

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES CON EL
SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES, PARA
RIEGO ORNAMENTAL, CONCEPCIÓN**

PRESENTADO POR:

Bach. POMA CHANCA, GIOVANA.

Bach. PUCLLAS QUISPE, JOSOHE.

Línea de Investigación Institucional:

Salud y Gestión de la Salud.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2022

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES CON EL
SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES, PARA
RIEGO ORNAMENTAL, CONCEPCIÓN**

PRESENTADO POR:

Bach. POMA CHANCA, GIOVANA.

Bach. PUCLLAS QUISPE, JOSOHE.

Línea de Investigación Institucional:

Salud y Gestión de la Salud.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2022

Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza.

Asesor temático

Msc. Tiber Joel Cano Camayo.

Asesor metodológico

Dedicatoria

- La presente tesis la dedicamos a Dios, por ser siempre nuestra guía en el camino seguido, seguidamente a nuestros padres y familiares quienes nos brindaron todo su apoyo para la realización y llegar a culminar el trabajo de investigación presentado.

Bach. Poma Chanca, Giovana.

Bach. Pucllas Quispe, Josohe.

Agradecimientos

- A nuestros docentes universitarios, quienes fueron los que nos impartieron los conocimientos teóricos y prácticos para nuestro desenvolvimiento en el ejercicio de la profesión de Ingeniería Civil.

Bach. Poma Chanca, Giovana.

Bach. Pucllas Quispe, Josohe.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.
Presidente

ING. Carlos Alberto Gonzales Rojas
Jurado

Ing. Julio Fredy Porras Mayta.
Jurado

Ing. Yina Milagro Ninahuanca Zavala.
Jurado

Ing. Leonel Untiveros Peñaloza.
Secretario docente

ÍNDICE

Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I	16
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Formulación y sistematización del problema	17
1.2.1. Problema general	17
1.2.2. Problemas específicos	17
1.3. Justificación	18
1.3.1. Teórica	18
1.3.2. Práctica	18
1.3.3. Social	18
1.3.4. Metodológica	19
1.4. Delimitación	19
1.4.1. Espacial	19
1.4.2. Temporal	21
1.4.3. Económica	21
1.5. Limitaciones	21
1.6. Objetivos	21
1.6.1. Objetivo general	21
1.6.2. Objetivos específicos	21
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes	22
2.1.1. Nacionales	22
2.1.2. Internacionales	26
2.2. Marco conceptual	30

2.2.1. Aguas grises	30
2.2.2. Características físicas, químicas y biológicas de las aguas grises	31
2.2.3. Procesos de tratamiento de aguas grises	34
2.2.4. Tipos de reúsos de las aguas grises	37
2.2.5. Humedales artificiales	38
2.2.6. Clasificación de humedales artificiales	40
2.2.7. Componentes de los humedales	42
2.3. Definición de términos	47
2.4. Hipótesis	50
2.4.1. Hipótesis general	50
2.4.2. Hipótesis específicas	50
2.5. Variables	51
2.5.1. Definición conceptual de las variables	51
2.5.2. Definición operacional de las variables	51
2.5.3. Operacionalización de las variables	51
CAPÍTULO III	53
METODOLOGÍA	53
3.1. Método de investigación	53
3.2. Tipo de investigación	53
3.3. Nivel de investigación	53
3.4. Diseño de investigación	53
3.5. Población y muestra	54
3.5.1. Población	54
3.5.2. Muestra	54
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
3.6.1. Técnicas de recolección de datos	54
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos	54
3.7. Procesamiento de la información	55
3.8. Técnicas y análisis de datos	55
CAPÍTULO IV	56
RESULTADOS	56
4.1. Descripción de la zona de estudio	56
4.1.1. Ubicación	56
4.1.2. Infraestructura	56

4.1.3. Datos de la población	57
4.2. Caracterización de las aguas grises para su tratamiento con el sistema de humedales artificiales	57
4.3. Descripción del proceso de diseño del sistema de tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales	59
4.3.1. Población de diseño	59
4.3.2. Caudal de diseño de las aguas grises	59
4.3.3. Diseño del sistema de tratamiento de aguas grises	61
4.4. Costo de construcción para el tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales	63
4.5. Caracterización de las aguas efluentes	65
CAPÍTULO V	67
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	67
5.1. De la caracterización de las aguas grises (afluente)	67
5.2. Del diseño de sistema de tratamiento de aguas grises mediante humedal artificial	69
5.3. Del costo de construcción del humedal artificial	70
5.4. De la caracterización de las aguas grises tratadas (efluente)	70
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	78
Anexo N° 01: matriz de consistencia	79
Anexo N° 02: análisis fisicoquímico del afluente	81
Anexo N° 03: cálculo hidráulico del humedal artificial	85
Anexo N° 04: plano constructivo del humedal artificial planteado para la institución educativa	87
Anexo N° 05: plano constructivo de humedad artificial a escala	89
Anexo N° 06: Metrado y presupuesto constructivo del humedal artificial propuesto para la institución educativa	91
Anexo N° 07: Metrado y presupuesto constructivo del humedal a escala	95
Anexo N° 08: análisis fisicoquímico del efluente	98
Anexo N° 09: panel fotográfico	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.	52
Tabla 2. Cantidad poblacional de la institución educativa.	57
Tabla 3. Valores representativos del análisis de laboratorio del afluente.	58
Tabla 4. Consumo estimado por día.	59
Tabla 5. Diseño hidráulico del humedal artificial	61
Tabla 6. Características de la vegetación para el humedal artificial.	63
Tabla 7. Metrado del humedal artificial planteado.	63
Tabla 8. Presupuesto constructivo del humedal artificial.	64
Tabla 9. Metrado del humedal artificial a escala.	65
Tabla 10. Presupuesto del humedal artificial a escala.	65
Tabla 11. Valores representativos del análisis de laboratorio del efluente.	66
Tabla 12. Metrado del humedal artificial planteado.	92
Tabla 13. Metrado del humedal artificial a escala.	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la institución educativa Lorenzo Alcalá Pomalaza.	19
Figura 2. Ubicación provincial de la institución educativa Lorenzo Alcalá Pomalaza.	20
Figura 3. Ubicación nacional de la institución educativa Lorenzo Alcalá Pomalaza	20
Figura 4. Diferencia entre aguas negras y aguas grises.	31
Figura 5. Características físicas, químicas y biológicas de las aguas grises.	34
Figura 6. Tratamiento de aguas grises con proceso físico.	35
Figura 7. Tratamiento de aguas grises con procesos químicos.	36
Figura 8. Tratamiento de aguas grises con proceso biológico.	37
Figura 9. Plantas acuáticas comunes.	39
Figura 10. Sistema de flujo superficial.	41
Figura 11. Sistema de flujo subsuperficial.	42
Figura 12. Esquema típico de planta emergente.	46
Figura 13. Ubicación y localización del proyecto.	56
Figura 14. Valores Representativos del análisis de laboratorio del afluente.	58
Figura 16. Sistema de separación de aguas grises y aguas negras.	62
Figura 17. Vista del tratamiento preliminar de las aguas grises.	62
Figura 15. Valores representativos del análisis de laboratorio del efluente.	66

RESUMEN

La presente investigación planteó como problema general ¿Cuáles son los resultados del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción?, el objetivo general fue: Evaluar los resultados del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción, la hipótesis general es: La eficiencia del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción, será aceptada según los parámetros de la norma técnica.

El método que se empleó fue el científico, de tipo aplicada, nivel descriptivo – correlacional y diseño experimental. Las técnicas utilizadas fueron, el análisis documental y la observación experimental. Se tuvo como población a él volumen de aguas grises producidas en la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza de Concepción, y considerándose 03 muestras de aguas grises. Se llegó a la conclusión que el tratamiento de aguas grises mediante los humedales artificiales de la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza de Concepción, es eficiente, ya que los parámetros físicos químicos se encuentran dentro del rango de los límites máximos permisibles indicados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM, considerándose así como una tecnología válida para depurar las aguas grises y dar uso en el riego ornamental.

Palabras clave: aguas grises, sistema de tratamiento de aguas grises y humedales artificiales.

ABSTRACT

The general problem of this research was: What are the results of greywater treatment with the system of artificial wetlands for ornamental irrigation, Concepción? The general objective was: To evaluate the results of greywater treatment with the system of artificial wetlands for ornamental irrigation, Concepción, the general hypothesis is: The efficiency of greywater treatment with the system of artificial wetlands for ornamental irrigation, Concepción, will be accepted according to the technical standard parameters: The efficiency of greywater treatment with the artificial wetland system, for ornamental irrigation, Concepción, will be accepted according to the parameters of the technical standard.

The method used was scientific, applied, descriptive-correlational and experimental design. The techniques used were documentary analysis and experimental observation. The population was the volume of greywater produced in the I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza de Concepción, and 03 samples of greywater were considered. It was concluded that the treatment of greywater using the artificial wetlands of the I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza de Concepción is efficient, since the physical and chemical parameters are within the range of the maximum permissible limits indicated in the Environmental Quality Standards (ECA) for Water approved by D.S.004-2017-MINAM, thus being considered a valid technology to purify greywater and use it for ornamental irrigation.

Keywords: greywater, greywater treatment system and artificial wetlands.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación cuyo título es: “Tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción”, el cual fue elaborado en concordancia a lo estipulado en el reglamento de grados y títulos emitido por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes.

Se define a las aguas grises a aquellas aguas que se originan a partir de los restos líquidos producidos por el desagüe de las duchas, lavaderos de ropas, lavadero de la cocina, lavavajillas o lavadoras, el nombre de aguas grises tiene relación con su aspecto turbio y por situarse entre la clasificación del agua potable y las aguas residuales. Estas aguas se consideran reutilizables de una manera directa en el uso del inodoro y si recibe un tratamiento adecuado, pueden ser considerados su uso en el riego ornamental.

Para el desarrollo del trabajo de investigación se planteó como objetivo general: Evaluar los resultados del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción y como objetivos específicos:

- a) Evaluar las características de las aguas grises para su tratamiento con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción.
- b) Establecer el diseño del sistema de tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción.
- c) Calcular el costo de construcción para el tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción.
- d) Analizar el efluente del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción.

Por lo que implícitamente con el desarrollo del presente trabajo de investigación se pretende demostrar la eficacia y eficiencia del sistema de humedal artificial en el tratamiento de aguas grises para ser considerado como una opción de tecnología válida.

Para el entendimiento del tema abordado durante el desarrollo de la investigación, la tesis se encuentra dividido mediante capítulos, explicándose cada capítulo de una manera enmarcada y concreta en relación al tema de investigación.

En el capítulo I se describe el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y la respectiva delimitación de la investigación.

En el capítulo II, se redacta el marco teórico, concerniente a conceptos y términos generales sobre los sistemas de tratamiento de aguas grises mediante humedales artificiales.

En el capítulo III, se redacta la metodología aplicada, describiéndose el tipo, nivel, metodología, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de análisis de datos y desarrollo de la investigación.

En el capítulo IV, se plasma los resultados obtenidos sobre el tratamiento de aguas residuales grises mediante humedal artificial en la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza de Concepción.

En el capítulo V, se da la discusión de los resultados obtenidos en el tratamiento de aguas residuales grises mediante humedal artificial en la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza de Concepción,

Finalmente, se da a conocer las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Poma Chanca, Giovana.

Bach. Pucllas Quispe, Josohe.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El agua es un recurso que lamentablemente se viene perdiendo debido a la falta de tratamiento adecuado, es así que es necesario proponer ideas y formas nuevas de tratamiento, encontrándose ahí la importancia de realizar investigaciones que permitan conocer nuevas tecnologías, asegurando así el uso racional de recursos, contar con nuevas y mejores opciones de solución que sean más adecuadas y amigables con el medio ambiente.

A esto se suma que, la mala gestión de las aguas residuales, tiene un impacto muy negativo sobre la salud, nutrición y el medio ambiente. Cada año 1 800 millones de personas están en riesgo de contraer enfermedades como diarrea, cólera, disentería o polio, por el consumo de aguas contaminadas por excrementos.

Ante ello, por ejemplo en la provincia de Concepción, no se reporta el uso de sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales, en tal motivo esta investigación considera su gran importancia, ya que dependiendo de los resultados que se obtengan se podrá generalizar el uso de este tipo de sistemas de tratamiento de aguas grises.

Se conoce que, la ingeniería civil es la especialidad de la ingeniería dedicada al desarrollo, solución de problemas, mejoramiento de las ciudades y como tal, debe proponer soluciones a los problemas que se

presentan, pues desde la formación de las primeras ciudades, estas han enfrentado el problema de la contaminación por residuos producidos por los pobladores de estas. Uno de estos casos, es la producción de aguas grises en las instituciones educativas como la institución educativa Lorenzo Alcalá Pomalaza en el distrito y provincia de Concepción, que no contar con un tratamiento adecuado puede causar problemas de salud y contaminación ambiental.

Por lo mencionado, es necesario que se realicen trabajos experimentales sobre la aplicación de los humedales artificiales para el tratamiento de aguas grises, ya que en la actualidad y sobre todo a nivel departamental no se tienen estudios relacionados, por estas razones resulta relevante visibilizar esta práctica, analizar esta temática y sentar las bases para la aplicación de esta tecnología en el tratamiento y por ende promover el mejoramiento de estos sistemas de tratamiento ecológico.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los resultados del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son las características de las aguas grises para su tratamiento con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción?
- b) ¿Cuál es el diseño del sistema de tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción?
- c) ¿Cuál es el costo de construcción para el tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción?

- d) ¿Cuál es el resultado del efluente del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción?

1.3. Justificación

1.3.1. Teórica

El aporte científico del proyecto está dado en el desarrollo de un protocolo de investigación y su posterior aplicación en la tesis para llegar a las conclusiones y sugerencias, el estudio de esta propuesta de solución planteada resolverá de una u otra manera la problemática encontrada y proporcionará el camino para continuar ésta, hasta encontrar la forma más adecuada de aplicación.

1.3.2. Práctica

La presente investigación constituirá un aporte para el diseño, construcción y validación de la tecnología propuesta; asimismo, se plantea alcanzar soluciones adecuadas para determinar el comportamiento de las aguas grises tratadas con sistemas de humedales artificiales en la institución educativa Lorenzo Alcalá Pomalaza en el distrito y provincia de Concepción.

1.3.3. Social

La investigación tendrá carácter social, ya que se describirán las variables de estudio y en función de ellas se evaluará el comportamiento y otros factores sociales que puedan influir en la aplicación de estas tecnologías.

Adicionalmente, se tiene que la aplicación de este sistema de tratamiento de aguas grises por medio de humedales artificiales, permitirá cambiar la percepción de la población de la institución educativa Lorenzo Alcalá Pomalaza en el distrito y provincia de Concepción respecto a la existencia y generación de nuevas tecnologías y sistemas cada vez más adecuados para el tratamiento de aguas grises.

1.3.4. Metodológica

Es evidente que la aplicación de los instrumentos de investigación va a servir para recopilar los datos a otros estudios relacionados; asimismo, se tiene que el desarrollo de la investigación en el área de la ingeniería civil tiene importancia metodológica, debido a que los resultados obtenidos contribuirán de una u otra como antecedente para otros investigadores en el campo de la construcción de humedales artificiales para el tratamiento de aguas grises.

Asimismo, la información recopilada y procesada servirá de sustento para esta y otras investigaciones similares, ya que enriquecerá el marco teórico y/o cuerpo de conocimientos que existe sobre el tema en mención.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacial

La investigación consideró espacialmente a la institución educativa Lorenzo Alcála Pomalaza que se encuentra en la Av. Agricultura N° 542 tal como se muestra en la Figura 1, en el distrito y provincia de Concepción en el departamento de Junín (ver Figura 2 y Figura 3).



Figura 1. Ubicación de la institución educativa Lorenzo Alcála Pomalaza. Fuente: Google Maps (2022).

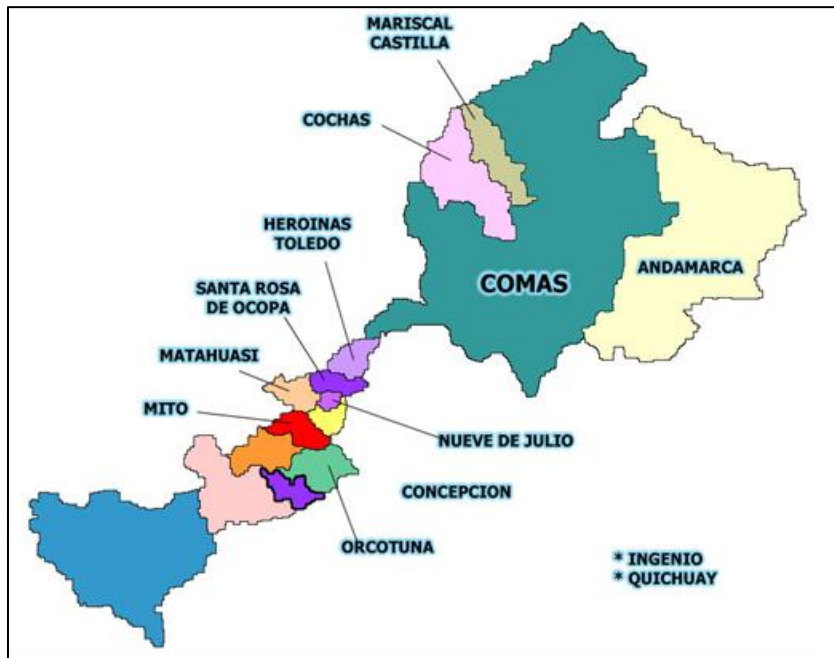


Figura 2. Ubicación provincial de la institución educativa Lorenzo Alcalá Pomalaza.



Figura 3. Ubicación nacional de la institución educativa Lorenzo Alcalá Pomalaza

1.4.2. Temporal

Se recopilaron datos para la investigación principalmente entre el periodo comprendido entre julio a setiembre de 2018; asimismo se tomó en consideración los antecedentes de años anteriores a ese periodo.

1.4.3. Económica

Los gastos incurridos en el proceso de investigación fueron cubiertos en su totalidad por los bachilleres.

