1 a 3

$$A_{sh} = L \times W$$

L: Largo del Humedal (m)

W: Ancho del Humedal (m)

Según la Relación:

$$L = 3 W$$

Se Reemplazará en:

$$A_{sh} = L \times W$$

$$11.8 m^2 = 3W \times W$$

$$W = 1.98$$

$$W = 2$$

$$L = 6$$

d) Determinación del tiempo de retención para hallar la cantidad de días que el agua residual estará en el humedal, siendo estos días los óptimos para lograr la remoción de los contaminantes mediante la planta *Pistia Stratiotes*, se hallará a través de la siguiente formula:

$$t_r = \frac{L W y n}{Q}$$

Donde:

t_r : Tiempo de Retención (días)

L: Largo del Humedal (m)

W: Ancho del Humedal (m)

y: profundidad del Humedal (m)

n: % porosidad

Q: Caudal Diario (m^3/d)

Reemplazando

$$t_r = \frac{6m \times 2m \times 0.3m \times 0.9}{1.172 \text{ m}^3/d}$$
$$t_r = 2.77 \text{ dias}$$
$$t_r = 3 \text{ dias}$$

Finalmente, las medidas del humedal a construirse será de 2 metros de ancho, 6 metros de largo y 0.3 metros de profundidad.

3.2.4. Porcentaje de Remoción de Metales

Los procesos de remoción de metales de tipo fisicoquímico son el intercambio catiónico y formación de quelatos con el sustrato o con los sedimentos, la unión con materiales húmicos y la precipitación de sales insolubles como sulfatos o carbonatos.

Los procesos biológicos de remoción de metales se basan en la extracción por plantas, algas y bacterias. En el caso de las macrófitas, la extracción se realiza a través del sistema radicular, y la capacidad de extracción depende del tipo de metal y de la especie vegetal que se trate. Para similar capacidad de extracción, cuanto más biomasa pueda formar la planta mayor será la cantidad absoluta que se habrá eliminado del sistema (Meza, 2012).

Los resultados indican que las concentraciones de los metales cromo, cobre y plomo son los que exceden los valores máximos admisibles (VMA) y los parámetros Cobre, Manganeso y Plomo exceden los ECA²² de Agua, por consiguiente, son los parámetros que se deben de reducir hasta niveles que sean aceptados por la normativa. La planta fitorremediadora que se aplicará dentro del humedal artificial, según bibliografías tiene la capacidad de remover estos

²² Estándares de Calidad Ambiental

contaminantes de los cuerpos de agua (efluente residual no domestico). La especie *Pistia Stratiotes* tiene el poder de remoción de cromo, plomo, manganeso y cobre en grandes porcentajes.

Remoción de Plomo

Según la bibliografía encontrada acerca del porcentaje de remoción de Plomo que contiene la especie *Pistia Stratiotes* es de gran consideración, señalando dentro de su publicación los autores Martelo y Lara en mayo del 2012 que el porcentaje de remoción de esta especie con respecto al plomo esta se encuentra alrededor del 98% y 99%, siendo así se procederá a realizar la evaluación teniendo en cuenta que la concentración a la cual se aplicará será de 2.5 mg/L

$$\%R = \frac{C_o - C_i}{C_o} * 100$$

C_o: Concentración Inicial

C_i: Concentración final

%R: Porcentaje de Remoción

$$98.5 \% = \frac{2.5 - C_i}{2.5} * 100$$

$$0.985 = \frac{2.5 - C_i}{2.5}$$

$$C_i = 0.0375$$

El resultado obtenido luego de la remoción es de 0.0375 mg/L, siendo esta concentración la resultante que se obtendrá

luego que el agua contaminada haya cursado el humedal artificial. Esta concentración de 0.0375 mg/L se encuentra por debajo del 0.5 mg/L que indica los VMA, siendo aceptado como vertido hacia el alcantarillado. Además, este resultado también se encuentra por debajo de los estándares de calidad ambiental para Agua 0.05 mg/L, permitiendo así que el agua fitorremediada pueda ser reutilizada para el riego.

