

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

“Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales municipales utilizando las especies *junco typha sp* y *vetiver chrysopogon zizanioides* en el distrito de Saposoa”

Por:

Elva Bustamante Dávila

Wendy Tatiana Pérez Ruiz

Asesor:

Ing. Carmelino Almestar Villegas

Tarapoto, 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Carmelino Almestar Villegas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales municipales utilizando las especies junco *thypa sp* y vetiver *chrysopogon zizanioides* en el distrito de Saposa”** constituye la memoria que presenta las **Bachilleres Elva Bustamante Dávila y Wendy Tatiana Pérez Ruiz** para optar el título de Profesional de Ingeniero Ambiental ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en *Morales*, al 18 de Diciembre del año 2019



Carmelino Almestar Villegas

Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales municipales utilizando las especies *Junco thypa* sp y *Vetiver chrysopogon zizanioides* en el distrito de Saposoa.

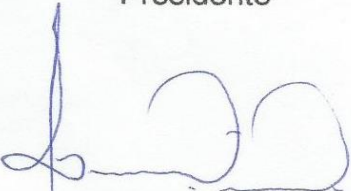
TESIS

Presentada para optar el título profesional de ingeniero ambiental

JURADO CALIFICADOR


Dr. Victor Hugo Muñoz Delgado
Presidente


Mg. Delbert Eleásil Condori Moreno
Secretario


Ing. Jhon Patrick Rios Bartra
Vocal


Ing. Carmelino Almestar Villegas
Asesor

Tarapoto, 18 de Diciembre de 2019

Dedicatoria

Elva Bustamante Dávila

Mi tesis la dedico en primer lugar a Dios por cuidar de mí todos estos años, a mis padres Sixto Bustamante Tentalean y María Santos Dávila Mellian por su amor y apoyo incondicional, a mis hermanos por su constante motivación que han hecho posible cumplir uno de mis metas en esta vida.

Wendy Tatiana Pérez Ruiz

A mis padres Celso Pérez Ramírez y Rosana Ruiz Romero por su amor incondicional y apoyo en todo momento, mi motivación para seguir cumplimiento mis metas, mi ejemplo de humildad y trabajo constante para salir adelante.

Agradecimiento

- Agradecemos a Dios por la vida y la salud.
- A nuestros padres por todo el apoyo.
- Ing. Carmelino Almestar Villegas por orientarnos y brindarnos su tiempo, dedicación, compromiso como asesor en la elaboración de nuestro proyecto de investigación.
- A todos los docentes de la Escuela Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión que contribuyeron en el proceso de aprendizaje y formación profesional
- Y a todas aquellas personas que contribuyeron en el desarrollo de nuestro proyecto.

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	v
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras.....	x
Índice de Anexos.....	xii
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
Capítulo 1. Introducción.....	15
1.1 El problema de investigación	15
1.2 Objetivos	16
1.2.1 Objetivo general.....	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 Justificación.....	16
1.4 Presuposición filosófica	17
Capítulo 2. Revisión de Literatura.....	18
2.1 Fundamentos del tratamiento de aguas residuales.....	18
2.1.1. Aguas residuales.....	18
2.1.2. Aguas Residuales municipales.....	19
2.1.3. Características físicas de las aguas municipales.....	20
2.1.4. Características microbiológicas de las aguas residuales	21
2.1.5. Características fisicoquímicas de las aguas residuales	22
2.1.6. Tipos de tratamientos de las aguas residuales municipales.	24
2.1.7. Humedales artificiales	26
2.1.8. Clasificación de los humedales artificiales.....	26
2.1.9. Clasificación enfocada al régimen hidráulico	26

2.1.10.	Tipos de humedales artificiales	28
2.1.11.	Operaciones mantenimiento para humedal.....	31
2.1.12.	Componentes de los humedales artificiales	31
2.1.13.	Propiedades de vegetación acuáticas en sistemas de tratamiento.	33
2.1.14.	Contaminantes removidos en el proceso de depuración.....	33
2.1.15.	Especies de plantas utilizadas en humedales	34
2.1.16.	Evaluación de parámetros más importantes en Fitorremediación	40
2.2	Marco Legal.....	43
2.3	Antecedentes:.....	45
Capítulo 3. Materiales y métodos		46
3.1.	Descripción del área de estudio	46
3.2	Población y muestra	47
3.2.1	Población	47
3.2.2	Muestra	47
3.3	Diseño de la investigación	48
3.4.	Tipo de Investigación	48
3.5.	Identificación de variables.....	48
3.6.	Operacionalización de variables.	49
3.7.	Diseño del Humedal artificial Sub superficial horizontal	49
3.8.	Formulación de la hipótesis	57
3.9.	Materiales.....	58
3.10.	Técnicas para la recolección de datos y validación de instrumentos.	59
3.11.	Plan de procesamiento de datos	60
3.12.	Ejecución del muestreo	60
Capítulo 4. Resultados y discusión.....		62
4.1	Resultados.....	62

4.1.1	Diseño del sistema de humedales artificiales	62
4.1.2	Determinación de los parámetros del Agua Residual antes del tratamiento	62
4.1.3	Determinación de parámetros después del Tratamiento.....	63
4.1.4	Análisis de la remoción de contaminantes por especies fitorremediadoras	64
4.1.5	Determinación de la eficiencia en el humedal, por especie.....	69
4.1.6	Remoción de contaminantes en función del tiempo.....	71
4.2	Discusión	84
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones		87
5.1	Conclusiones.....	87
5.2	Recomendaciones.....	88
Referencias		89
Anexos		94

Índice de tablas

Tabla 1. Taxonomía de la especie Vetiver	38
Tabla 2 .Taxonomía de la especie Junco	39
Tabla 3 .Límites Máximo Permisible para efluentes de PTAR	43
Tabla 4 . Operacionalización de variables de la investigación	49
Tabla 5. Especificaciones para el diseño del Humedales	51
Tabla 6. Características físicas del medio filtrante para Humedales horizontales.....	52
Tabla 7. Métodos Analíticos para determinación de parámetros	61
Tabla 8. Parámetros del Agua Residual antes del tratamiento	62
Tabla 9 Resultados de Parámetros y % de remoción a los 44 días.....	63
Tabla 10 Resultados de Parámetros y % de remoción a los 51 días.....	63

Índice de figuras

Figura 1 Fitorremediación	19
Figura 2. Esquema de clasificación de los sistemas purificadores con macrófitas.....	28
Figura 3. Humedal artificial de Flujo Superficial.....	29
Figura 4 Humedal subsuperficial flujo horizontal	30
Figura 6. Sistema de Humedal artificial subsuperficial de flujo vertical.....	31
Figura 7. Macollar de vetiver	35
Figura 8. Macella de Vetiver extraído.....	36
Figura 9. Extracción de los esquejes o haces enraizado de la macolla	36
Figura 10. Esquejes o haces enraizados de vetiver listos para la siembra	37
Figura 11. Características de la hoja vetiver.....	37
Figura 12. Ubicación del Distrito de Saposoa.....	46
<i>Figura 13. Sección transversal del humedal artificial.....</i>	<i>54</i>
Figura 14 Sistema de Humedal Artificial.....	55
Figura 15. Puntos de muestreo	60
Figura 16. Diagrama tridimensional del humedal artificial.....	62
Figura 17 . Análisis de parámetro Aceites y Grasas con las especies vetiver y junco.	64
Figura 18. DBO en el humedal artificial con ambas especies.....	65
Figura 19. DQO en el humedal artificial en ambas especies a los 44 y 51 días.....	66
Figura 20. Solidos suspendidos totales en el humedal artificial.....	67
Figura 21. Parámetro pH en el humedal artificial.....	68
Figura 22. Temperatura en el humedal artificial con las especies vetiver y junco.....	69
Figura 23. Eficiencia de remoción de contaminantes a los 44 días	70
Figura 24. Eficiencia de remoción de contaminantes a los 51 días.	71
Figura 25. Remoción de pH con la especie vetiver.....	72

Figura 26. Remoción de la Temperatura en el humedal artificial con la especie vetiver	73
Figura 27. Remoción de aceites y grasas en el humedal artificial con la especie vetiver.....	74
Figura 28. Remoción de DBO en el humedal artificial con la especie vetiver	75
Figura 29. Remoción de DQO en el humedal artificial con la especie vetiver.	76
Figura 30. Remoción de SST en el humedal artificial con la especie vetiver.	77
Figura 31. Remoción del pH en el humedal artificial con la especie junco.....	78
Figura 32. Remoción de la temperatura con la especie junco	79
Figura 33. Remoción de aceites y grasas con la especie junco	80
Figura 34. Remoción de DBO en el humedal artificial con la especie junco.	81
Figura 35. Remoción de DQO en el humedal artificial con la especie junco.	82
Figura 36. Remoción de SST en humedal artificial con la especie junco.	83

Índice de anexos

Anexo 1. Autorización para el desarrollo de la investigación	94
Anexo 2. Características del agua residual municipal antes del tratamiento	95
Anexo 3 . Informe de ensayo para SST, con la especie Junco a los 44 días.....	96
Anexo 4. Informe de ensayo para DBO, con la especie Junco a los 44 días	97
Anexo 5. Informe de ensayo para AyG, con la especie Junco a los 44 días.....	98
Anexo 6. Informe de ensayo para DQO, con la especie Junco a los 44 días	99
Anexo 7. Informe de ensayo para SST, con la especie Vetiver a los 44 días	99
Anexo 8. Informe de ensayo para DBO, con la especie Vetiver a los 44 días	101
Anexo 9. Informe de ensayo para AyG, con la especie Vetiver a los 44 días	102
Anexo 10. Informe de ensayo para DQO, con la especie Vetiver a los 44 días	103
Anexo 11. Informe de ensayo para SST, con la especie Junco a los 51 días.....	104
Anexo 12. Informe de ensayo para DBO, con la especie Junco a los 51 días	105
Anexo 13. Informe de ensayo para AyG, con la especie Junco a los 51 días.....	106
Anexo 14. Informe de ensayo para DQO, con la especie Junco a los 51 días.....	107
Anexo 15. Informe de ensayo para SST, con la especie Vetiver a los 51 días	108
Anexo 16. Informe de ensayo para DBO, con la especie Vetiver a los 51 días	109
Anexo 17. Informe de ensayo para AyG, con la especie Vetiver a los 51 días.	110
Anexo 18. Informe de ensayo para DQO, con la especie Vetiver a los 51 días	111
Anexo 19. Certificado del Laboratorio EQUAS S.A. otorgado por INACAL.....	112
Anexo 20. Panel Fotográfico	113

Resumen

La investigación tuvo por objetivo evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes de las especies junco *Typha sp* y vetiver *Chrysopogon zizanioides* de aguas residuales (AR) municipales en el distrito de Saposo. La variable dependiente son los siguientes parámetros: Aceites y Grasas (AyG), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), Sólidos totales en suspensión (SST), pH y temperatura. Estos parámetros se evaluaron a la entrada y salida del humedal artificial, en dos periodos, a los 44 y 51 días de instalado el humedal. La comparación de los parámetros se hizo con la D.S. 003-2010-MINAM, a los 44 días el parámetro Aceites y Grasas (AyG) aumentó para la especie junco, mientras que en el vetiver se mantuvo constante. A los 51 días ambas especies fitorremediadoras disminuyeron la concentración de aceites y grasas de aguas residuales (AR), además se obtuvo una eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) del agua residual municipal, con la especie junco del 78% y 89 % de remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) con la especie vetiver. En cuanto a la remoción de demanda química de oxígeno (DQO) del agua residual municipal, se obtuvo una eficiencia del 78%, con la especie junco y 90% con la especie vetiver. Por otro lado, la eficiencia de remoción de sólidos totales en suspensión (SST) del agua residual municipal con la especie junco fue 89% y con la especie vetiver fue 94%. El porcentaje de remoción de aceites y grasas del agua residual para la especie junco fue 81%, mientras que con la especie vetiver, se obtuvo una remoción del 76%. Asimismo, con la especie junco el valor de la temperatura fue 29°C, mientras que el pH del agua residual fue 7.0, después de los 51 días. Mientras que para la especie vetiver, la temperatura del agua residual fue 29°C y el pH del 6.8.

Palabras clave: Humedal artificial horizontal sub superficial, *Typha sp*, *Chrysopogon zizanioides*, Agua residual, Fitorremediación

Abstract

The objective of the research was to evaluate the efficiency of removal of pollutants from the Junco *Typha* sp and vetiver *Chrysopogon zizanioides* municipal wastewater (AR) species in the Saposoa district. The dependent variable is the following parameters: Oils and Fats (AyG), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), Total suspended solids (TSS), pH and temperature. These parameters were evaluated at the entrance and exit of the artificial wetland, in two periods, at 44 and 51 days after the wetland was installed. The comparison of the parameters was made with the D.S. 003-2010-MINAM, at 44 days the parameter Oils and Fats (AyG) increased for the junco species, while in the vetiver it remained constant. At 51 days both phytoremediation species decreased the concentration of oils and fats from wastewater (RA), in addition, an efficiency of biochemical oxygen demand (BOD) removal from municipal wastewater was obtained, with the reed species of 78% and 89% removal of biochemical oxygen demand (BOD) with the vetiver species. Regarding the removal of chemical oxygen demand (COD) from municipal wastewater, an efficiency of 78% was obtained, with the reed species and 90% with the vetiver species. On the other hand, the efficiency of removal of total suspended solids (SST) from municipal wastewater with the reed species was 89% and with the vetiver species it was 94%. The percentage of removal of oils and fats from the wastewater for the junco species was 81%, while with the vetiver species, a 76% removal was obtained. Also, with the junco species the temperature value was 29 ° C, while the pH of the wastewater was 7.0, after 51 days. While for the vetiver species, the temperature of the wastewater was 29 ° C and the pH of 6.8.

Keywords: Sub surface horizontal artificial wetland, *Typha* sp, *Chrysopogon zizanioides*, Wastewater, Phytoremediation

Capítulo 1. Introducción

1.1 El problema de investigación

La descarga inadecuada de aguas residuales en cuerpos hídricos es una práctica común en todo el mundo, generando contaminación de los mismos e impactando en la flora y fauna que habitan estos medios (Cano, 2010).

Dentro de las diversas tecnologías de tratamiento de aguas residuales municipales, destaca el sistema de humedales artificiales como una solución de tratamiento eficiente y de menor costo, el cual está constituido de un sustrato artificial donde se siembran plantas que cumplen la función de remediar el agua residual (Chernicharo, citado por Cano, 2010).

Los vertimientos de aguas residuales municipales y el crecimiento poblacional en el distrito de Saposoa generan contaminación directa a las fuentes hídricas, e indirectamente a los suelos, mediante el uso en los sistemas de irrigación. Además esto traerá consecuencia como problemas de salud pública y pérdida de especies acuáticas (Campos & Gómez, 2009).

Frente a este problema, se propone realizar un sistema de tratamiento de las aguas residuales municipales en el distrito de Saposoa; así mismo se busca cumplir con la normativa establecida para obtener agua con menor concentración de contaminantes para su descarga en los ríos (MINAM, 2017).

El vertimiento de las aguas residuales provenientes de las actividades domésticas, industriales y agrícolas, constituye un problema al ambiente y salud (Hoftmann, Platzer, Winker, & Muench, 2011). Para la depuración de aguas residuales municipales se presenta como alternativa a los sistemas de humedales artificiales, por ser económicos y efectivos en la fito-remediación de aguas (Cueva & Rivadeneira, 2013).

En esta investigación se busca evaluar la eficiencia de remoción en los contaminantes del agua residual municipal a través de humedales artificiales con dos especies *typha sp* y *chrysopogon zizanioides*.

Por esta razón el presente estudio busca responder la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la eficiencia de remoción de contaminantes de aguas residuales municipales con las especies junco *typha sp* y vetiver *chrysopogon zizanioides* en el distrito de Saposoa?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes de las especies junco *typha sp* y vetiver *chrysopogon zizanioides* de aguas residuales municipales en el distrito de Saposoa.

1.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la eficiencia del humedal artificial con la especie junco *typha sp*.
- Evaluar la eficiencia del humedal artificial con la especie vetiver *Chrysopogon zizanioides*.
- Comparar el valor de los parámetros mínimos recomendados por el DS 003-2010 MINAM del afluente y efluente en los humedales.

1.3 Justificación

Las aguas residuales municipales del distrito de Saposoa, tienen un tratamiento mínimo a través de pozo de sedimentación, que no garantiza el cumplimiento de los límites máximos permisibles en cuanto al material orgánico ya que se encontró un nivel de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) alto en el efluente del tanque de oxidación de acuerdo con los análisis previos

realizados, excede de los LMP. Por lo cual se empleó un sistema de humedales artificiales para reducir la carga de contaminante presente en el agua residual municipal.

La aplicación de los humedales artificiales permitirá minimizar los niveles de contaminación del agua y poder reutilizarla para regadío de plantas de tallo alto y de tallo bajo no comestibles, esto permitirá mejorar la calidad de los cuerpos hídricos y la población de Saposoa.

De esta manera los resultados de esta investigación nos ayudarán a reducir el impacto negativo en el río Saposoa, protegiendo la flora y fauna acuática.

Asimismo, el efluente tratado puede ser utilizado para la irrigación de plantas forestales y ornamentales, en caso de cumplir con la normativa de calidad de agua para estos usos.

1.4 Presuposición filosófica

En Génesis 2:15 la Biblia menciona “Tomó pues Jehová Dios al hombre y le puso al huerto del Edén para que lo cuidara y lo labrara” (RVR-1960). El agua es un recurso natural que Dios ha creado para ser utilizado por el hombre y demás seres vivos, sin embargo, la calidad del agua ha sido alterada, debido al uso inadecuado, generando contaminación de los cuerpos de agua. De esta manera el ser humano no está administrado adecuadamente lo que Dios le ha otorgado. Por esta razón la presente investigación busca proponer una alternativa de solución a este problema, minimizando la contaminación del agua a través de humedales artificiales en el distrito de Saposoa.

Capítulo

2. Revisión de Literatura

2.1 Fundamentos del tratamiento de aguas residuales

2.1.1. Fitorremediación

Fito (planta) y remediación (recuperar el equilibrio), es una práctica de limpieza pasiva que aprovechan la capacidad de las plantas macrófitas, para tratar contaminantes, las plantas actúan como filtros biológicos que descomponen los contaminantes y estabilizan las sustancias presentes en el agua residual, fijando en sus raíces y tallos (Granados, 2018)

Es una técnica de biorremediación, un proceso natural asociado a las raíces de la macrófitas que utiliza para estabilizar, volatilizar y/o destruir contaminantes orgánicos e inorgánicos del agua y suelo de cual han alterado su calidad original (Granados, 2018)

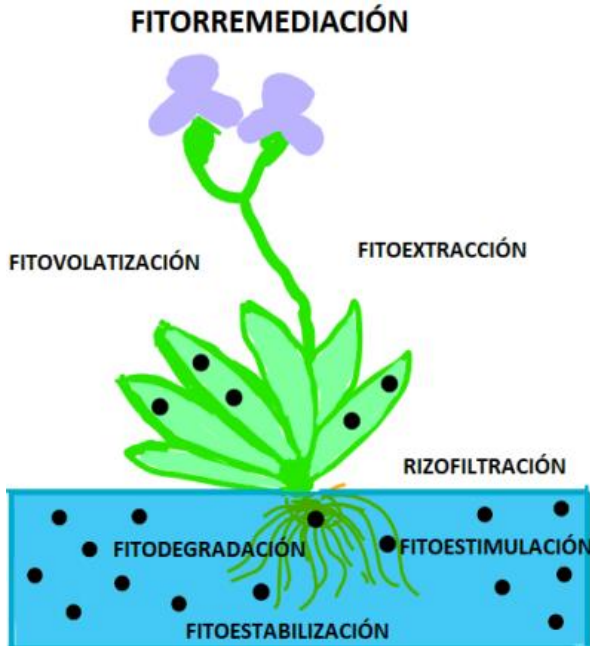


Figura 1 Fitorremediación

Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Aguas residuales

Las aguas residuales son el resultado del uso doméstico o industrial cuyas características han sido modificadas por actividades antropogénicas, y para mejorar su calidad es necesario tratarlas, antes de ser vertidas a un cuerpo hídrico natural (OEFA, 2014).

2.1.3. Aguas Residuales municipales

Las aguas residuales municipales se pueden definir como el resultado de la actividad domestica por lo general esto puede estar mezclado con aguas de drenaje pluvial como también con aguas residuales de origen industrial con un previo tratamiento, para luego ser vertidas en un sistema de alcantarillado (Lorenzo, Guadalupe, Fernández, & Bataller, 2010).

2.1.4. Características físicas de las aguas municipales

a. Temperatura

La temperatura de las aguas no contaminadas es menor a las aguas contaminadas, esto se debe a la energía que libera en las reacciones bioquímicas que se producen en la depuración de la materia orgánica.

Cada descarga caliente que se hace a un cuerpo hídrico no contaminado causa aumento de temperatura dando lugar a la proliferación de plantas acuáticas como también hongos contribuyendo con el agotamiento del oxígeno disuelto (Muñoz, 2008).

b. Turbidez

La turbidez, es la presencia de materia en suspensión como materia orgánica, microorganismos presentes en aguas residuales esto actúa como un pared en las masas de aguas receptoras afectando directamente a la penetración de la luz (Muñoz, 2008).

c. Olor

Este parámetro en su mayoría es producido por la descomposición de la materia orgánica generando gases de mal olor también ocasionado de ácido sulfhídrico y otras sustancias volátiles según el autor (Muñoz, 2008).

d. Sólidos Totales

Los sólidos totales se clasifican según su tamaño; sólidos suspendidos: son las partículas flotantes como animales, basuras, restos de vegetales lo cual pueden ser perceptibles a simple vista esto nos facilita la separación de los sólidos por medios físicos sencillos, también pueden

ser sólidos sedimentables que por su peso y tamaño la gravedad les deposita en el fondo de los receptores (Muñoz, 2008).