1.5. Limitaciones

La limitación de la investigación esta referida en la parte económica debido a la falta de recursos para realizar mayor número de pruebas tanto al efluente y afluente del sistema de tratamiento de aguas grises.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar los resultados del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar las características de las aguas grises para su tratamiento con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción.
- b) Establecer el diseño del sistema de tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción.
- c) Calcular el costo de construcción para el tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción.
- d) Analizar el efluente del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Herrera (2019) para optar el título profesional en la universidad Nacional de San Martín Tarapoto En su trabajo de investigación “Eficiencia de la Guadua angustifolia “Bambú” en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedal artificial en el centro poblado Santa Catalina, distrito y provincia de Moyobamba”, tuvo como objetivo determinar la eficiencia del Guadua angustifolia “Bambú” en el tratamiento de aguas residuales domésticas y generar una alternativa de tratamiento para disminuir el foco de contaminación generada por la mala disposición final de las aguas residuales domésticas y mejorar la calidad ambiental y sanitaria; con la finalidad de cumplir los objetivos propuestos la investigación se desarrolló entre los meses Febrero – Junio del año 2018 donde se diseñó los humedales artificiales con las aguas residuales domésticas generadas de dos viviendas del centro poblado Santa Catalina y se construyó tres humedales artificiales, el primero con 5 plantas de Guadua angustifolia, el segundo (sin plantas) y el tercero con 10 plantas de Guadua angustifolia, la evaluación se realizó durante los meses de marzo, abril, mayo y junio, según los resultados, se obtuvo

una considerable remoción de la concentración en los parámetros evaluados, las eficiencias de remoción estiman disminuciones de entre 84,14% a 88,92% para la DQO, para la DBO5 de entre 84,86% a 91,85%; para coliformes termotolerantes de entre 90,84% a 92,93% y para sólidos suspendidos totales valores de remoción de entre 75,85% a 84,20%, lográndose disminuir significativamente los parámetros evaluados, constituyéndose en una alternativa de solución a bajo costo con alta eficiencia de remoción y cumpliendo con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos.

Cordova, Huaman (2019) para optar el título profesional en la universidad Nacional de San Martín Tarapoto En su trabajo de investigación “Humedal artificial con *Chrysopogon zizanioides* para la remoción de aguas residuales domésticas en el Distrito de Habana – Moyobamba, 2018” Las aguas residuales se han convertido en un foco principal de contaminación de fuentes de agua superficiales por el tratamiento inadecuado antes de su vertimiento, en la localidad de Habana se presenta esta problemática, la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se encuentra en estado colapsado, por lo que no es eficiente en el tratamiento, generando que el efluente contamine la fuente receptora (quebrada el Galdín). El humedal artificial subsuperficial de flujo vertical se diseñó para un caudal de 3m³/día, en el cual se colocó capas de sustrato de grava gruesa, grava fina y arena gruesa, en un área superficial de 3,30m², dónde se realizó la distribución de los esquejes de pasto vetiver cada 0,50 m. La caracterización del agua residual se realizó cada veinte (20) días a la entrada y salida del humedal, durante cuatro (4) meses con veinte (20) días, obteniéndose la máxima eficiencia de remoción del humedal en la séptima muestra, siendo las concentraciones en coliformes termotolerantes de 4 352 NMP/100 mL a 94 NMP/100 mL, con 97,84 % de remoción, los sólidos totales en suspensión de 285 mL/L a 56 mL/L, la DQO de 218 mg/L a 39 mg/L con 82,11 % de remoción, la DBO5 varía de 177 mg/L a 24 mg/L con 86,44 % de remoción y la turbiedad de 85,54 UNT a 6,38 UNT. Finalmente se afirma que el

humedal artificial con *Chrysopogon zizanioides* logró disminuir significativamente los parámetros evaluados, convirtiéndose en una alternativa de solución viable por ser de bajo costo, tener alta eficiencia de remoción y por cumplir con los límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de agua residual según D.S. N°003-2010-MINAN.

Juarez (2018) para optar el título profesional en la universidad Nacional de San Martín Tarapoto En su trabajo de investigación “Evaluación del humedal artificial de lecho fluidizado ascendente con macrofitas flotantes, en la remoción de aguas residuales del matadero municipal de la ciudad de Moyobamba 2017” El presente trabajo de investigación se realizó en el matadero municipal de la ciudad de Moyobamba, aplicando humedal artificial de lecho fluidizado ascendente con macrofitas flotantes para el tratamiento de aguas residuales. El humedal artificial tiene un diseño característico de forma cilíndrica, basándose en un caudal de 100 L/día, con dimensiones de 1,15 m de altura, 0,86 m² de área superficial y 0,97 m³ de volumen. La caracterización del agua residual se realizó por un periodo de 4 meses, obteniéndose una máxima eficiencia de tratamiento a los 63 días de funcionamiento, teniendo resultados por debajo de los límites establecidos a los parámetros DBO₅ de 12,5 mgO₂/L, DQO de 96,5 mgO₂/L, Sólidos totales disueltos de 725,0 ppm y Nitratos de 1,0 ppm, incremento de los parámetros Oxígeno Disuelto de 0,1 a 4,0 ppm, temperatura de 27,9 °C a 28,1 °C, Fosfatos de 0,6 a 13,0 ppm y el Potencial de hidrógeno de 7,3 a 7,4 unidades de pH; alcanzando una eficiencia de remoción del 98,7% en DBO₅, 97,6% en DQO, 58,6% en Sólidos totales disueltos y 23,1% en Nitratos; siendo el tiempo de retención hidráulica el factor externo más influyente del proceso de tratamiento. Finalmente se afirma que la evaluación del humedal artificial si contribuye significativamente en la remoción de aguas residuales demostrando su veracidad con los valores máximos admisibles (VMA) para vertimiento de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

Minchola y Gonzales (2013) sustentaron la investigación, “Humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la mina Barrick” en la “Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, Perú”. “Los investigadores realizaron el análisis del potencial y la factibilidad de uso de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales domésticas en el objetivo de minimizar el impacto en la minera “Barrick”; ante ello analizaron tanto el afluente y efluente del humedal”. “La muestra lo constituyó el afluente de entrada y el efluente de salida del humedal. Determinaron la concentración de DBO₅ (mg/L), SST (mg/L), coliformes fecales (NMP/100 mL), coliformes totales (NMP/100 mL), pH, temperatura (°C) y oxígeno disuelto (OD) (mg/L) con respecto al tiempo de retención (TR) (días). También determinaron la remoción porcentual DBO₅, SST, coliformes fecales, coliformes totales y la tasa de incremento de oxígeno”. “Los resultados permitieron estimar la eficiencia de remoción del DBO₅ (73 %), SST (84 %), coliformes fecales (93 %), coliformes totales (86 %) y la tasa de incremento de oxígeno disuelto que fue 18.73 %; concluyeron que los humedales artificiales son eficientes en la remoción de contaminantes e incrementan de oxígeno disuelto”.

Vasquez (2007) realizó la investigación “Evaluación, diagnóstico y mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante humedales artificiales de flujo subsuperficial en el AAHH Oasis – Villa El Salvador en la Universidad de Ingeniería – Lima”. El investigador realizó el monitoreo por un lapso de 19 meses, logrando así obtener una data de los principales parámetros físicos, químicos y microbiológicos, estos parámetros permitieron la caracterización de las aguas y la determinación de sus parámetros de funcionamiento reales. Las remociones promedio alcanzadas por el humedal en cuanto a los principales parámetros evaluados fueron los siguientes: DBO₅ en 85 %, SST en 96.7 %, nitrógeno total de 26.56 %, DQO de 84 %, CF de 94.92 % y CT de 96.89 %. Concluyó que el desempeño del sistema es bastante bueno excepto en la remoción de

patógenos, no lográndose alcanzar la calidad esperada para no restringir su uso en el riego de áreas verdes, por esta razón se hace imprescindible la construcción de una unidad para la desinfección del efluente.

2.1.2. Internacionales

Merino (2017) para optar el grado de doctor en la Universidad Mexicana Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. En su trabajo de investigación “Mecanismos de remoción de materia orgánica y nutrientes en un sistema de tratamiento pasivo de aguas residuales municipales” En el presente trabajo se estudia el comportamiento de los procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar dentro de un humedal de flujo subsuperficial (HHFSS) durante la remoción de materia orgánica y nutrientes. Esta tecnología pasiva de tratamiento fue implementada con la intención de prevenir la degradación de uno de los principales cuerpos de agua dulce de México, el Lago de Chapala, al evitar las descargas directas del agua residual proveniente de las pequeñas poblaciones aledañas. El HHFSS forma parte de un sistema de tratamiento de agua residual municipal a nivel piloto, es precedido por un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y se encuentra ubicado en la planta de tratamiento de agua residual municipal (PTARM) del municipio de Chapala. Ambos elementos del sistema utilizaron tezontle como medio de soporte para el crecimiento de la biopelícula. Aprovechando la biodiversidad y el clima subtropical de la zona se plantaron en el HHFSS dos especies ornamentales, *Canna hybrids* en la primer mitad y *Strelitzia reginae* en la segunda con una densidad de 3 plantas m⁻², observándose una buena aclimatación y desarrollo principalmente en el caso de *Canna hybrids*. Se probaron tres tiempos de residencia (TRH), de 18, 28 y 38h en el FAFA correspondientes a 2, 3 y 4 días en el HHFSS. Cada uno de ellos fue monitoreado

por un periodo aproximado de cuatro meses y de manera subsecuente, los resultados fueron evaluados mediante un diseño anidado con un factor cruzado. Como se esperaba el FAFA fue capaz de remover casi el 80% de materia orgánica en un TRH de 18h, mientras el HHFSS alcanzó remociones del 30% de nitrógeno total en un TRH de 3 días. Por otra parte, con base en un estudio minucioso de los modelos numéricos existentes se seleccionó utilizar el modelo mecanicista conocido como modulo humedal CWM1 en el software HYDRUS con la finalidad de representar las rutas biogeoquímicas de transformación de materia orgánica y nitrógeno, y así comprender con mayor detalle lo que ocurre dentro del sistema humedal. La simulación y calibración del modelo fue apropiada con una buena predicción respecto a los datos experimentales (un promedio de diferencias relativas de 10.43% para DQO y 52.54% para NH₄-N). Tanto en la experiencia en campo como en la efectuada en el simulador se observó una predominancia en las condiciones anaerobias, lo cual no permitió una completa nitrificación. El sistema completo demostró ser una buena opción de tratamiento.

Castro (2018) para optar el grado de maestro en la Universidad Autonoma de Nuevo Leon. En su trabajo de investigación "Tratamiento de aguas residuales municipales provenientes del área urbana de Marín, Nuevo León, por medio de un humedal artificial superficial". El presente estudio se realizó en Marín, Nuevo León, México, evaluando un humedal artificial tipo superficial para el tratamiento de aguas residuales de la misma comunidad. Se emplearon plantas del género *Typha* para la evaluación de este sistema se recolectaron cerca del área de estudio procurando que fuesen las más jóvenes y que estuvieran en buenas condiciones tanto el tallo, como la raíz. Para la evaluación de la eficiencia del ecosistema, se analizaron parámetros fisicoquímicos, como, NH₄⁺, NO₃⁻, PO₄-3 y DQO, y microbiológicos, como, coliformes totales, fecales y la presencia de *Salmonella* spp. Los resultados mostraron porcentajes de remoción para NH₄⁺ del 40-100%, NO₃-

mayores al 20%, PO4-3 30-90% y DQO del 50-60%. En cuanto a parámetros microbiológicos el sistema demostró disminuir la concentración de las un UFC/100 mL de las coliformes fecales y totales. En relación a la detección de Salmonella, se inhibió su crecimiento durante las temporadas de verano y otoño, pero en los análisis de invierno, se encontró presencia en la descarga del sistema. Xii. Los resultados obtenidos sugieren que el humedal es adecuado para la remoción de contaminantes provenientes de esta comunidad, confirmando que esta tecnología es una opción viable para el tratamiento de aguas de comunidades pequeñas como la cabecera municipal de Marín, Nuevo León, con una población inferior a 6,000 habitantes.

Cueva y Rivadeneira (2013) sustentaron la investigación titulada “Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un humedal artificial de flujo subsuperficial con vegetación herbácea en la Escuela Politécnica del Ejército”, llegando a concluir que “las concentraciones de los contaminantes del agua residual de la hacienda Zoila Luz antes de ser tratadas superaban los límites permitidos por los organismos de control para la descarga de agua residual a un cuerpo de agua dulce, las mismas que al ser vertidas de manera directa contaminaron de forma indiscriminada el recurso agua, suelo y afectó la flora y fauna del sitio”, “el agua residual de la hacienda Zoila Luz luego de ser tratada en los humedales artificiales tiene niveles inferiores de contaminantes a los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce y puede ser considerada agua para uso agrícola clase III según los parámetros DQO, aluminio, nitrógeno total, fósforo total, sólidos totales, exceptuando los niveles de DBO₅ y coliformes totales que superan estos límites”, “el diseño construido para reducir los niveles de contaminación del agua residual de la hacienda Zoila Luz logra depurar más de 6 m³ de agua residual al día de manera eficiente, y podría soportar una población aproximada de 100 habitantes, contribuyendo a reducir el impacto ecológico que genera la descarga de agua residual sin tratamiento a un cuerpo de agua dulce”, “el costo

total de la investigación fue \$ 5,578 dólares americanos, para un humedal de 70 m² con capacidad de depuración de 6 911 m³ de agua residual al día, lo que deja un costo por metro cuadrado de \$ 78.00 dólares americanos” y “este tipo de tecnología para depuración de Agua Residual tiene un costo real de \$ 22.00 dólares americanos por m², lo que coloca a esta tecnología como una de las más eficientes y a menor costo en el mercado, lo cual facilita su implementación en fincas, colegios, urbanizaciones, comunas, entre otros”.

Zambrano, Saltos y Villamar (2004) elaboraron la investigación con el tema de “Diseño del sistema de tratamiento para la depuración de las aguas residuales domésticas de la población San Eloy en la provincia de Manabí por medio de un sistema de tratamiento natural compuesto por un humedal artificial de flujo libre” (tesis de grado), en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. Donde los objetivos que consideraron fueron: “Proporcionar una guía para los consultores y constructores que van a desarrollar un proyecto de este tipo y así facilitar la labor de los mismos”, “contribuir al cuidado del medio ambiente con la depuración o tratamiento de las aguas residuales para evitar la contaminación de cuerpos de agua como ríos, lagos, lagunas, etc.”, “emplear métodos y criterios establecidos por los estudios e investigaciones que se han desarrollado a lo largo de los años tanto en el diseño como en el conocimiento de la composición y proveniencia de los caudales de las aguas residuales y así utilizarlos de la manera correcta y saber elegir el tipo de tratamiento adecuado al que deben someterse las aguas contaminadas”, “proponer un tratamiento natural para las aguas residuales domésticas del recinto San Eloy de la provincia de Manabí, mediante un humedal artificial de flujo libre”, “mejorar las condiciones Sanitarias y Ambientales de la población de San Eloy, con lo cual se aportará al desarrollo social y económico del sector”. Ante ello, llegaron a concluir que, “al realizarse el proyecto propuesto, se alcanzará un gran beneficio para el ecosistema y un aporte valioso para el desarrollo de la población por la importancia que tiene la

depuración de las aguas residuales domésticas”, “el sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto es completamente natural, no habría ruidos por motores, consumo de energía eléctrica, contaminación del aire, etc.”, “después de los cálculos realizados se observa que la remoción “teórica” de SST y DBO de efluente es aproximado entre el 70 % y 80 % de remoción en ambos casos, valores que están por debajo del valor permitido por la legislación ambiental 100 mg/L valor que se espera obtener en la construcción del sistema”, “se realizó el análisis de remoción para los constituyentes más importantes como son, DBO₅, SST, N y P, luego de los resultados se escogió el área de remoción de Nitrógeno, siendo ésta 6627 m², donde las dimensiones del humedal artificial de flujo libre serían: L=141 m, W=47 m, H=0.40 m”, “en el presupuesto referencial se observa que este tipo de tratamiento puede resultar más económico que los tratamientos convencionales, ya que no necesita de energía eléctrica para su funcionamiento (no es necesario el uso de bombas, turbinas, blowers, paletas, etc.)” y “la operación y mantenimiento también resulta poco costosa, ya que no necesita de mano de obra especializada para ello”.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Aguas grises

Las aguas grises son aguas residuales de carácter urbano, tienen su origen en las duchas, lavamanos, lavaplatos, lavadoras y lavaderos, estas aguas son consideradas como la mayor fuente potencial de ahorro de agua en las viviendas, ya que representan entre el 50 y 80% del uso total de agua. A primera vista estas aguas pueden resultar inservible, pero mediante la reutilización se puede conseguir el ahorro de entre un 30 % y un 45 % de agua potable, de esta forma se puede proteger las reservas de agua subterránea y reducir la carga de las aguas residuales (Gallo, 2010).



Figura 4. Diferencia entre aguas negras y aguas grises.
Fuente: Gallo (2010).

2.2.2. Características físicas, químicas y biológicas de las aguas grises

Las características de las aguas grises se encuentran relacionados con la calidad del agua suministrada, con el tipo de red de distribución del agua potable y residual (biopelícula en las paredes de las tuberías), y finalmente con las actividades realizadas en el hogar. Los componentes que se encuentran en las aguas grises varían de una fuente a otra, donde los estilos de vida, las costumbres, las instalaciones y el uso de productos químicos de carácter doméstico son de suma importancia en su composición. La composición puede variar significativamente en términos de tiempo y lugar, debido a las variaciones en el consumo de agua en relación con las cantidades de sustancias vertidas. Además, podría haber degradación química y biológica de los compuestos químicos, dentro de la red de transporte y durante el almacenamiento. (Eriksson, 2002).

Estas aguas presentan las características de composición física, química y biológica, generándose una interrelación entre los parámetros que integran dichas composiciones. Para realizar una adecuada gestión de las aguas grises, es imprescindible disponer de una información detallada sobre sus características y origen

(naturaleza). Dentro de las principales características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales domésticas, se tiene: (Gallo, 2010).

