

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**



**REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN LA
“PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN ANDRÉS”
PARA CULTIVO DE ARVEJA**

Por:

JOSÉ ARMANDO CONDORI

Tesis de Grado, presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Medio Ambiente.

GESTIÓN- 2021

ENTRE RÍOS – TARIJA- BOLIVIA

AGRADECIMIENTO

Le agradezco principalmente a Dios, por ser mi inspirador, darme fuerzas y permitirme continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mi querida madre, Isabel Paulina Condori Segovia, por darme la vida, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ella he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido y será un orgullo y privilegio ser su hijo. Usted es la mejor madre y padre, gracias Mamá.

A mi hermana, Paola, por estar siempre presente, acompañándome y por el apoyo incondicional que me brindaste a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

A mi docente guía Ing. Pedro Bernardo Cruz Gareca, por brindarme su apoyo y conocimiento desde el inicio hasta el final de la elaboración de mi tesis.

A mis tribunales PhD. Ing. Marco Antonio Guerrero Hiza, Ing. Luis Rolando Lafuente Retamoso, Ing. Herlan Baldiviezo, por su apoyo incondicional y predisposición en todo momento.

Finalmente quiero agradecer a todos mis amigos (as), por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo, sin importar los malos momentos que supo atravesar, gracias por tanto Mamá.

A mi hermana, por ser un gran ejemplo y estar siempre al pendiente de mí.

A todos mis tíos y primos que siempre estuvieron brindando su apoyo y afecto.

A mi mejor amigo, Jaime Aguilera por haber estado conmigo en las buenas y muchos más en las malas. Juntos logramos estar donde estamos.

A la memoria mi tío Mateo que en el cielo sé que estará feliz y orgulloso de mí.

SIGLAS Y ABREVIATURAS:

CEANID: Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo.

COSAALT: Cooperativa de Servicio de Agua y Alcantarillado de Tarija.

CO₂: Dióxido de Carbono.

C/U: Cada Uno.

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno.

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

LMA: Ley de Medio ambiente.

LMP: Límite Máximo Permisible.

N: Nitrógeno.

NB: Norma Boliviana.

MMAyA: Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

MG/L: Miligramo por Litro.

P: Fósforo.

RMCH: Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

PTAR: Planta de Tratamiento de Agua Residual.

SM: Método Estándar.

NMP: Numero Mas Probable

<u>1. INTRODUCCIÓN:</u>	1
<u>2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA:</u>	2
<u>2.1. Planteamiento del problema:</u>	2
<u>2.2. Formulación del problema:</u>	3
<u>3. JUSTIFICACIÓN:</u>	4
<u>4. OBJETIVOS:</u>	5
<u>4.1. Objetivo general:</u>	5
<u>4.2. Objetivos específicos:</u>	5
<u>5. HIPÓTESIS:</u>	5
<u>6. MARCO TEORICO:</u>	6
<u>6.1. ANTECEDENTES:</u>	6
<u>6.2. EL BIOFILTRO COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS:</u>	7
<u>6.2.1. Descripción del biofiltro de flujo Horizontal:</u>	9
<u>6.2.2. Etapas de un sistema de biofiltro:</u>	10
<u>a) Pretratamiento:</u>	10
<u>b) Tratamiento primario:</u>	10
<u>c) Tratamiento secundario:</u>	10
<u>d) Pila de secado de lodos:</u>	10
<u>6.2.3. Componentes principales de un biofiltro:</u>	11
<u>Lecho filtrante:</u>	11
<u>Microorganismos:</u>	12
<u>6.2.4. Condiciones para la adopción de un sistema de biofiltro:</u>	13
<u>6.2.5. Eficiencia e impacto en el medio ambiente:</u>	14
<u>6.2.6. Requerimientos de área y materiales de construcción:</u>	15