2.1.5. Características microbiológicas de las aguas residuales

a. Bacterias

La función que cumplen las bacterias en las aguas residuales, es la degradación y estabilización de la materia orgánica. Para que las bacterias se desarrollen, se necesita un pH entre 6,5 y 7,5. Las bacterias que la materia orgánica pueden ser heterótrofas o autótrofas, algunas de las cuales pueden ser patógenas, como por ejemplo la *Escherichia coli* (Vargas, 1996).

Las bacterias que se alimentan de compuestos inorgánicos se denominan autótrofas, éstas reciben la energía necesaria para sus biosíntesis de la luz solar. Las bacterias heterótrofas son el grupo más importante en la depuración biológica de las aguas residuales municipales (Vargas, 1996).

De acuerdo con su requerimiento de oxígeno, las bacterias pueden ser: anaerobias, aerobias o facultativas. Las bacterias aerobias adquieren el oxígeno del agua para realizar su metabolismo (Muñoz, 2008).

b. Algas

Las algas son plantas talofitas pueden ser unicelulares o pluricelulares, necesariamente viven en lugares acuáticos tanto dulce como marina, su organismo tiene la capacidad de realizar la fotosíntesis oxigénica y obtener el carbón orgánico con la ayuda de la energía de la luz solar. Las algas tienen una gran dificultad para reproducirse debido a la eutrofización esto se da cuando se crean colonias flotantes de gran magnitud causando problemas en cualquier tipo de sistema de tratamiento (Zulaica, 2007).

c. Hongos

Los hongos pueden resistir a valores de pH muy bajos y a la escasez de nutrientes, esto quiere decir que existen más hongos en las aguas residual industrial que en cualquier otro tipo de agua contaminada según el autor (Zulaica, 2007).

d. Protozoos

Los protozoos necesitan de bacterias y materia orgánica para poder subsistir, esto ayudara a mejorar la calidad microbiológica de los efluentes de las planta de tratamiento de las aguas residuales (Zulaica, 2007).

e. Actinomicetos

Son bacterias filamentosas conocidas mayormente en causar problemas en los sistemas de tratamiento de agua residual específicamente en los reactores de lodos activados, produciendo espuma y la disminución de sedimentación del lodo (Cubillos, 2009).

2.1.6. Características fisicoquímicas de las aguas residuales

a. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto señala el nivel de contaminación de un cuerpo hídrico, su valor mayormente es 4 mg/L para que pueda haber sobrevivencia de los organismos (Olivos, 2010).

b. Gases

Los tres gases más frecuentes en la composición de las aguas residuales expuestas al aire son nitrógeno, oxígeno y anhídrido por lo que son gases comunes en la atmosfera y los gases como sulfhídrico, amoniaco y metano se producen por la descomposición de la materia orgánica (Romero, Colín, Sánchez, & Hernández, 2009).

c. Materia Orgánica

Está conformada por carbohidratos, proteínas, grasa, aceites restos de seres humanos, animales y detergentes todos son biodegradables aún más si la temperatura donde se da es alta (Espigares & Pérez, 2014).

d. Demandas químicas de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno es importante porque sirve para oxidar químicamente los materiales orgánicos en una muestra a agua produciendo la degradación del material orgánico (Romero et al., 2009).

e. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es un parámetro aplicable en aguas residuales y también para aguas superficiales. La medición de la DBO es muy importante ya que este parámetro determina la cantidad de oxígeno que debe de haber para que se pueda equilibrar biológicamente la materia orgánica (Sancha, 2013).

f. Sólidos

Las características de los sólidos es que estos pueden ser suspendidos o disueltos y provienen mayormente de la materia orgánica, también pueden ser volátiles, o fijos estos suelen ser inorgánicos (Romero et al., 2009).

g. Potencial de hidrógeno (pH)

La función del potencial de hidrogeno es controlar los procesos biológicos del tratamiento de las aguas residuales. En una gran parte los microorganismos encargados para remediar se reproducen en un rango de 6,5 y 8,5 unidades de pH (Romero et al., 2009).

h. Nitrógeno

Es un nutriente necesario para las algas y bacterias encargadas en la remoción de contaminantes ya que es un componente fundamental de las proteínas. Pueden presentarse en forma de nitratos, nitritos, nitrógeno orgánico y amoníaco (Romero et al., 2009).

i. Fósforo

El fósforo es un nutriente muy importante para el desarrollo de los microorganismos, resaltando que en valores elevados origina la hiper eutrofización, esto quiere decir una abundancia de nutrientes causa el crecimiento excesivo de plantas y otros organismos según el autor (Sancha, 2013).

2.1.7. Tipos de tratamientos de las aguas residuales municipales.

a. Tecnologías de tratamiento biológico de aguas residuales

Se utilizan microorganismos estos se alimentan de la materia orgánica, reduciendo su concentración en las agua residuales, además aprovecha los compuestos para crear nuevas células según (Orjuela & Lizarazo, 2013). Estos procesos se clasifican en: aerobios, anaerobios y facultativos (Pérez, 2013).

Aerobios: El proceso lo realiza microorganismos, en su metabolismo tiene lugar en presencia de oxígeno disuelto (OD) generando dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) principales componentes para que se reproduzcan microorganismos y realicen su función en el agua residual municipal (Pérez, 2013).

.Anaerobios: Microorganismos cuyo metabolismo realizan su trabajo en ausencia de oxígeno para tratar el agua residual, finalmente se forma los gases de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) (Pérez, 2013).

Facultativos: Los microorganismos que realizan su función sin la presencia de oxígeno son seres anoxidos (Pérez, 2013).

b. Lodos activados

Un tratamiento mediante lodos activados es un proceso biológico, el cual está formado por un reactor, y un cultivo microbiano en suspensión, que se encarga de asimilar la materia orgánica del agua residual.

Los parámetros de operación y diseño de esta tecnología de tratamiento de aguas residuales, varían con la modalidad que se utilice: Los parámetros de operación son: tiempo de retención hidráulico, carga orgánica volumétrica, concentración de los sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación, alimento microbiano, tasa de recirculación del lodo y la concentración de O₂ disuelto (Pérez, 2013).

c. Lagunas de estabilización

Las lagunas de estabilización es el método más simple para tratamiento de aguas residuales. Este sistema consta por excavaciones no tan profundas cercadas por taludes de tierra, generalmente su forma es rectangular o cuadrada.

Estas lagunas tienen como finalidad remover la materia orgánica de las aguas residuales, de esa manera se eliminan los microorganismos patógenos presentes logrando estabilizar el afluente (Pérez, 2013).

d. Tratamiento de filtración rápida

Este tratamiento tiene la función de percolar, ósea separa y finalmente recoge el agua y mediante un sistema de bombeo lo lleva hasta la superficie, para volver a filtrar el agua y verterla en el río y lagunas (Pérez, 2013).

e. Humedales construidos

Son sistemas para tratar agua residual cuyo objetivo principal es la remoción de los contaminantes como los nutrientes, materia orgánica, metales y patógenos. Los humedales

artificiales son tratamientos secundarios, necesitando para su operación un pretratamiento para remover sólidos de gran tamaño y material flotante, este sistema funciona a partir de sustratos y plantas purificadoras de contaminantes (Suarez, 2011).

2.1.8. Humedales artificiales

Los sistemas de los humedales artificiales consisten en la utilización de macrófitas ya sea enraizadas o flotantes sobre el lecho de grava, la construcción debe ser impermeabilizado para evitar que los contaminantes penetren al exterior. Una de las acciones de las macrófitas es inyectar oxígeno, esto ayudará a la actividad bioquímica de los microorganismos y el lecho filtrante que además de ser sostén de las raíces de las plantas a utilizar, sirve como medio filtrante, pasaran por interrelación físicas, químicas y biológicas, por medio de este proceso se llevará a cabo la remoción y la depuración satisfactoriamente (Arias, Betancur, Gómez, Salazar, & Hernández, 2010).

La manera de eliminación de los contaminantes son por medio de la sedimentación, depuración microbiana, la actividad de las macrófitas, absorción, volatilización y reacciones químicas (Cueva & Rivadeneira, 2013).

2.1.9. Clasificación de los humedales artificiales

Pueden clasificarse según su régimen de flujo de agua y también por la clase de las plantas macrófitas.

2.1.10. Clasificación enfocada al régimen hidráulico

Humedales Artificiales de Flujo Superficial (HHA FS)

En este tipo de humedal el agua fluye de forma superficial por medio de los tallos de las macrófitas en este humedal el agua está expuesta a la atmósfera.

Este sistema es como lagunaje natural, generalmente la profundidad de agua es de 0.3 y 0,5 m y se aplican para aumentar la calidad del efluente que ya haya pasado por un previo tratamiento (Cueva & Rivadeneira, 2013)

- **Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial (HAA FSS)**

Este humedal se caracteriza porque el agua fluye de forma subterránea a través del lecho poroso que sostiene las raíces de las macrófitas. De acuerdo con Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade (2010) la profundidad de este humedal varía entre 0,3 y 0,9 m. La biopelícula, es un capa biológica donde se desarrollan microorganismos que cumplen de descontaminación de agua residual (Romero et al., 2009).

a. Clasificación enfocada al tipo de macrófitas

La clasificación de macrófitas depende del tipo de humedales que vamos a utilizar y el tipo de agua residual que se va a tratar.

- Macrófitas de hojas flotantes: Son plantas angiospermas que crecen en suelos anegados. Los órganos reproductores de estos vegetales pueden ser flotantes o aéreos.
- Macrófitas sumergidas: Son grupos de vegetales formados por algunos helechos, numerosos musgos y carófitas y muchas angiospermas. Se ubican en toda la zona fótica, los órganos reproductores son aéreos, flotantes o sumergidos (Espinosa, 2014).
- Macrófitas enraizadas emergentes: En suelos cubiertos de agua permanente o temporalmente; estas son plantas que perduran, y su reproducción es aérea (Vinueza, 2014).

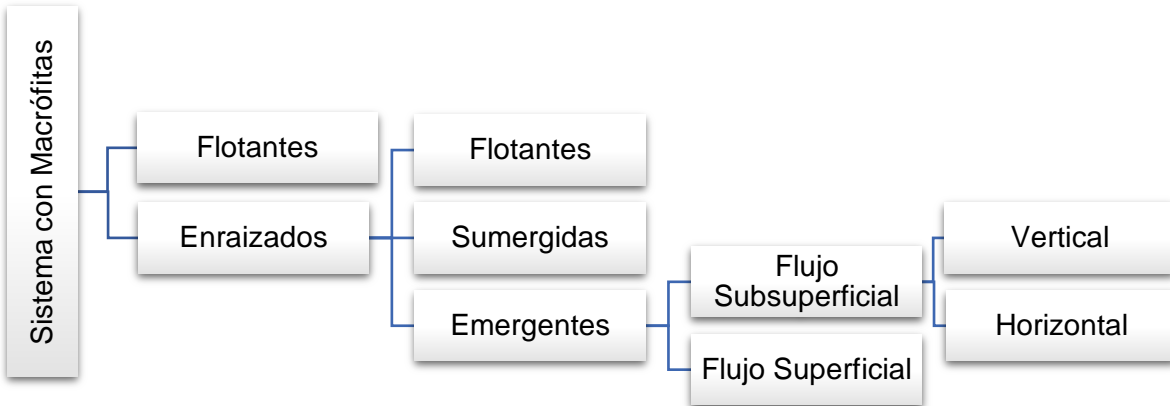


Figura 2. Esquema de clasificación de los sistemas purificadores con macrófitas

Fuente: Delgadillo et al. (2010)

2.1.11. Tipos de humedales artificiales

a. Humedales artificiales de flujo superficial

En sistemas de flujo superficial el agua recorre por los tallos de las plantas macrófitas y están exhibidas a la atmósfera.

Este humedal es el que más se asemeja a un humedal natural ya que puede ocupar bastante espacio y así albergar especies como anfibios aves, la profundidad de masa de agua es de 60 cm. La alimentación de efluente es de manera continua, esto dará lugar al recorrido de las aguas a través de los tallos, sustrato y raíces a la fijación de la película bacteriana para el debido proceso de biodegradación y remoción.

Las hojas que están en la superficie del agua cumplen una función muy importante como es dar sombra, lo que no permitirá el crecimiento de micro algas (Guevara, Paola, Arias, Elizabeth, & Daniel, 2016).

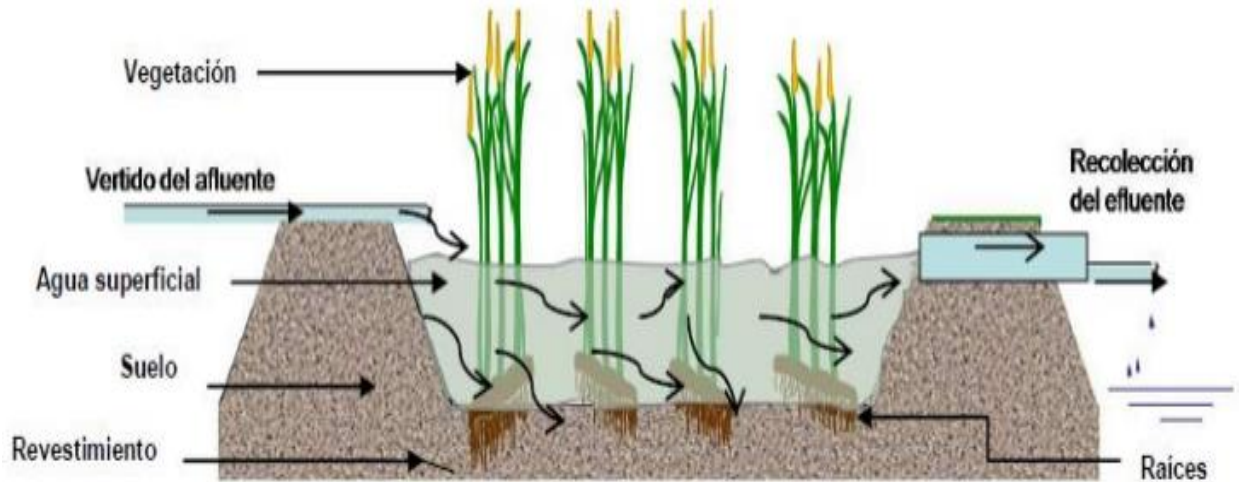


Figura 3. Humedal artificial de Flujo Superficial

Fuente: Rabat (2016)

b. Humedales de flujo Sub superficial

Este tipo de humedal se caracteriza porque el agua circula en un medio granular subterránea, su profundidad del agua es 0,6 m; las plantas en el humedal, se siembran en el medio granular y las raíces de las plantas están en conexión con el agua (Arias, Betancur, Gomez, & Salazar, 2010).

Estos se dividen en dos tipos de humedal sub superficial, en función a la circulación del agua en el sistema.

- Humedales subsuperficiales de flujo horizontal.

Estos sistemas consisten en que agua fluye horizontalmente y está cubierta por membrana, o concreto para prevenir filtración al suelo y el medio granular es arena, grava o tierra, allí se siembra las especies vegetativas más utilizadas son macrófitas acuáticas (Luna & Ramírez, 2004).

Estos sistemas tienen una profundidad del medio 0,45 a 1 m y una pendiente de 0.5 a 1 %, el agua a tratar primero pasa a una zona de amortiguamiento y después ingresa al humedal (Rabat, 2016).

El agua residual ingresa por la parte superior mediante tubos de drenaje , y el agua circula a través del medio poroso lateralmente y drena en la parte inferior opuesta Según (Rabat, 2016).

La grava que está en la parte superior e inferior tiene un diámetro entre 50 mm a 100mm; el medio para trasplantar está formado por grava fina con diámetro 3 mm a 32 mm, y es importante que el agua que ingresa permanezca de 5 a 10 cm dentro de la superficie del humedal (Ceballos & Montoya, 2010).

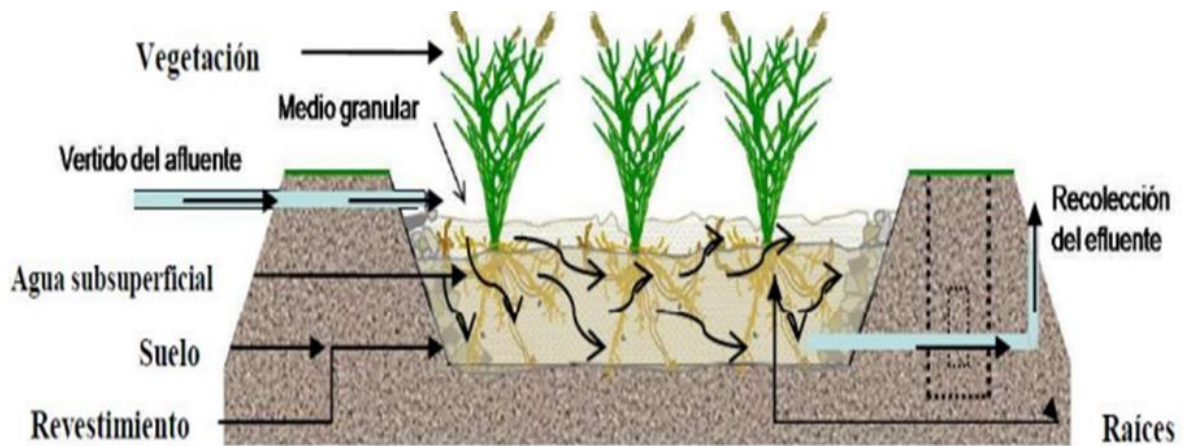


Figura 4. Humedal subsuperficial flujo horizontal

Fuente: Rabat (2016)

- **Humedales subsuperficiales de flujo vertical**

Estos sistemas se caracteriza por que el agua fluye verticalmente por tuberías conectadas, el agua fluye a través medio poroso arena y grava , estos sistemas no presentan problemas de saturación muy seguidas (Martelo & Borrero, 2012).

La aplicación de agua es de forma irregular, de esta manera se preserva el sistema y estimula al máximo la oxigenación del medio; estos sistemas están constituidos por agua residual, el medio poroso, plantas y microorganismos (Soto, Mart, & Hern, 2016).

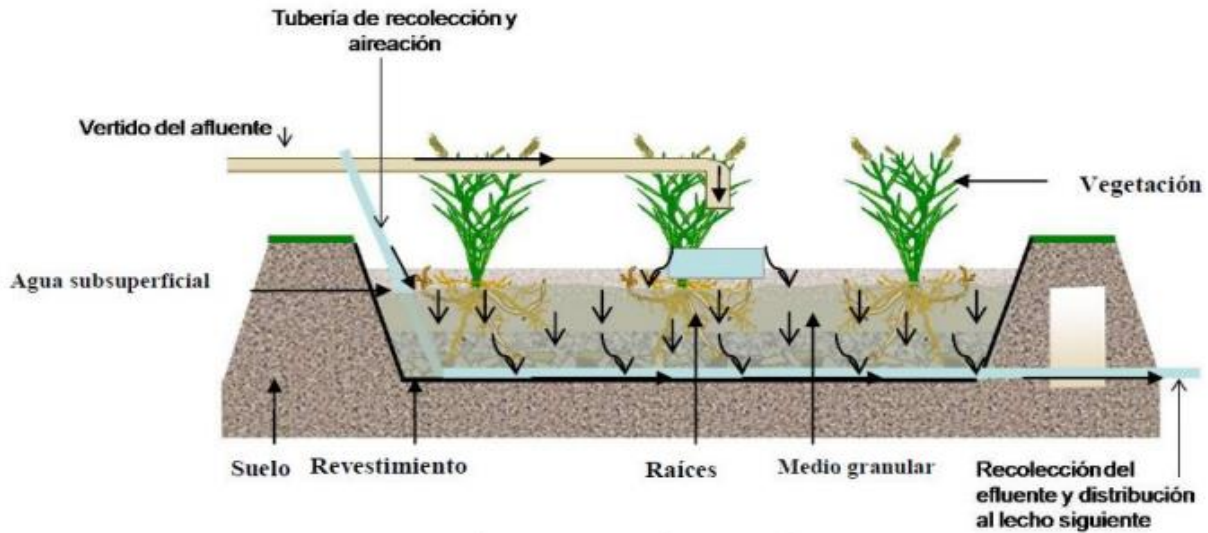


Figura 5. Sistema de Humedal artificial subsuperficial de flujo vertical

Fuente: (Rabat, 2016)

2.1.12. Operaciones mantenimiento para humedal

- El diseño cumplirá con su periodo de vida útil (Silva & Zamora, 2005).
- El mantenimiento de las plantas es fundamental en el transcurso para el desarrollo normal del humedal y calidad del efluente a tratar.
- No exceder los periodos a las variaciones en el nivel del agua de la especie a utilizar, pues generaría mal funcionamiento del sistema.
- Realizar el podado de las plantas buscando así prevenir la caída de hojas en el sustrato y estos aumenten de nutrientes al sistema, se realizará de forma manual el retiro de las hojas.