Físicas

La principal característica física de estas aguas es, su color, el cual es gris por lo general. Otros parámetros físicos de importancia son la temperatura, la turbidez y el contenido de sólidos en suspensión. Las altas temperaturas pueden ser desfavorables, ya que favorecen el crecimiento microbiano y podrían en aguas sobresaturadas, inducir la precipitación (Eriksson et al, 2002). Las partículas de comida y animales crudos en la cocina, y las partículas del suelo, pelo y fibras de las aguas de lavandería son ejemplos de material sólido presente en las aguas grises. Estas partículas y coloides causan turbidez en el agua e incluso pueden resultar en la obstrucción física de las tuberías. Las mayores concentraciones de sólidos en suspensión se encuentran típicamente en las aguas grises de la cocina y el lavadero. Igualmente, las concentraciones de sólidos suspendidos dependen fuertemente de la cantidad de agua utilizada. (Morel & Diener, 2006).

Químicas

Los elementos o compuestos presentes en las aguas grises están directamente relacionados con las actividades diarias de los hogares; estos elementos son principalmente productos químicos sintéticos compuestos de nitratos, fosfatos y agentes tensoactivos, que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica y son vertidos directamente a la red de alcantarillado.

Adicionalmente, las aguas grises domésticas contienen sodio, calcio, magnesio, compuestos de sales de potasio, aceites, grasas y nutrientes, que se derivan de las actividades diarias desarrolladas en los hogares, y delimitan el potencial de utilización de las aguas grises crudas (Morel & Diener, 2006).

Los elementos químicos presentes en las aguas grises domésticas varían según la localización socioeconómica de los inmuebles y la zona en que se encuentre; por ejemplo, en las zonas urbanas las concentraciones de detergentes son mayores, por el uso intensivo de detergentes para el aseo en los hogares, mientras que en zonas rurales estas concentraciones son bajas por el poco uso y acceso limitado a detergentes para el aseo.

Como parte de las características químicas de las aguas grises también encontramos la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la demanda química de oxígeno (DQO). El DBO_5 , es la cantidad de oxígeno necesaria para que una población microbiana heterogénea estabilice la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua residual. La DBO_5 representa una medida indirecta de la concentración de materia orgánica e inorgánica degradable o transformable biológicamente. La DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en la oxidación química de la materia orgánica presente en una muestra de agua (Collazos, 2008).

Biológicas

Las características biológicas de las aguas residuales tienen relación con las Coliformes fecales, totales, *Escherichia coli*, entre otros, las cuales se deben fundamentalmente a los desechos humanos y animales, que se presentan por lo general en las aguas negras, ya que los agentes patógenos –bacterias y virus- se encuentran en las heces, orina y sangre, y previenen de muchas enfermedades y epidemias (fiebres tifoideas, disentería, cólera, polio, hepatitis infecciosa). Desde el punto de vista histórico, la prevención de las enfermedades originadas por las aguas constituyó la razón fundamental del control de la contaminación. En la red de control de aguas superficiales se analizan los Coliformes totales, y *Escherichia coli*, que es un indicador de contaminación fecal. En la red de control de aguas de baño se deben realizar controles de *Escherichia coli*. (CEPIS - OPS, 1996).

Las concentraciones normales de las sustancias presentes en las aguas grises domésticas varían según la temporada del año (verano e invierno), la fuente, así como sus contaminantes presentes. Las concentraciones de los contaminantes presentes en las aguas grises crudas domésticas están directamente relacionados con los volúmenes producidos por cada fuente y las actividades desarrolladas en el hogar.



Figura 5. Características físicas, químicas y biológicas de las aguas grises.
Fuente: Collazos (2008).

2.2.3. Procesos de tratamiento de aguas grises

Para la reutilización de aguas grises en los tanques inodoro, riego de áreas verdes y puntos de limpieza, será necesaria una alternativa compacta, segura para los habitantes y el medio ambiente y efectividad al tratar el agua.

Procesos físicos

“Los procesos físicos directos se aplican normalmente a pequeña escala y se ha demostrado que eliminan eficazmente los sólidos, pero son menos eficaces en la eliminación de sustancias orgánicas” (Jefferson et al., 2004). “Obviamente, la filtración simple no es capaz de reducir las concentraciones de microorganismos para que entre dentro de los estándares de reutilización”. “La filtración por cribas de

desbaste proporciona una retención y separación de los cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión” (Li et al., 2009).

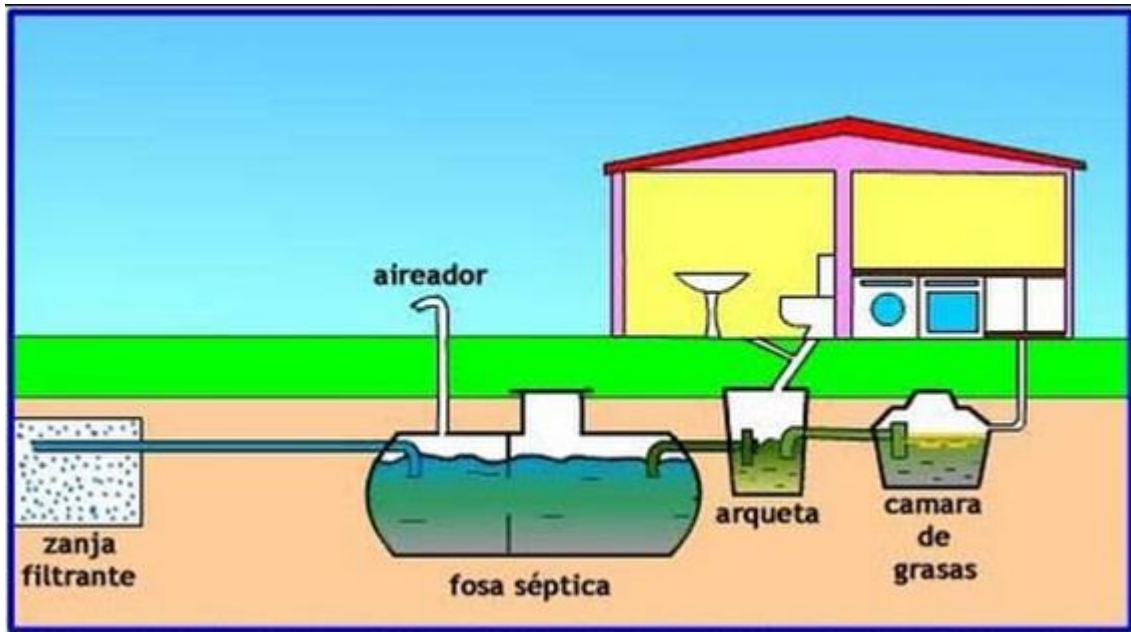


Figura 6. Tratamiento de aguas grises con proceso físico.
Fuente: Li et al. (2009).

Procesos químicos

“En comparación con los procesos físicos, los procesos químicos son capaces de reducir en cierta medida la presencia orgánica y la turbidez del agua gris de baja carga orgánica, pero no lo suficiente como para cumplir las normas de reutilización no potable”.

“Las soluciones químicas, tales como la coagulación y el intercambio iónico seguidos de una etapa de filtración por membrana pueden aplicarse para el tratamiento de aguas grises de baja carga orgánica, cumpliendo con los requisitos de reutilización de agua urbana no potable sin restricciones”. “Alternativamente a la etapa de filtración por membrana, el efluente puede completarse con una etapa de filtración de arena para cumplir con los requisitos menos estrictos de reutilización urbana no potable restringida”. “Además, si tras esta etapa de filtración de arena procedemos a una desinfección del efluente resultante, las aguas grises recuperadas pueden satisfacer el nivel de la reutilización urbana no potable sin restricciones” (Li et al., 2009).

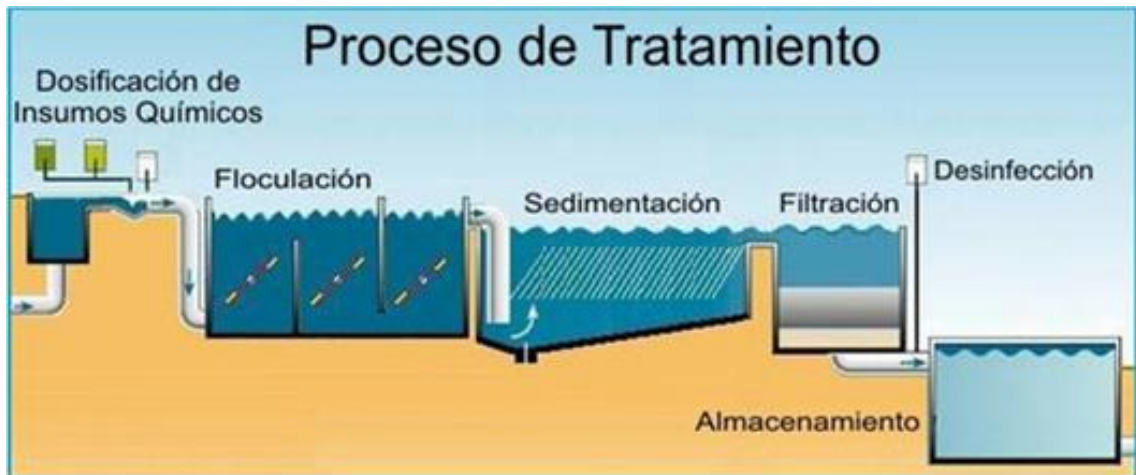


Figura 7. Tratamiento de aguas grises con procesos químicos.
Fuente: Li et al. (2009).

Procesos biológicos

“Los procesos de depuración biológicos son menos agresivos con el medio ambiente que los físico-químicos.” “Los tratamientos biológicos estabilizan de una manera controlada la materia orgánica que de otro modo causa problemas tales como mal olor, reproducción de mosquitos, contaminación del agua y del suelo, y obstrucción en los sistemas de distribución, debido a la acumulación de sólidos y al crecimiento de microorganismos” (Eriksson et al., 2002).

“Este tipo de procesos están a menudo precedidos por una etapa de pre-tratamiento físico tal como la sedimentación o el uso de tanques sépticos (Li et al, 2009). Además, suelen estar seguidos por una etapa de filtración (por ejemplo, filtración de arena) y/o una etapa de desinfección”.



Figura 8. Tratamiento de aguas grises con proceso biológico.
Fuente: Eriksson et al. (2002).

2.2.4. Tipos de reúsos de las aguas grises

“Entre los usos dados a las aguas grises tratadas se encuentran los de tipo: urbano, agrícola, industrial y minero, ambiental, recreacional y recarga de acuíferos”.

Usos urbanos

Los usos urbanos dados a las aguas grises tratadas son de tipo no potable, entre estos están (CEPIS - OPS, 1996):

- Riego: Áreas verdes como: parques, canchas deportivas, campos de golf, césped residencial, cementerios, etc. Riego de caminos de tierra.
- Limpieza: de calles, vehículos, ventanas, lavado de ropa en lavadoras, entre otros.
- Estanques de inodoros y urinarios.
- Paisajismo, por ejemplo, uso en fuentes y caídas de agua.
- Control de incendios.
- Derretimiento de nieve, a fin de evitar su acumulación en calles.

Usos agrícolas

“En la agricultura las aguas grises recuperadas son utilizadas principalmente en el riego de huertos, viñas, árboles frutales y prados. También se usan para la dilución de fertilizantes y pesticidas” (CEPIS - OPS, 1996).

Restauración ambiental y usos recreacionales

“Algunos de estos usos son aumento de esteros y lagunas, ya sea con fines de preservación ambiental o de agrado como paseos en bote, pesca y natación” (CEPIS - OPS, 1996).

Usos industriales y mineros

“El sector industrial y minero son importantes consumidores de agua que frecuentemente reutilizan su propia agua residual de procesos, sin embargo, no es muy común que las aguas grises tratadas sean empleadas en ellos. No obstante, en países como E.E.U.U., las industrias son grandes demandantes de las aguas efluentes de plantas de aguas servidas, por lo que son potenciales usuarios de aguas grises recuperadas”. “Entre estos usos se tienen: agua de refrigeración, agua de lavado, agua de procesos y riego de caminos. Algunas de las industrias demandantes son las papeleras, la industria textil y la química” (CEPIS - OPS, 1996).

Recarga de acuíferos

“En países desarrollados, se usa también esta opción”. “Entre los objetivos se encuentran: establecer barreras a intrusiones salinas de la costa, ocuparlo como tratamiento adicional, aumentar acuíferos, proveer agua de reserva o para ser usada y para prevenir la depresión de la napa” (CEPIS - OPS, 1996).

2.2.5. Humedales artificiales

“Los humedales artificiales son sistemas de Fito depuración de aguas residuales”. “El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado”.

“La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente según” (Cooper, 1996).

Para (Cooper, 1996), Los humedales son áreas que se encuentran saturadas por aguas superficiales o subterráneas con una frecuencia y duración tales, que sean suficientes para mantener condiciones saturadas”. “Suelen tener aguas con profundidades inferiores a 60 cm, con plantas emergentes como espadañas, carrizos y juncos (véase Figura 9). La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar. Los sistemas de humedales artificiales pueden ser considerados como reactores biológicos”.

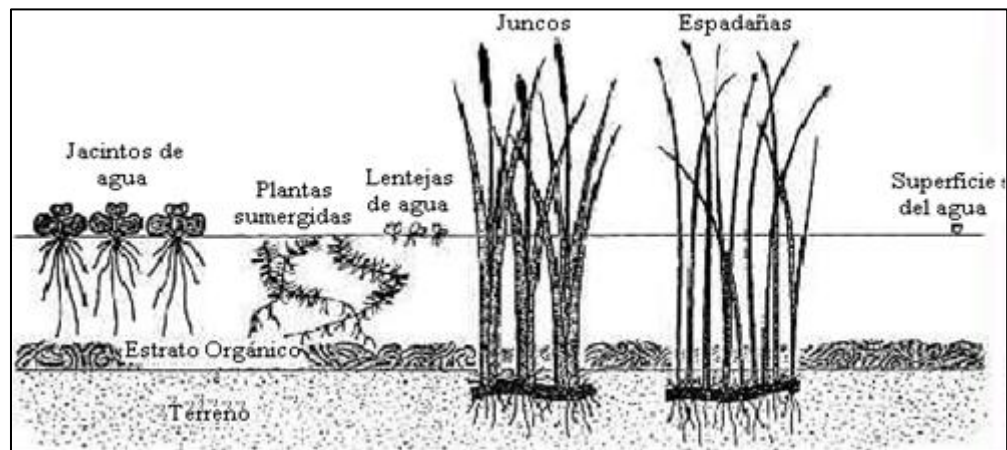


Figura 9. Plantas acuáticas comunes.
Fuente: Cooper (1996).

“Los humedales tienen tres funciones básicas que los hacen tener un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales, estas son” (Cooper, 1996):

- “Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica”.
- “Utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos”.

- “Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento”.

2.2.6. Clasificación de humedales artificiales

“Los humedales artificiales pueden ser clasificados según el tipo de macrófitas que empleen en su funcionamiento: macrófitas fijas al sustrato (enraizadas) o macrófitas flotantes libres”. “Considerando la forma de vida de estas macrófitas, los humedales artificiales pueden ser clasificados en”:

- “Sistemas de tratamiento basados en macrófitas de hojas flotantes, principalmente angiospermas sobre suelos anegados”. “Los órganos reproductores son flotantes o aéreos”.

“El jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna* sp.) son las especies más utilizadas para este sistema”.

- “Sistemas de tratamiento basados en macrófitas sumergidas: comprenden algunos helechos, numerosos musgos y carófitas y muchas angiospermas”. “Se encuentran en toda la zona fótica (a la cual llega la luz solar), aunque las angiospermas vasculares sólo viven hasta los 10 m de profundidad aproximadamente. Los órganos reproductores son aéreos, flotantes o sumergidos”.
- “Sistemas de tratamiento basados en macrófitas enraizadas emergentes: en suelos anegados permanente o temporalmente; en general son plantas perennes, con órganos reproductores aéreos” (Cooper, 1996).

“Los humedales basados en macrófitas enraizadas emergentes pueden ser de dos tipos, de acuerdo a la circulación del agua que se emplee:

- Humedales de flujo superficial, si el agua circula en forma superficial por entre los tallos de las macrófitas.

- humedales de flujo subsuperficial, si el agua circula por debajo de la superficie del estrato del humedal”.

Humedales artificiales de flujo superficial

“Los sistemas de flujo superficial (conocidos en inglés como surface flow constructed wetlands o free water surface constructed wetlands) son aquellos donde el agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas y está expuesta directamente a la atmósfera”. “Este tipo de humedales es una modificación al sistema de lagunas convencionales. A diferencia de éstas, tienen menor profundidad (no más de 0.6 m) y tienen plantas”.

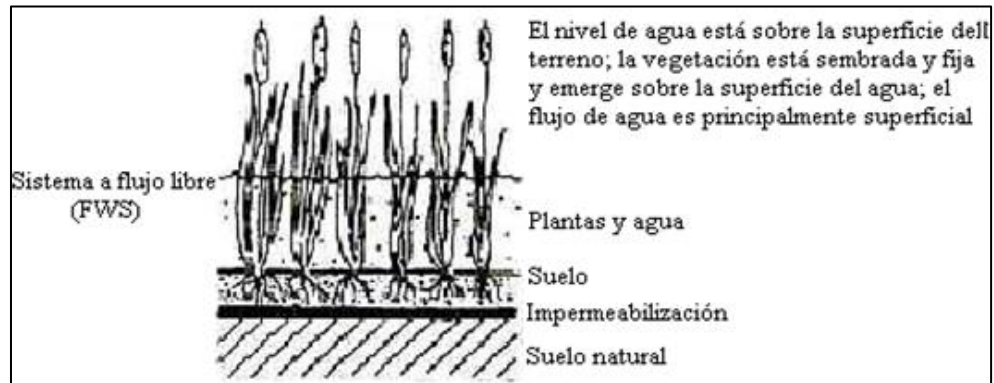


Figura 10. Sistema de flujo superficial.
Fuente: Cooper (1996).

Humedales de flujo subsuperficial

“Los sistemas de flujo subsuperficial (conocidos en inglés como subsurface flow constructed wetlands), se caracterizan por que la circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio granular (subterráneo), con una profundidad de agua cercana a los 0.6 m”. “La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas”. Los humedales de flujo subsuperficial pueden ser de dos tipos:

- En función de la forma de aplicación de agua al sistema:
humedales de flujo subsuperficial horizontal
- Humedales de flujo subsuperficial vertical.

