

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO AL SISTEMA DE AGUAS
RESIDUALES DEL MATADERO MUNICIPAL DE TARIJA**

Por:

DANILO SEJAS MANSILLA

Modalidad de graduación: Proyecto de Investigación Aplicada, presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.

Septiembre de 2021

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

M.Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gonzavez

DECANO

M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

VICEDECANA

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

Ing. Jorge Tejerina Oller

Ing. Estela Sullca

Ing. Jimena Durán

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo no se solidariza con la forma, términos modos y expresiones vertidos en el mismo, siendo esta única responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres y hermanos, que con mucho amor y apoyo me enseñaron a nunca darme por vencido.

A todos mis amigos que me ayudaron en este arduo camino y supieron alentarme en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTO

Agradecido profundamente con Dios, por haberme dado una vida llena de salud, retos y alegrías.

A mi docente guía Ing. Jorge Tejerina Oller y mis tribunales Ing. Estela Sullca e Ing. Jimena Duran por brindarme su valioso conocimiento, tiempo y apoyo durante elaboración de este proyecto.

A mi novia Mariana España Lima y mi hermano Boris Sejas Mansilla y por brindarme su apoyo en estos dos meses de trabajo de campo.

PENSAMIENTO

“Tanto si crees que eres capaz de lograrlo, como si no, en ambos casos tienes razón”

(Henry Ford)

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

MMAA = Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

CPE = Constitución Política del Estado.

NB = Norma Boliviana.

RMCH = Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

COSAALT = Cooperativa de servicios de agua y alcantarillado de Tarija.

FAO = Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

PTAR = Planta de tratamiento de aguas residuales.

MMT = Matadero Municipal de la ciudad de Tarija.

DBO₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno.

DQO = Demanda Química de Oxígeno.

C.F. = Coliformes Fecales.

O.D. = Oxígeno Disuelto.

S.S. = Sólidos Sedimentables.

TDS = Total de Sólidos Disueltos.

C.E. = Conductividad Eléctrica.

T.S. = Tanque de sedimentación.

T.O. = Tanque de oxigenación.

S.R. = Sistema de rejillas.

S.P. = Sedimentador primario

BHF = Biofiltro de flujo horizontal.

THR = Tiempo de Retención Hidráulica

ÍNDICE

Advertencia	
Agradecimiento	
Dedicatorias	
Pensamiento	
Resume	

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes	1
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
1.3. Justificación	4
1.3.1. Justificación Económica	4
1.3.2. Justificación Tecnológica.....	5
1.3.3. Justificación Ambiental	6
1.3.4. Justificación Social	7

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Matadero Municipal de Tarija y sus actividades	8
1.1.1. Localización	8
1.1.2. Clasificación Nacional	9
1.1.3. Actividades características	12
1.1.3.1. Estabulación.....	12
1.1.3.2. Desangrado	13
1.1.3.3. Escaldado	13
1.1.3.4. Evisceración.....	14
1.1.3.5. Enjuague de Carcazas	15

1.1.3.6. Primera y Segunda Refrigeración	15
1.1.3.7. Despiece, deshuesado y categorización.....	15
1.1.3.8. Tercera Refrigeración	15
1.2. Zona de impacto y situación ambiental.....	16
1.2.1. Residuos Solidos	17
1.2.2. Malos manejos de ganado porcino y bovino	17
1.2.3 Aire	18
1.2.4. Uso y disposición de los Residuos Líquidos	18
1.2.5. Agua.....	19
1.3 Manejo de los contaminantes en la zona afectada	20
1.4. Tipos de contaminación de Aguas Residuales.....	22
1.4.1. Contaminación Física	22
1.4.1.1. Color.....	22
1.4.1.2. Olor.....	23
1.4.1.3. Temperatura	24
1.4.1.4. Materia Sólida.....	24
1.4.1.5. Conductividad Eléctrica	26
1.4.1.6. Turbidez.....	27
1.4.2. Contaminación Química	27
1.4.2.1. pH.....	28
1.4.2.2. Hierro Total.....	29
1.4.2.3. Fósforo Total.....	29
1.4.2.3. Nitrógeno Total.....	30
1.4.2.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	30
1.4.2.4. Demanda Química de Oxígeno (DQO)	31
1.4.2.5. Oxígeno Disuelto (O.D.)	33
1.4.3. Contaminación por componentes biológicos en aguas residuales.....	34
1.4.3.1. Coliformes Fecales	34