2.1.13. Componentes de los humedales artificiales

- **Agua**

Las aguas residuales son provenientes del vertimiento de una determinada población después de ser aprovechada por diversas actividades ya sea domésticas, comunitarias, industriales, agrícolas, como también pueden ser subterráneas, superficiales y de precipitación (Insignares, 2013).

- **Sustrato**

El sustrato es el lecho filtrante el cual puede componerse con los siguientes sustratos arena, grava seleccionada, arcilla, limo, tezontle dependiendo el agua a tratar el tamaño granular influye mucho en la absorción de contaminantes, aunque disminuye el flujo hidráulico (Insignares, 2013).

- **Vegetación**

Las plantas son muy fundamentales en un sistema de tratamiento con humedales artificiales porque aparte que tienen propiedades para la remoción de los contaminantes cumplen el papel de la estabilización de la superficie del lecho filtrante donde se desarrollaran el proceso de la filtración y el crecimiento de los microorganismos adheridos, para la selección de la especie a utilizar en el tratamiento se debe priorizar a las especies endémicas del lugar, especies con una remoción alta de contaminantes, especies que tengan mínimo de proliferación (Insignares, 2013).

- **Microorganismos**

Los microorganismos son los responsables de realizar el tratamiento biológico, se desarrollan colonias de microorganismos tanto aerobios como anaerobios, los organismos aerobios son los que se encuentran en la superficie del humedal y los anaerobios son los que predomina en el resto del lecho filtrante, la actividad microbiana cumple con transformar la mayoría de la materia orgánica e inorgánica en sustancias inocuas e insolubles, generalmente los microorganismo presentes son: bacterias, levaduras, hongos, virus y protozoarios.

2.1.14. Propiedades de vegetación acuáticas en sistemas de tratamiento.

Las especies de plantas acuáticas son importantes en los humedales artificiales, porque cumplen funciones fundamentales: (Insignares, 2013).

- Facilitan el oxígeno a los microorganismos.
- Airear el humedal.
- Absorben nutrientes como nitrógeno y fosforo
- Asimilan en sus tejidos y raíces los contaminantes.
- Filtran los solidos

Las especies de macrófitas crecen en suelos saturados de agua, estas plantas tienen desarrollado un sistema de espacios aéreos internos, que permiten el abastecimiento de aire en un suelo saciado de agua desde la atmosfera hacia sus raíces y rizomas (J. Fernández, 1970). Además, las macrófitas filtran los nutrientes también proveen el hábitat para la vida y brinda una buena apariencia en humedales artificiales.

2.1.15. Contaminantes removidos en el proceso de depuración

Con los sistemas de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales es posible que se puedan remover diversos contaminantes:

a. Sólidos en suspensión

Los sólidos en suspensión se tratan en el humedal en el transcurso de la filtración, y se sedimenta en el lecho del humedal artificial

b. Materia orgánica

La materia orgánica se disminuye por el DQO, los microorganismos anaeróbicos y aeróbicos accionan y crecen en las raíces de las plantas y superficie y estos estimulan la

reducción de DQO en el transcurso del humedal se trata por absorción, por el proceso de filtración y sedimentación en el humedal.

c. Nitrógeno

El nitrógeno se elimina en el transcurso del humedal y estos son asimilados por los tejidos de las plantas, el nitrógeno se volatiliza en el ambiente y se da el proceso de nitrificación y denitrificación.

d. Fosforo

El fosforo se reduce en el humedal en el proceso de asimilación por el tejido de las plantas y microorganismos del agua asimismo también se sedimenta.

e. Patógenos

Los patógenos se reducen por muerte natural en el proceso, debido a la radiación ultravioleta (UV), las plantas secretan sustancias propias y funciona como antibiótico para ellos.

2.1.16. Especies de plantas utilizadas en humedales

a. Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*)

- **Origen y Dispersión**

Su origen se localiza en las planicies inundables del norte de la India, Bangla Desh y Birmania. Hay dos cultivos principales de esta especie una llamada silvestre que se encuentra en el norte de la India lo cual florece y produce semillas puede crecer en zonas pantanosas o a las riveras de los cursos de agua y el domesticado, se sitúa del sur de la India, el cual ha sido seleccionado para la producción de aceite el domesticado también florece, pero su semilla no es viable. Este último lo encontramos en el mundo tropical y subtropical.

- **Descripción**

El vetiver es una de las plantas con un alto porcentaje de remoción sus raíces pueden

alcanzar a medir de 3 a 4 metros de profundidad (Figura 5) durante los primeros 12 meses de haberlo plantado (Jotisankasa & Mairaing, 2014) y conseguir un largo de 1.5 a 7 m metros después de 36 meses, estas características permite que sea resistente y pueda sobrevivir a sequias extremas gracias a que puede adsorber humedad de las profundidades del suelo (Altamirano, 2011). Las raíces verticales del vetiver crecen hasta 3cm por día con un promedio de temperatura del suelo de 25°C, el vetiver produce 0,48 kg de raíces secas por planta después de pasar 8 meses de haberlo sembrado lo interesante de esta macrófitas es la resistencia que tiene en condiciones extremas de salinidad, acidez y alcalinidad (Truong & Chavez, 2010).



Figura 6. Macollar de vetiver

Fuente: Gómez 2017

- **Cultivo**

Se extrae la planta luego se hace la extracción de vástagos cada uno de ellos son cortadas de esta medida, las raíces entre 5 y 10 cm de largo y las hojas entre 15 a 20 cm, estos son separados en cepas de dos a tres hijos estas antes de sembrarlos y mantiene en agua o húmedas para facilitar el enraizamiento y evitar que se marchiten y sequen algunas de estas cepas(García, Clemente, Díaz, Centeno, & Isaac, 2015)



Figura 7. Macella de Vetiver extraído

Fuente: INIA (2015)



Figura 8. Extracción de los esquejes o haces enraizado de la macolla

Fuente: (INIA 2015)



Figura 9. Esquejes o haces enraizados de vetiver listos para la siembra

Fuente: (INIA 2015)

- **Botánica**

La inflorescencia de esta macrófita está formada por racimos delgados y verticilados largos, es de color rosado púrpura, las características de sus raíces son fibrosas un poco esponjosas cuyos rizomas son gruesos. Las cañas son ligeramente anchas, firmes y fuertes en la base con una medida de 0.5 a 1 cm, disminuyendo medida y convirtiéndose suaves en las puntas, su color es verde oscuro brillante (Y. M. Gómez, 2017)



Figura 10. Características de la hoja vetiver

Fuente: Gómez 2017

- **Taxonomía**

Tabla 1.

Taxonomía de la especie Vetiver

Reino	Vegetal
Clase:	Angiosperma
Subclase:	Monocotiledónea
Familia:	Gramínea
Género:	Chrysopogon
Especie:	zizanioides
Nombre científico:	Chrysopogon zizanioides
Nombre común:	Vetiver
Origen:	Sur de la India

Fuente: Elaboración propia

- b. Junco**

- **Origen y Dispersión**

El origen de esta especie fitorremediadora se localiza en América su dispersión es muy amplia ya que también lo encontramos en Eurasia y África (M. Fernández, 2015)

- **Descripción**

Según (Hector Aponte, 2015), Es una planta rizomatosa que vive en zonas inundadas, la forma de su tallo es cilíndrico; la inflorescencia está formada por diminutas espigas que son de color marrón y están en el pedúnculo.

Sus pedúnculos con sus espiguillas brotan del parte superior acompañado de una bráctea que mide 1 a 15 cm

El tallo puede llegar a medir 2 a 3 m de altura son erectos y lisos, tiene vaina foliar, no tiene lamina, el ancho de sus hojas tienen un ancho de 8 a 20 mm (Cueva & Rivadeneira, 2013)

- **Cultivo**

Esta planta en las épocas de primavera brota a partir de yemas localizadas en los rizomas esto se da por el proceso que sufre la planta de la asimilación fotosintética es así como

el junco se va formando y haciendo una planta más gruesa de esta se puede empezar a separar cepas para el trasplante.

- **Botánica**

Las raíces son gruesas y muy largas, las hojas son planas extremadamente largas y gruesas y sobretodo esponjosas tienen un meristemo basal que hace que si se cortan o mejor dicho se pueden durante el periodo vegetativo no se atrase el crecimiento y la adaptación, estas tienen un color verde grisáceo pálido su forma de sus hojas son erectas, sus flores de esta planta acuática son de forma cilíndrica color marrón las femeninas y las masculinas tienen una coloración amarillenta por el polen (Fernández, 2015).

- **Taxonomía**

Tabla 2 .
Taxonomía de la especie Junco

Reino	Vegetal
Clase:	Liliopsida
Familia:	Cyperaceae
Género:	Scirpus
Especie:	Zizanioides
Nombre científico:	Typha sp
Nombre común:	Junco
Origen:	América

Fuente: Elaboración propia

c. Utilización de las macrófitas

- **Junco**

Esta especie se encuentra reconocida en el Catálogo Mundial de Plantas de Importancia Económica elaborado por (Hector Aponte, 2015), el trabajo de plantas acuáticas del Perú, nos informa que es una planta que fue utilizada desde tiempos precolombinos y que es utilizada en

zonas cercanas a humedales de la costa del Perú para la elaboración de canastas artesanales (Leónet, 1998).

Nos dice que el junco pesa un aproximado de 8.2 kg Por metro cuadrado del junco fresco, esta planta es secada bajo el sol, una vez secado tiene un peso de 1.5 kg por metro cuadrado y después se almacena para su venta (Héctor Aponte, Pérez, & Armesto, 2014)

d. Selección y arranque de las plántulas

Las plántulas pueden obtenerse de “Juncales naturales” o de “Juncal es cultivados” en donde se escogen aquellas plantas 15 a 30 cm para arrancarlos del suelo; se debe cavar alrededor de la base del tallo a una distancia de 6 cm tratando de causarle el menor daño posible a las raíces (Castilla.2012).

e. Proliferación del junco y el Vetiver

El Junco y el Vetiver son plantas herbáceas y resistentes, y su propagación es fácil, y para que de una mejor purificación de agua tiene que estar de 15 a 30 cm de largo y así facilite un buen sistema de oxigenación en aguas residuales (Castilla, 2012).

2.1.17. Evaluación de parámetros más importantes en Fitorremediación

a. DBO5

Es uno de los parámetros más utilizados en fitorremediación de aguas residuales, DBO es la cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias , para transformar la materia orgánica, se utiliza para mostrar el nivel de contaminación en los alcantarillados, es decir mide el índice de acumulación de materia orgánica por una unidad de volumen de agua residual SILVA 2004 citado por (Mello, 2007).

La Demanda Bioquímica Oxígeno es la medición de oxígeno disuelto, que los microorganismos necesitan para estabilizar la materia orgánica en descomposición, en el agua

residual en cuanto mayor DBO, mayor materia orgánica que se va a degradar, en la prueba de medición se toma 5 días a una temperatura de 20°C NUVOLARI 2003 citado por (Mello, 2007).

Según Von Sperling (1996), la Demanda Bioquímica Oxígeno media de un desagüe doméstico es de 300 mg / L y la carga per cápita, que representa la contribución de cada individuo por unidad de tiempo, es 54 g / hab.día de DBO (Mello, 2007).

b. Metales

El cadmio, es metal que se encuentra en los fertilizantes, aguas municipales, lodos activados ya utilizados, combustibles fósiles, es metal que puede causar cáncer y mutaciones, a animales, plantas, microorganismos y ser humano en concentraciones que superables en el hombre puede causar infecciones agudas y crónicas; es un metal toxico para la vida (Contreras, 2015) .Aluminio en la plantas puede causar retraso en el crecimiento de la raíces

c. Nutrientes

El nitrógeno y fósforo están presentes en el agua residual municipal antes del tratamiento secundario (Costa, 2013). De acuerdo con (Mendoca, Melo, & Nogueira, 2016) las eficiencias medias de los humedales artificiales, en la remoción de fósforo y nitrógeno son 42% y 50% respectivamente.

d. Coliformes

Las eficiencias de remoción de Coliformes fecales fue 99.50% (L. Silva, Pereira, & Batista, 2008). Asimismo de acuerdo con (Moraes, 2009) en sistema de humedales artificiales, la eficiencia de remoción de Coliformes totales fue 56% y Escherichia Coli de 94%.

e. Sólidos

Los sólidos suspendidos; se perciben fácilmente en el agua, estos pueden separarse del agua por sedimentación y filtración. Son aquellos solidos que quedan retenidos e incluyen solidos

flotantes estos son arena, arcilla, solidos fecales, alimentos, basura entre otros y son aproximadamente un 70% de solidos orgánicos.

Solidos disueltos en su mayor parte contiene solidos coloidal, materia orgánica, y están compuesta en 40 % de solidos orgánicos y 60% de solidos inorgánicos; la mezcla de solidos suspendidos y disueltos es los sólidos totales son aquellos solidos orgánicos e inorgánicos o totalidad de solidos suspendidos y disueltos (Albuja, 2012)

f. pH

Potencial de hidrógeno que expresa el nivel de acidez en aguas residuales, el pH en aguas residuales es 6.5 – 8.5

g. Temperatura

Es el factor que regula los procesos vitales, para organismos vivos, plantas y también de humedales artificiales para fitorremediar las aguas residuales y también afecta los parámetros químicos y físicos en un ecosistema. (Flores, 2014)

La velocidad que se descompone las aguas residuales municipales de acuerdo a la temperatura se relaciona en lo que se refiere a reacciones biológicas, siendo el rango ideal para la fitorradiación es entre 25° y 35° C, aunque todavía por debajo 15°C están las bacterias formadoras de metano, estas se inactivan en la digestión anaeróbica en los tanques o pozos sépticos JORDÃO e PESSOA, 1995 citado por (Mello, 2007).

2.2 Marco Legal.

Resolución Ministerial N° 176-2010-Vivienda, Norma OS-090 Planta de Tratamiento de Agua Residual el objetivo principal es normar el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales en los niveles preliminar, básico y definitivo.

Las presentes normas están relacionadas con las instalaciones que requieren un sistema de tratamiento de aguas residuales municipales y los procesos que deben experimentar las aguas residuales municipales antes de su descarga a los cuerpos de agua o a su reutilización.

Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM: Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

El límite máximo permisible es el rango de concentración o del nivel de sustancias, elementos o los parámetros físicos, químicos y biológicos que forman parte y caracteriza a una emisión de agua, que al ser demasiado provoca daños en la salud de los seres vivos y ambiente. El cumplimiento es exigido de manera legal por el Ministerio del Ambiente y organismos que forman parte en el Sistema de Gestión Ambiental.

Tabla 3 .
Límites Máximo Permisible para efluentes de PTAR

Parámetros	Unidad	LMP
Aceites y Grasas	mg/l	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ML	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	200
pH	Unidad	6.5 -8.5
Sólidos totales en Suspensión	mg/l	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Ministerio del Ambiente 2010

Ley de Recursos Hídricos, N° 29338

Regula uso de los recursos hídricos que comprenden todos los cuerpos de agua para desarrollar una gestión integral con la participación de los organismos el Estado y los beneficiarios a ello.

Ley General del Ambiente N° 28611.

Nos habla de que toda persona y ser vivo está en el derecho a vivir en un ambiente saludable, equilibrado, y apropiado para su desarrollo y de esa manera contribuir al desarrollo de gestión ambiental, protegiendo el ambiente en general y aportar a su conservación.

2.3 Antecedentes:

(Flores, 2014) desarrolló una investigación titulada “Aplicación de humedal artificial con macrófitas flotantes en la recuperación de las aguas residuales domésticas, Moyobamba – San Martín”. El objetivo de investigación fue diseñar y construir un humedal artificial con macrófitas flotantes para recuperar aguas residuales domésticas. La especie utilizada en el humedal fue *Eichhornia crassipes*. El caudal de diseño del humedal fue $25.92 \text{ m}^3 \cdot \text{día}^{-1}$, con 3.3 m de largo; 1.1 m de ancho y una profundidad de 0.7 m , de igual se impermeabilizó la celda con ladrillo y concreto. La eficiencia de remoción de la DBO a una profundidad de 20 cm fue 84% , asimismo en los sólidos suspendidos totales (SST) la eficiencia alcanzó 56% .

Gómez (2017) desarrolló un estudio titulado “Diseño de un sistema de pantanos artificiales para el tratamiento de aguas negras y grises del campo base y área de mantenimiento el coca de la Empresa Triboilgas”. Se diseñó un sistema de humedales artificiales para tratar aguas residuales; para ello se tuvo en cuenta sus características físico químicas de las aguas a tratar, el humedal artificial con un área de 108 m^2 cada celda, siendo la DBO inicial de 269 mg/L y una eficiencia de 89% .

Montalvan & Lopez,(2015) realizaron un estudio de investigación titulada “Eficiencia del humedal artificial con *Cyperus papyrus* y *Typha angustifolia* en la depuración de aguas residuales domésticas Habana - 2015”, con objetivo proponer, mostrar y validar una alterativa basada en la construcción de humedales artificiales para brindar una alternativa de solución a los problemas ambientales y de salud pública, el caudal del humedal fue $8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ y $1,89 \text{ m}^2$ de superficie, la medición del agua residual se realizó cada 15 días por un periodo de 3 meses los resultados solidos totales 90% , DBO $66,96\%$, DQO $64,98\%$.

Capítulo 3. Materiales y métodos

3.1. Descripción del área de estudio

En el siguiente mapa de Ubicación se muestra el distrito de Saposoa, Provincia de Huallaga, Departamento de San Martín y el punto donde se construyó el sistema de humedal artificial para tratamiento del agua residual municipal.

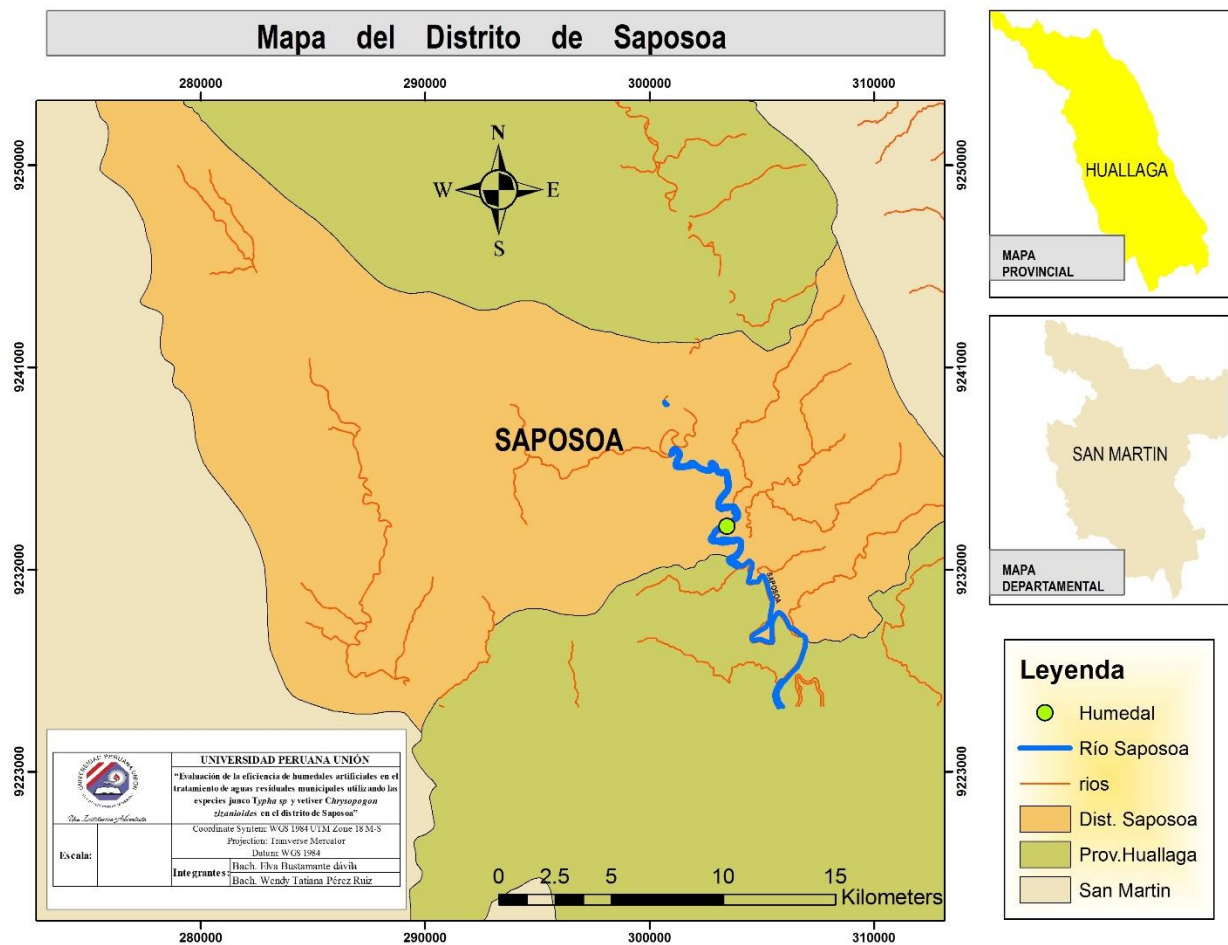


Figura 11. Ubicación del Distrito de Saposoa

Fuente: Elaboración propia

a) Climatología

La ciudad de Saposoa tiene un clima tropical; en verano tiene mayor lluvia que en invierno, la temperatura promedio anual es 26.3°C y las precipitación promedio es 1243 mm, según la clasificación climática de Köppen-Geiger, Saposoa es considerado Aw tropical con invierno seco (Climate-Data.org, 2018).

b) Temperatura

Las temperaturas altas son en el mes de enero alrededor de 27°C, el mes de julio la temperatura desciende a 25.5°C, y la variación de temperatura durante el año es de 1.4°C en promedio (Climate-Data.org, 2018).

c) Aspecto Demográfico

La ciudad de Saposoa cuenta con una población según INEI de 11 982 habitantes, una superficie de 545 km², una densidad población de 198 hab/km² según INEI citado (Municipalidad Provincial de Huallaga, 2012).