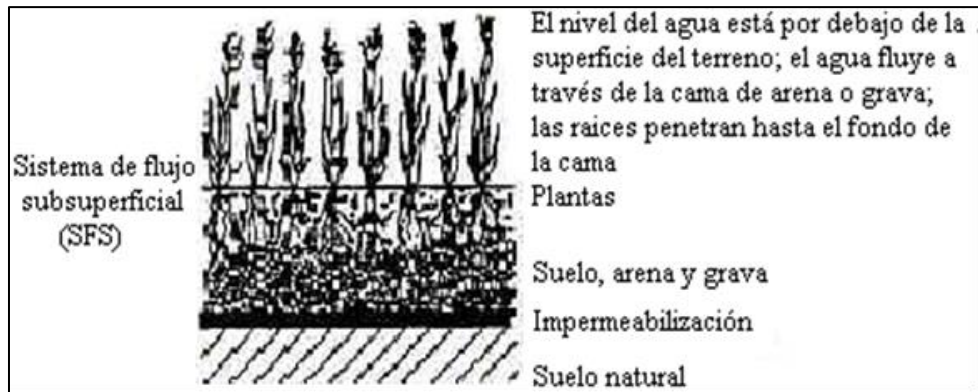


Figura 11. Sistema de flujo subsuperficial.
Fuente: Cooper (1996).

Humedales subsuperficiales de flujo horizontal

“Son los sistemas más utilizados en Europa y tienen su origen en la investigación de Seidel (1967) y Kickuth (1977)”. “El diseño de estos sistemas por lo general consiste en una cama, ya sea de tierra o arena y grava, plantada con macrófitas acuáticas, en la mayoría de los casos con la caña común o carrizo (*Phragmites australis*)”. “Toda la cama es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo” (Cooper, 1996).

Humedales subsuperficiales de flujo vertical

“Los sistemas verticales con flujo subsuperficial son cargados intermitentemente”. “De esta forma, las condiciones de saturación con agua en la cama matriz son seguidas por períodos de insaturación, estimulando el suministro de oxígeno”. “Hay muchas posibilidades de variar la distribución de intervalos, la composición de la cama matriz, etcétera, y los resultados que se han obtenido son promisorios” (Cooper, 1996).

2.2.7. Componentes de los humedales

“Los humedales construidos consisten en el diseño correcto de un vaso que contiene agua, substrato, y la mayoría normalmente, plantas emergentes. Estos componentes pueden manipularse construyendo un humedal. Otros componentes importantes de los humedales, como las comunidades de microbios y los invertebrados acuáticos, se desarrollan naturalmente” (Cooper, 1996).

El agua

“Es probable que se formen humedales en donde se acumule una pequeña capa de agua sobre la superficie del terreno y donde exista una capa del subsuelo relativamente impermeable que prevenga la filtración del agua en el subsuelo”. “Estas condiciones pueden crearse para construir un humedal casi en cualquier parte modificando la superficie del terreno para que pueda recolectar agua y sellando el vaso para retener el agua”. “La hidrología es el factor de diseño más importante en un humedal construido porque reúne todas las funciones del humedal y porque es a menudo el factor primario en el éxito o fracaso del humedal. La hidrología de un humedal construido no es muy diferente que la de otras aguas superficiales y cercanas a la superficie, difiere en los siguientes aspectos importantes” (Cooper, 1996):

- “Pequeños cambios en la hidrología pueden tener efectos importantes en un humedal y en la efectividad del tratamiento”.
- “Debido al área superficial del agua y su poca profundidad, el sistema actúa recíproca y fuertemente con la atmósfera a través de la lluvia y la evapotranspiración (la pérdida combinada de agua por evaporación de la superficie de agua y pérdida a través de la transpiración de las plantas)”.
- “La densidad de la vegetación en un humedal afecta fuertemente su hidrología, primero, obstruyendo caminos de flujo siendo sinuoso el movimiento del agua a través de la red de tallos, hojas, raíces, y rizomas, y segundo, bloqueando la exposición al viento y al sol”.

Substrato, sedimentos y restos de vegetación

“Los substratos en los humedales construidos incluyen el suelo, arena, grava, roca, y materiales orgánicos como el compost. Sedimentos y restos de vegetación se acumulan en el humedal debido

a la baja velocidad del agua y a la alta productividad típica de estos sistemas. El sustrato, sedimentos, y los restos de vegetación son importantes por varias razones”, (Cooper, 1996):

- “La permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del humedal y soportan a muchos de los organismos vivientes en el humedal”.
- “Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del sustrato”.
- “El sustrato proporciona almacenamiento para muchos contaminantes”.
- “La acumulación de restos de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el humedal. La materia orgánica da lugar al intercambio de materia, fijación de microorganismos, y es una fuente de carbono, que es la fuente de energía para algunas de las más importantes reacciones biológicas en el humedal”.

“Las características físicas y químicas del suelo y otros sustratos se alteran cuando se inundan; en un sustrato saturado, el agua reemplaza los gases atmosféricos en los poros y el metabolismo microbiano consume el oxígeno disponible y aunque se presenta dilución de oxígeno de la atmósfera, puede darse lugar a la formación de un sustrato anóxico, lo cual será importante para la remoción de contaminantes como el nitrógeno y metales” (Cooper, 1996).

Vegetación

Las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual y escorrentía de varias maneras (Cooper, 1996):

- Estabilizan el sustrato y limitan la canalización del flujo.
- Dan lugar a velocidades de agua bajas y permiten que los materiales suspendidos se depositen.

- Toman el carbono, nutrientes, y elementos de traza y los incorporan a los tejidos de la planta.
- Transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos.
- El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas, oxigenan otros espacios dentro del sustrato.
- Cuando se mueren y se deterioran dan lugar a restos de vegetación.
- El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.

“El mayor beneficio de las plantas es la transferencia de oxígeno a la zona de la raíz”. “Su presencia física en el sistema (los tallos, raíces, y rizomas) permite la penetración a la tierra o medio de apoyo y transporta el oxígeno de manera más profunda, de lo que llegaría naturalmente a través de la sola difusión”. “Lo más importante en los humedales es que las porciones sumergidas de las hojas y tallos se degradan y se convierten en los llamados restos de vegetación, que sirven como sustrato para el crecimiento de la película microbiana fija que es la responsable de gran parte del tratamiento que ocurre” (Cooper, 1996).

“Tienen la habilidad de transferir oxígeno desde la atmósfera a través de hojas y tallos hasta el medio donde se encuentran las raíces”. “Este oxígeno crea regiones aerobias donde los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para producir diversas reacciones de degradación de materia orgánica y nitrificación” (Arias, 2004).

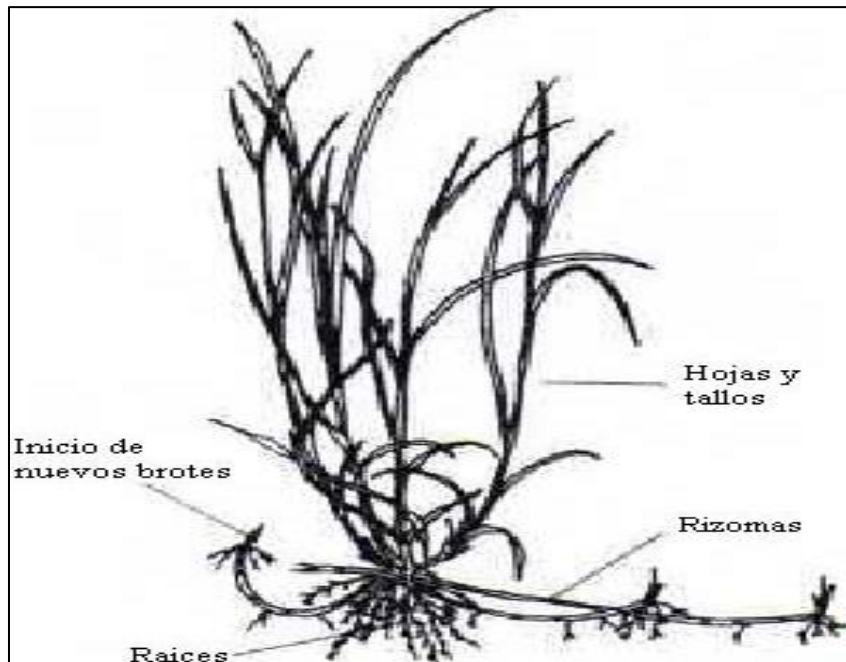


Figura 12. Esquema típico de planta emergente.
Fuente: Arias (2004).

“Las plantas emergentes que frecuentemente se encuentran en la mayoría de los humedales para aguas residuales incluyen espadañas, carrizos, juncos, y totora de laguna”. “Cuando se diseñan sistemas que específicamente buscan un incremento en los valores del hábitat, además de conseguir el tratamiento del agua residual, usualmente incluyen una gran variedad de plantas, especialmente para proporcionar alimentación y nido a las aves y otras formas de vida acuática” (Arias, 2004).

Microorganismos

“Los microorganismos se encargan de realizar el tratamiento biológico”. “En la zona superior del humedal, donde predomina el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno proveniente de la atmósfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios”. “En el resto del lecho granular predominarán los microorganismos anaerobios”. “Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes y elementos traza y la desinfección” (Arias, 2004).

“Una característica fundamental de los humedales es que sus funciones son principalmente reguladas por los microorganismos y su metabolismo. Los microorganismos incluyen bacterias, levaduras, hongos, y protozoarios. La biomasa microbiana consume gran parte del carbono orgánico y muchos nutrientes”. La actividad microbiana (Arias, 2004):

- Transforma un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas o insolubles.
- Altera las condiciones de potencial redox del substrato y así afecta la capacidad de proceso del humedal.
- Está involucrada en el reciclaje de nutrientes.

“Algunas transformaciones microbianas son aeróbicas (es decir, requieren oxígeno libre) mientras otras son anaeróbicas (tienen lugar en ausencia de oxígeno libre). Muchas especies bacterianas son facultativas, es decir, son capaces de funcionar bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas en respuesta a los cambios en las condiciones medioambientales”.

2.3. Definición de términos

- **Aguas grises.** - “Las aguas grises o aguas usadas provienen del uso doméstico, tales como el lavado de utensilios y de ropa, así como el baño de las personas. Se pueden reutilizar directamente en el inodoro, para ahorrar agua”.
- **Aguas residuales.** - “Son aguas que tienen su origen en los domicilios, centros comerciales e instituciones, estas aguas contienen desechos ya sean fisiológicos y otros que proviene de la actividad humana”.
- **Aguas domésticas.** - “Son las aguas de la cocina, de lavadoras, de los servicios higiénicos y aguas negras que provienen del metabolismo humano”.

- **Aguas industriales.** - Tienen su origen en las actividades industriales, los cuales son descargados a la red de alcantarillado y presentan una composición muy variada, lo cual depende del tipo de industria”.
- **Aguas pluviales.** - “Estas aguas contienen partículas y contaminantes tanto en la atmósfera como en las redes viales. En la mayoría de las situaciones, donde los sistemas de alcantarillado son unitarios, las aguas de lluvia son captadas por el mismo sistema que se encarga tanto del recogido y conducción de las aguas residuales domésticas e industriales”.
- **Aceites y grasas.** - “Estos componentes presentes en las aguas residuales son determinados mediante la extracción previa con un apropiado disolvente, para luego evaporar el disolvente y obtener el residuo mediante el respectivo pesaje”.
- **Coliformes totales.** - “Los coliformes totales vienen a ser las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, G (-) no formadoras de esporas, con forma de bacilos, que fermentan la lactosa con producción de gas dentro de las 48 horas a la temperatura de 35 °C”.
- **Coliformes fecales.** - “Vienen a ser los coliformes que son de origen fecal, y están incluidos aquellos microorganismos que tienen la propiedad de fermentar la lactosa a la temperatura de 44.5 °C”.
- **Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO₅).** - “Para oxidar biológicamente la materia orgánica de las aguas residuales es necesario determinar la cantidad de oxígeno disuelto (mg/L) durante los cinco días del ensayo, durante este ensayo se consume aproximadamente el 70 % de las sustancias biodegradables”.
- **Demanda química de oxígeno (DQO).** - Para oxidar los componentes del agua residual es necesario determinar la cantidad de oxígeno (mg/L), para ello es necesario recurrir a reacciones químicas”.

- **Humedales artificiales.** - “Este sistema viene a ser la reproducción controlada de las condiciones existentes de los sistemas lagunares someros y/o de aguas lenticas, por lo cumplen la función de purificar el agua”.
- **Materia orgánica.** - “Son sólidos que tienen su origen en los reinos animal y vegetal, así como también de actividades humanas relacionadas con las síntesis de compuestos orgánicos”.
- **Materia inorgánica.** - “Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen importancia para la determinación y control de la calidad del agua”.
- **Rehúso de aguas residuales.** - “Son procesos y operaciones combinados de tipo físico, químico y biológico cuyo fin es eliminar los residuos sólidos, materia orgánica y microorganismos patógenos”.
- **Sólidos totales.** - “Analíticamente se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación con una temperatura entre 103 a 105 °C. No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor”.
- **Sólidos en suspensión.** - “Sólidos que no pasan a través de una membrana filtrante de un tamaño determinado (0.45 micras). Dentro de los sólidos en suspensión se encuentran los sólidos sedimentables, que decantan por su propio peso y los no sedimentables”.
- **Tratamiento de aguas residuales.** - “El Tratamiento de Aguas residuales son procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos que se encuentran en el agua efluente del uso humano”.
- **Tratamiento primario.** - “Es un proceso fisicoquímico, que incluye la sedimentación de los sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO5 de las aguas que entren se reduzca, por lo menos, en

un 20 % antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos, en un 50 %”.

- **Tratamiento secundario.** - “El tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluya un tratamiento biológico con sedimentación secundaria”.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La eficiencia del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción, será aceptada según los parámetros de la norma técnica.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Las características de las aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción, según la norma vigente, serán deficientes siendo consideradas contaminadas.
- b) El diseño del sistema de tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción, será aceptado por la norma técnica.
- c) El costo de construcción del sistema de humedal artificial para el tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción, será eficiente según los índices económicos actuales.
- d) Los resultados al evaluar las aguas efluentes del proceso de descontaminación mediante el sistema de humedales artificiales para medir la eficiencia en descontaminación cumplirán con los indicadores de mejora ambiental en el agua.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

Humedal artificial

“Son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen mecanismos de eliminación de contaminantes presentes en aguas grises, que se dan en los humedales naturales mediante procesos físicos, biológicos y químicos”.

Aguas grises

“Las aguas residuales domésticas normalmente se combinan en la red del alcantarillado, por lo que las aguas negras y grises se eliminan entre sí mediante un sistema de alcantarillado compartido en un proceso llamado eliminación”.

2.5.2. Definición operacional de las variables

Humedal artificial

“Un humedal artificial (HA) es una ecotecnología que, mediante procesos de biotransformación y mineralización, permite reducir la concentración de carbono, nitrógeno y fósforo, por debajo de lo establecido por la normatividad vigente”.

Aguas grises

“Existen diferentes tecnologías para el reciclaje de las aguas grises: tratamientos físico-químicos (coagulación - floculación, filtraciones), tratamientos biológicos (lodos activos, SBR) o una combinación de los dos (MBR). Generalmente, estos tratamientos se completan con filtros y sistemas de desinfección”.

2.5.3. Operacionalización de las variables

La siguiente tabla muestra la operacionalización de las variables consideradas en la investigación:

Tabla 1. Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Humedal artificial	Caudal	m ³ /día	Guía técnica.
	Área del humedal	m ²	
	Periodo de retención	H/día	
Aguas grises	Parámetros biológicos	DBO ₅ (demanda bioquímica de oxígeno). DQO (demanda química de oxígeno). Nitrógeno orgánico. Nitratos. Fosfatos. Carbono orgánico. Coliformes.	Ensayos de laboratorio de parámetros físico químicos y biológicos Estándares de calidad ambiental
	Parámetros físicos	Concentración de iones de hidrógeno. Temperatura Turbidez Conductividad	
	Químicos	Materias inorgánicas Materia orgánica (oxígeno, dióxido de carbono, metano, amoníaco) Compuestos orgánicos	

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El método general de investigación es el científico ya que en busca de dar solución a los problemas planteados en la investigación se seguirán pasos ordenados considerando los conocimientos de las investigaciones básicas.

3.2. Tipo de investigación

Por la naturaleza del estudio, el tipo de investigación aplicado, según Carrasco (2005), “ella trata de comprender y resolver el problema, así mismo como esta genera mejora y afianza a la gestión del recurso”.

3.3. Nivel de investigación

Para el estudio se aplicó el nivel de investigación descriptivo – correlacional; según Ledesma (2008), manifiesta “permite describir las manifestaciones de las variables y aplicar un nuevo modelo, sistema para mejorar la situación problemática”.

3.4. Diseño de investigación

Por la naturaleza del estudio el diseño de investigación correspondió experimental; según Hernández (2010), manifiesta que el diseño

experimental puede abarcar una o más variables independientes y una o más dependientes.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Hernández Sampieri (2014), define que “una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”. Para la presente investigación la población está dada por el volumen de aguas grises producidas en la Institución Educativa Lorenzo Alcalá Pomalaza de Concepción.

3.5.2. Muestra

La muestra considerada en la presente investigación fue no probabilística, ya que el muestreo se dio por conveniencia, según carrasco (2005) considera “el investigador selecciona sobre la base de su propio criterio las unidades de análisis”. Para la presente investigación, en el caso de la determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos la muestra fueron las aguas residuales generadas, de tal forma se recolectaron 03 muestras (01 muestras tomadas durante 3 días), los mismos que fueron caracterizados para su posterior análisis.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

La principal técnica de recolección de datos que se empleó correspondió al análisis documental, esto para el diseño de los humedales artificiales; asimismo, se empleó la observación experimental para la determinación de la calidad del agua.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Se empleó fichas de recolección de datos no estructuradas para anotar la información.