Remoción de Cromo:

De igual manera que se realizó el análisis de concentración de plomo, se procederá a evaluar la concentración de Cromo en el efluente residual no doméstico. El cromo, según el autor Meza Perez en el 2012, indico que esta especie cuenta con dos tipos de porcentajes de Remoción, las cuales se aplicarán de acuerdo al resultado del análisis de calidad de agua emitido por el laboratorio Labeco E.I.L.

Los criterios para utilizar las dos concentraciones con las que trabaja la especie *Pistia Stratiotes* son los siguientes:

- Cuando la concentración es de 4mg/L: Remoción de 81.1%
- Cuando la concentración es de 6 mg/L: Remoción de 69.9%

Para su determinación de poder de remoción de esta especie respecto al parámetro de Cromo (2,3 mg/L) se aplicará la formula respectiva hallando así su concentración final.

Esta fórmula es la siguiente:

$$\%R = \frac{C_o - C_i}{C_o} * 100$$

C_o: Concentración Inicial

C_i: Concentración final

%R: Porcentaje de Remoción

$$81.1\% = \frac{2.3 - C_i}{2.3}$$

$$0.811 = \frac{2.3 - C_i}{2.3}$$

$$C_i = 0.43$$

Se utilizo el primer criterio, puesto que la concentración inicial a remover se encontraba cerca a los 4 mg/L. El resultado obtenido luego de la remoción es de 0.43 mg/L, siendo esta concentración la resultante que se obtendrá luego que el agua contaminada haya cursado el humedal artificial. Esta concentración de 0.43 mg/L se encuentra justo dentro de los 0.50 mg/L que indica los VMA y dentro de los ECA de agua, siendo las características adecuadas para realizar el vertido hacia el alcantarillado. De igual manera apta para su reutilización en el riego respectivamente.

Remoción de Cobre:

Según la bibliografía de los autores Yasmin Barreto y Jose Paredes, (2017), realizaron la determinación del potencial de absorción de cobre en solución acuosa usando *Pistia Stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, teniendo como resultado que la especie *Pistia Stratiotes* tiene un porcentaje de absorción de 98.87%. este porcentaje de absorción se tomará de referencia para evaluar si luego de haber pasado el agua residual por el humedal artificial, bajo este porcentaje de remoción, se ubica dentro de los Valores Máximos Admisibles y ECA para agua.

Para calcular la concentración de cobre con la que saldrá el agua residual del humedal artificial se realizó el siguiente cálculo:

$$\%R = \frac{C_o - C_i}{C_o} * 100$$

C_o: Concentración Inicial

C_i: Concentración final

%R: Porcentaje de Remoción

$$98.87\% = \frac{8.21 - C_i}{8.21} * 100$$

$$0.9887 = \frac{8.21 - C_i}{8.21}$$

$$C_i = 0.1$$

Luego de pasar por el sistema de humedal artificial bajo el porcentaje de remoción de 98.87%, la concentración de cobre

se reduce de manera muy considerable, permitiendo que la calidad del agua final sea apta para poder ser vertida al alcantarillado y su reutilización, puesto que cumple con los valores máximos admisibles y ECA de agua impuestos para este tipo de efluentes.

Remoción de Manganeso:

La remoción del parámetro de manganeso se debe realizar para cumplir con los estándares de calidad ambiental para agua, ya que dentro de la exigencia de los Valores Máximos Admisibles no se menciona a este parámetro. Según los autores Martelo y Lara en 2012 establecen que el porcentaje de remoción esta entre 86,8% y 98.4%. Se utilizará el promedio del rango de remoción, en la siguiente fórmula para hallar la concentración final:

$$\%R = \frac{C_o - C_i}{C_o} * 100$$

C_o: Concentración Inicial

C_i: Concentración final

%R: Porcentaje de Remoción

$$92,6\% = \frac{0.343 - C_i}{0.343} * 100$$

$$0.926 = \frac{0.343 - C_i}{0.343}$$

$$C_i = 0.025$$

La concentración final del manganeso cumple con la normativa vigente para permitir reutilizar estos efluentes luego de su tratamiento en el riego de las áreas verdes de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.