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población de la presente investigación está conformada por el agua residual municipal del distrito de Saposoa, con un caudal de 3 m³/día.

3.2.2 Muestra

Para el presente estudio se considerará 5 muestras de aguas residuales municipales, 1 muestra inicial del agua residual, 2 muestras después del tratamiento de ambas especies a los 44 días y 51 días.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación fue experimental de tipo pre-experimento, el cual consta de dos mediciones: pre prueba y post prueba (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Este diseño consiste en modificar deliberadamente la variable independiente: Tipo de humedal, para observar cambios en la variable dependiente: Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual municipal antes y después del tratamiento.

3.4. Tipo de Investigación

La presente investigación corresponde a un nivel explicativo, ya que se buscó evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes del agua residual municipal a través de dos especies fitorremediadoras (Supo, 2013).

3.5. Identificación de variables

En el siguiente proyecto de investigación se estimó las siguientes variables.

3.5.1. Variable independiente

La variable independiente está representada por el tipo de Humedales artificiales con flujo sub superficial: HAFSS con especie *Typha sp* y HAFSS con especie *Chrysopogon zizanioides*.

3.5.2. Variables dependientes

La variable dependiente está representada por la calidad del agua residual municipal, la cual se subdivide en los siguientes parámetros.

- Aceites y Grasas
- DBO
- DQO
- Sólidos totales en suspensión

- pH
- Temperatura

3.6. Operacionalización de variables.

En la Tabla 4 se muestra las variables independiente y dependiente de la presente investigación.

Tabla 4 .
Operacionalización de variables de la investigación

Variable	Indicador	Unidad	Análisis estadístico
Variable independiente: Humedal artificial	Humedad artificial con la especie Typha sp	m ³	Gráfico de barras, porcentajes, correlación de Pearson y regresión lineal simple
	Humedad artificial con la especie Chrysopogon zizanioides	m ³	
Variable dependiente: Calidad del agua residual	Aceites y Grasas	mg/L	
	DBO	mg/L	
	DQO	mg/L	
	Solidos	mg/L	
	pH	Unidad de pH	
	Temperatura	°C	

Fuente: Elaboración propia

3.7. Diseño del Humedal artificial Sub superficial horizontal

a) Cálculo del Caudal del Diseño

Para el caudal de diseño se consideró la dotación en la selva 136 L/hab.día (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014) El caudal máximo horario se determinó utilizando la Ecuación 1, para aguas residuales domésticas.

$$Q_{MH} = (C * P * R) * F \quad (1)$$

Dónde:

Q_{MH}: Caudal máximo horario, m³/día

C: Dotación de agua L/hab*día.

P: Población, hab

R: Coeficiente de retorno, 70%

F: Factor de mayoración, 1,4

$$Q_{MD} = \left(136 \frac{L}{\text{hab} * \text{dia}} * 256 \text{hab} * 0.7 \right) * 1.4$$
$$Q_{MD} = 34120 \frac{L}{\text{dia}} * \frac{m^3}{1000lt} = 34,12 \frac{m^3}{\text{dia}}$$

En la investigación desarrollada por (Montalvan & Lopez, 2015) se trabajó con un caudal de 3 m³/día. Para ello se realizó cálculos iterativos con las variables conocidas, encontrándose un caudal de diseño de 2.7 m³/día.

Adicionalmente se considera en el diseño el caudal máximo pluvial de la zona que se calcula a continuación:

$$Q_p = (C * I * A)$$

Q_p: Caudal pluvial m³/día

C: Coeficiente de escurrimiento

I: Intensidad de la lluvia mm/mes

A: área

$$Q_p = (0.5 * 89 \text{ mm/mes} * 6)$$

$$Q_p = (0.5 * 3.71 \text{ mm/h} * 6)$$

$$Q_p = 11.1 \frac{mm}{h} * m^2$$

$$Q_p = 11.1 \frac{mm}{h} * m^2 * \frac{24h}{1dia} * \frac{1m}{1000mm} = 0.3 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Se tomara el caudal 3 m³/día.

b) Datos técnicos para el diseño de los humedales artificiales

Para el diseñar los humedales, en la tabla se presenta los datos para la aplicación de las ecuaciones, Los datos se toman de referencia de una tesis (Flores, 2014).

Tabla 5.

Especificaciones para el diseño del Humedales

Parámetro	Valor	Referencia
C_e (DBO ₅), mg/L	247	Determinación de Laboratorio
C_0 (DBO ₅), mg/L	100	Hipótesis
Caudal (Q), m ³ /día	34	Determinación teórica
Porosidad (n), m	0.35	Crites y Tchobanoglous, 1998
Profundidad (h), m	0.7	EPA 832-F-00-023
T°, (°C)	27	Temperatura media anual
K_s (m ³ / m ² .día)	9750	Crites y Tchobanoglous, 1998
Pendiente (%)	1	EPA 832-F-00-023

Fuente: Flores (2014)

c) Constante de Temperatura:

La constante de reacción de primer orden se calcula mediante (Flores, 2014).

$$K_T = 1,104 * 1,06^{T_2-20} \quad (2)$$

Donde T_2 : Temperatura del agua °C

$$K_T = 1,104 * 1,06^{T_2-20}$$

$$K_T = 1,104 * 1,06^{29-20}$$

$$K_T = 1.87 \text{ d}^{-1}$$

d) Porosidad

Para el medio filtrante se consideró las especificaciones del medio filtrante para Humedales horizontales indicados por Vinueza (2014).

Tabla 6.
Características físicas del medio filtrante para Humedales horizontales

Tipo de Material	Tamaño efectivo D_{10} mm	Conductividad Hidráulica K_s m^2/d	Porosidad n %
Arena gruesa	2	100-1.000	28-32
Arena Grava	8	500-5.000	30-35
Grava fina	16	1.000-10.000	35-38
Grava media	32	10.000-50.000	36-40
Roca gruesa	128	50.000-250.000	38-45

Fuente: Crites y Tchobanoglous (1998)

e) Cálculo del Área Superficial

Se realizó en determinación al parámetro contaminante, que generalmente en diseños de humedales es el DBO_5 (Flores, 2014)

$$AS = \frac{Q * LN(dbo) - LN(dbo)}{(K_T * h * I)} \quad (3)$$

Donde:

Q: caudal de diseño del humedal (m^3/dia)

C: concentración efluente (mg/l)

Co: Concentración afluente (mg/l)

KT: Constante de reacción del primer dependiente de la T°

H: profundidad del humedal (m)

I: porosidad del medio granular.

Asumimos: h= 85 cm

Nivel del agua a tratar: h= 0.7m

$$AS = \frac{34,12 \frac{m^3}{\text{día}} * (\text{Ln}247 - \text{Ln}100)}{1.87 * 0.7 * 0.35}$$

$$AS = 75,86 \text{ m}^2$$

Debido a que se determinó un área muy extensa, se trabajó con un área más pequeña. Asimismo, en la investigación desarrollada por (Montalvan & Lopez, 2015) se trabajó con un caudal de 3 m³/día.

$$AS = \frac{3 \frac{m^3}{\text{día}} * (\text{Ln}247 - \text{Ln}100)}{1.87 * 0.7 * 0.35}$$

$$AS = 6 \text{ m}^2$$

Se trabajó con un área de 6 m². En la presente investigación se construyó dos humedales de 3 m².

f) Tiempo de Retención Hidráulica

El tiempo de Retención Hidráulica se calculó con la ecuación indicada por Vinueza (2014).

$$TRH = \frac{n * h * As}{Q} \quad (4)$$

$$THR = \frac{0.35 * 0.7 * 6}{3}$$

$$THR = 0.49 \text{ días}$$

g) Dimensiones del Humedal

Para determinar las dimensiones del humedal se utilizó la relación largo ancho de 3 a 1 (Montalvan & Lopez, 2015) el área total para el humedal.

Ancho del Humedal

$$As = L * W$$

$$As = 3W * W$$

$$3m^2 = 3W^2$$

$$1m^2 = W^2 = W = 1 m$$

Donde:

W: Ancho del humedal

As: Área Superficial

Para determinar las dimensiones del humedal se utilizó la relación largo/ancho de 3:1 (Flores, 2014). Se construyó dos humedales cuya área superficial será de 3 m² cada uno, con diferentes especies micrófitas (junco *typha sp* y vetiver *chrysopogon zizanioides*).

$$L = 3 * 1 m = 3 m$$

En la Figura 12. Se muestra las dimensiones en la sección transversal del humedal artificial y la densidad de siembra de las macrófitas flotantes (junco y vetiver).

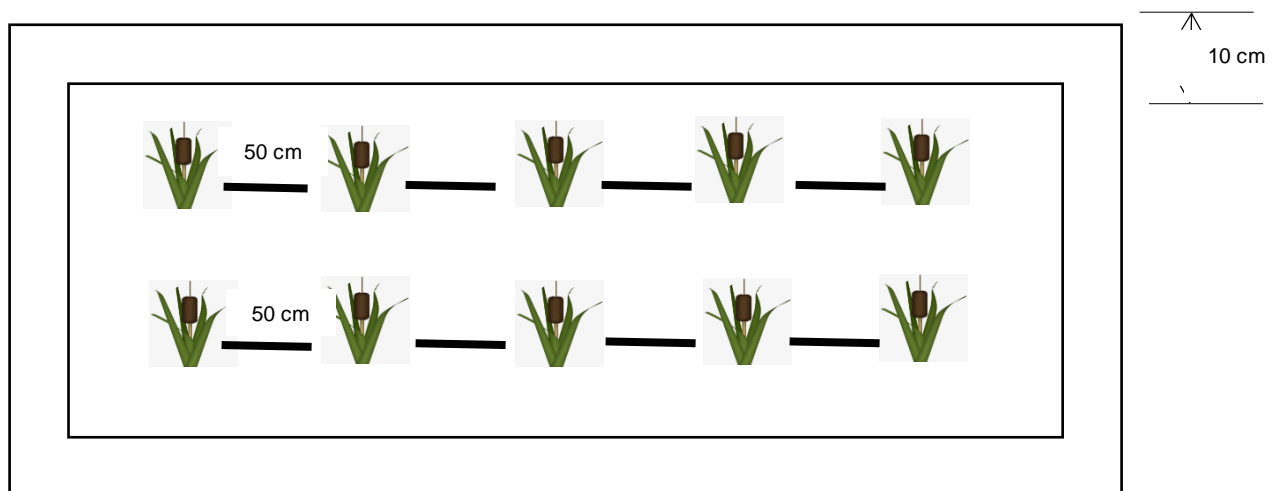


Figura 12. Sección transversal del humedal artificial

Fuente: Elaboración propia

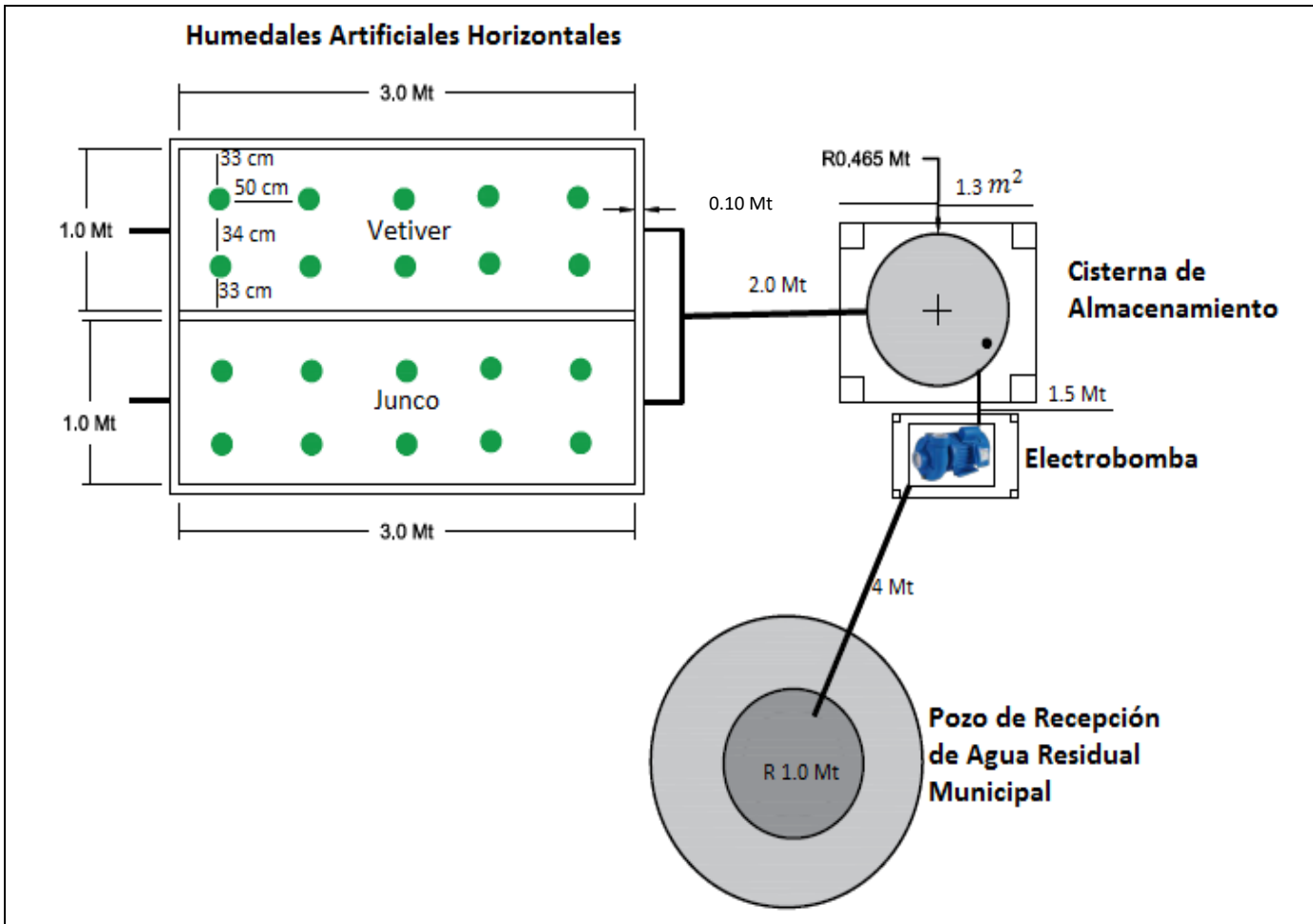


Figura 13 Sistema de Humedal Artificial

Fuente: Elaboración propia

h) Tipo de Sustrato

De acuerdo al diseño el tipo de sustrato será una mezcla de arena y grava con una porosidad de 0,35 con una altura de 0.7 metros y será ordenado de 0,35 m de arena de 3 a 32 mm y la superior de 50 mm a 100mm y grava para el sostén de las plantas (Cueva & Rivadeneira, 2013).

El sustrato es colocado de acuerdo al manual para evitar cualquier clase de compactación, de acuerdo a las condiciones climatológicas se utilizara las especies junco *typha*

sp y vetiver *chrysopogon zizanioides* debido a que son especies existentes en el área de estudio y cumplen con las características necesarias para tratar efluentes de tipo municipal; deberán sembrarse en distancias aproximadas de 50 cm (Yocum, 2006).

i) Impermeabilidad

Para prevenir posibles filtraciones en las capas del suelo o en aguas subterráneas el presente diseño plantea la construcción de un humedal artificial a base de ladrillo y cemento.

j) Mantenimiento del sistema

El mantenimiento de la vegetación es fundamental en este proceso para el desarrollo normal y calidad del efluente a tratar. No exceder los periodos a las variaciones en el nivel del agua de la especie a utilizar, pues generaría mal funcionamiento del sistema. Realizar el podado de las plantas buscando así prevenir la caída de hojas en el sustrato y estos aumenten de nutrientes al sistema, se realizara de forma manual el retiro de las hojas; en el caso de humedales de flujo subsuperficial se generan vectores como mosquitos solamente si se dan las condiciones pertinentes para que estos se desarrollen es decir que existan lugares abiertos con agua estancada, lo que se evita manteniendo un control de circulación de agua que atraviesa el humedal (Á. S. Silva & Zamora, 2005).

3.8. Formulación de la hipótesis

3.8.1. Hipótesis para la especie *typha sp*

3.8.1.1. Hipótesis nula

$$H_0: \mu_{Typha} \geq LMP$$

El humedal artificial con la especie *typha sp* no es eficiente en la remoción de contaminantes de agua residual municipal.

3.8.1.2. Hipótesis alterna

$$H_1: \mu_{Typha} < LMP$$

El humedal artificial con la especie *typha sp* es eficiente en la remoción de contaminantes de agua residual municipal, cumpliendo de esta manera el LMP.

3.8.2. Hipótesis para la especie *chrysopogon zizanioides*

3.8.2.1. Hipótesis nula

$$H_0: \mu_{Cz} \geq LMP$$

El humedal artificial con la especie *chrysopogon zizanioides* no es eficiente en la remoción de contaminantes de agua residual municipal.

3.8.2.2. Hipótesis alterna

$$H_1: \mu_{Cz} < LMP$$

El humedal artificial con la especie *chrysopogon zizanioides* es eficiente en la remoción de contaminantes de agua residual municipal, cumpliendo de esta manera el LMP.

3.9. Materiales.

- Lapicero
- Plumón indeleble
- Cadena de custodia
- Cinta film
- Cooler
- Frascos (vidrio, plástico)

Materiales en la construcción de los humedales

- 2 tubos de 1 pulgada
- 3 tapones de 1 pulg
- 6 codos 1 pulg
- 8 adaptadores 1 pulg
- Llave de control
- 2 adaptadores ½ pulg
- Teflón
- Pegamento
- Cemento
- Arena
- Ladrillo
- Fierro
- Electro bomba 0.5 HP
- Radar
- Enchufe
- Cinta aislante

- Cable

3.10. Técnicas para la recolección de datos y validación de instrumentos.

3.10.1. Técnicas de recolección de datos

Para el desarrollo del estudio investigación se utilizó la técnica observacional. Esta técnica consiste en el uso de los sentidos con la finalidad de percibir fenómenos que son de interés para el investigador. A través de esta técnica, el investigador hace una selección deliberada del fenómeno a estudiar, para estudiarlo mediante el método científico (Gallo, 2000).

3.10.2. Validación de instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron para la obtención de datos fueron calibrados previamente por un laboratorio acreditado por el INACAL.

- **GPS**

Para la ubicación del área de estudio se utilizó un GPS marca Garmin, modelo ETREX 10. Este instrumento fue validado por el fabricante.

- **Multiparámetro**

Se utilizó para la medición de los parámetros pH y temperatura. La marca del instrumento es OAKTON2541483. Este instrumento pertenece a la planta de tratamiento de agua potable EMAPA-Saposoá.

- **Cinta métrica**

Se utilizó una cinta métrica para determinar las dimensiones del humedal. Este instrumento es validado por el fabricante.

- **Otros instrumentos**

Los instrumentos que se utilizaron en el laboratorio para las determinaciones analíticas fueron: balanza analítica y material volumétrico de laboratorio. Estos instrumentos fueron validados y calibrados por el laboratorio *Environmental Quality Analytical Services S.A.- EQUAS S.A.*, el cual está acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad.

3.11. Plan de procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos se utilizaron técnicas descriptivas como medidas de resumen (media, desviación estándar), gráficos de líneas, barras y regresión lineal simple. Para la elaboración de los mapas de ubicación se utilizará el software ArcGis.

3.12. Ejecución del muestreo

a. Puntos de muestreo

En la Figura 12 se observa los 3 puntos de muestreo en donde (P1, P2 y P3). El punto P1 se ubica a la entrada del sistema y corresponde al agua residual municipal sin tratar; el punto P2 se encuentra a la salida del humedal horizontal sembrado con vetiver y el punto P3 está ubicado a la salida de humedal horizontal sembrado con Junco.