3.7. Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información se utilizaron programas especializados como:

- Auto Cad Civil 3D
- Excel dinámico
- S10
- Word

3.8. Técnicas y análisis de datos

Las técnicas empleadas fueron las descriptivas esto para la determinación de las dimensiones de las lagunas artificiales y la interpretación de los resultados de los parámetros de la calidad del agua.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

4.1.1. Ubicación

Políticamente la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza se encuentra ubicada en el distrito y provincia de Concepción en el departamento de Junín, para mayor comprensión se tiene la siguiente figura:



Figura 13. Ubicación y localización del proyecto.
Fuente: Google Maps (2022).

4.1.2. Infraestructura

La institución educativa se encuentra conformada por tres pabellones, los cuales se detallan a continuación:

- El primer pabellón se encuentra las oficinas administrativas incluida las aulas del nivel Inicial, dos aulas para el nivel primaria y en el segundo piso se encuentran tres aulas del nivel secundaria.
- El segundo pabellón está destinado exclusivamente para el nivel primaria, estas fueron construidas por FONCODES y en este pabellón se encuentran del primero al cuarto grado sumando un total de 12 aulas.
- El tercer pabellón está destinado para los alumnos del nivel secundario, su construcción es de material noble de dos plantas, las oficinas de la Sub Dirección y el departamento de OBE se están utilizando como aulas por carecer de ambientes.

4.1.3. Datos de la población

La población existente a la fecha en la que se realizó la recopilación de datos en campo de la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza era de 972 habitantes, tal como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 2. Cantidad poblacional de la institución educativa.

	Inicial	Primaria	Secundaria	Total
Jerárquico	0	1	1	2
Docentes	6	22	25	53
Personal administrativo	1	4	11	16
Alumnos	156	401	344	901

4.2. Caracterización de las aguas grises para su tratamiento con el sistema de humedales artificiales

Fue muy importante contar con los resultados de análisis de laboratorio de las aguas grises producidas en la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza, estos datos sirvieron principalmente para el respectivo diseño de las unidades de tratamiento de las aguas grises de esta tesis.

Ante ellos, los resultados de los análisis son presentados en la Tabla 3, cuyos certificados se encuentran en el Anexo N° 02.

Tabla 3. Valores representativos del análisis de laboratorio del afluente.

Parámetro	Unidad	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
DBO ₅	mg/L	42	55	60	52.33
DQO	mg/L	67	90	115	90.67
SST	mg/L	533	349	729	537.00
Coliformes termotolerantes	Nmp/L	20	10	80	36.67
Aceites y grasas	mg/L	3.8	3.9	4.2	3.97
pH	Unidades de pH	5.91	7.2	5.82	6.31
Temperatura	°C	15	18.5	18.3	17.27

De acuerdo al grado de remoción y eficiencia de las aguas grises y como planteamiento el tratamiento final el sistema de humedal artificial consideraremos el afluente como la descarga de aguas grises y efluente como el resultado final, para el planteamiento de reúso de estas aguas como por ejemplo en las áreas verdes, plantaciones forestales y ornamentales.

Del mismo modo, en la siguiente figura se muestra los valores promedios de cada uno de los parámetros del afluente para su posterior tratamiento con el humedal artificial.

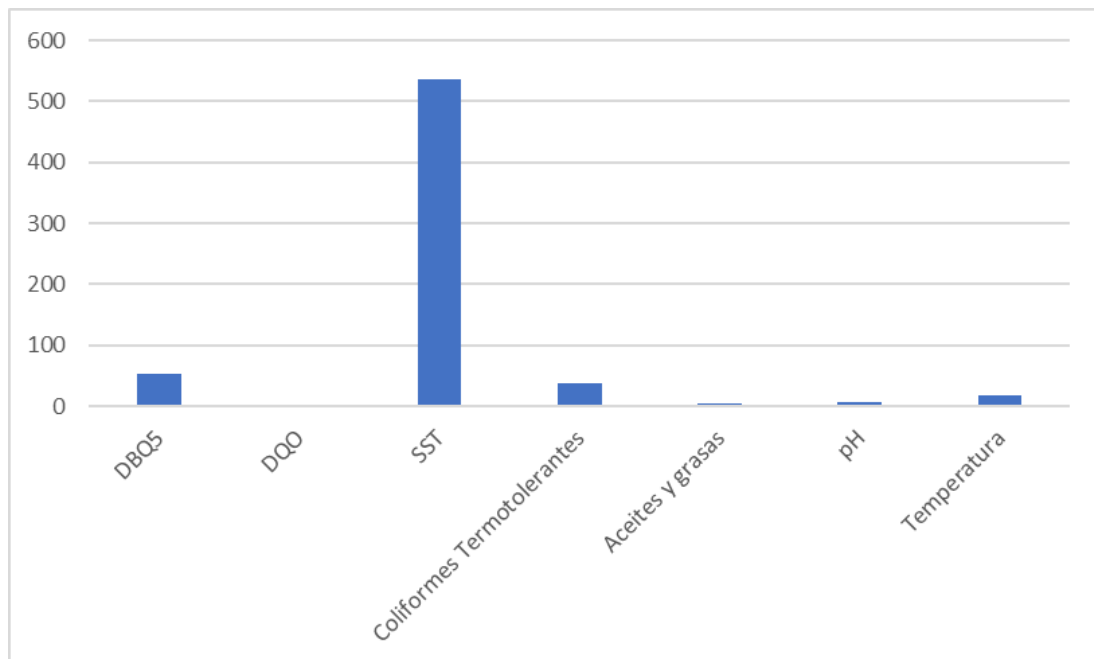


Figura 14. Valores Representativos del análisis de laboratorio del afluente.

4.3. Descripción del proceso de diseño del sistema de tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales

4.3.1. Población de diseño

Como población de diseño se ha considerado a la población de la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza (972 personas), en dicha población se encuentran considerados los alumnos, docentes, personal administrativo y jerárquico.

4.3.2. Caudal de diseño de las aguas grises

De los datos de consumo de agua potable del área de estudio se logra obtener el respectivo caudal de las aguas grises. La data de consumo por tipo de usuario es convertida en caudal de agua gris mediante el coeficiente de retorno.

Tabla 4. Consumo estimado por día.

Procedencia	Consumo estimado/día
Descarga de lavaderos	6 L
Higiene	3 L
Preparación de alimentos y otros	1 L
Total	10 L

Considerando el consumo promedio de 10 L por persona, para la población de la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza. Procedemos a realizar el respectivo cálculo del caudal de diseño para las estructuras proyectadas:

- Dotación de 10 L/hab.día.
- Población actual es 972 habitantes.

$$Qm = \frac{Población \times dotación}{86400} \times Cr$$

Donde:

Qm: caudal medio diario de las aguas residuales.

Población: cantidad de habitantes (población futura).

Dotación: dotación.

Cr: es el coeficiente de retorno (0.8) de acuerdo a la norma OS. 100.

Reemplazando en la fórmula se tiene:

$$Q_m = \frac{972 \text{ habitantes} \times 10 \frac{L}{\text{hab}} \cdot \text{día}}{86400} \times 0.80 = 0.09 \frac{L}{s}$$

Para los efectos de las variaciones de consumo se considera según las normas de RNE OS.070 se consideró los siguientes coeficientes de variación de consumo para el cálculo de caudales característicos.

- Coeficiente de consumo máximo diaria: $K_1 = 1.30$
- Coeficiente de consumo máximo horario: $K_2 = 1.80 - 2.50$
- Coeficiente de variación mínima horaria: $K_3 = 0.50$

Caudal máximo diario:

- Q máximo diario = $K_1 * Q_m$
- Q máximo diario = $1.30 * 0.09 \text{ L/s}$.
- Q máximo diario = 0.117 L/s .
- Q máximo diario = $0.000117 \text{ m}^3/\text{s}$.

Caudal máximo horario:

- Q máximo horario = $K_2 * Q_m$
- Q máximo horario = $2.50 * 0.09 \text{ L/s}$.
- Q máximo horario = 0.225 L/s .
- Q máximo horario = $0.000225 \text{ m}^3/\text{s}$.

Caudal mínimo horario:

- Q mínima horario = $K_3 * Q_m$
- Q mínima horario = $0.5 * 0.09 \text{ L/s}$.
- Q mínima horario = 0.045 L/s .
- Q mínima horario = $0.000045 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.3.3. Diseño del sistema de tratamiento de aguas grises

Para el diseño de la capacidad del sistema de tratamiento de aguas grises, normalmente se estima en función al caudal máximo horario en el que se realiza el diseño.

El sistema de tratamiento de aguas grises, está compuesto por:

Humedal artificial

En esta parte del tratamiento es donde ocurre la mayor eliminación de contaminantes o nutrientes en exceso a través de procesos físicos, químicos y biológicos. El sustrato funciona como un filtrante natural, mientras que la vegetación ayuda a la absorción de contaminantes presentes en el agua, además, las plantas ayudan a la oxigenación de las aguas grises tratadas. Este proceso se da mediante:

Procesos físicos. - Remueven el material particulado presente en el agua.

Procesos biológicos. - Siendo el proceso más importante en el humedal, realizado por las plantas, es donde se absorben los nutrientes en exceso.

Procesos químicos. - En la remoción de suelos de un humedal, a través de la absorción, se pueden retener varios contaminantes.

Consideraremos el afluente como la descarga de aguas grises y efluente como el resultado final, para el planteamiento de reúso de estas aguas para el riego ornamental.

El dimensionamiento hidráulico del humedal artificial se detalla en la siguiente tabla (Ver Anexo N° 03 y 04):

Tabla 5. Diseño hidráulico del humedal artificial

Resultados	valores	unidad
Volumen del humedal	97.2	m ³
Área superficial	108	m ²
Área transversal	1.94	m ²
Ancho del humedal	2.16	m
Longitud de humedal	50	m
Carga orgánica del humedal	94.19	KgDBO ₅ /(ha.día)
Carga hidráulica superficial	1 800.00	m ³ /(ha.día)

Como parte inicial, se deberá separar las aguas grises de las aguas negras, tal como se muestra en la siguiente figura, permitiendo así solo emplear las aguas de los lavaderos y sumideros.

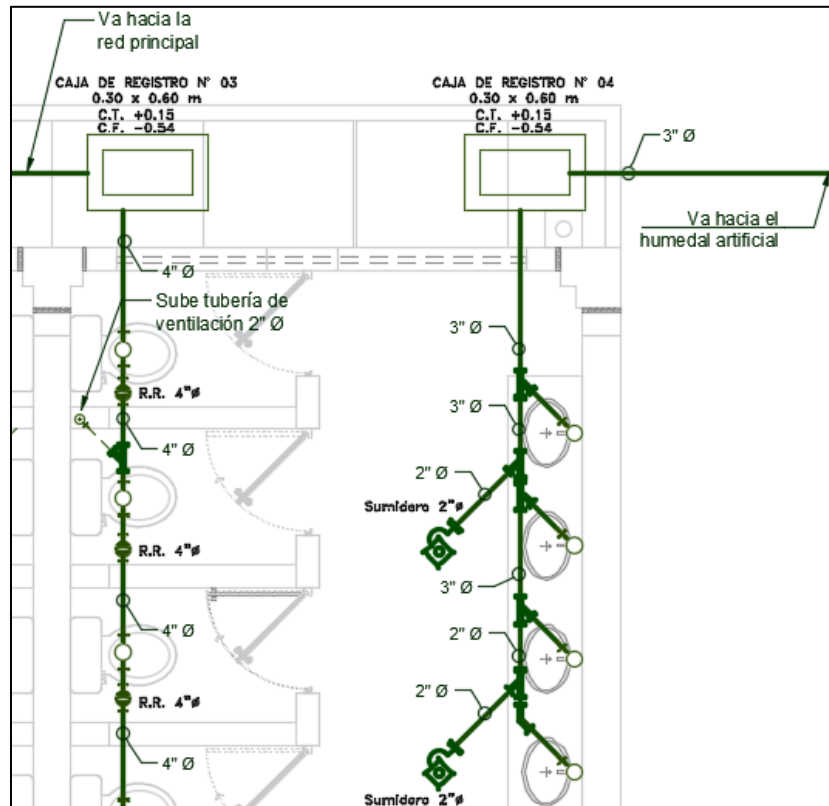


Figura 15. Sistema de separación de aguas grises y aguas negras.

Asimismo, este humedal artificial contará con una cámara de tratamiento preliminar con rejilla metálica, tal como se muestra en:

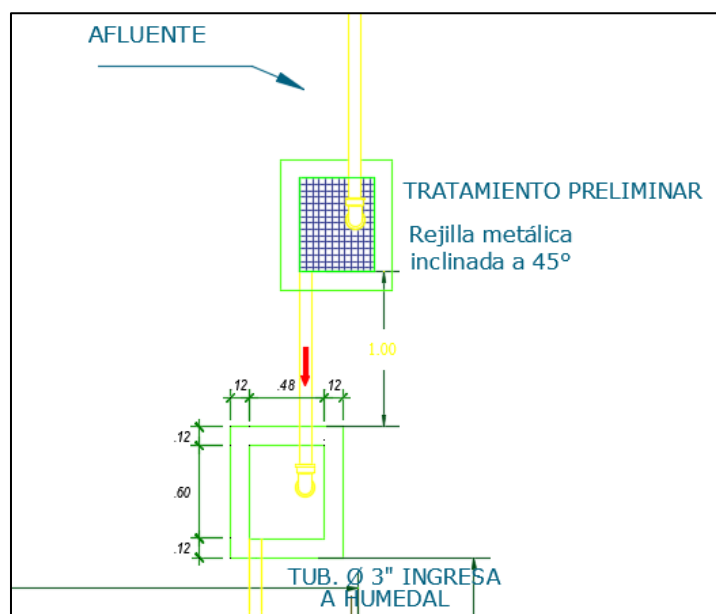


Figura 16. Vista del tratamiento preliminar de las aguas grises.

En cuanto a la vegetación a emplear en el humedal artificial, será la totora, cuyas características se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 6. Características de la vegetación para el humedal artificial.

Característica	Descripción
Nombre común	Totora
Tipo	Macrofita
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Cyperaceae
Género	Scirpus
Especie	Scirpus californicus tator

4.4. Costo de construcción para el tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales

Después del diseño del humedal artificial, se determinó las partidas vinculadas al proceso constructivo, para los cuales se desarrolló el respectivo metrado y cálculo del análisis de costo unitario de cada partida, para poder determinar el costo total de la construcción del humedal artificial. El resumen del Metrado y presupuesto para la construcción del humedal artificial se detalla en la siguiente tabla (ver Anexo N° 06):

Tabla 7. Metrado del humedal artificial planteado.

Partida	Especificación	Unid	Total
01	Humedal artificial		
01.01	Obras provisionales		
01.01.01	Trazo, niveles y replanteo	m ²	270.00
01.01.02	Limpieza y desbroce de terreno manual	m ²	270.00
01.02	Movimiento de tierras		
01.02.01	Excavación simple	m ³	210.34
01.02.02	Eliminación de material excedente	m ³	231.38
01.03	Relleno con material de préstamo-humedal		
01.03.01	Relleno con material de préstamo: gravilla	m ³	24.73
01.03.02	Relleno con material de préstamo: piedra de 4"	m ³	49.46
01.04	Accesorios		
01.04.01	Suministro e instalación de accesorios	Glb.	1.00
02	Tanque de ingreso y salida		
02.01	Obras provisionales		
02.01.01	Trazo, niveles y replanteo	m ²	1.21
02.01.02	Limpieza y desbroce de terreno manual	m ²	1.21
02.02	Movimiento de tierras		

02.02.01	Excavación simple	m ³	0.94
02.02.02	Eliminación de material excedente	m ³	1.04
02.03	Obras de concreto simple		
02.03.01	Concreto f'c: 175 kg/cm ²	m ³	0.52
02.03.02	Encofrado y desencofrado normal	m ²	7.45
02.04	Revoques y revestimientos		
02.04.01	Tarrajeo en interiores con impermeabilizante	m ²	1.21

Tabla 8. Presupuesto constructivo del humedal artificial.

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	Humedal artificial				30,634.79
01.01	Obras provisionales				1,314.90
01.01.01	Trazo, niveles y replanteo	m ²	270.00	0.71	191.70
01.01.02	Limpieza del terreno manual	m ²	270.00	4.16	1,123.20
01.02	Movimiento de tierras				18,233.55
01.02.01	Excavación a mano en terreno normal	m ³	210.34	46.26	9,730.33
01.02.02	Eliminación de material excedente	m ³	231.38	36.75	8,503.22
01.03	Relleno con material de préstamo				2,966.61
01.03.01	Relleno con material de préstamo: gravilla	m ³	24.73	47.32	1,170.22
01.03.02	Relleno con material de préstamo: piedra de 4"	m ³	49.46	36.32	1,796.39
01.04	Accesorios				8,119.73
01.04.01	Suministro e instalación de accesorios	glb	1.00	8,119.73	8,119.73
02	Tanque de ingreso y salida				879.85
02.01	Obras provisionales				5.89
02.01.01	Trazo, niveles y replanteo	m ²	1.21	0.71	0.86
02.01.02	Limpieza del terreno manual	m ²	1.21	4.16	5.03
02.02	Movimiento de tierras				78.03
02.02.01	Excavación a mano en terreno normal	m ³	0.94	46.26	43.48
02.02.02	Eliminación de material excedente	m ³	0.94	36.75	34.55
02.03	Obras de concreto simple				755.21
02.03.01	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0.52	518.07	269.40
02.03.02	Encofrado y desencofrado	m ²	7.45	65.21	485.81
02.04	Revoques y revestimientos				40.72
02.04.01	Tarrajeo en muros interiores con impermeabilizante	m ²	1.21	33.65	40.72
Costo directo (S/)					31,514.64

Del mismo modo, se tiene el metrado y presupuesto del modelo a escala del humedal artificial (Ver Anexo N° 07):

Tabla 9. Metrado del humedal artificial a escala.

Partida	Especificación	Unid	Total
01	Humedal artificial		
01.01	Obras provisionales		
01.01.01	Trazo, niveles y replanteo	m ²	1.52
01.01.02	Limpieza y desbroce de terreno manual	m ²	1.52
01.02	Movimiento de tierras		
01.02.01	Excavación simple	m ³	0.91
01.03	Relleno con material de préstamo		
01.03.01	Relleno con material de préstamo: gravilla	m ³	0.15
01.03.02	Relleno con material de préstamo: piedra de 4"	m ³	0.46
01.04	Accesorios		
01.04.01	Suministro e instalación de accesorios	Glb.	1.00

Tabla 10. Presupuesto del humedal artificial a escala.