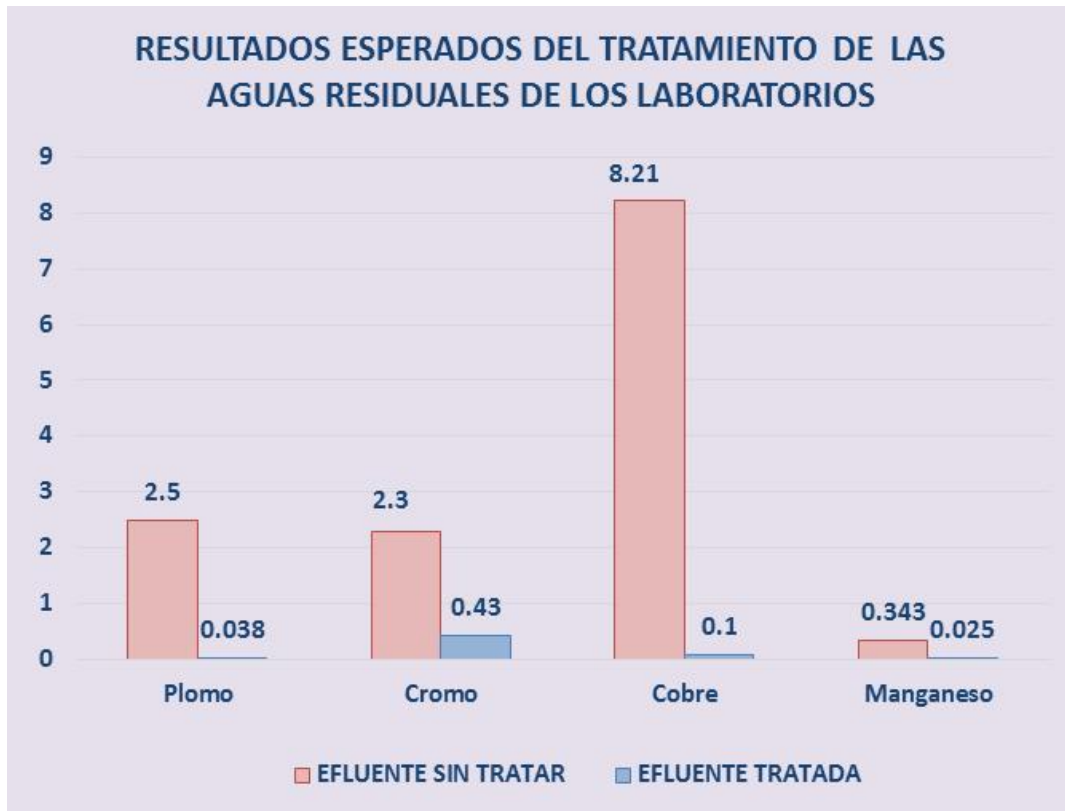
A continuación, en la tabla N° 1.9 y el Gráfico N° 1.4 se mostrarán las concentraciones de los parámetros del agua residual antes de ser tratada y las concentraciones esperadas luego de haber atravesado el humedal artificial, consiguiendo así que se cumplan con las normativas vigentes.

Tabla N° 1.9. Resultados de Agua sin tratar y Agua Tratada

PARÁMETRO	EFLUENTE SIN TRATAR	% DE REMOCIÓN	EFLUENTE TRATADO
Plomo	2.5 mg/L	98.50 %	0.038 mg/L
Cromo	2.3 mg/L	81.10 %	0.43 mg/L
Cobre	8.21 mg/L	98.87 %	0.10 mg/L
Manganeso	0.343 mg/L	92.60 %	0.025 mg/L

Fuente: Elaboración Propia

Grafico N° 1.4. Resultados esperados del Tratamiento de las aguas residuales de los laboratorios



Fuente: Elaboración Propia

3.2.5. Presupuesto de Implementación de un Humedal Artificial

La propuesta de implementación de un humedal artificial de tipo Superficial Libre deberá contar con la participación de un profesional en Ingeniería Ambiental, un maestro de obras con experiencia en diseños de infraestructuras sanitarias, que en la Tabla N° 1.10 se especificaran el tiempo de trabajo y el costo de cada uno por sus servicios.