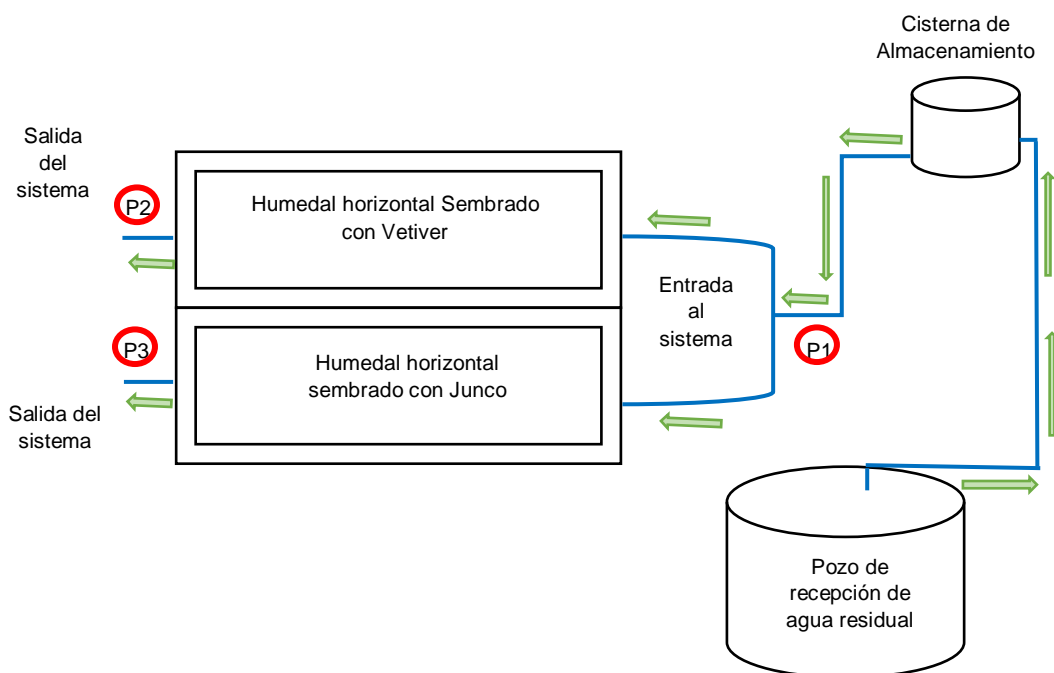


Figura 14. Puntos de muestreo

Fuente: Elaboración propia

b. Frecuencia de las mediciones

En el punto P1 se realizó una sola medición del agua residual municipal, con la finalidad de obtener los parámetros de diseño de los humedales. Los humedales se construyeron el 15/01/2019. Las plantas fueron trasplantadas el 28/01/2019. La adaptación de las plantas tuvo una duración de 28 días, siendo por tanto el 28/02/2019, fecha en la cual las especies fitorremediadoras empiezan a tratar el agua residual municipal. El funcionamiento de los humedales se inició el 01/03/2019 y tuvieron una duración de 51 días. La primera medición de los parámetros de calidad del agua se realizó el 13/04/2019 y la segunda medición el 20/04/2019.

En la Tabla 7 se muestra los métodos analíticos para la determinación de parámetros de la presente investigación.

Tabla 7.
Métodos Analíticos para determinación de parámetros

Parámetro	Método
Aceites y Grasas	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.2010
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.
pH	impermeable – HANNA HI98127
Sólidos totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103- 105°C.

Temperatura	Tester de pH/Temperatura
-------------	--------------------------

Fuente: Araujo (2015)

Capítulo 4. Resultados y discusión

4.1 Resultados

4.1.1 Diseño del sistema de humedales artificiales

En la figura 15 se muestra el diagrama tridimensional del humedal artificial con las dimensiones.

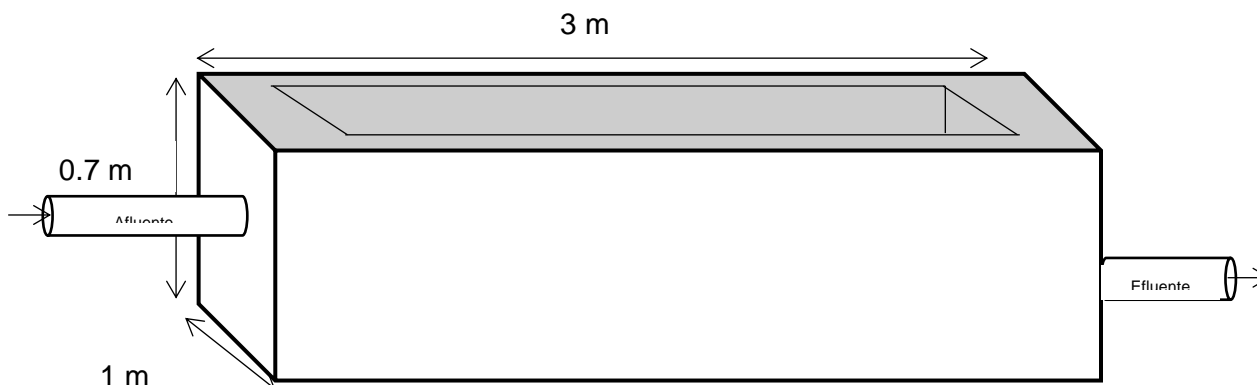


Figura 15. Diagrama tridimensional del humedal artificial

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Determinación de los parámetros del Agua Residual antes del tratamiento

Tabla con los resultados de los parámetros antes del tratamiento

Tabla 8.
Parámetros del Agua Residual antes del tratamiento

Parámetros	Unidad	Valor
------------	--------	-------

Aceites y grasas	mg/L	14,4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg DBO/L	247
Demanda Química de Oxígeno	mg DQO/L	600
Sólidos suspendidos totales	mg/L	106
pH	Unidad pH	7.2
Temperatura	C°	29.5

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Determinación de parámetros después del Tratamiento.

En la tabla se muestra los resultados después del tratamiento por el sistema de humedales artificiales con la especie Junco y vetiver.

Tabla 9.
Resultados de Parámetros y % de remoción a los 44 días

Parámetros	Vetiver		Junco	
	44 días	% Remoción	44 días	% Remoción
Aceites y grasas	14,4 mg/l	0	18,2 mg/l	-26.39
Demanda Bioquímica de Oxígeno	114mg DBO/l	53.85	130 mg DBO/l	47.37
Demanda Química de Oxígeno	270 mg/l	55	310 mg DQO/l	48.33
Sólidos suspendidos totales	28 mg/l	73.58	47 mg/l	55.66
PH	6.9		7.7	
Temperatura	29.2		29	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.
Resultados de Parámetros y % de remoción a los 51 días

Parámetros	Vetiver		Junco	
	51 días	% Remoción	51 días	% Remoción
Aceites y grasas	3,4 mg/l	76.39	2,8 mg/l	80.56
Demanda Bioquímica de Oxígeno	26 mgDBO/l	89.47	55mg DBO/l	77.73
Demanda Química de Oxígeno	61 mg DQO/l	89.83	130 mgDQO/l	78.33
Sólidos suspendidos totales	6mg/l	94.34	12mg/l	88.68
PH	6.8		7	
Temperatura	29		29	

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Análisis de la remoción de contaminantes por especies fitorremediadoras

a. Aceites y grasas

En la Figura 16 se muestra la variación del parámetro aceite y grasas del agua residual municipal para los dos tratamientos en estudio: vetiver (*Chrizopogon Zizanoides*) y junco (*Thypha sp*), para los dos periodos de muestreo (a los 44 días y 51 días). Se observa que AR municipal cumplió los Límites Máximos permisibles antes del tratamiento. A los 44 días de funcionamiento el parámetro AyG aumentó para la especie junco, mientras que en el vetiver se mantuvo constante. Ambas especies fitorremediadoras disminuyeron las concentraciones aceites y grasas de a los 51 días.

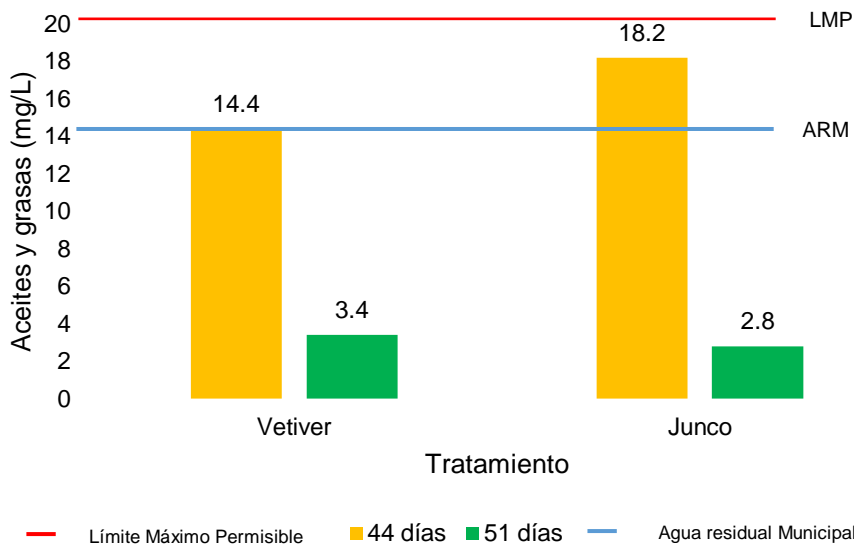


Figura 16 . Análisis de parámetro Aceites y Grasas con las especies vetiver y junco.

Fuente: Elaboración propia

b. Demanda Bioquímica de Oxígeno

En la figura 17 se muestra la variación del parámetro DBO del agua residual municipal, para los periodos de muestreo, a los 44 días se observa que el agua residual municipal descendió vetiver; a los 51 días ambas especies fitorremediadoras disminuyeron la concentración DBO dentro de los Límites Máximos Permisibles

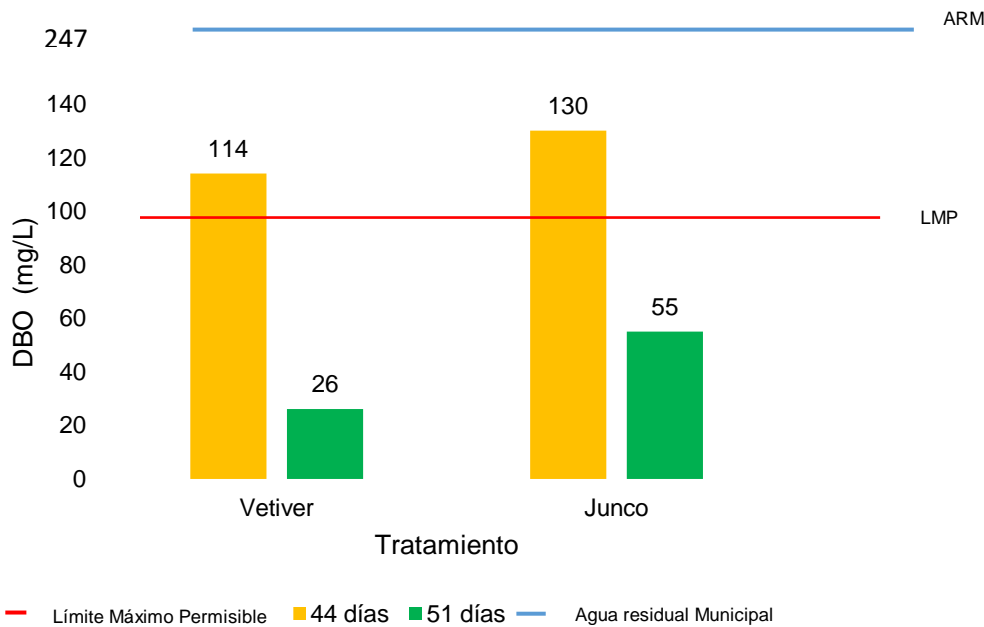


Figura 17. DBO en el humedal artificial con ambas especies.

Fuente: Elaboración propia

c. Demanda Química de Oxígeno

En la figura 18 se muestra la variación del parámetro DQO del agua residual municipal, se observa que a los 44 días el agua residual municipal disminuyo, pero no dentro del rango establecido; a los 51 días ambas especies fitorremediadoras disminuyeron la concentración DQO dentro de los Límites Máximos Permisibles.

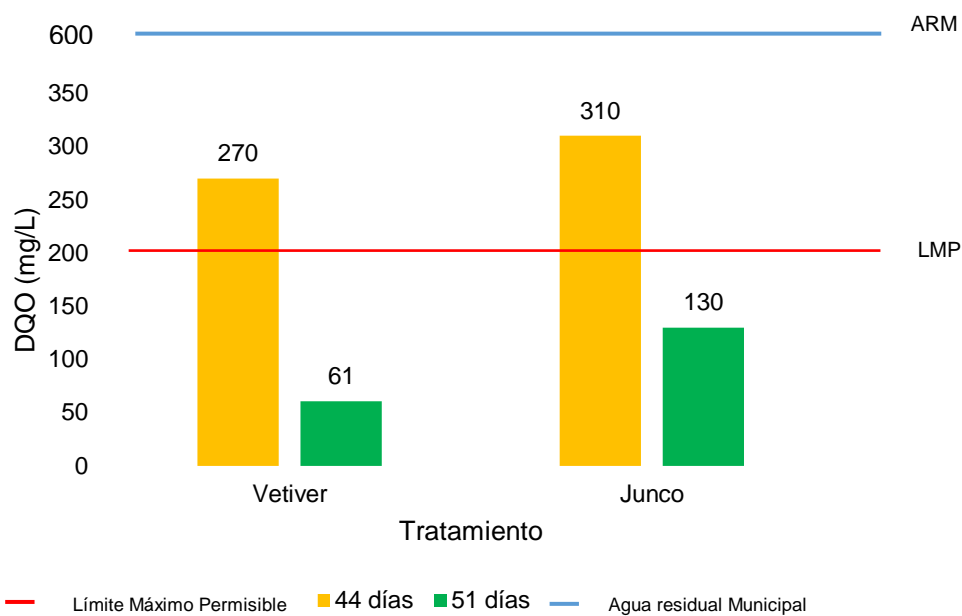


Figura 18. DQO en el humedal artificial en ambas especies a los 44 y 51 días.

Fuente: Elaboración propia

d. Sólidos Suspendidos Totales

En la figura 19 se observa una variación del parámetro en el agua residual municipal en vetiver (*Chrizopogon. Zizanoides*) y junco (*Thypha sp*), Se observa que agua residual municipal cumplió los Límites Máximos permisible antes del tratamiento, a los 44 días de funcionamiento los SST descendió en ambas especies fitorremediadoras y a los 51 días disminuyó una concentración mayor cumpliendo con los LMP del D.S. N°003-2010 MINAM.

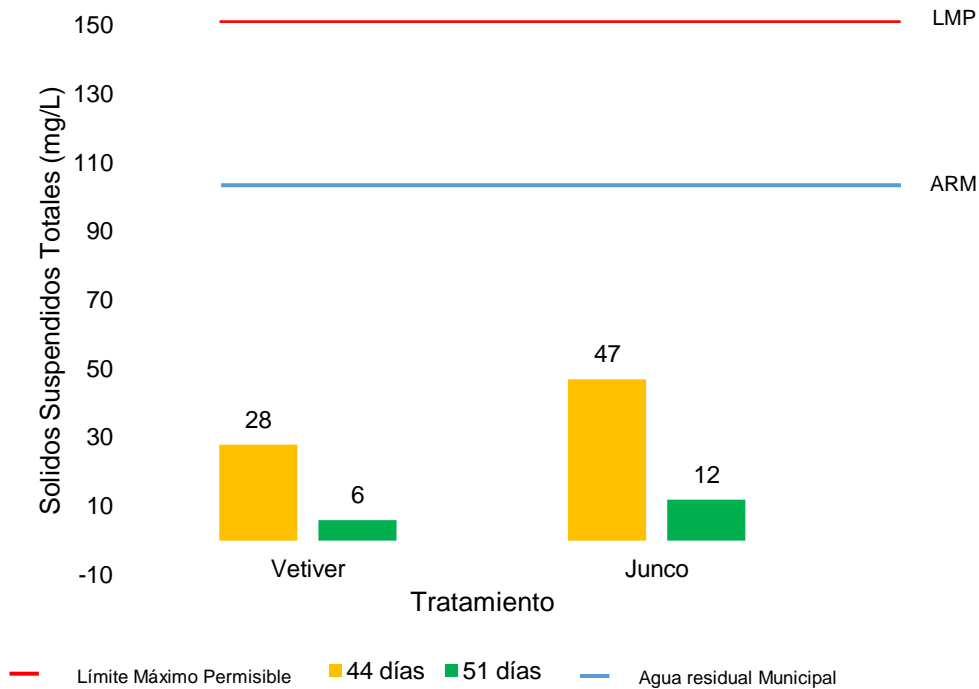


Figura 19. Solidos suspendidos totales en el humedal artificial.

Fuente: Elaboración propia

e. pH

En la figura 20 se observa una variación del parámetro en el agua residual municipal en vetiver (*Chrizopogon. Zizanoides*) y junco (*Thypha sp*), Se observa que agua residual municipal cumplió los Límites Máximos permisible antes del tratamiento, en su muestra inicial a los 44 días y 51 días de los Límites Máximos Permisibles del D.S. N°003-2010 MINAM.

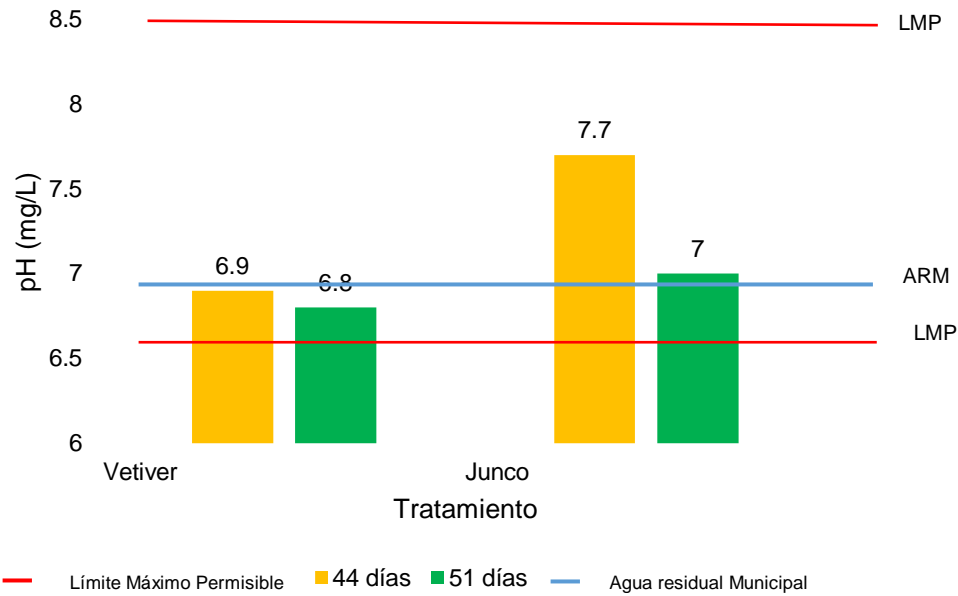


Figura 20. Parámetro pH en el humedal artificial

Fuente: Elaboración propia

f. Temperatura

En la figura 21 se observa que se mantuvo la temperatura del agua residual municipal en el sistema de tratamiento con las especies fitorredadoras vetiver (*Chrizopogon. Zizanoides*) y junco (*Thypha sp*), el parámetro en el agua residual municipal cumplió los Límites Máximos permisibles antes y después del tratamiento $<35^{\circ}\text{C}$, del D.S. N°003-2010 MINAM.

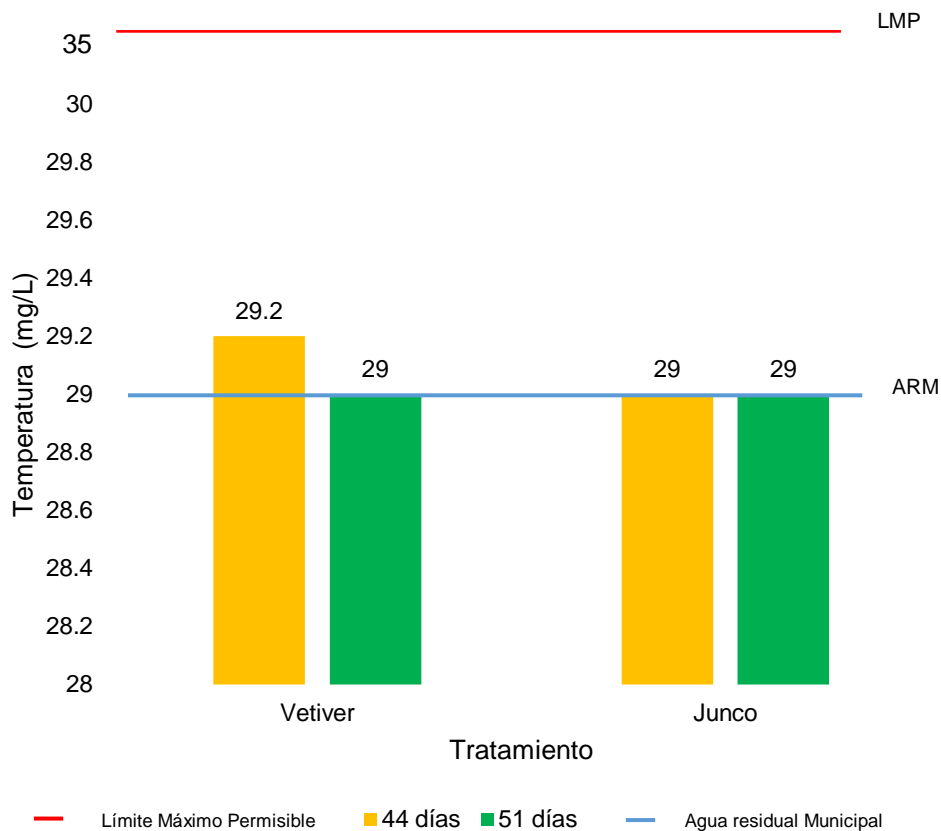


Figura 21. Temperatura en el humedal artificial con las especies vetiver y junco.