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	Humedal artificial				506.79
01.01	Obras provisionales				7.40
01.01.01	Trazo, niveles y replanteo	m ²	1.52	0.71	1.08
01.01.02	Limpieza del terreno manual	m ²	1.52	4.16	6.32
01.02	Movimiento de tierras				78.85
01.02.01	Excavación a mano en terreno normal	m ³	0.91	46.26	42.10
01.02.02	Eliminación de material excedente	m ³	1.00	36.75	36.75
01.03	Relleno con material de préstamo				23.81
01.03.01	Relleno con material de préstamo: gravilla	m ³	0.15	47.32	7.10
01.03.02	Relleno con material de préstamo: piedra de 4"	m ³	0.46	36.32	16.71
01.04	Accesorios				396.73
01.04.01	Suministro e instalación de accesorios en prototipo	glb	1.00	396.73	396.73
Costo directo (S/)					506.79

4.5. Caracterización de las aguas efluentes

Después del diseño y puesta en funcionamiento de piloto del humedal artificial, los resultados de análisis de laboratorio efectuados al efluente de las aguas grises tratadas de la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza son presentados en la siguiente tabla (ver anexo N° 08).

Tabla 11. Valores representativos del análisis de laboratorio del efluente.

Parámetro	Unidad	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
DBO ₅	mg/L	12.35	10.20	10.45	11.00
DQO	mg/L	20.15	18.40	19.20	19.25
Sulfatos	mg/L	812	798	786	798.67
Nitratos	mg/L	84.25	72.90	78.35	78.50
Aceites y grasas	mg/L	0.40	0.30	0.39	0.36
pH	Unidades de pH	7.7	7.15	6.95	7.27
Temperatura	°C	12.60	12.05	11.90	12.18

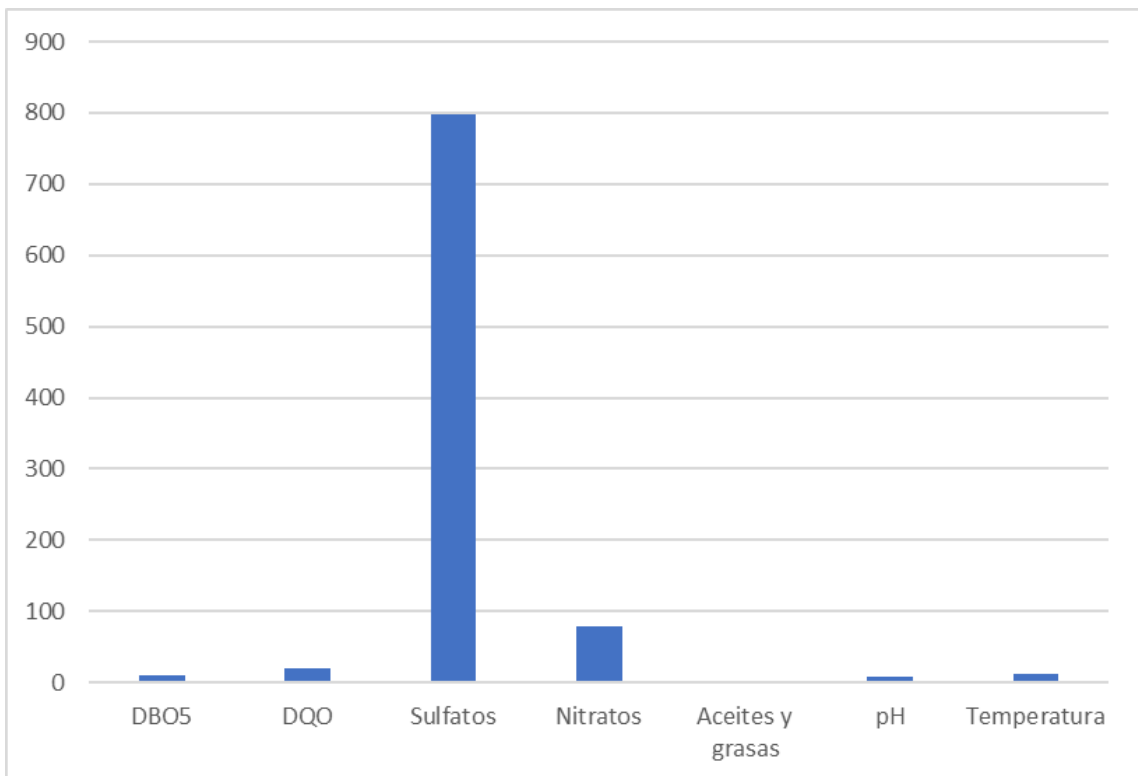


Figura 17. Valores representativos del análisis de laboratorio del efluente.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. De la caracterización de las aguas grises (afluente)

Según los resultados del análisis físico, químico y biológico, cuya muestra de análisis corresponde a la entrada al humedal artificial de las aguas grises producidas por la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza, se tiene que:

- La muestra de aguas grises contiene 52.33 mg/L de contaminación de DBO₅ en promedio de las tres muestras, y de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM, establece como límite máximo permisible 15 mg/L de DBO₅ para que dicha agua sea considerado en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de vegetales y bebidas de animales”, por lo que del comparativo podemos indicar que las muestras de aguas grises no cumplen con el ECA.
- La muestra de aguas grises contiene 90.67 mg/L de contaminación de DQO en promedio de las tres muestras, y de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM, establece como límite máximo permisible 40mg/L de DBO₅ para que dicha agua sea considerado en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de Vegetales y Bebidas de Animales”, por lo que del

comparativo podemos indicar que las muestras de aguas grises no cumplen con el ECA.

- La muestra de aguas grises contiene 3 666.67 Nmp/100 mL de contaminación de coliformes termotolerantes en promedio de las tres muestras, y de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM, establece como límite máximo permisible 1 000 Nmp/100 mL de coliformes termotolerantes para que dicha agua sea considerado en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de vegetales y bebidas de animales”, por lo que del comparativo podemos indicar que las muestras de aguas grises no cumplen con el ECA.
- La muestra de aguas grises contiene 3.97 mg/L de contaminación de aceites y grasas en promedio de las tres muestras, y de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM, establece como límite máximo permisible 5 mg/100 ml de aceites y grasas para que dicha agua sea considerado en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de vegetales y bebidas de animales”, por lo que del comparativo podemos indicar que las muestras de aguas grises con respecto al parámetro de aceites y grasas si cumple con el ECA.
- La muestra de aguas grises contiene 6.31 de potencial de hidrogeno (pH) en promedio de las tres muestras, y de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM, establece como límite rango permisible de 6.5 – 8.5 de potencial de hidrogeno para que dicha agua sea considerado en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de Vegetales y Bebidas de Animales”, por lo que del comparativo podemos indicar que las muestras de aguas grises no cumple con el ECA.

Con respecto a los resultados descritos líneas arriba podemos indicar que es necesario tratar las aguas grises producidas en la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza mediante el sistema de humedales artificiales, el cual pueda permitir reducir las concentraciones de los parámetros indicados de manera eficiente, en concordancia con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM, para que estas aguas sean considerados en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de Vegetales y Bebidas de Animales”.

5.2. Del diseño de sistema de tratamiento de aguas grises mediante humedal artificial

Los parámetros técnicos para el diseño hidráulico del sistema de tratamiento de aguas grises de la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza mediante humedal artificial son los siguientes:

- **Población de diseño;** como población de diseño se ha considerado a la población de la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza (972 personas), en dicha población se encuentran considerados los alumnos, docentes, personal administrativo y jerárquico.
- **Dotación;** Este parámetro se ha considerado el consumo promedio de 10 L por persona, para la población de la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza.
- **Caudal de Aguas Grises;** Para obtener el respectivo caudal de las aguas grises. La data de consumo por tipo de usuario es convertida en caudal de agua gris mediante el coeficiente de retorno, para ello nos resultó como cauda $0.000225 \text{ m}^3/\text{s}$, este dato será muy importante para el diseño de la capacidad del sistema de tratamiento de aguas grises.
- El humedal artificial que se propone tendrá las siguientes dimensiones: Área Superficial de 108.00 m^2 ; longitud del humedal de 50.0 m; ancho del humedal de 2.16 m; altura de 0.90 m; el

tiempo de retención hidráulico es de 5 días, y el área transversal del humedal de 1.94 m².

5.3. Del costo de construcción del humedal artificial

Para la construcción del humedal artificial para la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza, se ha determinado las partidas que son necesarias para su construcción, así mismo se realizó el respectivo metrado de dichas partidas, para luego determinar el costo unitario de cada una de ellas, y por último realizar la multiplicación del metrado por el costo unitario de cada partida y calcular el costo total de la construcción del humedal artificial, que es de S/ 31,514.64 (treinta y un mil quinientos catorce 64/100 soles).

5.4. De la caracterización de las aguas grises tratadas (efluente)

Según los resultados del análisis físico químico, cuya muestra de análisis corresponde a la salida del humedal artificial (Efluente) de la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza, se tiene que:

- Se obtuvo 11.00 mg/L de contaminación de DBO5 en promedio de las tres muestras, y para los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM el límite máximo permisible para que sea considerado en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de Vegetales y Bebidas de Animales” es de 15 mg/L, de acuerdo a los resultados obtenidos de las aguas grises tratada mediante el humedal artificial, este parámetro se encuentra dentro de los limite máximos permisibles para su uso de riego ornamental.
- Se obtuvo 19.25 mg/L de contaminación de DQO en promedio de las tres muestras, y para los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM el límite máximo permisible para que sea considerado en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de Vegetales y Bebidas de Animales” es de 40 mg/L, de acuerdo a los resultados obtenidos de las aguas grises tratada mediante el

humedal artificial, este parámetro se encuentra dentro de los límites máximos permisibles para su uso de riego ornamental.

- Se obtuvo 798.67 mg/L de contaminación de sulfatos en promedio de las tres muestras, y para los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM el límite máximo permisible para que sea considerado en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de Vegetales y Bebidas de Animales” es de 1000 mg/L, de acuerdo a los resultados obtenidos de las aguas grises tratada mediante el humedal artificial, este parámetro se encuentra dentro de los límites máximos permisibles para su uso de riego ornamental.
- Se obtuvo 78.50 mg/L de contaminación de nitratos en promedio de las tres muestras, y para los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM el límite máximo permisible para que sea considerado en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de Vegetales y Bebidas de Animales” es de 100 mg/L, de acuerdo a los resultados obtenidos de las aguas grises tratada mediante el humedal artificial, este parámetro se encuentra dentro de los límites máximos permisibles para su uso de riego ornamental.
- Se obtuvo 0.36 mg/L de contaminación de aceites y grasas en promedio de las tres muestras, y para los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM el límite máximo permisible para que sea considerado en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de Vegetales y Bebidas de Animales” es de 5.00 mg/L, de acuerdo a los resultados obtenidos de las aguas grises tratada mediante el humedal artificial, este parámetro se encuentra ligeramente por encima de los límites máximos permisibles para su uso de riego ornamental.
- Se obtuvo 7.27 de potencial de hidrogeno en promedio de las tres muestras, y para los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para

Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM el límite máximo permisible para que sea considerado en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de Vegetales y Bebidas de Animales” es de 6.5 – 8.5, de acuerdo a los resultados obtenidos de las aguas grises tratada mediante el humedal artificial, este parámetro se encuentra dentro de los limite máximos permisibles para su uso de riego ornamental.

- Se obtuvo 12.18 de temperatura en promedio de las tres muestras, y para los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM el límite máximo permisible para que sea considerado en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de Vegetales y Bebidas de Animales” es menor a 35 °C, de acuerdo a los resultados obtenidos de las aguas grises tratada mediante el humedal artificial, este parámetro se encuentra dentro de los limite máximos permisibles para su uso de riego ornamental.

Con respecto a los resultados descritos líneas arriba se afirma que los sistemas de humedales artificiales permiten reducir las concentraciones de los contaminantes de manera eficiente, en referencia a los resultados favorables obtenidos, podemos decir que los parámetros físico y químicos oscilan en el rango de los límites máximos permisibles indicados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM, para ser considerado en la sub categoría D1 “Riego de Vegetales” correspondiente a la categoría 3 “Riegos de Vegetales y Bebidas de Animales”, por lo que se propone al sistema de humedal artificial como sistema de tratamiento de aguas grises producidas por la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza.

CONCLUSIONES

1. El tratamiento de aguas grises mediante los humedales artificiales de la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza de Concepción, es eficiente, ya que los parámetros físicos químicos se encuentran dentro del rango de los límites máximos permisibles indicados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM, considerándose, así como una tecnología válida para depurar las aguas grises y dar uso en el riego ornamental.
2. Las muestras recolectadas de aguas grises de la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza de Concepción (afluente), fueron analizadas y comparadas de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM, siendo el análisis de laboratorio en promedio de las tres muestras; DBO₅ (52.33mg/L), DQO (90.67mg/L), pH (6.31) y aceites y grasas (3.97 mg/L), por lo que en calidad de afluente no cumplen con el ECA.
3. Se diseñó el sistema de tratamiento de aguas grises a partir de los parámetros técnicos como son; la población de diseño que fue de 972 personas y la dotación de 10 L/hab/día y el caudal de aguas grises de 0.000225 m³/s, del procesamiento de los datos el humedal artificial presenta las siguientes dimensiones; área superficial de 108.00 m²; longitud de 50 m; ancho de 2.16 m; altura de 0.90 m; el tiempo de retención hidráulico es de 5 días, y el área transversal de 1.94 m².
4. Para la construcción del humedal artificial para la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza, se determinó las partidas que son necesarias para su construcción con su respectivo metrado, para luego determinar el costo unitario de cada una de ellas, y calcular el costo total de la construcción del humedal artificial, que es de S/ 31,514.64 (treinta y un mil quinientos catorce con 64/100 soles).
5. Las muestras recolectadas de aguas grises a la salida del humedal artificial de la I.E. Lorenzo Alcalá Pomalaza de Concepción (efluente), fueron analizadas y comparadas de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobado por D.S.004-2017-MINAM, siendo el análisis de

laboratorio en promedio de las tres muestras; DBO₅ (11.00 mg/L), DQO (19.25 mg/L), Sulfatos (798.67 mg/L), Nitratos (78.50 mg/L), pH (7.27), aceites y grasas (0.36 mg/L) y temperatura (12.18 °C), por lo que las características físicas químicas del efluente se encuentran dentro del rango de los límites máximos permisibles indicados por el ECA considerándose adecuado su uso para el riego ornamental.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el diseño y construcción del sistema de tratamiento de aguas grises mediante los humedales artificiales, puesto que con la presente investigación se demostró la eficiencia en la reducción de las concentraciones de los contaminantes.
2. Se recomienda que para dar cualquier uso a las aguas residuales, es necesario realizar el comparativo de sus parámetros físicos, químicos y biológicos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas aprobados por D.S.004-2017-MINAM.
3. Se recomienda a todo aquel que presente interés en el tema investigado, tener en cuenta los parámetros técnicos, el conocimiento y la metodología para el diseño de sistemas de tratamiento de aguas grises mediante humedales artificiales adoptados en la investigación desarrollada.
4. Para el buen y correcto funcionamiento y operación del sistema de tratamiento de aguas grises mediante los humedales artificiales, se recomienda considerar las actividades de limpieza y mantenimiento, esto con el fin de evitar las posibles obstrucciones del sistema y así lograr que las aguas grises fluyan libremente.
5. Para la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas grises mediante los humedales artificiales, se recomienda realizar periódicamente el análisis de laboratorio de los parámetros físicos, químicos y biológicos, los cuales deben encontrarse dentro los límites máximos permisibles del ECA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, O. (2004) Estudio de la biodegradación de la materia orgánica en humedales construidos de flujo subsuperficial. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental. Tesina, Barcelona.
- Cooper, (1996) Tratamiento de aguas residuales.
- Collazos, C. (2008). Tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales. Bogotá: Universidad Nacional - Facultad de Ingeniería.
- CEPIS – OPS (1996). Curso de tratamiento y uso de aguas residuales. Lima: CEPIS, OPS & OMS.
- Cueva Torres, Edinson Y. y Rivadeneira Bravo, Fidel A. (2013) Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Mediante un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial con Vegetación Herbácea. Escuela Politécnica del Ejército Departamento de Ciencias de la Vida Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Santo Domingo.
- Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., & Ledin, A. (2002). Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, 85-104
- Gallo, H. (2010). Plantas de tratamiento de aguas grises. Buenos Aires.: Universidad de Morón - Facultad de Arquitectura.
- Jefferson, B., Palmer, A., Jeffrey, P., Stuetz, R., & Judd, S. (2004). Grey water characterisation and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse. *Water Science and Technology*, 157–164.
- Li, F., Wichmann, K., & Otterpohl, R. (2009). Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Science of the Total Environment*
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). II.3 OBRAS DE SANEAMIENTO OS. 100, IS. 010, OS. 090.
- Morel, A., & Diener, S. (2006). Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or

neighbourhoods. Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).

Minchola Gallardo, Jorge L. y Gonzáles, Federico. (2013). Humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la mina barrick (Trabajo de investigación), Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, Perú.

Ruiz Vásquez, María M. (2007). Evaluación, diagnóstico y mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante humedales artificiales de flujo Subsuperficial en el AAHH oasis – villa el salvador (Tesis de Grado), Universidad de Ingeniería – Lima.

Xavier Zambrano, Xavier Saltos y Franklin Villamar. (2004). “Diseño del sistema de tratamiento para la depuración de las aguas residuales domésticas de la población San Eloy en la provincia de Manabí por medio de un sistema de tratamiento natural compuesto por un humedal artificial de flujo libre. Facultad de Ingeniería de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Guayaquil. Ecuador.