Tabla N° 1.10. Presupuesto de Especialista y Personal de Trabajo

Especialista / Componente	Tiempo (meses)	Cantidad	Costo Mensual	Costo Total
Ingeniero(a) Ambiental	2	1	S/. 3,500.00	S/. 7,000.00
Maestro de Obra (excavación, armado de concreto, encofrado y acabados)	2	1	S/. 2,000.00	S/. 4,000.00
Ayudante	2	3	S/. 930.00	S/. 5,580.00
SUBTOTAL (A)				S/. 16,580.00

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo también se considerarán dentro del presupuesto las construcciones de las etapas preliminares que contendrá el sistema de fitorremediación de aguas residuales de los laboratorios, como los es el desarenador y el desengrasante. Es por ello que en la siguiente Tabla N° 1.11 se describirán los precios aproximados de los materiales de las infraestructuras preliminares y del humedal artificial.

Tabla N° 1.11. Costos del material del humedal artificial y Etapas preliminares

Especialista / Componente	Und	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Precio Parcial
DESARENADOR					
Eliminación del Desmante	m ³	18	S/. 28.81	S/. 518.58	S/. 4,433.46
Concreto para losa de fondo	m ³	3.6	S/. 467.00	S/. 1,681.20	
Encofrado para losa de fondo	m ²	18	S/. 30.00	S/. 540.00	
Concreto para muros reforzados	m ³	2.4	S/. 487.15	S/. 1,169.16	
Encofrado para muros	m ²	12	S/. 43.71	S/. 524.52	
TRAMPA DE GRASAS					
Trampa de grasas	Und	1	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 1,300.00
Instalación y acondicionamiento	--	1	S/. 500.00	S/. 500.00	
HUMEDAL ARTIFICIAL					
Eliminación del Desmante	m ³	3.6	S/. 28.81	S/. 103.72	S/. 3,817.67
Concreto para losa de fondo	m ³	2.4	S/. 467.00	S/. 1,120.80	
Encofrado para losa de fondo	m ²	12	S/. 30.00	S/. 360.00	
Concreto para muros reforzados	m ³	1	S/. 487.15	S/. 487.15	
Encofrado para muros	m ²	4.8	S/. 30.00	S/. 144.00	
Geomembrana impermeable	m ²	16.8	S/. 15.00	S/. 252.00	
Tuberías PVC de 4" x 3 m	m	50	S/. 25.00	S/. 1,250.00	
Codos PVC de 4"	Und	15	S/. 10.00	S/. 150.00	
Conexiones Tee PVC de 4"	Und	5	S/. 15.00	S/. 75.00	
Especie Vegetal (<i>Pistia Stratiotes</i>)	Und	25	S/. 15.00	S/. 375.00	
SUBTOTAL (B)					S/. 10,051.13

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 1.12 se especificara el costo total de la implementación del humedal artificial y sus infraestructuras adicionales para un correcto funcionamiento

Tabla N° 1.12. Costo total de la Implementación de un Humedal Artificial

SUBTOTAL (A)	S/. 16,580.00
SUBTOTAL (B)	S/. 10,051.13
TOTAL	S/. 26,631.13

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- Según los análisis de la calidad de agua residuales provenientes de los laboratorios del pabellón C de la UNTELS se propondrá la implementación de un humedal artificial de tipo superficial libre y como planta fitorremediadora la especie *Pistia Stratiotes*
- El resultado del análisis de calidad de aguas residuales de los laboratorios nos ha permitido determinar los parámetros que sobrepasan los niveles máximos impuestos por la normativa actual, los cuales son el cromo, plomo, cobre y manganeso para lo cual con la implementación del humedal artificial nos permitirá solucionar el problema y remover estos contaminantes reduciendo los niveles.
- La determinación del caudal diario de las aguas residuales proveniente de los laboratorios permitió realizar las dimensiones del diseño del Humedal Artificial propuesto. El Caudal determinado es de 1.17 m³/d, un Área Superficial de 12 m², con un ancho de 2 metros y un largo de 6 metros; la profundidad de acuerdo a manual de diseño para este tipo de humedal es de 0.3 metros y el periodo de retención hallado fue de 3 días.