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Determinación de la eficiencia en el humedal, por especie

La determinación de la eficiencia del humedal artificial horizontal consistió en calcular el porcentaje de remoción de contaminantes de acuerdo con los resultados obtenidos del laboratorio tanto de la entrada y salida del humedal

Para evaluar la eficiencia del sistema se aplicó la siguiente Ecuación (Vinueza, 2014).

$$\% \text{ Eficiencia en remoción} = \frac{\text{concentración entrada} - \text{concentración salida}}{\text{Concentración entrada}} * 100$$

En la Figura 22 se presenta la eficiencia de remoción de los contaminantes del agua residual para ambas especies fitorremediadoras a los 44 días de instalado el humedal artificial. Se observa que el vetiver tuvo una mayor eficiencia de remoción de DBO, DQO y SST comparado con la especie junco. La eficiencia del vetiver para DBO y DQO fue superior en 7% frente al

junco, mientras que para el SST el vetiver fue superior en 18% frente a la especie junco. Sin embargo, las especies vetiver y junco no redujeron el parámetro AyG, siendo las eficiencias respectivas de 0 y -26%, pero no se presentaron en la figura.

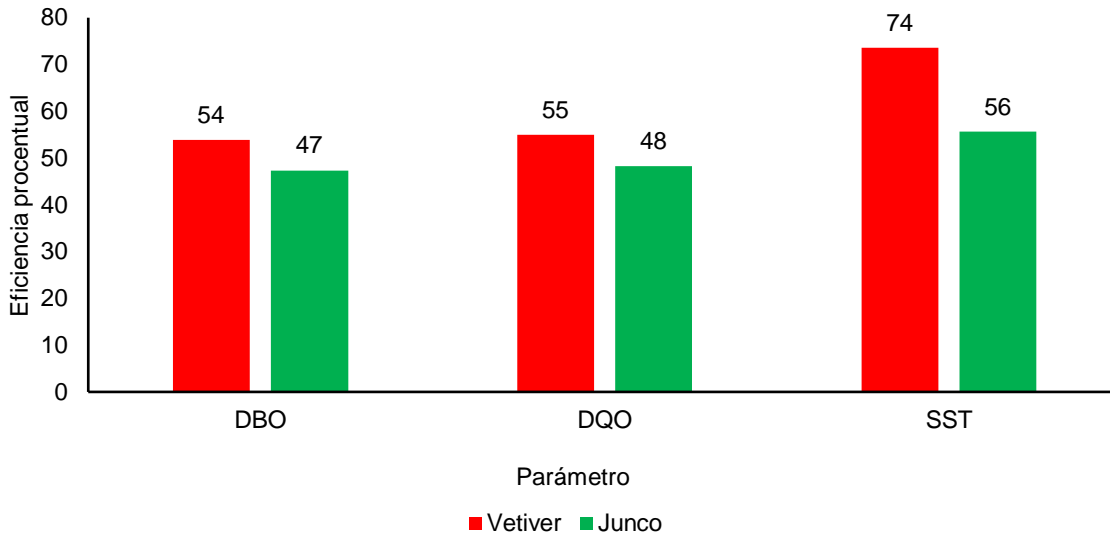


Figura 22. Eficiencia de remoción de contaminantes a los 44 días

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 23 se presenta la eficiencia de remoción de los contaminantes del agua residual para ambas especies fitorremediadoras a los 51 días de instalado el humedal artificial. Se observa que el vetiver tuvo una mayor eficiencia de remoción de AyG el junco tuvo una mejor eficiencia superando con un 5% al vetiver, mientras que para los parámetros DBO, DQO y SST el vetiver tuvo una mayor eficiencia comparado con la especie junco. La eficiencia del vetiver para DBO fue superior en 11% frente al junco, mientras que para el DQO el vetiver fue superior en 12%, mientras que para el SST el vetiver fue superior en 5% frente a la especie junco.

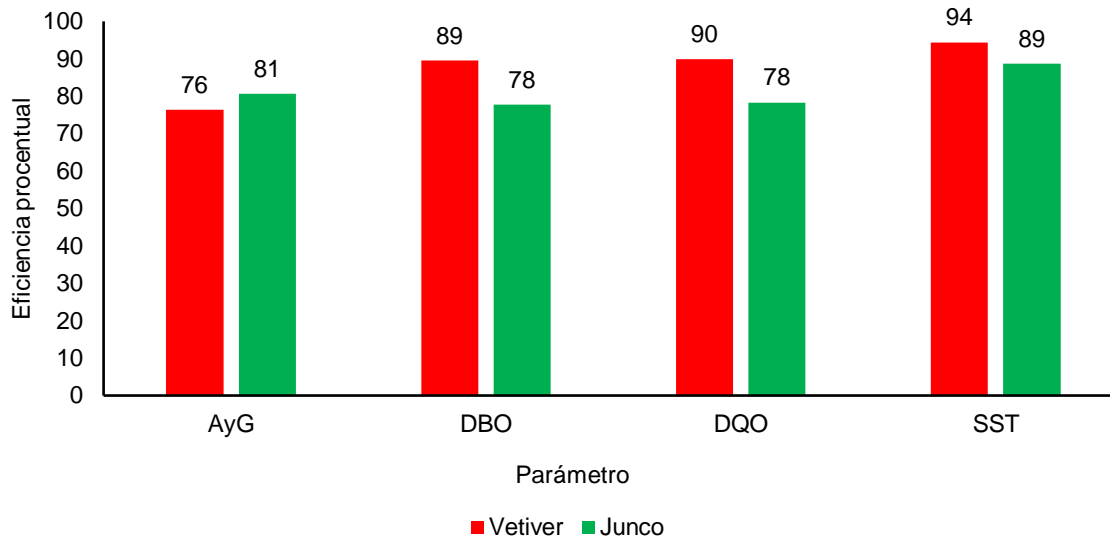


Figura 23. Eficiencia de remoción de contaminantes a los 51 días.

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Remoción de contaminantes en función del tiempo

Para la especie Vetiver

a. pH

En la Figura 24 se aprecia la disminución del pH en función al tiempo. El afluente arranca con un valor de 7.2 mg/L, observando que presenta valores ligeramente alcalinos, en cambio al salir de los humedales el valor se mantiene entre a 6.9 mg/L en la primera muestra y 6.8 mg/L en el segundo análisis. El Límite Máximo Permisible es (6.5 – 8.5) para el agua residual. Como podemos observar todos los resultados están dentro del Límite Máximo Permisible tanto el antes como el después del tratamiento.

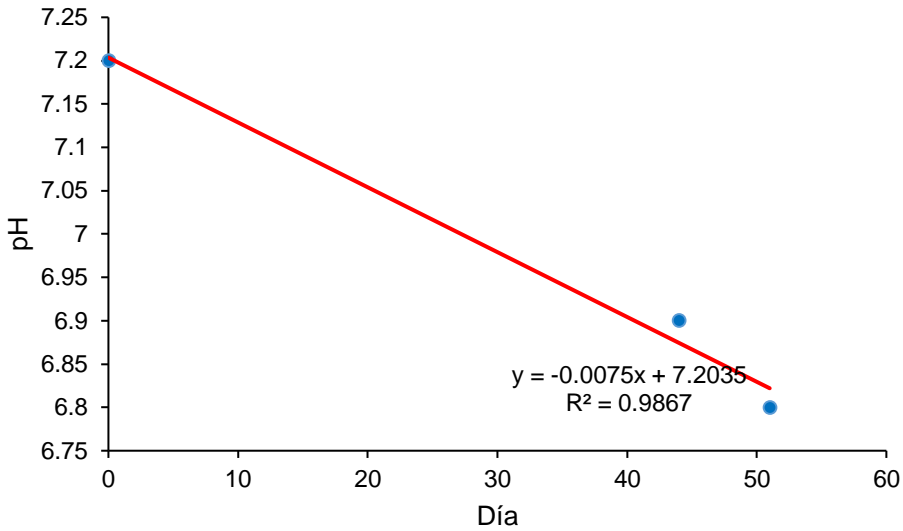


Figura 24. Remoción de pH con la especie vetiver

Fuente: Elaboración propia

b. Temperatura

En la figura 25 se muestra los valores de la entrada y salida del humedal registrado por el multiparámetro de campo. En el afluente se observa un valor de 28.2, en el primer análisis del efluente tenemos un valor de 29.2, después de 7 días del primer análisis se hizo el segundo análisis obteniendo un valor de 29 se ve que hay una variación significativa entre los valores de la entrada y salida del humedal.

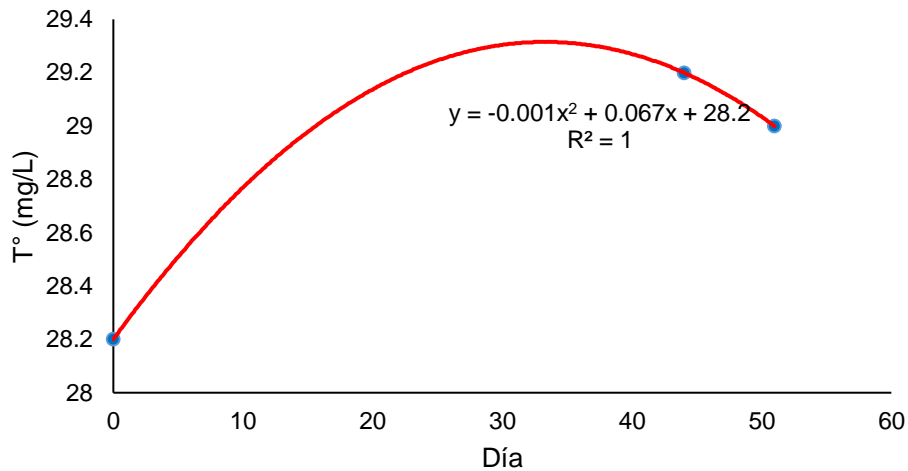


Figura 25. Remoción de la Temperatura en el humedal artificial con la especie vetiver

Fuente: Elaboración propia

c. Aceites y grasas

En la Figura 26 se muestra la disminución a través del tiempo. Tanto el valor de la entrada como el valor de la salida del humedal en el día 44 nos muestra un valor de 14.4 pasado los 7 días en el día 51 hay una significativa disminución mostrándonos un valor de 3.4. El Límite Máximo Permisible es (20 mg/l) por lo tanto todos los valores de este parámetro analizado están dentro de la normativa.

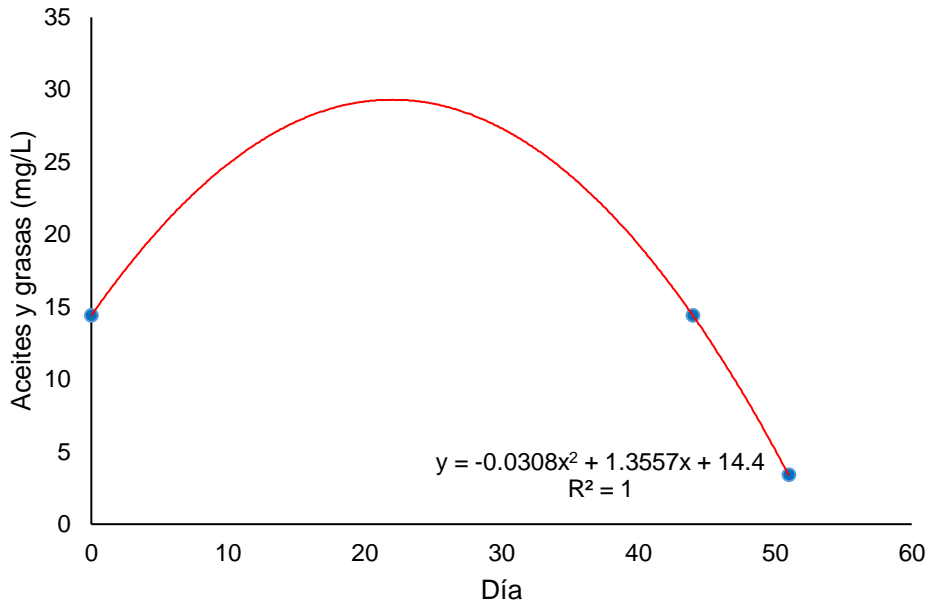


Figura 26. Remoción de aceites y grasas en el humedal artificial con la especie vetiver.

Fuente: Elaboración propia

d. Demanda Bioquímica de Oxígeno

En la Figura 27 se muestra la disminución de la DBO en función al tiempo. La DBO inicial 247 mg/L, a los 44 días ES 114 mg/l DBO, y a los 51 días resultó 26 mg/l DBO. El Límite Máximo permisible es (100 mg/l), este valor se cumpliría a los 45 días.

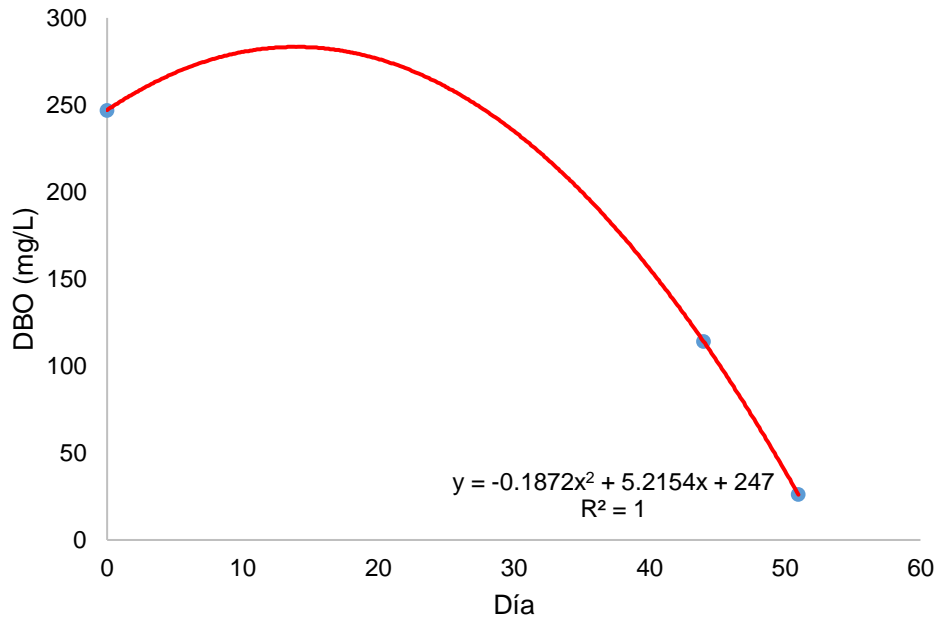


Figura 27. Remoción de DBO en el humedal artificial con la especie vetiver

Fuente: Elaboración propia

e. Demanda Química de Oxígeno

En la Figura 28 se muestra la disminución de la DBO en función al tiempo. Se observa que a los 44 días el valor de la DQO fue 270 mg/L y a los 51 días disminuye hasta 61 mg/L. El LMP (200 mg/l). A través del análisis de regresión se determina que este parámetro se alcanzaría a los 47 días de funcionamiento del humedal.

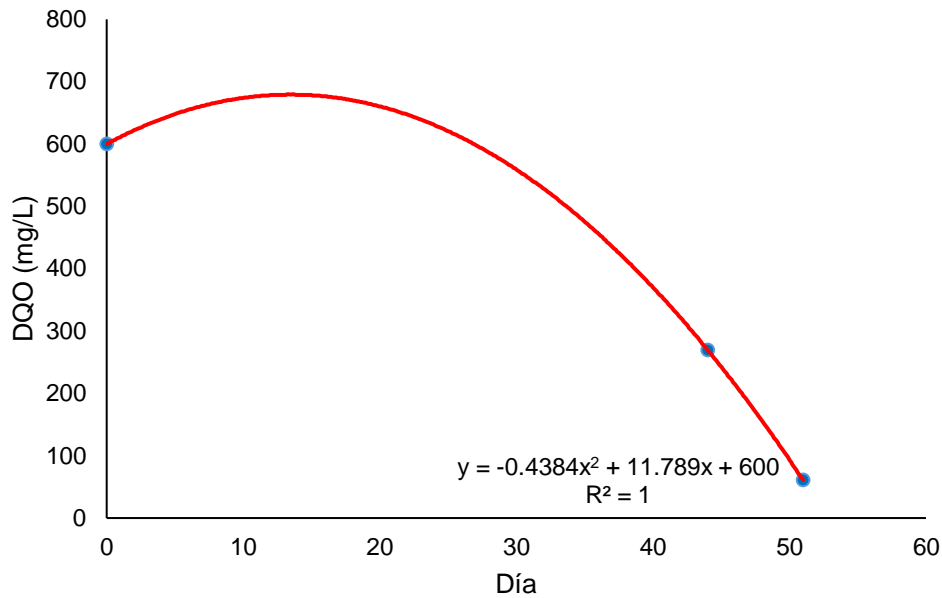


Figura 28. Remoción de DQO en el humedal artificial con la especie vetiver.

Fuente: Elaboración propia

f. Sólidos suspendidos totales

En la Figura 29 se muestra los resultados del parámetro sólidos suspendidos totales, el efluente ingresa con un valor de 106 mg/L y en el afluente el primer análisis después de 44 días es un valor de 28 mg/L, luego después de 7 días nos dio un resultado de 6 mg/L. todos los valores tanto el antes y después están dentro del Límite Máximo Permisible que es (150). Se observa la disminución de este parámetro mientras transcurre el tiempo.

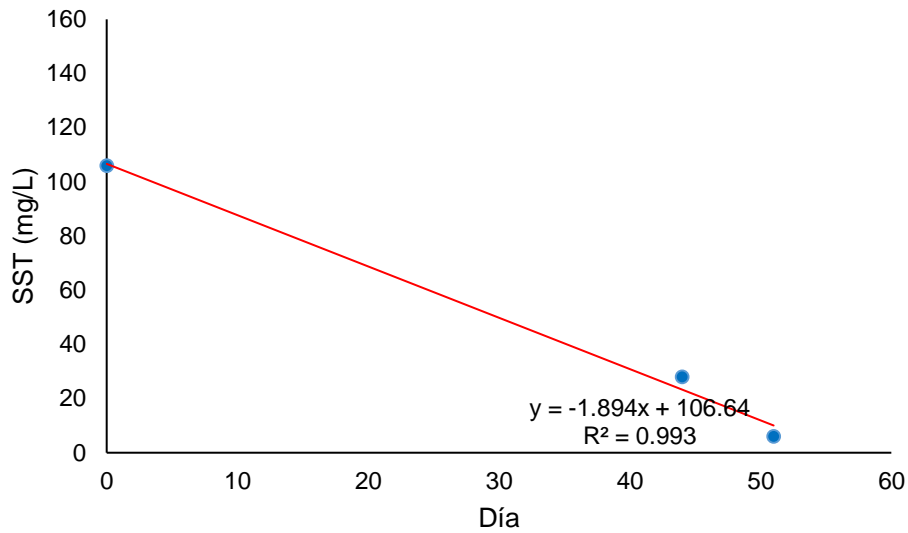


Figura 29. Remoción de SST en el humedal artificial con la especie vetiver.

Fuente: Elaboración propia

Para la especie Junco

a. pH

En la Figura 30 muestra el pH con un valor de 7.2, observando que presenta valores ligeramente alcalinos, a los 44 días el primer análisis del afluente resultó 7.7 unidad de pH y a los 51 días 7.0 unidad pH del afluente, El Límite Máximo Permissible es (6.5 – 8.5) para el agua residual, el efluente y afluente están dentro lo establecido para norma D.S.N° 003-2010 MINAM.

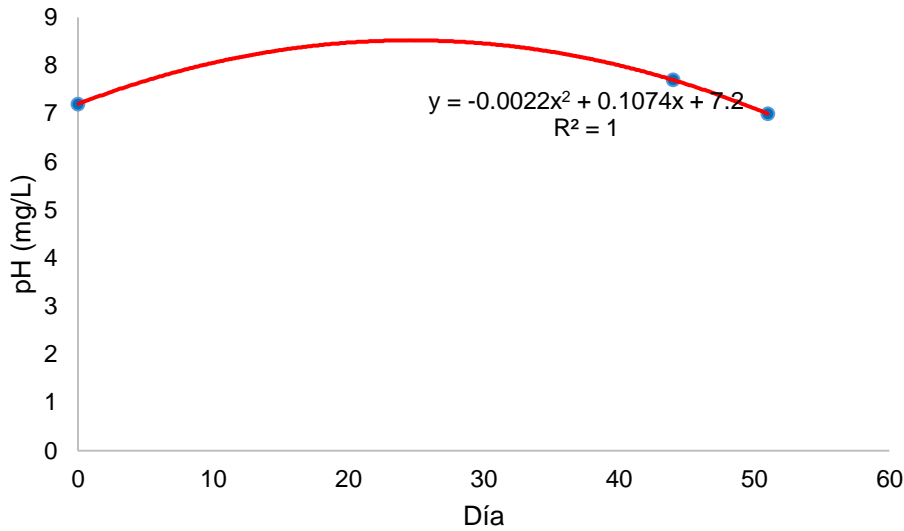


Figura 30. Remoción del pH en el humedal artificial con la especie junco.

Fuente: Elaboración propia

b. Temperatura

En la Figura 31 en la muestra inicial resultó una temperatura de 28.2 C°, a los 44 días el primer análisis del afluente la temperatura se incrementó a 29 C° y a los 51 días la temperatura del afluente de mantuvo en 29 C°, En el D.S. N° 003-2010 MINAN que Limite Máximo permisible estable que la temperatura tiene que < 35 C°, por lo tanto, el resultado de análisis (efluente y afluente) están dentro de lo mencionado por el decreto.