ANEXOS

Anexo N° 01: matriz de consistencia

Matriz de consistencia						
Tesis: “Tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales para riego ornamental, Concepción”						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cuáles son los resultados del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿Cuáles son las características de las aguas grises para su tratamiento con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción? b) ¿Cuál es el diseño del sistema de tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción? c) ¿Cuál es el costo de construcción para el tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción? d) ¿Cuál es el resultado del efluente del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción?</p>	<p>Objetivo general: Evaluar los resultados del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción.</p> <p>Objetivos específicos: a) Evaluar las características de las aguas grises para su tratamiento con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción. b) Establecer el diseño del sistema de tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción. c) Calcular el costo de construcción para el tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción. d) Analizar el efluente del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción.</p>	<p>Hipótesis general: La eficiencia del tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción, será aceptada según los parámetros de la norma técnica.</p> <p>Hipótesis específicas: a) Las características de las aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción, según la norma vigente, serán deficientes siendo consideradas contaminadas. b) El diseño del sistema de tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción, será aceptado por la norma técnica. c) El costo de construcción del sistema de humedal artificial para el tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción, será eficiente según los índices económicos actuales. d) Los resultados al evaluar las aguas efluentes del proceso de descontaminación mediante el sistema de humedales artificiales para medir la eficiencia en descontaminación cumplirán con los indicadores de mejora ambiental en el agua.</p>	<p>Humedal artificial</p> <p>Aguas grises</p>	<p>- Caudal. - Área de humedal. - Periodo de retención.</p> <p>- Parámetros físicos. - Parámetros biológicos. - Parámetros químicos.</p>	<p>- m³/día - m² - H/día</p> <p>- DBO₅ (demanda bioquímica de oxígeno). - DQO (demanda química de oxígeno). - Nitrógeno orgánico. - Nitratos. - Fosfatos. - Carbono orgánico. - Coliformes. - Concentración de iones de hidrógeno. - Temperatura - Turbidez - Conductividad - Materias inorgánicas - Materia orgánica (oxígeno, dióxido de carbono, metano, amoníaco) - Compuestos orgánicos</p>	<p>Método de investigación: científico.</p> <p>Tipo de investigación: aplicado.</p> <p>Nivel de investigación: descriptivo – correlacional.</p> <p>Diseño de investigación: experimental.</p> <p>Población: Está dada por el volumen de aguas grises producidas en la Institución Educativa Lorenzo Alcalá Pomalaza de Concepción.</p> <p>Muestra: Para la presente investigación, en el caso de la determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos la muestra fueron las aguas residuales generadas, de tal forma se recolectaron 03 muestras (01 muestras tomadas durante 3 días), los mismos que fueron caracterizados para su posterior análisis.</p>

Anexo N° 02: análisis fisicoquímico del afluente

ASESORÍA Y CONSULTORÍA "ANDY"

ING. ROJAS QUINTO ANDRÉS CORCINO

Ingeniero Químico Colegiado Reg. CIP N° 21526, Ms. C. Ingeniería Química Ambiental
Ms. C. en Didáctica Universitaria, Doctor en Ingeniería Química y Ambiental, Dr. en Educación
Monitoreo Ambiental en agua, Suelos y Residuos Sólidos, Asesoría y Consultoría en Procesos Metalúrgicos,
Análisis de Agua y Minerales. Asesoría de Tesis de Pre Grado, Maestrías y Doctorados.

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL

TESISTAS	: JOSOHE PUELLAS QUISPE/GIOVANA POMA CHANCA
UBICACION	: IEP LORENZO ALCALA POMALAZA,
PROYECTO	: TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS CON EL SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES, PARA RIEGO ORNAMENTAL, CONCEPCION
CAPTACION	: LAVADERO COMEDOR GENERAL M-1
FECHA DE MUESTREO	: 19-10-2018
ANALISTA	: Dr. ANDRÉS CORCINO ROJAS QUINTO
RECOLECTOR DE LA MUESTRA	:
COORDENADAS UTM	: 465226 45 mE 8683385. N mS

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	: 5210-B ROB 5 DÍAS
POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	: 4500-H ⁺ B Método electrométrico
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	: APHA 2540 B
ACEITES Y GRASAS	: SOXHLET
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	: NMP/100 mL.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Análisis	Unidades	Resultados	LMP
Acetes y grasas	mg/L	3.8	20
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	42.0	100.0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	67.0	200.0
Potencial de hidrogeno (pH)	unidad	5.91	6.5- 8.5
Sólidos totales en suspensión	mg/L	533.0	150.0
Coliformes termotolerantes	Nmp/100mL	20.0	10 000.0
Temperatura	°C	15.0	<35

LMP: Límite máximo permisible

mg/L: miligramos por litro

DS N° 003-2010-MINAM (Aprueban límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales)

Huancayo, 25 de octubre de 2018.


ANDRÉS CORCINO ROJAS QUINTO
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP N° 21526

ASESORÍA Y CONSULTORÍA "ANDY"

ING. ROJAS QUINTO ANDRÉS CORCINO

Ingeniero Químico Colegiado Reg. CIP N° 21526, Ms. C. Ingeniería Química Ambiental,
Ms. C. en Didáctica Universitaria, Doctor en Ingeniería Química y Ambiental, Dc. en Educación
Monitoreo Ambiental en agua, Suelos y Residuos Sólidos, Asesoría y Consultoría en Procesos Metalúrgicos,
Análisis de Agua y Minerales. Asesoría de Tesis de Pre Grado, Maestrías y Doctorados.

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL

TESISTAS	: JOSOHE PUELLAS QUISPE/GIOVANA POMA CHANCA
UBICACION	: IEP LORENZO ALCALA POMALAZA
PROYECTO	: TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS CON EL SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES, PARA RIEGO ORNAMENTAL, CONCEPCION
CAPTACION	: LAVADERO COMEDOR GENERAL M-2
FECHA DE MUESTREO	: 23-10-2018
ANALISTA	: Dr. ANDRÉS CORCINO ROJAS QUINTO
RECOLECTOR DE LA MUESTRA	:
COORDENADAS UTM	: 465226.45 mE 8683385. N mS

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	: 5210-B ROB 5 DÍAS
POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	: 4500-H ⁺ B Método electrométrico
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	: APHA 2540 B
ACEITES Y GRASAS	: SOXHLET
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	: NMP/100 mL

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Análisis	Unidades	Resultados	LMP
Aceites y grasas	mg/l.	3.9	20
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/l.	55.0	100.0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l.	90.0	200.0
Potencial de hidrógeno (pH)	unidad	7.2	6.5- 8.5
Sólidos totales en suspensión	mg/l.	349.0	150.0
Coliformes termotolerantes	Nmp/100mL	10.0	10 000.0
Temperatura	°C	18.5	<35

LMP: Límite máximo permisible

mg/l.: miligramos por litro

DS N° 003-2010-MINAM (Aprobación límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales)

Huancayo, 27 de octubre de 2018.

INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP. N° 21526

ASESORÍA Y CONSULTORÍA "ANDY"

ING. ROJAS QUINTO ANDRÉS CORCINO

Ingeniero Químico Colegiado Reg. CIP N° 21526, Ms. C. Ingeniería Química Ambiental
Ms. C. en Didáctica Universitaria, Doctor en Ingeniería Química y Ambiental, Dr. en Educación
Monitoreo Ambiental en agua, Suelos y Residuos Sólidos, Asesoría y Consultoría en Procesos Metalúrgicos,
Análisis de Agua y Minerales, Asesoría de Tesis de Pre Grado, Maestrías y Doctorados.

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL

TESISTAS	: JOSUE PUCLLAS QUISPE/GIOVANA POMA CHANCA
UBICACION	: IEP LORENZO ALCALA POMALAZA,
PROYECTO	: TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS CON EL SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES, PARA RIEGO ORNAMENTAL, CONCEPCION
CAPTACION	: LAVADERO COMEDOR GENERAL M-3
FECHA DE MUESTREO	: 23-10-2018
ANALISTA	: Dr. ANDRÉS CORCINO ROJAS QUINTO
RECOLECTOR DE LA MUESTRA	: JOSUE PUCLLAS QUISPE
COORDENADAS UTM	: 465226.45 mE 8683385. N mS

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	: 5210-B ROB 5 DÍAS
POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	: 4500-H El Método electrométrico
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	: APHA 2540 B
ACRITES Y GRASAS	: SOXHLET
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	: NMP/100 mL

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Análisis	Unidades	Resultados	LMP
Aceites y grasas	mg/L	4.2	20
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	60.0	100.0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	115.0	200.0
Potencial de hidrogeno (pH)	unidad	5.82	6.5- 8.5
Sólidos totales en suspensión	mg/L	729.0	150.0
Coliformes termotolerantes	Nmp/100mL	80.0	10 000.0
Temperatura	°C	18.3	<35

LMP: Límite máximo permisible

mg/L: miligramos por litro

DS N° 003-2010-MINAM (Aprueban límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales)

Huancayo, 27 de octubre de 2018.


Andrés Corcino Rojas Quinto
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP N° 21526

Anexo N° 03: cálculo hidráulico del humedal artificial

DIMENSIONAMIENTO DE HUMEDAL ARTIFICIAL

TESIS

"TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES CON EL SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES, PARA RIEGO ORNAMENTAL, CONCEPCIÓN"

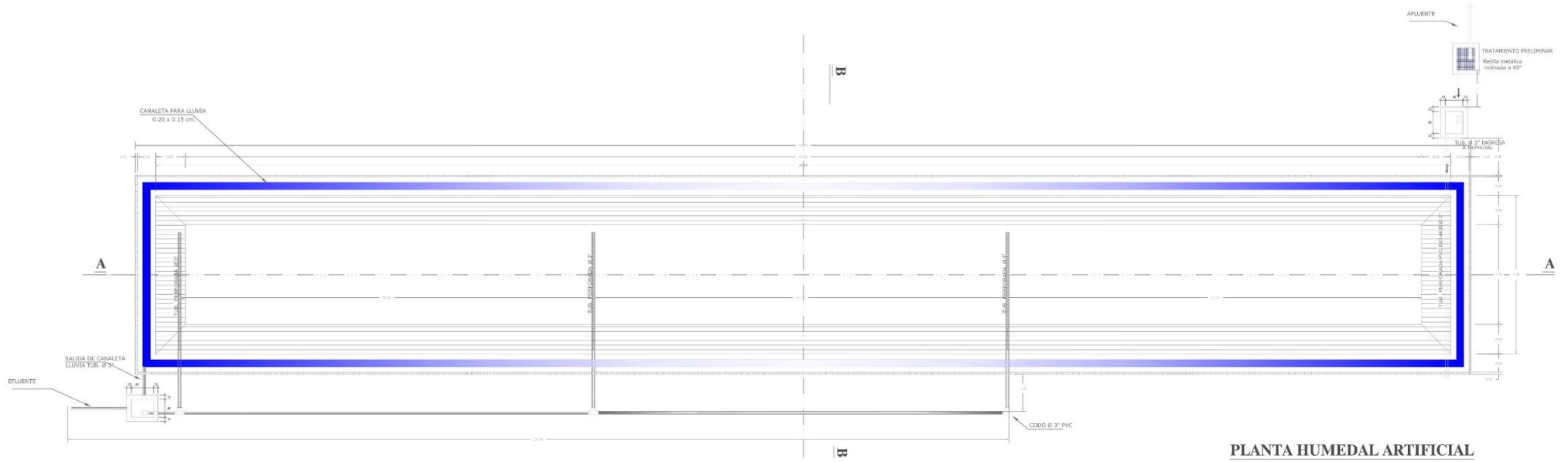
Datos de entrada

Qmd =	0.09 l/s		
Qmh =	0.225 l/s	caudal de diseño	k = 1.80 - 2.50
Qps =	19.44 m3/d		
DBO5 entrada =	52.33 mg/l		
Tiempo hidráulico de Residencia	5 días	* entre 3 - 5 días	
Pendiente del fondo del humedal $\Delta h/\Delta L$	2 %	0.02	m/m
Profundidad del agua h1	0.90 m	* entre 0,7 y 0,9 m	
Conductividad hidráulica K	5,000	m3/m2.d	
Porocidad del medio e	0.35		
Volúmen del humedal Vol h	97.20	m3	
Área Superficial Ash	108.00	m2	
Área Transversal Ath	1.94	m2	
Ancho del humedal Ah	2.16	m	
Longitud del humedal Lh	50.00	m	
Carga Orgánica del humedal	94.19	kg DBO /ha.d	OK
Carga Hidráulica Superficial	1,800.00	m3/ha.d	OK

Tabla 4 Características típicas de los medios para humedales SFS

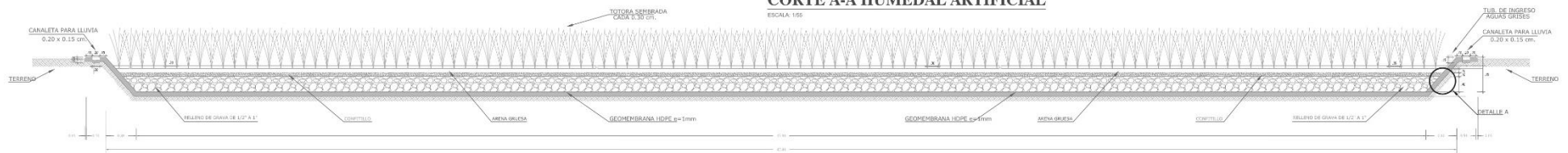
Tipo de material	Tamaño efectivo D ₁₀ (mm)	Porosidad, n (%)	Conductividad hidráulica, k _s (m ³ /m ² /d)
Arena gruesa	2	28-32	100-1.000
Arena gravosa	8	30-35	500-5.000
Grava fina	16	35-38	1.000-10.000
Grava media	32	36-40	10.000-50.000
Roca gruesa	128	38-45	50.000-250.000

**Anexo N° 04: plano constructivo del humedal artificial planteado para la
institución educativa**

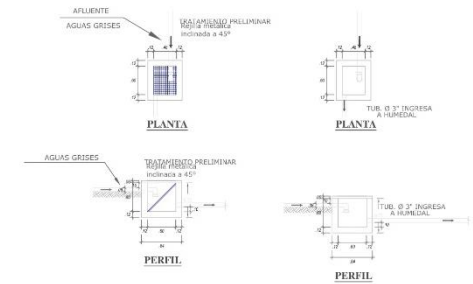
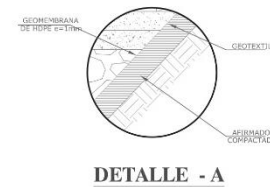
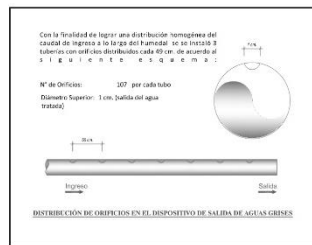


PLANTA HUMEDAL ARTIFICIAL
ESCALA: 100

CORTE A-A HUMEDAL ARTIFICIAL
ESCALA: 100

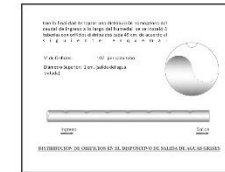
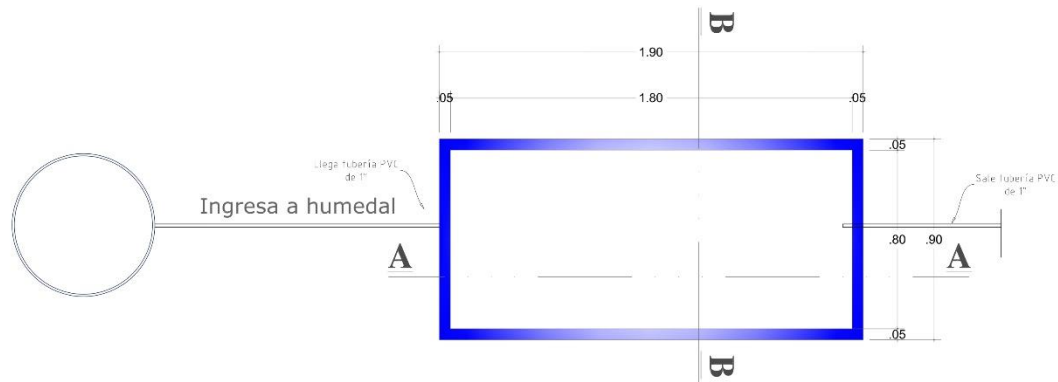


CORTE B-B HUMEDAL ARTIFICIAL
ESCALA: 100

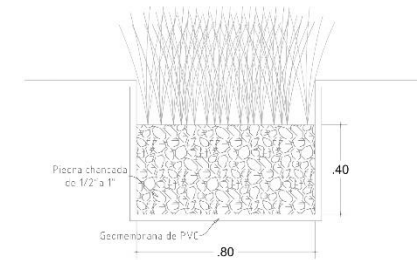
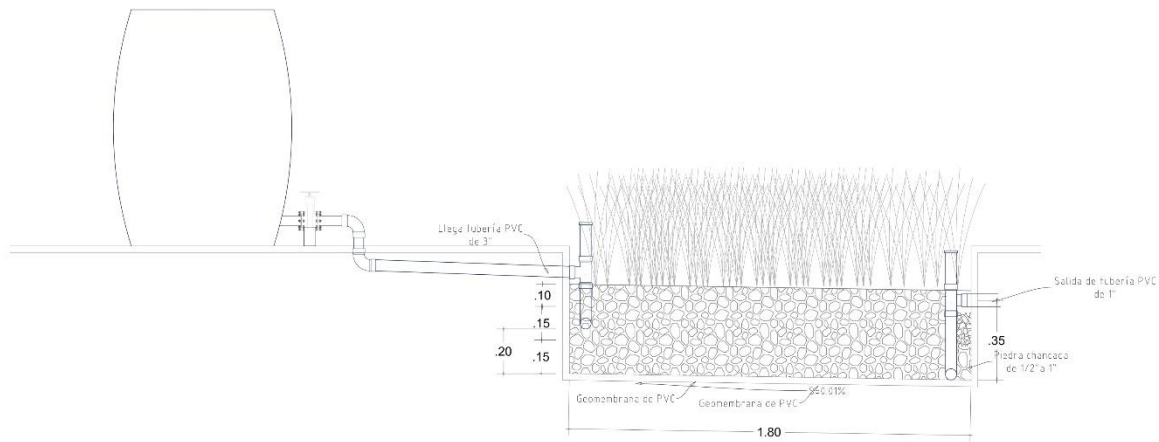


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES UPLA				TESIS TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS CON EL SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES, PARA REGO ORNAMENTAL, CONCEPCION			
				REGION: JUNIN	PROVINCIA: CONCEPCION	DEPARTAMENTO: CONCEPCION	
PLANO: HUMEDAL ARTIFICIAL, PLANTA Y PERFIL		TITULO: ROMA CHANCA, GIOVANNIA PUCILLAS QUENTE, JOSE					

Anexo N° 05: plano constructivo de humedad artificial a escala



PLANTA HUMEDAL ARTIFICIAL
 ESCALA: 100%



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES UPLA	TESIS		
	TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS CON EL SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA RIEGO ORNAMENTAL, CONCEPCION		
	REGION: JUNIN	PROVINCIA: CONCEPCION	DISTRITO: CONCEPCION
	PLANO: HUMEDAL ARTIFICIAL Y BANCAL, PLANTA Y PERFIL		LAMINA: 02
TESISTA: POMA CHANCA, GIOVANA PUCLLAS QUISPE, JOSOHE			

**Anexo N° 06: Metrado y presupuesto constructivo del humedal artificial
propuesto para la institución educativa**

Tabla 12. Metrado del humedal artificial planteado.