<u>6.2.7. Actividades de operación y mantenimiento:</u>	16
<u>6.2.8. Gestión municipal y comunal:</u>	19
<u>6.2.9. Procesos sociales y participación Ciudadana:</u>	19
<u>6.2.10. El uso del efluente como fuente de sostenibilidad del sistema:</u>	19
<u>Calidad del efluente:</u>	19
<u>Requerimientos para el uso del efluente en riego agrícola:</u>	20
<u>Sostenibilidad ambiental:</u>	20
<u>6.3. Marco conceptual:</u>	22
<u>6.3.1. Aguas residuales:</u>	22
<u>6.3.2. Componentes de las aguas residuales:</u>	22
<u>6.3.2.1. Físicos:</u>	22
<u>6.3.2.2. Químicos:</u>	22
<u>6.3.2.3. Biológicos:</u>	23
<u>6.3.3. Tipos de aguas residuales:</u>	23
<u>6.3.3.1. Aguas residuales domésticas.</u>	23
<u>6.3.3.2. Aguas residuales industriales.</u>	23
<u>6.3.3.3. Aguas residuales urbanas.</u>	23
<u>6.3.3.4. Aguas residuales tratadas:</u>	23
<u>6.3.4. Riego.</u>	23
<u>6.3.4.1. Riego por gravedad o inundación:</u>	24
<u>6.3.4.2. Riego por aspersión:</u>	24
<u>6.3.4.3. Riego por goteo:</u>	24
<u>6.3.5. pH:</u>	24
<u>6.3.6. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR):</u>	25
<u>6.3.7. Las aguas residuales de reúso:</u>	26
<u>6.3.8. DBO5 y DQO:</u>	26

<u>6.3.9. Nitrógeno.</u>	27
<u>6.3.10. Fósforo.</u>	27
<u>6.3.11. Arveja.</u>	28
<u>6.3.12. Fertilización de la arveja.</u>	29
<u>6.3.13. Valor Nutritivo y Usos.</u>	30
<u>6.3.14. Análisis bacteriológico:</u>	32
<u>6.3.15. Análisis físico-químico:</u>	32
<u>6.3.16. Cuerpo De Agua:</u>	32
<u>6.3.17. Limite Permisible:</u>	32
<u>6.3.18. Muestreo:</u>	32
<u>6.3.19. Parámetro:</u>	32
<u>6.3.20. Punto de muestreo:</u>	32
<u>6.3.21. Solidos Suspendidos Totales</u>	33
<u>6.3.22. Biofiltros:</u>	33
<u>6.3.23. Fungicida:</u>	33
<u>6.4. MARCO LEGAL:</u>	33
<u>6.4.1. Marco Normativo para el reúso:</u>	33
<u>6.4.2. Constitución Política del Estado (CPE).</u>	33
<u>6.4.3. Ley 1333 de Medio Ambiente:</u>	35
<u>6.4.4. Reglamento de Prevención y Control Ambiental:</u>	35
<u>6.4.5. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica:</u>	36
<u>6.4.6. Ley de Riego N.º 2878:</u>	37
<u>6.4.7. Ley de la Madre Tierra N.º 300:</u>	38
<u>6.4.8. Plan Sectorial de Desarrollo de Saneamiento Básico:</u>	39
<u>6.4.9. Ley de Prestación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario N.º 2066.</u>	40

<u>7. MARCO METODÓLOGICO:</u>	41
<u>7.1. Tipo de investigación:</u>	41
<u>7.2. Metodologías:</u>	41
<u>7.3. Materiales:</u>	42
<u>7.4. Métodos:</u>	42
<u>7.5. Técnicas:</u>	46
<u>7.5.1. Observación:</u>	46
<u>7.5.2. Entrevistas:</u>	47
<u>7.5.3. Encuestas:</u>	47
<u>7.6. Fases:</u>	47
<u>7.6.1. Gabinete:</u>	47
<u>7.6.2. Campo:</u>	49
<u>7.7. Parámetros considerados para el análisis físico, químico y microbiológico.</u>	50
<u>8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:</u>	51
<u>8.1. SEGUIMIENTO DEL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE ARVEJA:</u>	51
<u>8.1.1. RIEGO DE LA PARCELA:</u>	51
<u>8.2. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO (NITROGENO, FOSFORO Y MICRONUTRIENTES) Y MICROBIOLÓGICO (COLIFORMES TOTALES):</u>	55
<u>8.3. DETERMINACION DE LA CONTAMINACION EN EL CUERPO RECEPTOR:</u>	63
<u>8.4. MEDICION DEL CAUDAL:</u>	67
<u>8.4.1. DETERMINACION DE LAS HECTAREAS A SER BENEFICIADAS CON RIEGO DEL AGUA DE LA PLANTA.</u>	70
<u>8.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS ENCUESTAS:</u>	76

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:	81
10.1. Conclusiones:	81
10.2. Recomendaciones:	84
10. BIBLIOGRAFÍA:	101