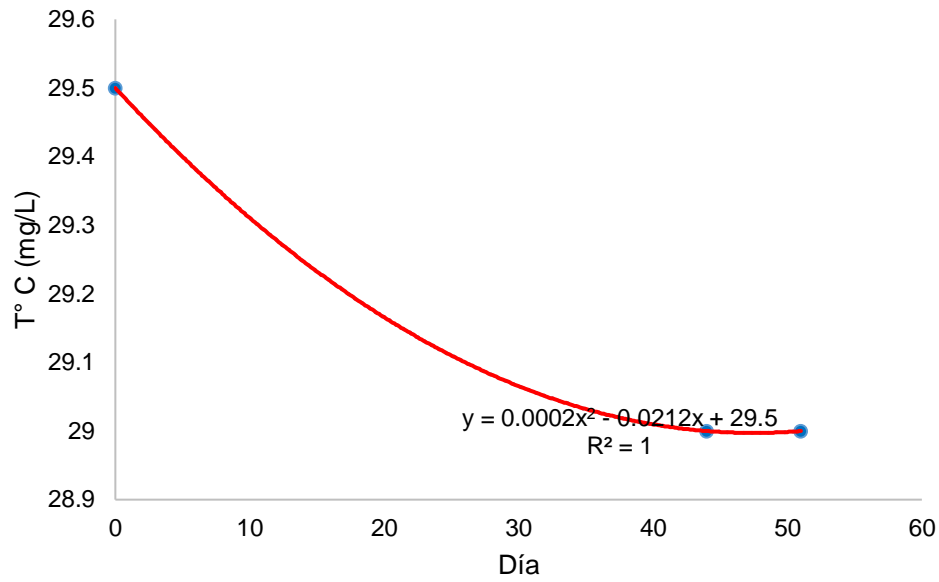


Figura 31. Remoción de la temperatura con la especie junco

Fuente: Elaboración propia

c. Aceites y grasas

En la Figura 32 la muestra inicial resultó 14.4 mg/L, a los 44 días se incrementó a 18.2 mg/l y a los 51 descendió a 2.8 mg/l El Límite Máximo Permisible de aceites y grasas es 20 mg/l todas las muestras analizadas están dentro de lo establecido por el D.S. N° 003-2010 MINAM.

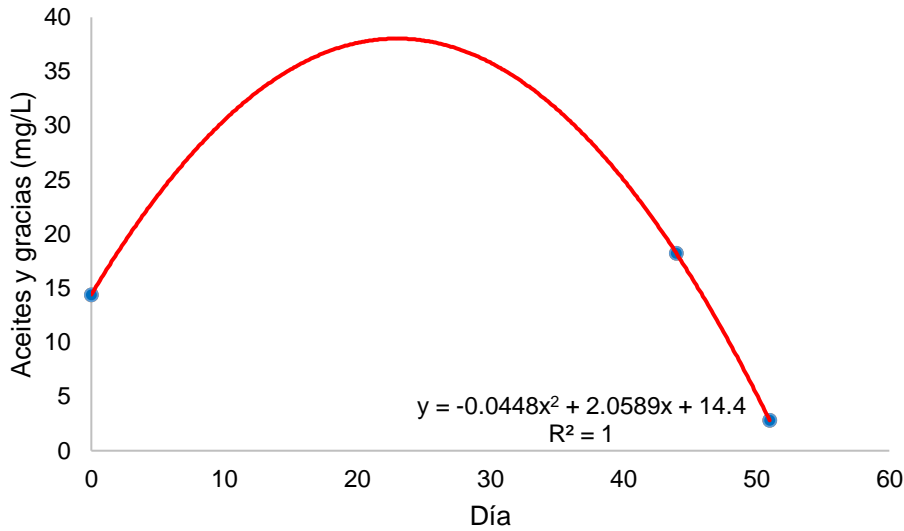


Figura 32. Remoción de aceites y grasas con la especie junco

Fuente: Elaboración propia

d. Demanda Bioquímica de Oxígeno

En la figura 33 nos muestra que el análisis inicial fue 247 mg/l DBO, a los 44 días el afluyente tuvo un 130 mg/l DBO, a los 51 días el afluyente tuvo 55 mg/l DBO, según el D.S. N°003-2010 MINAM límites máximos permisibles es 100 mg/l DBO, por lo tanto, a los 51 días se obtuvo un mejor resultado. A través del análisis de regresión, se determinó que la DBO, se cumpliría únicamente a los 47 días de funcionamiento del humedal.

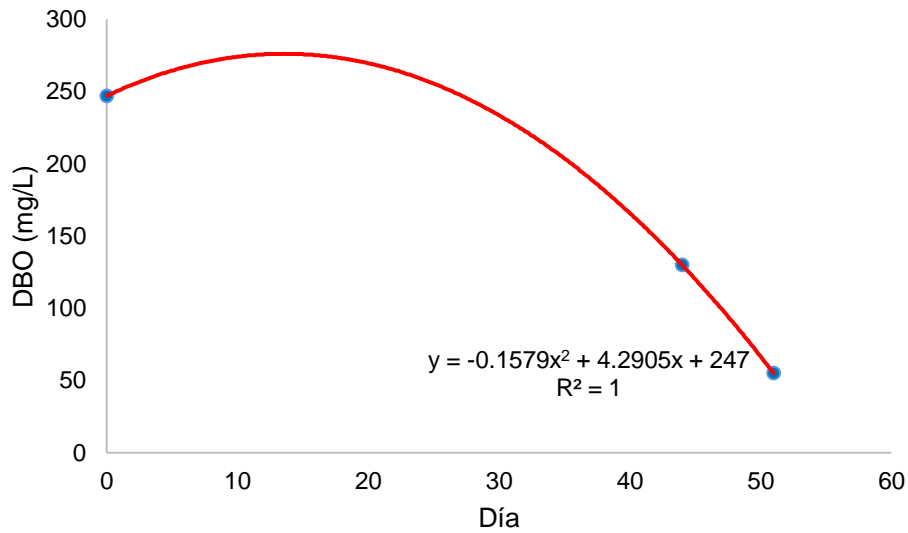


Figura 33. Remoción de DBO en el humedal artificial con la especie junco.

Fuente: Elaboración propia

e. Demanda Química de Oxígeno

En la figura 34 nos muestra que el análisis inicial fue 600 mg/l DQO, a los 44 días el afluente tuvo un 310 mg/l DQO, a los 51 días el afluente tuvo 130 mg/l DQO, según el D.S. N°003-2010-MINAM, el límite máximo permisible es 200 mg/l DQO, este valor se cumpliría a los 48 días. Por lo tanto, a los 51 días se obtuvo un resultado inferior al LMP.

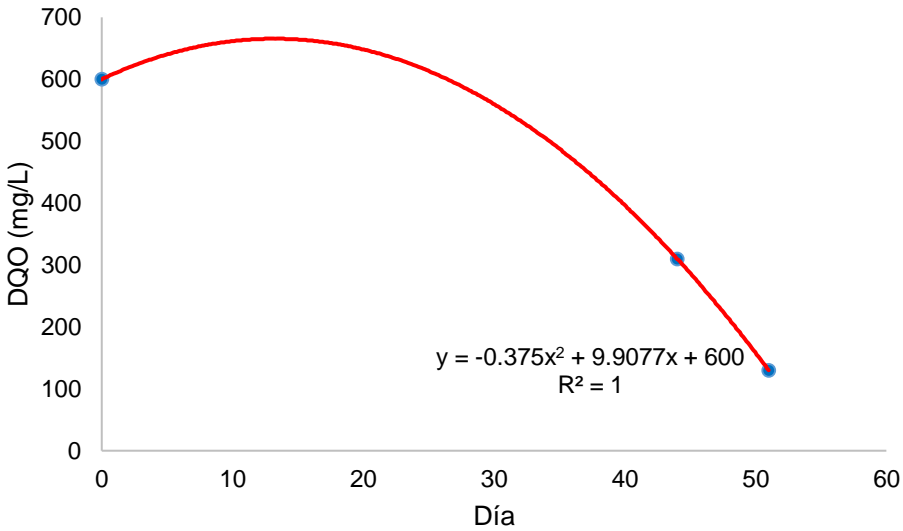


Figura 34. Remoción de DQO en el humedal artificial con la especie junco.

Fuente: Elaboración propia

f. Sólidos suspendidos totales

En la Figura 35 se muestra los resultados del parámetro sólidos suspendidos totales, el efluente ingresa con un valor de 106 mg/L y en el afluente el primer análisis después de 41 días es un valor de 47 mg/L, luego después de 7 días nos dio un resultado de 12 mg/L. todos los valores tanto el antes y después están dentro del Límite Máximo Permisible que es (150). Se observa la disminución de este parámetro mientras transcurre el tiempo.

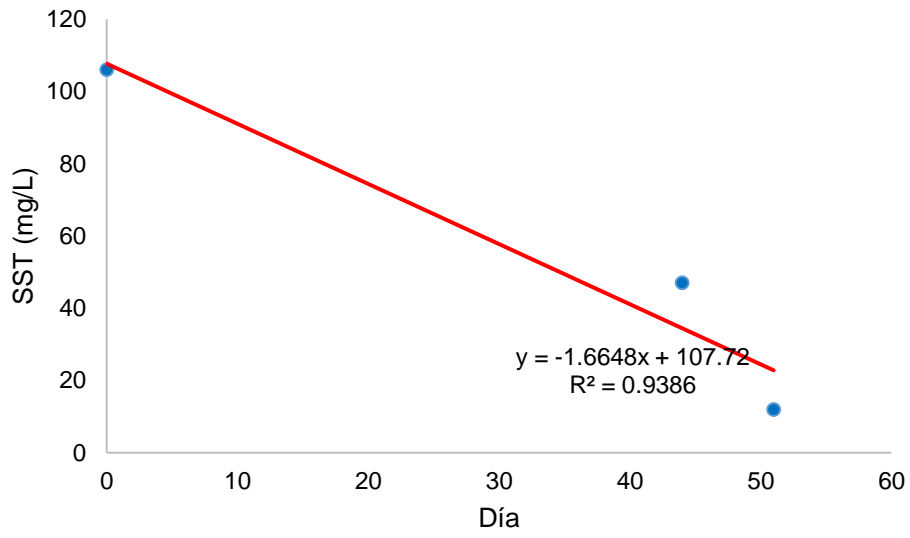


Figura 35. Remoción de SST en humedal artificial con la especie junco.

Fuente: Elaboración propia

4.2 (Norton, 2007) **Discusión**

A los 44 días de funcionamiento del HA, la concentración de AyG aumentó para el junco, probablemente debido a efluentes con elevada cantidad de AyG provenientes de fuentes puntuales. De acuerdo con Junqueira, Campos, Fia, Fia, & Amorim, (2017) los aceites y grasas poseen baja solubilidad y alta resistencia a la degradación, convirtiéndose en uno de los compuestos orgánicos más complejos al tratamiento, mientras que, para el vetiver se mantuvo constante. Ambas especies disminuyeron la concentración de AyG de AR a los 51 días, siendo de 76% y 81% para junco y vetiver respectivamente. Rojas (2018) encontró una eficiencia de 89% para vetiver a dos meses de funcionamiento.

La eficiencia de remoción de DBO y DQO del junco fue respectivamente de 78% y 78%, a los 51 días de funcionamiento del humedal (Bedoya Pérez, Ardila Arias, & Reyes Calle, 2014), reportan una remoción de DBO y DQO de 83% y 54% a 44 días de funcionamiento del humedal.

Con el vetiver se alcanzó una eficiencia de DBO y DQO respectivamente de 89% y 90%. Rojas (2018) encontró una eficiencia de 84% y 73% para DBO y DQO respectivamente en un tiempo de dos meses.

La baja eficiencia de remoción de materia orgánica en junco se debe a la baja presencia de OD en el humedal, ya que los procesos biológicos de degradación son aeróbicos. Park et al. (2018) mencionan que los humedales convierten la materia orgánica del AR en compuestos más estables. Para (Norton, 2007) los microorganismos hidrolizan la materia orgánica a la entrada del humedal y luego en la rizósfera, se sigue descomponiendo aún más. La relación DQO/DBO es 2.4, la cual indica que el AR es biodegradable (Martinez, 2016).

En el presente estudio, se obtuvo una eficiencia de remoción de la (DBO) del agua residual municipal, con la especie junco del 78%, a los 51 días de funcionamiento del humedal. Resultados aproximados son reportados por Montalván y López (2015), con una eficiencia de remoción de (DBO) de 66,96 %, utilizando la especie junco. Asimismo, la remoción de (DBO) con

la especie vetiver fue del 89%. Gómez (2017) reporta una eficiencia del 90% para la remoción de carga orgánica (DBO) del agua residual municipal.

En cuanto a la remoción de (DQO) del agua residual municipal, se obtuvo una eficiencia del 78%, con la especie junco a los 51 días de funcionamiento del humedal. Sin embargo, Montalván y López (2015), obtuvieron una eficiencia de remoción de 64.98% para el caso de (DQO). Esta diferencia posiblemente se debe a la diferencia de temperatura de la zona en la cual funcionó en humedal artificial. De acuerdo con Delgadillo et al., (2010), este parámetro es determinante en el tratamiento de aguas residuales ya que muchos procesos biológicos dependen de la temperatura, siendo el rango óptimo de 25°C a 35°C. Por otro lado, en cuanto a la eficiencia de remoción de (DQO) del agua residual municipal con la especie vetiver, se obtuvo un valor de 90%. Un valor aproximado fue encontrado por Gómez (2017), cuya eficiencia de remoción de (DQO) fue de 89.2% con la especie vetiver.

La eficiencia de remoción de SST del agua residual municipal con la especie junco fue 89%. Acorde con este resultado, Montalván y López (2015) encontraron una eficiencia de remoción de (SST) del agua residual de 90,47%, utilizando la especie junco. Por otro lado, en el presente estudio, se obtuvo una remoción de 94% de (SST), para la especie vetiver. Acorde con esto, Rojas (2018), encontró una eficiencia del 95.51% para la remoción de (SST) del agua residual, con la especie vetiver.

El porcentaje de remoción de aceites y grasas del agua residual para la especie junco fue 81%, mientras que Rojas (2018), encontró un valor de 88.89% de remoción de aceites y grasas, utilizando la misma especie fitorremediadora. Asimismo, con respecto a la especie vetiver, se obtuvo una remoción del 76%. Sin embargo, Rodríguez (2014), reportó una eficiencia de remoción de este contaminante, del 98%.

La temperatura del agua residual después de 51 días de instalado el humedal artificial, con la especie junco, fue 29°C, mientras que el pH del agua residual fue 7.0. Para la especie

vetiver, la temperatura del agua residual después de 51 días de instalado el humedal artificial, fue 29°C, mientras que el pH del agua residual fue 6.8. (Rojas, 2018), reporta un valor de temperatura de 22°C y un pH de 7.8 del agua residual tratada con la especie vetiver.

El Límite Máximo permisible de la (DBO) es 100 mg/L. A través del análisis de regresión, se determina que este valor se cumpliría a los 45 días de funcionamiento del humedal para la especie Vetiver. Por otro lado, el Límite Máximo Permisible (LMP) para (DQO) es 200 mg/L, mediante el análisis de regresión se determinó que este parámetro se alcanzaría a los 47 días de funcionamiento del humedal.

Asimismo, para la especie Junco, a través del análisis de regresión, se determina que la (DBO) se cumpliría a los 45 días de funcionamiento del humedal. Por otro lado, el Límite Máximo Permisible (LMP) para (DQO) es 200 mg/L, mediante el análisis de regresión se determinó que este parámetro se alcanzaría a los 51 días de funcionamiento del humedal.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se aceptó la hipótesis alterna para ambas especies fitorremediadoras, por tanto: Los humedales artificiales con las especies *typha sp* y *chrysopogon zizanioides* son eficientes en la remoción de contaminantes del agua residual municipal, cumpliendo de esta manera el LMP.
- El agua residual municipal cumplió los Límites Máximos permisibles antes del tratamiento. A los 44 días de funcionamiento el parámetro AyG aumentó para la especie junco, mientras que en el vetiver se mantuvo constante. Ambas especies fitorremediadoras disminuyeron la concentración de aceites y grasas de AR a los 51 días.
- A los 51 días de funcionamiento del humedal horizontal sub superficial se obtuvo una eficiencia de remoción de la DBO del agua residual municipal, con la especie junco del 78% y 89 % de remoción de DBO con la especie vetiver. En cuanto a la remoción de DQO del agua residual municipal, se obtuvo una eficiencia del 78%, con la especie junco y 90% con la especie vetiver. Por otro lado, la eficiencia de remoción de SST del agua residual municipal con la especie junco fue 89% y con la especie vetiver fue 94%. El porcentaje de remoción de aceites y grasas del agua residual para la especie junco fue 81%, mientras que con la especie vetiver, se obtuvo una remoción del 76%.
- Asimismo, con la especie junco el valor de la temperatura fue 29°C, mientras que el pH del agua residual fue 7.0, después de los 51 días de funcionamiento del humedal horizontal subsuperficial. Mientras que para la especie vetiver, la temperatura del agua residual fue 29°C y el pH del 6.8.

5.2 Recomendaciones

- Se les recomienda utilizar humedales artificiales con las especies *Vetiver Chrysipogon zizanioides* y *junco thypa sp* para el tratamiento de aguas residuales, ya que este sistema presenta eficiencias en la remoción de estos contaminantes. Asimismo, los humedales artificiales, no necesita energía eléctrica, personal calificado y ni altos costos de operación y mantenimiento, lo cual hace que este sistema sea una alternativa sostenible.
- Se recomienda instalar una trampa de grasa, previo al sistema de humedales artificiales, debido a que los humedales artificiales son considerados sistemas de tratamiento secundario.
- Asimismo, se recomienda, implementar un plan de mantenimiento de la biomasa de humedales artificiales, para evitar deslizamientos, crecimiento de otras especies vegetales y la proliferación de vectores.
- Realizar futuras investigaciones, con mayor tiempo de funcionamiento del humedal artificial, para mejorar la eficiencia en la remoción de los parámetros de calidad del agua residual municipal.

Referencias

- Albuja, E. (2012). Uso De Humedales Para El Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas En Poblaciones Del Medio Rural. Retrieved from <http://www.bibliotecasdelecuador.com/Record/oai-:123456789-4158>
- Altamirano, A. (2011). Efecto del Tiempo de Hidroinmersión en el crecimiento y desarrollo de esquejes de “ Vetiver” *chrysopogon zizanioides*, en el sistema aeropónico, 1–93.
- Aponte, Hector. (2015). El junco: clasificación, biología y gestión, (January 2009).
- Aponte, Héctor, Pérez, P., & Armesto, M. (2014). El uso y mercado de “Junco” implicancias para su manejo y conservación, *11*(3), 218–229.
- Araujo, B. G. (2015). Tratamiento de Esgoto de Pequena Comunidade Utilizando Tanque Séptico, Filtro Anaeróbio e Filtro de Areia, 1–138.
- Arias, S. A., Betancur, F. M., Gómez, G., Salazar, J. P., & Hernández, M. L. (2010). *Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas*. Universidad de Antioquia.
- Arias, S., Betancur, F., Gomez, G., & Salazar, J. (2010). Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Rev. Int. Contam. Ambient.*
- Bedoya Pérez, J. C., Ardila Arias, A. N., & Reyes Calle, J. (2014). EVALUACIÓN DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL EN EL TRATAMIENTO. *redalyc*, 10.
- Campos, E., & Gómez, A. M. (2009). *Tratamiento de aguas residuos mediante irradiación Gamma*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Cano, V. (2010). Dimensiones de Wetlands construidos , Visando reuso de agua, 2. Retrieved from http://www.esiga.org.br/sigaciencia/Trabalhos_publicados/I_SIGA_Ciencia/PDFs/Dimensionamento_wetlands_construidos.pdf
- Ceballos, J., & Montoya, J. (2010). Estudio comparativo de la remoción de materia orgánica en humedales artificiales usando tres especies de macrófitas. *Revista EIA, ISSN 1794-1237*, 14, 20.
- Climate-Data.org. (2018). Clima. Retrieved from <https://es.climate-data.org/location/361625/#climate-graph>
- Contreras, Y. C. (2015). “*Determinacion de Metales Traza en Totora y sedimento en el santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, Rio Cruces Valdivia.*” Retrieved from <http://biblioteca.cehum.org/handle/123456789/712>