Proyecto:		"Tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción "						
Investigador	: Bach. Ing. Civil Giovana Poma Chanca		Distrito:		: Concepción			
	: Bach. Ing. Civil Josohe Pucllas Quispe		Provincia:		Concepción			
Fecha	: noviembre - 2022		Departamento:		: Junín			
Partida	Especificación	Unid	Nº de veces	Medidas			Parcial	Total
				Largo	Ancho	Altura		
01	Humedal artificial							
01.01	Obras provisionales							
01.01.01	Trazo, niveles y replanteo	m ²						270.00
	<i>Humedal artificial</i>		1.00	50.00	5.40		270.00	
01.01.02	Limpieza y desbroce de terreno manual	m ²						270.00
	<i>Humedal artificial</i>		1.00	50.00	5.40		270.00	
01.02	Movimiento de tierras							
01.02.01	Excavación simple	m ³						210.34
	<i>Humedal artificial</i>		1.00	47.40	4.30	1.02	207.90	
	<i>Canal para soporte de geomembrana</i>		1.00	81.60	0.15	0.20	2.45	
01.02.02	Eliminación de material excedente	m ³						231.38
	<i>Considerando el factor de esponjamiento de 1.10</i>		1.00				231.38	
01.03	Relleno con material de préstamo-humedal							
01.03.01	Relleno con material de préstamo: gravilla	m ³	1.00	45.80	2.70	0.20	24.73	24.73
01.03.02	Relleno con material de préstamo: piedra de 4"	m ³	1.00	45.80	2.70	0.40	49.46	49.46
01.04	Accesorios							
01.04.01	Suministro e instalación de accesorios	Glb.						1.00
	<i>Tubería de PVC - SAL de 3"</i>	m	1.00	47.29			47.29	47.29
	<i>Tapón de PVC de 3"</i>	ud.	10.00				10.00	10.00
	<i>Tee de PVC - SAL de 3"</i>	ud.	4.00				4.00	4.00
	<i>Codo de PVC x 90° de 3"</i>	ud.	3.00					
	<i>Geomembrana de HDPE, e=1mm</i>	m ²	1.00	6.70	50.00		335.00	335.00
	<i>Geotextil</i>	m ²	1.00	6.70	50.00		335.00	335.00
	<i>Plantas acuáticas</i>	Glb.	1.00				1.00	1.00
02	Tanque de ingreso y salida							
02.01	Obras provisionales							
02.01.01	Trazo, niveles y replanteo	m ²						1.21
	<i>Tanques de ingreso y salida</i>		2.00	0.84	0.72		1.21	

02.01.02	Limpieza y desbroce de terreno manual	m²						1.21
	<i>Tanques de ingreso y salida</i>		2.00	0.84	0.72		1.21	
02.02	Movimiento de tierras							
02.02.01	Excavación simple	m³						0.94
	<i>Tanques de ingreso y salida</i>		2.00	0.84	0.72	0.78	0.94	
02.02.02	Eliminación de material excedente	m³						1.04
	<i>Considerando el factor de esponjamiento de 1.10</i>		1.00				1.04	
02.03	Obras de concreto simple							
02.03.01	Concreto f'c: 175 kg/cm²	m³						0.52
	<i>Base del tanque de salida e ingreso</i>		2.00	0.84	0.72	0.12	0.15	
	<i>Lados laterales del tanque primario de salida e ingreso</i>		8.00	0.65	0.60	0.12	0.37	
02.03.02	Encofrado y desencofrado normal	m²						7.45
	<i>Lados laterales del tanque de almacenamiento</i>		16.00	0.65	0.60		6.24	
	<i>Divisoria del tanque primario de almacenamiento</i>		2.00	0.84	0.72		1.21	
02.04	Revoques y revestimientos							
02.04.01	Tarrajeo en interiores con impermeabilizante	m²						1.21
	<i>Base del tanque de almacenamiento</i>		2.00	0.84	0.72		1.21	
	<i>Lados laterales del tanque de almacenamiento</i>		8.00	0.65	0.60			

Presupuesto

Presupuesto 1101009 Tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción
 Subpresupuesto 001 Humedal artificial
 Cliente Poma Chanca, Giovana
 Lugar JUNIN - CONCEPCION - CONCEPCION

Costo al 17/11/2022

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	HUMEDAL ARTIFICIAL				30,634.79
01.01	OBRAS PROVISIONALES				1,314.90
01.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	270.00	0.71	191.70
01.01.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	270.00	4.16	1,123.20
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				18,233.55
01.02.01	EXCAVACION A MANO EN TERRENO NORMAL	m3	210.34	46.26	9,730.33
01.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	231.38	36.75	8,503.22
01.03	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO				2,966.61
01.03.01	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO: GRAVILLA	m3	24.73	47.32	1,170.22
01.03.02	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO: PIEDRA DE 4"	m3	49.46	36.32	1,796.39
01.04	ACCESORIOS				8,119.73
01.04.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS	gb	1.00	8,119.73	8,119.73
02	TANQUE DE INGRESO Y SALIDA				879.85
02.01	OBRAS PROVISIONALES				5.89
02.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	1.21	0.71	0.86
02.01.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	1.21	4.16	5.03
02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				78.03
02.02.01	EXCAVACION A MANO EN TERRENO NORMAL	m3	0.94	46.26	43.48
02.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	0.94	36.75	34.55
02.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				755.21
02.03.01	CONCRETO F' C = 210 KG/CM2	m3	0.52	518.07	269.40
02.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	7.45	65.21	485.81
02.04	REVOQUES Y REVESTIMIENTOS				40.72
02.04.01	TARRAJEO EN MUROS INTERIORES CON IMPERMEABILIZANTE	m2	1.21	33.65	40.72
	COSTO DIRECTO				31,514.64

SON : TRENTIUN MIL QUINIENTOS CATORCE Y 64/100 NUEVOS SOLES

Fecha: 18/11/2022 09:49:33

Anexo N° 07: Metrado y presupuesto constructivo del humedal a escala

Tabla 13. Metrado del humedal artificial a escala.

Partida	Especificación	Unid	Nº de veces	Medidas			Parcial	Total
				Largo	Ancho	Altura		
Proyecto:	“Tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción ”							
Investigador	: Bach. Ing. Civil Giovana Poma Chanca			Distrito:		: Concepción		
	: Bach. Ing. Civil Josohe Pucllas Quispe			Provincia:		:Concepción		
Fecha	: noviembre - 2022			Departamento:		: Junín		
01	Humedal artificial							
01.01	Obras provisionales							
01.01.01	Trazo, niveles y replanteo	m²						1.52
	<i>Humedal artificial</i>		1.00	1.90	0.80		1.52	
01.01.02	Limpieza y desbroce de terreno manual	m²						1.52
	<i>Humedal artificial</i>		1.00	1.90	0.80		1.52	
01.02	Movimiento de tierras							
01.02.01	Excavación simple	m³						0.91
	<i>Humedal artificial</i>		1.00	1.90	0.80	0.60	0.91	
01.02.02	Eliminación de material excedente	m³						1.00
	<i>Considerando el factor de esponjamiento de 1.10</i>		1.00				1.00	
01.03	Relleno con material de préstamo							
01.03.01	Relleno con material de préstamo: gravilla	m³	1.00	1.90	0.80	0.10	0.15	0.15
01.03.02	Relleno con material de préstamo: piedra de 4"	m³	1.00	1.90	0.80	0.30	0.46	0.46
01.04	Accesorios							
01.04.01	Suministro e instalación de accesorios	Glb.						1.00
	<i>Tubería de PVC - SAL de 3"</i>	m	1.00	3.79			3.79	3.79
	<i>Tapón de PVC de 3"</i>	ud.	8.00				8.00	8.00
	<i>Tee de PVC - SAL de 3"</i>	ud.	4.00				4.00	4.00
	<i>Codo de PVC x 90° de 3"</i>	ud.	2.00				2.00	2.00
	<i>plástico</i>	m²	1.00	3.94	0.80		3.15	3.15
	<i>Cilindro de plástico</i>	ud.	1.00				1.00	1.00
	<i>Plantas acuáticas</i>	Glb.	1.00				1.00	1.00

Presupuesto

Presupuesto 1101009 Tratamiento de aguas grises con el sistema de humedales artificiales, para riego ornamental, Concepción
 Subpresupuesto 002 Prototipo
 Cliente Poma Chanca, Giovana
 Lugar JUNIN - CONCEPCION - CONCEPCION

Costo al 17/11/2022

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	HUMEDAL ARTIFICIAL				506.79
01.01	OBRAS PROVISIONALES				7.40
01.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	1.52	0.71	1.08
01.01.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	1.52	4.16	6.32
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				78.85
01.02.01	EXCAVACION A MANO EN TERRENO NORMAL	m3	0.91	46.26	42.10
01.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1.00	36.75	36.75
01.03	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO				23.81
01.03.01	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO: GRAVILLA	m3	0.15	47.32	7.10
01.03.02	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO: PIEDRA DE 4"	m3	0.46	36.32	16.71
01.04	ACCESORIOS				396.73
01.04.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS EN PROTOTIPO	gb	1.00	396.73	396.73
	COSTO DIRECTO				506.79

SON : QUINIENTOS SEIS Y 79/100 NUEVOS SOLES

Fecha: 18/11/2022 09:52:34

Anexo N° 08: análisis fisicoquímico del efluente

ASESORÍA Y CONSULTORÍA "ANDY"

ING. ROJAS QUINTO ANDRES CORCINO

Ingeniero químico colegiado reg. CIP N° 21526, Ms. C. Ingeniera Química Ambiental
Ms. C. en Didáctica Universitaria, Doctor en Ingeniería Química y Ambiental, Dr. En Educación
Monitoreo Ambiental en agua, Suelos y Residuos Sólidos, Asesoría y Consultoría en Procesos Metalúrgicos
Análisis de Agua y Minerales. Asesoría de Tesis de Pre Grado, Maestrías y Doctorados

INFORME DE ANALISIS DE AGUA TRATADA CON HUMEDAL ARTIFICIAL

TESISTAS	: JOSOHE PUCLLAS QUISPE/ GIOVANA POMA CHANCA
UBICACIÓN	: IEP LORENZO ALCALA POMALAZA
PROYECTO	: TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES CON EL SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES, PARA RIEGO ORNAMENTAL, CONCEPCION
CAPTACION	: PUNTO DE SALIDA EN EL HUMEDAL ARTIFICIAL M-1
FECHA DE MUESTREO	: 28-03-2019
ANALISTA	: Dr. ANDRES ROJAS CORCINO QUINTO
RECOLECTORES DE LA MUESTRA	: JOSOHE PUCLLAS QUISPE/ GIOVANA POMA CHANCA
COORDENADAS UTM	: 465146.24 mE 8683310.59 mN

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO₅) : 5210-B ROB 5 DIAS
POTENCIAL DE HIDROGENO (PH) : 4500-H+ B Método electrométrico
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION : APHA 2540 B
ACEITES Y GRASAS : SOXHLET
NITRATOS (NO₃-N) : NMP/100 mL

RESULTADOS DEL ANALISIS FISICOS – QUIMICO

Análisis	Unidades	Resultados	ECA
Aceltes y Grasas	mg/L	0.40	5 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	12.35	15 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	20.15	40 mg/L
Potencial de Hidrogeno (pH)	unidad	7.70	6.50 – 8.50
Sulfatos	mg/L	812.00	1000 mg/L
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	84.25	100 mg/L
Temperatura	°C	12.60	35 °C

ECA: Estándares de Calidad Ambiental

mg/L: Miligramo por litro

DS N° 004 – 2017 – MINAM (Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias)


Andrés Corcino Rojas Quinto
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP N° 21526

Av. Los Andes N° 277 Of. 101 Urb. Los Andes El Tambo – Huancayo – Junín – Tel.: 964905241 RPM.: # 964905241 El Tambo – Huancayo
E- mail: andiquin49@hotmail.com

ASESORÍA Y CONSULTORÍA "ANDY"

ING. ROJAS QUINTO ANDRES CORCINO

Ingeniero químico colegiado reg. CIP N° 21526, Ms. C. Ingeniera Química Ambiental
Ms. C. en Didáctica Universitaria, Doctor en Ingeniería Química y Ambiental, Dr. En Educación
Monitoreo Ambiental en agua, Suelos y Residuos Sólidos, Asesoría y Consultoría en Procesos Metalúrgicos
Análisis de Agua y Minerales. Asesoría de Tesis de Pre Grado, Maestrías y Doctorados

INFORME DE ANALISIS DE AGUA TRATADA CON HUMEDAL ARTIFICIAL

TESISTAS	: JOSOHE PUCLLAS QUISPE/ GIOVANA POMA CHANCA
UBICACIÓN	: IEP LORENZO ALCALA POMALAZA
PROYECTO	: TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES CON EL SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES, PARA RIEGO ORNAMENTAL, CONCEPCION
CAPTACION	: PUNTO DE SALIDA EN EL HUMEDAL ARTIFICIAL M-2
FECHA DE MUESTREO	: 29-03-2019
ANALISTA	: Dr. ANDRES ROJAS CORCINO QUINTO
RECOLECTORES DE LA MUESTRA	: JOSOHE PUCLLAS QUISPE/ GIOVANA POMA CHANCA
COORDENADAS UTM	: 465146.24 mE 8683310.59 mN

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBOs)	: 5210-B ROB 5 DIAS
POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)	: 4500-H* B Método electrométrico
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	: APHA 2540 B
ACEITES Y GRASAS	: SOXHLET
NITRATOS (NO3-N)	: NMP/100 mL

RESULTADOS DEL ANALISIS FISICOS – QUIMICO

Análisis	Unidades	Resultados	ECA
Aceites y Grasas	mg/L	0.30	5 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBOs)	mg/L	10.20	15 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	18.40	40 mg/L
Potencial de Hidrogeno (pH)	unidad	7.15	6.50 – 8.50
Sulfatos	mg/L	798	1000 mg/L
Nitratos (NO3-N)	mg/L	72.90	100 mg/L
Temperatura	°C	12.05	35 °C

ECA: Estándares de Calidad Ambiental
mg/L: Miligramo por litro
DS N° 004 – 2017 – MINAM (Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias)


Andrés Corcino Rojas Quinto
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 21526

Av. Los Andes N° 277 Of. 101 Urb. Los Andes El Tambo – Huancayo – Junín – Telf.: 964905241 RPM.: # 964905241 El Tambo – Huancayo
E- mail: andiquin49@hotmail.com

ASESORÍA Y CONSULTORÍA "ANDY"

ING. ROJAS QUINTO ANDRES CORCINO

Ingeniero químico colegiado reg. CIP N° 21526, Ms. C. Ingeniera Química Ambiental
Ms. C. en Didáctica Universitaria, Doctor en Ingeniería Química y Ambiental, Dr. En Educación
Monitoreo Ambiental en agua, Suelos y Residuos Sólidos, Asesoría y Consultoría en Procesos Metalúrgicos
Análisis de Agua y Minerales. Asesoría de Tesis de Pre Grado, Maestrías y Doctorados

INFORME DE ANALISIS DE AGUA TRATADA CON HUMEDAL ARTIFICIAL

TESISTAS	: JOSOHE PUCLLAS QUISPE/ GIOVANA POMA CHANCA
UBICACIÓN	: IEP LORENZO ALCALA POMALAZA
PROYECTO	: TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES CON EL SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES, PARA RIEGO ORNAMENTAL, CONCEPCION
CAPTACION	: PUNTO DE SALIDA EN EL HUMEDAL ARTIFICIAL M-3
FECHA DE MUESTREO	: 30-03-2019
ANALISTA	: Dr. ANDRES ROJAS CORCINO QUINTO
RECOLECTORES DE LA MUESTRA	: JOSOHE PUCLLAS QUISPE/ GIOVANA POMA CHANCA
COORDENADAS UTM	: 465146.24 mE 8683310.59 mN

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO₅) : 5210-B ROB 5 DIAS
POTENCIAL DE HIDROGENO (PH) : 4500-H* B Método electrométrico
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION : APHA 2540 B
ACEITES Y GRASAS : SOXHLET
NITRATOS (NO₃-N) : NMP/100 mL

RESULTADOS DEL ANALISIS FISICOS – QUIMICO

Análisis	Unidades	Resultados	ECA
Aceites y Grasas	mg/L	0.39	5 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	10.45	15 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	19.20	40 mg/L
Potencial de Hidrogeno (pH)	unidad	6.95	6.50 – 8.50
Sulfatos	mg/L	786	1000 mg/L
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	78.35	100 mg/L
Temperatura	°C	11.90	35 °C

ECA: Estándares de Calidad Ambiental

mg/L: Miligramo por litro

DS N° 004 – 2017 – MINAM (Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias)



Anexo N° 09: panel fotográfico



Fotografía 1. Vista de la excavación para el humedal artificial a escala.



Fotografía 2. Colocación de material referido al geotextil en el humedal artificial.



Fotografía 3. Perforación de tubería para salida de aguas grises.



Fotografía 4. Relleno de grava de 1" a 1/2" en la base del humedal artificial.
12



Fotografía 5. Vista del humedal artificial a escala.