RECOMENDACIONES

- Realizar la implementación de la propuesta de Humedal artificial en el menor tiempo posible, considerando que las aguas residuales de los laboratorios al ser descargadas al desagüe deterioraran las tuberías y las infraestructuras de las plantas de tratamiento de aguas residuales, puesto que contienen altas concentraciones de metales
- Ejecutar constantes monitoreos de control al efluente del humedal artificial implementado verificando la efectiva remoción de los contaminantes y que no superen los Valores Máximos Admisibles (VMA) y Estándares de Calidad Ambiental (ECA).
- Realizar un cronograma de limpieza y mantenimiento al humedal artificial con el fin de que no se dañen sus estructuras y se reduzca el nivel de eficiencia del humedal.

BIBLIOGRAFIA

Gonzales, J. F. (s.f.). Humedales Artificiales para depuración . *Manual de fitodepuración*, 79-89.

J., N. R. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicación. *Revista Ciencia*, 69-82.

Sanchez, R. B. (2009). Fitorremediación de metales pesados y microorganismos. *Revista electronica de la Agencia de Medio Ambiente*, 1-6.

José Luis Paredes Salazar (2015). Optimización de la Fitorremediación de Mercurio en Humedales de Flujo Continuo empleando *Eichhorniacrassipes* “Jacinto de Agua” (Tesis de Magister). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú

Jaime Andrés Lara Borrero (1999). Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales (Tesis de Master). Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Johanna Katerin Cordero Casallas (2015). Fitorremediación in situ para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados (plomo y cadmio) y evaluación de selenio en la finca furatena alta en el Municipio de Útica. Universidad Libre, Colombia.

MADRID, B. (16 de Mayo de 2013). *Humedales artificiales como sistemas naturales de depuración de aguas residuales*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2013/05/16/131891>

William Cueva (2016). Evaluación del potencial fitorremediador de dos especies (*pistia stratiotes*) Y (*limnobium laevigatum r.*) Para el tratamiento de lixiviados producidos en el relleno sanitario del cantón centinela del cóndor, provincia Zamora Chinchipe (Tesis de Titulación). Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

Jazmin Barreto y Jose Paredes (2015). DETERMINACION DEL POTENCIAL DE ABSORCION DE COBRE EN SOLUCION ACUOSA DE LAS ESPECIES *Pistia Stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, Investigación y Amazonia, 9-14

Carolina Aguayo Giron (2015), Determinación de la acumulación de los metales pesados Plomo, Cadmio y Cromo en la planta *Pistia Stratiotes* conocida como lechuga de mar (Titulo de Pregrado), Universidad Icesi, Colombia

G. Torres, A. Navarro, J. Languasco, K. Campos y N. Cuizano (2007), Estudio preliminar de la fitorremediación de cobre divalente mediante *Pistia stratioides* (Lechuga de agua), Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 13-20

Marelis Meza Perez (2012) Bioabsorción de Pb y Cr usando *Pistia Stratioides* (Tesis para Magister), Universidad de Zulia, Venezuela.

Jaime Lara Borrero (1997/1998), Depuración de Aguas Residuales municipales con Humedales Artificiales (Titulo de Maestría), Universidad Politécnica de Cataluña, España

EPA. (2000). *Folleto informativo de tecnologías de aguas residuales Humedales de flujo superficial*. Washington.

LUCAS, A. (17 de Diciembre de 2008). *Biologismos*. Recuperado el 15 de Julio de 2018, de <http://biologismos.blogspot.com/2008/12/repollito-de-agua-pistia-stratiotes.html>

Wilmer Llagas, G. E. (2006). *Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM*. Lima.

ANEXOS

ANEXO 1

Resultados del Análisis de Efluentes de los
Laboratorios “Informe de Ensayo N° 1108-18
LABECO”

INFORME DE ENSAYO N° 1108-18^I

Solicitante : HANS CESAR ORBEZO CHOQUE
Dirección del Solicitante : Mz. Z1, Lote 49, Etapa Urb. Pachacamac
Atención : Hans César Orbezo Choque
Proyecto : Muestreo de Aguas Residuales de los Laboratorios de la Untels
Plan de Muestreo : Efluentes
Lugar de Muestreo : Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS)
Tipo de Muestra : Agua Residual (No Doméstica)
Fecha de Monitoreo : 04/06/18
Fecha de Recepción de Muestra : 05/06/18
Fecha de Inicio de Análisis : 05/06/18
Fecha de Término de Análisis : 05/06/18