- Costa, T. da. (2013). Avaliação dos teores de fósforo e nitrogênio em um efluente líquido doméstico pré-tratado na irrigação de axonopus compressus. Retrieved from <https://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/1873>
- Cubillos, A. (2009). Parametros y características de las aguas residuales, 1–31.
- Cueva, E., & Rivadeneira, F. (2013). Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas mediante un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial con Vegetación Herbácea. *Tesis*, 94. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba- Bolivia. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>
- Espigares, M., & Pérez, J. (2014). Aguas residuales, composición, 1–22.
- Espinosa, C. E. (2014). *Factibilidad del diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales de 30.000 habitantes camilo eduardo espinosa ortíz maestría en ingeniería civil*. Universidad Julio Garavito.
- Fernández, J. (1970). Humedales artificiales para depuración., 79–90.
- Fernández, M. (2015). Macrofitas de interés en fitodepuración., 1–16.
- Flores, M. (2014). *Aplicacion de humedal artificial con macrofitas flotantes en la recuperacion de las aguas residuales domesticas Moyobamba- San Martin*. Retrieved from http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/2390/TP_ISA_00015_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García, P., Clemente, M., Díaz, J., Centeno, Á., & Isaac, E. (2015). *Vetiver Barrera Viva Contra la Erosión del Suelo*.
- Gómez, H. (2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales, 1–42.
- Gómez, Y. M. (2017). Evaluación de la Eficiencia de Humedales Artificiales Verticales Empleando Cyperus alternifolius y Chrysopogon zizanioides para el Tratameinto de Aguas Servidas, 1–165.
- Granados, M. (2018). *Estudio de factibilidad de la Implementación de Humedales Artificiales para el tratamiento de Aguas Residuales en ecosistemas de Alta Montaña en Toquilla*. Universidad Libre Departamento de Postgrados Gerencia Ambiental. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/d98f/43193aa3f9b060a02a34a0fd9eb757e65d90.pdf>
- Guevara, B., Paola, L., Arias, C., Elizabeth, C., & Daniel, P. P. (2016). Construcción y evaluación de la eficiencia de dos prototipos de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de la Universidad El Bosque Construction and evaluation of efficiency of two prototypes of artificial wetlan, 10.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación. Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hoftmann, H., Platzer, C., Winker, M., & Muench, E. Von. (2011). Revisión Técnica de Humedales Artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises, 2–39.
- Insignares, O. (2013). Potencial de producción de biomasa para la generación de energía a partir de sistemas de tratamiento de aguas residuales con base a humedales artificiales de medio suspendido., 1–48.
- Jotisankasa, A., & Mairaing, W. (2014). Infiltration and stability of soil slope with vetiver grass subjected to rainfall from numerical modeling, 6.
- Junqueira, B., Campos, C., Fia, R., Fia, F., & Amorim, F. (2017). Estudos hidrodinâmicos do escoamento em caixa de gordura empregada no tratamento preliminar dos efluentes de cozinha industrial, 911–919. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017134506>
- Lorenzo, E., Guadalupe, J., Fernández, L., & Bataller, M. (2010). Evaluación de la eficiencia de los procesos de coagulación-floculación y ozonización a escala de laboratorio en el tratamiento de aguas residuales municipales. *Revista CENIC*, 1–9.
- Luna, V., & Ramírez, H. (2004). Medios de soporte alternativo para la remoción de fósforo en humedales artificiales. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 38.
- Martelo, J., & Borrero, J. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales. *Revista Del Instituto de Investigación FIGMMG*, 8, 15.
- Martinez, M. D. (2016). Eficiencia en la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales en la Planta de tratamiento de aguas Residuales de la ciudad de Celendín. Celendín.
- Mello, E. J. R. de. (2007). Tratamento de esgoto sanitário - Avaliação da estação de tratamento de esgoto do Bairro Novo Horizonte na cidade de Araguari/MG, 99.
<https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000100010>
- Mendoca, H., Melo, C., & Nogueira, K. (2016). Remoção de matéria orgânica e nutrientes de águas residuais de laticínios em sistemas alagados construídos, 40(1), 12–22. Retrieved from http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2017000100003
- MINAN. Agricultura y riego (2017). Perú.
- Montalvan, P., & Lopez, K. (2015). *Eficiencia del Humedal Artificial con Cyperus y Typha angustifolia en la depuración de aguas residuales domésticas Habana.2015*. Universidad Nacional de San Martín. Retrieved from <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2467>
- Moraes, R. (2009). Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo “wetlands” para tratamento

- de água cinza visando o reúso não potável, 96. Retrieved from http://www.engenhariaambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/avaliacao_do_comportamento_hidrodinamico_de_um_wetland_construido_de_fluxo_horizontal.pdf
- Municipalidad Provincial de Huallaga. (2012). Saposoa , tierra de Francisco Izquierdo Ríos Capital de la Provincia de Huallaga Región San Martín Perú , 2012 Confianza y Buen Gobierno Trabajo en Equipo, 1–109. Retrieved from http://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/12213/PLAN_12213_Plan_de_Desarrollo_Concertado_Provincial_2012.pdf
- Muñoz, A. (2008). *Caracterización y tratamiento de aguas residuales*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Norton, S. (2007). *Removal Mechanisms in Constructed Wastewater Wetlands*.
- Olivos, E. (2010). Tratamiento de aguas, 8.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Biblioteca Nacional Del Perú N° 2014-05991*, 42. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Orjuela, M., & Lizarazo, J. (2013). Sistemas de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Colombia, 82.
- Pérez, R. (2013). *Selección de terciologías para el tratamiento de aguas residuales municipales*. México.
- Rabat, J. (2016). Análisis de los modelos de diseño de los sistemas naturales de depuración, 112.
- Rodriguez, E. (2014). *Tratamento Dos Residuos de fossas e Tanques septicos em um Sistema de Alagado Construido*. Retrieved from [https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/2936/5/Tratamento dos resíduos de fossas e tanques sépticos em um sistema de alagado construído.pdf](https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/2936/5/Tratamento%20dos%20res%C3%ADduos%20de%20fossas%20e%20tanques%20s%C3%A9pticos%20em%20um%20sistema%20de%20alagado%20constru%C3%ADdo.pdf)
- Rojas, M. (2018). *Tratamiento de aguas residuales Domesticas (Chrysopogon Zizanioides) en Humedales Artificiales en la comunidad de Santa Rosa Bajo Distrito de Chota, 2017*. Retrieved from http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25780/Rojas_DMY.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Romero, M., Colín, A., Sánchez, E., & Hernández, L. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: Evaluación de la remocion de la carga orgánica. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 25(3), 157–167.
- Sancha, M. (2013). Caracterización Físico- química y mocrobiológica de un proceso de

- tratamiento de lixiviados de vertedero, 1–109.
- Silva, Á. S., & Zamora, H. D. (2005). Humedales Artificiales. *PhD Proposal*, 1, 100.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Silva, L., Pereira, S., & Batista, G. (2008). Análise Da Eficiência De Um Sistema Wetland Para O Tratamento De Esgoto Doméstico, (1). Retrieved from
<http://www.infohab.org.br/entac2014/2008/artigos/A2171.pdf>
- Soto, L., Mart, M., & Hern, C. (2016). Estudio de aplicabilidad de humedales artificiales para la mejora de l acalidad de las aguas residuales., 84.
- Suarez, L. (2011). Tratamiento de aguas residuales municipales en el valle del cauca, 122.
- Truong, P., & Chavez, Y. (2010). Fitorremediación de Suelos Contaminados Utilizando Pasto Vetiver, 1–11.
- Vargas, C. (1996). Características microbiológicas de las aguas residuales, 1–14.
- Vinueza, J. S. (2014). *Diseño de un sistema de pantanos artificiales para el tratamiento de aguas negras y grises del campo base y área de mantenimiento el coca de la empresa triboilgas*. Universidad Central del Ecuador.
- Yocum, D. (2006). Manual de Diseño : Humedal Construido para el Tratamiento de las Aguas Grises por Biofiltración. *Universidad De California*, 1–16. Retrieved from
http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP_reports/Diseno_Humedal_AguasGrises.pdf
- Zulaica, L. (2007). Microbiología en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, 1–11.

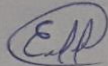
Anexos

Anexo 1. Autorización para el desarrollo de la investigación

ACTA DE ACUERDO

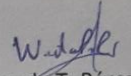
En los ambientes de la Dirección de Obras del Proyecto Especial Huallaga Central Bajo Mayo, siendo las 11.50 a m del día 18 de Febrero del 2019, nos reunimos las señoritas Wendy T. Pérez Ruiz con DNI N° 74316679 y Elva, Bustamante Dávila con DNI N° 73767367, Egresados de la Universidad Peruana UNION, quienes solicitaron a la Entidad el apoyo con el área del terreno de la cámara de Bombeo N° 01 del sistema de alcantarillado de la Localidad de Saposoa por lo que la Entidad acepta para los estudios a realizar en dichos ambientes; quedando el compromiso de dejar los ambientes tal y conforme se les entrego.

Siendo las 12.10 pm del mismo día, firmamos la presenta Acta en son de conformidad.



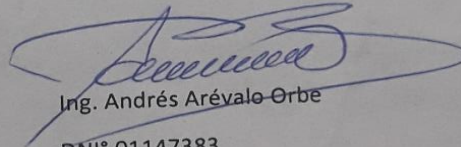
Srta. Elva, Bustamante Dávila

DNI N° 73767367



Wendy T. Pérez Ruiz

DNI N° 74316679



Ing. Andrés Arévalo Orbe

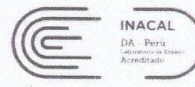
DNI° 01147383

Anexo 2. Características del agua residual municipal antes del tratamiento



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN - INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0009/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ / ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : SAPOSOA – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 07 – Enero - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 07 - Enero - 2 019 / 18:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo: 07 al 15 - Enero - 2 019

Código Interno: L0009/19

PARÁMETROS	0009 – 1 ^(a)	Expresado en:	METODOS DE ENSAYO
	M - 01 ^(b) (07:01 h)		
Aceites y Grasas	14,4	mg/L	APHA 5520 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	247	mg DBO/L	APHA 5210 B
Demanda Química de Oxígeno	600	mg DQO/L	APHA 5220 D
Sólidos Suspendedos Totales	108	mg/L	APHA 2540 D
Microbiológicos			
Coliformes Termotolerantes (NMP)	46 x 10 ⁴	NMP/100 mL ⁻	APHA 9221 E (ítem 1)

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23rd EDIC. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 15 de Enero de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Cónder Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento

Código: F79-P-LAB.02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

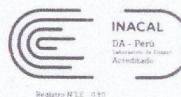
Página 1 de 1

Anexo 3. Informe de ensayo para SST, con la especie Junco a los 44 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0370/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ / ELVA BUSTAMANTE DAVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : SAPOSOA – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 13 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 14 - Abril - 2 019 / 06:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 15 al 25 - Abril - 2 019

Código Interno: L0370/19

PARÁMETROS	0370 – 1 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-J-01 ^(b) (07:00 h)		
Sólidos Suspendidos Totales	47	mg/L	APHA 2540 D

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDAR METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 25 de Abril de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha.: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb.Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

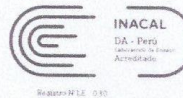
Página 1 de 5

Anexo 4. Informe de ensayo para DBO, con la especie Junco a los 44 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
 Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
 POR EL ORGANISMO PERUANO DE
 ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
 REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0370/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ / ELVA BUSTAMANTE DAVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : SAPOSOA – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Hualлага
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 13 – Abril - 2 019
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 14 - Abril - 2 019 / 06:00 h
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 15 al 25 - Abril - 2 019

Código Interno: L0370/19

PARÁMETROS	0370 – 2 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-J-02 ^(b) (07:05 h)		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	130	mg DBO/L	APHA 5210 B

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDAR METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 25 de Abril de 2 019.

EQUAS S.A.

 Ing. Eusebio Victor Cóndor Evaristo
 Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
 Revisión: 01
 Fecha.: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb.Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
 Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

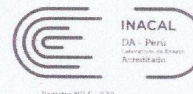
Página 2 de 5

Anexo 5. Informe de ensayo para AyG, con la especie Junco a los 44 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE-030



INFORME DE ENSAYO N° A0370/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ / ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : SAPOSOA – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 13 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 14 - Abril - 2 019 / 06:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 15 al 25 - Abril - 2 019

Código Interno: L0370/19

PARÁMETROS	0370 – 3 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-J-03 ^(b) (07:10 h)		
Aceites y Grasas	18,2	mg/L	APHA 5520 D

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDAR METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 25 de Abril de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74. Urb.Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

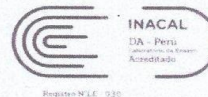
Página 3 de 5

Anexo 6. Informe de ensayo para DQO, con la especie Junco a los 44 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0370/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ / ELVA BUSTAMANTE DAVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : SAPOSOA – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 13 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 14 - Abril - 2 019 / 06:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 15 al 25 - Abril - 2 019

Código Interno: L0370/19

PARÁMETROS	0370 – 4 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-J-04 ^(b) (07:15 h)		
Demanda Química de Oxígeno	310	mg DQO/L	APHA 5220 D

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDAR METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 25 de Abril de 2 019.

EQUAS S.A.
Eusebio Victor Cordero Evaristo
Ing. Eusebio Victor Cordero Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

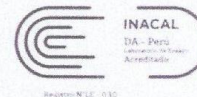
El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha.: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb.Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 4 de 5

Anexo 7. Informe de ensayo para SST, con la especie Vetiver a los 44 días



INFORME DE ENSAYO N° A0371/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ – ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : SAPOSOA – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - Provincia: Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 13 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 14 - Abril - 2 019 / 06:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo: 15 al 25 - Abril - 2 019

Código Interno: L0371/19

PARÁMETROS	0371 – 1 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-V-01 ^(b) (07:30 h)		
Sólidos Suspendedos Totales	28	mg/L	APHA 2540 D

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS-

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 25 de Abril de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte

Revisión: 01

Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Fecha.: 30-04-2018

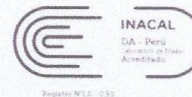
Página 1 de 4

Anexo 8. Informe de ensayo para DBO, con la especie Vetiver a los 44 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0371/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ – ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : SAPOSOA – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 13 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 14 - Abril - 2 019 / 06:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 15 al 25 - Abril - 2 019

Código Interno: L0371/19

PARÁMETROS	0371 – 2 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-V-02 ^(b) (07:35 h)		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	114	mg DBO/L	APHA 5210 B

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 25 de Abril de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha.: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb.Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 2 de 4

Anexo 9. Informe de ensayo para AyG, con la especie Vetiver a los 44 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0371/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ – ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : SAPOSOA – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 13 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 14 - Abril - 2 019 / 06:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo: 15 al 25 - Abril - 2 019

Código Interno: L0371/19

PARÁMETROS	0371 – 3 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-V-03 ^(b) (07:40 h)		
Aceites y Grasas	14,4	mg/L	APHA 5520 D

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 25 de Abril de 2 019.

EQUAS S.A.
[Firma]
Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha.: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

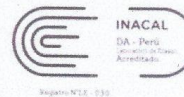
Página 3 de 4

Anexo 10. Informe de ensayo para DQO, con la especie Vetiver a los 44 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0371/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ – ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : SAPOSOA – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 13 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 14 - Abril - 2 019 / 06:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 15 al 25 - Abril - 2 019

Código Interno: L0371/19

PARÁMETROS	0371 – 4 ^(*)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-V-04 ^(b) (07:45 h)		
Demanda Química de Oxígeno	270	mg DQO/L	APHA 5220 D

(*) Código de Laboratorio

(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

□ STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

□ Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 25 de Abril de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Cónder Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P-LAB.02
Revisión: 01
Fecha.: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb.Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

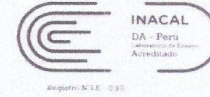
Página 4 de 4

Anexo 11. Informe de ensayo para SST, con la especie Junco a los 51 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0385/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ - ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : TESIS – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 20 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 23 - Abril - 2 019 / 08:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 23 - Abril al 02 - Mayo - 2 019

Código Interno: L0385/19

PARÁMETROS	0385 – 1 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-J-01 ^(b) (07:00 h)		
Sólidos Suspendedos Totales	12	mg/L	APHA 2540 D

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

□ STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

□ Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 02 de Mayo de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Cándor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km. 28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

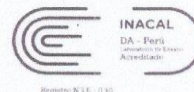
Página 1 de 4

Anexo 12. Informe de ensayo para DBO, con la especie Junco a los 51 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN - INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0385/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ - ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : TESIS – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 20 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 23 - Abril - 2 019 / 08:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 23 - Abril al 02 - Mayo - 2 019

Código Interno: L0385/19

PARÁMETROS	0385 – 2 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-J-02 ^(b) (07:05 h)		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	55	mg DBO/L	APHA 5210 B ^{(c)(*)} (*)

(^a) Código de Laboratorio

(^b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas

Lima, 02 de Mayo de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha.: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb.Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 2 de 4

Anexo 13. Informe de ensayo para AyG, con la especie Junco a los 51 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN - INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0385/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ - ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : **TESIS – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL**
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : **Agua Residual Municipal**

Fecha de Muestreo : 20 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 23 - Abril - 2 019 / 08:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 23 - Abril al 02 - Mayo - 2 019

Código Interno: L0385/19

PARÁMETROS	0385 – 3 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-J-03 ^(b) (07:10 h)		
Aceites y Grasas	2,8	mg/L	APHA 5520 D

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 02 de Mayo de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha.: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

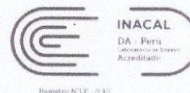
Página 3 de 4

Anexo 14. Informe de ensayo para DQO, con la especie Junco a los 51 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Producción y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION - INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0385/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ - ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : TESIS – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Hualлага
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 20 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 23 - Abril - 2 019 / 08:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 23 - Abril al 02 - Mayo - 2 019

Código Interno: L0385/19

PARÁMETROS	0385 – 4 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-J-04 ^(b) (07:15 h)		
Demanda Química de Oxígeno	130	mg DQO/L	APHA 5220 D

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 02 de Mayo de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha.: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km 28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

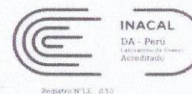
Página 4 de 4

Anexo 15. Informe de ensayo para SST, con la especie Vetiver a los 51 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0384/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ - ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : TESIS – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 20 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 23 - Abril - 2 019 / 08:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo: 23 - Abril al 02 - Mayo - 2 019

Código Interno: L0384/19

PARÁMETROS	0384 – 1 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-V-01 ^(b) (07:30 h)		
Sólidos Suspendidos Totales	6	mg/L	APHA 2540 D

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 02 de Mayo de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Cordero Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha.: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb.Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

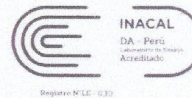
Página 1 de 4

Anexo 16. Informe de ensayo para DBO, con la especie Vetiver a los 51 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0384/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ - ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : TESIS – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - Provincia: Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 20 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 23 - Abril - 2 019 / 08:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 23 - Abril al 02 - Mayo - 2 019

Código Interno: L0384/19

PARÁMETROS	0384 – 2 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-V-02 ^(b) (07:35 h)		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	26	mg DBO/L	APHA 5210 B ^(***) (*)

(^a) Código de Laboratorio

(^b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- ^(***) El resultado de DBO es referencial, porque no cumple con los requisitos de control de calidad. Se efectuó el análisis a solicitud del cliente.

Lima, 02 de Mayo de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

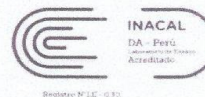
Página 2 de 4

Anexo 17. Informe de ensayo para AyG, con la especie Vetiver a los 51 días.



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0384/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ - ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : TESIS – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Distrito: Saposoa - **Provincia:** Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal

Fecha de Muestreo : 20 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 23 - Abril - 2 019 / 08:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 23 - Abril al 02 - Mayo - 2 019

Código Interno: L0384/19

PARÁMETROS	0384 – 3 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-V-03 ^(b) (07:40 h)		
Aceites y Grasas	3,4	mg/L	APHA 5520 D

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 02 de Mayo de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimiente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha.: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb.Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

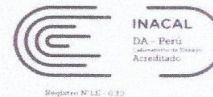
Página 3 de 4

Anexo 18. Informe de ensayo para DQO, con la especie Vetiver a los 51 días



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0384/19

Solicitante : WENDY TATIANA PÉREZ RUIZ - ELVA BUSTAMANTE DÁVILA
Dirección : Jr. Primero de Mayo Nro. 931 – Morales - Tarapoto

Procedencia : **TESIS – AGUA RESIDUAL MUNICIPAL**
Distrito: Saposoa - Provincia: Huallaga
Departamento: San Martín

Matriz de la Muestra : **Agua Residual Municipal**

Fecha de Muestreo : 20 – Abril - 2 019
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 23 - Abril - 2 019 / 08:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 23 - Abril al 02 - Mayo - 2 019

Código Interno: L0384/19

PARÁMETROS	0384 – 4 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	M-V-04 ^(b) (07:45 h)		
Demanda Química de Oxígeno	61	mg DQO/L	APHA 5220 D

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 02 de Mayo de 2 019.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Victor Cordero Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha.: 30-04-2018

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 4 de 4

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación a:

Environmental Quality Analytical Services S.A. - EQUAS S.A.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Panamericana Norte Km. 28.5, Mz. I, Lte 74, Urb. Naranjito, distrito de Puente Piedra, provincia de Lima, departamento de Lima

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-act-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 28 de octubre de 2018

Fecha de Vencimiento: 27 de octubre de 2022

Cédula N° : 0935-2018-INACAL/DA
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación
N° 043-2014/INDECOPI/SNA
Registro N° : LE-030

MARÍA DEL ROSARIO URÍA TORO
Directora (e), Dirección de Acreditación - INACAL.

Fecha de emisión: 24 de enero de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-act-01P-02M Ver 02

Anexo 20. Panel Fotográfico



Anexo 20.1 Colocación de fierro en la base del humedal



Anexo 20.2 Materiales para iniciar la construcción



Anexo 20.3 Instalación de tuberías de los humedales



Anexo 20.4 llenado del falso fondo



Anexo 20.5 Llenado con arena



Anexo 20.6 Instalación del motor y radar.



Anexo 20.7 Trasplantado de la macrófita Junco



Anexo 20.8 Trasplantado de la macrófitas vetiver



Anexo 20.11 Medición de la pH y Temperatura



Anexo 20.12 Salida del efluente



Anexo 20.13 Sistema de Humedal Artificial horizontal sub superficial



Anexo 20. 14 Monitoreo del sistema de humedal artificial