CALIDAD DE AGUA

METALES ICP	Código de Laboratorio		1108-1
	Código de Cliente		AR-01
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados
Aluminio	mg/L	0,006	<0,006
Antimonio	mg/L	0,008	<0,008
Arsénico	mg/L	0,003	<0,003
Bario	mg/L	0,003	<0,003
Berilio	mg/L	0,0007	<0,0007
Boro	mg/L	0,002	<0,002
Cadmio	mg/L	0,0002	0,0082
Calcio	mg/L	0,1	7,2
Cerio	mg/L	0,05	<0,05
Cobalto	mg/L	0,0003	<0,0003
Cobre	mg/L	0,0005	8,21
Cromo	mg/L	0,0004	2,3
Estaño	mg/L	0,002	<0,002
Estroncio	mg/L	0,0004	<0,0004
Fósforo	mg/L	0,010	<0,010
Hierro	mg/L	0,008	0,008
Litio	mg/L	0,002	<0,002
Magnesio	mg/L	0,01	3,21
Manganeso	mg/L	0,001	0,343
Molibdeno	mg/L	0,0008	<0,0008
Niquel	mg/L	0,001	<0,001
Plata	mg/L	0,001	<0,001
Plomo	mg/L	0,006	2,5
Potasio	mg/L	0,03	5,32
Selenio	mg/L	0,007	<0,007
Silice	mg/L	0,009	2,753
Sodio	mg/L	0,04	6,897
Talio	mg/L	0,006	<0,006
Titanio	mg/L	0,0009	<0,0009
Vanadio	mg/L	0,001	<0,001
Zinc	mg/L	0,008	0,430

1 de 2

Revisión: 21

LB-F-14

Av. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
 Surquillo - Lima
 Teléfonos: 242-2696 / 444-8987
 web: www.labecoperu.com
 e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

TEL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

LABECO

ANALISIS AMBIENTALES S.C.R.L.

- Muestra tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

Método de Análisis:

Metales ICP: EPA 200.7, Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes and Wastes by Inductively Coupled Plasma Atomic. Emission Spectrometry.



Ing. Yelitsa Rojas Villalva

CIP N° 185709

Supervisor de Emisión de Informes de
Ensayo F/Q

Lima, 11 de Junio del 2018.

Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.

Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".

Nota 3: La(s) muestra (s) y contramuestras se mantendrán por un período de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.

Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el período de un año, para los fines que el cliente estime conveniente.

Nota 5: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con la declaración "Suplemento al Informe de ensayo"

Nota 6: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales SCRL.

Nota 7: Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.

Nota 10: El superíndice "I" perteneciente al título de Informe de Ensayo se está considerando para los parámetros que no estén dentro del alcance de acreditación.

Anexo 1: Condiciones de recepción.

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

LB-F-14

Av. Víctor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
Surquillo - Lima
Teléfonos: 242-2696 / 444-8987
web: www.labecoperu.com
e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

2 de 2
Revisión: 21

ANEXO 2

Certificado de Acreditación emitido por INACAL

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 30224, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por DS N° 004-2015-PRODUCE y modificado por DS N° 008-2015-PRODUCE,

OTORGA la presente Renovación de la Acreditación a:

LABECO ANALISIS AMBIENTALES S.R.L.

En su calidad de **Laboratorio de Ensayo**

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración, para el alcance de la acreditación contenido en el formato DA-acr-05P-17F, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

Sede Acreditada: Av. Víctor Alzamora N° 348 - Surquillo - Lima, provincia de Lima y departamento de Lima.

Fecha de Renovación: 23 de septiembre de 2016

Fecha de Vencimiento: 23 de septiembre de 2020

Registro N° LE - 034
Fecha de emisión: 26 de setiembre de 2016
DA-acr-01P-02M Ver. 00

Augusto Mello Romo

Director - Dirección de Acreditación

ANEXO 3

Panel Fotográfico

ANEXO N° 3: Análisis de Parámetros In Situ usando el Multiparámetro

Imagen 3.1. Análisis de pH de las aguas residuales



Imagen 3.2. Análisis de la Conductividad Eléctrica de las aguas residuales



ANEXO 3.2: Reactivos de mayor uso en el laboratorio