1.5. Clasificación de los contaminantes típicos en aguas residuales	35
1.5.1. Constituyentes Orgánicos	35
1.5.2. Constituyentes Inorgánicos	36
1.6. Métodos y tratamientos para aguas residuales en Mataderos.....	36
1.6.1. Pretratamiento	37
1.6.1.1. Rejillas	38
1.6.1.2. Tamices.....	39
1.6.1.3. Trampa de grasas.....	39
1.6.2. Tratamiento Primario	40
1.6.2.2. Sedimentador	41
1.6.3. Tratamiento Secundario	41
1.6.3.1. Tratamientos biológicos	42
1.6.3.2. Reactores, tipos y usos	44
1.6.3.3. Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente Sobre Manto de Lodos (UASB)	46
1.6.4. Biofiltros	47
1.6.4.1. Biofiltros con plantas acuáticas	48
1.6.4.2. Biofiltros de flujo sub superficial	49
1.6.3. Etapas de un proceso de Biofiltro sub superficial	50
1.7. Cuantificación y caracterización de los contaminantes anteriormente realizados en el Matadero Municipal de Tarija	51
1.8. Sistema Piloto en el Laboratorio de Operaciones Unitarias	52
1.8.1. Tanque de Sedimentación y de Almacenamiento	54
1.8.2. Tanque de Oxigenación y de reposo.....	55
1.8.2.1. Importancia del oxígeno en Sistemas Aerobios	56
1.8.2.2. Oxidación enzimática	57
1.8.3. Biofiltro	58
1.8.3.1. Poliestireno Expandido Particulado (Plastofomo).....	59

1.8.3.2. Formación de la película microbiana	60
1.9. Leyes, normativas y Marco Legal.....	61
1.9.1. Constitución Política del Estado (CPE)	61
1.9.2. Ley de Medio Ambiente (Ley N° 1333)	62
1.9.3. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica	64

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

Introducción.....	66
2.1. Metodología de Estudio.....	67
2.1.1. Descripción Esquemática de la “Metodología de Estudio”	67
2.2. Acondicionamiento y mantenimiento al Sistema de Tratamiento Piloto	68
2.2.1. Adición de mallas milimétricas	69
2.2.2. Mantenimiento y repintado del Biofiltro.	70
2.2.3. Preparación del Lecho Filtrante	71
2.3. Diagnóstico del Sistema actual de Tratamiento de aguas residuales del Matadero Municipal de la ciudad de Tarija	71
2.3.1. Manejo actual para el tratamiento de las aguas residuales.....	71
2.3.1.1. Separación de fluidos	71
2.3.1.2. Separación de sólidos	73
2.3.2. Zona de impacto	74
2.3.2.1. Uso, manejo y disposición final de residuos líquidos	75
2.3.2.1. Uso, descarga y disposición final de residuos sólidos	81
2.3.3. Flora y Fauna.....	83
2.3.4. Contaminación atmosférica.....	84
2.4. Monitoreo y toma de muestras.....	85
2.4.1. Tipos de muestreo empleado	86

2.4.2. Seguridad previa y salud ocupacional	87
2.4.2. Ejecución del muestreo	89
2.4.2.1. Muestras para alimentar al Sistema de Tratamiento Piloto	89
2.4.2.1. Muestras para análisis en laboratorio	91
2.5. Ejecución de la fase experimental en el Sistema de Biofiltración	92
2.5.1. Caracterización Físicoquímica y Microbiológica del Agua Residual del Matadero Municipal del Matadero Municipal de la ciudad de Tarija	95
2.5.2. Diseño Experimental.....	97
2.5.2.1. Cálculo del oxígeno disuelto a la Entrada y Salida del Biofiltro	106
2.5.2.2. Cálculo del caudal másico de oxígeno que ingresa al Tanque de Oxigenación.....	109
2.5.2.3. Cálculo de los Sólidos Totales Disueltos (TDS).....	111
2.5.2.4. Cálculo de la velocidad de Sedimentación experimental (V_{SSed})	112
2.5.2.5. Balance de Materia para el Oxígeno	114
2.6. Propuesta de mejoramiento al sistema de tratamiento de aguas residuales del Matadero Municipal de la ciudad de Tarija	117
2.6.1. Separación de sangre y residuos sólidos	118
2.6.1.1. Sistemas de alcantarillado.....	118
2.6.1.2. Aprovechamiento del recurso agua	120
2.6.1.3. Aprovechamiento de la Sangre	121
2.6.1.4. Aprovechamiento del rumen y estiércol.....	122
2.6.1.4. Aprovechamiento de las grasas y aceites	122
2.6.2. Pretratamiento	123
2.6.2.1. Diseño del sistema de rejillas.....	123
2.6.2.1. Características de la trampa de grasas y aceites.....	128
2.6.3. Tratamiento primario	130
2.6.3.1 Diseño del sedimentador primario	130
2.6.4. Tratamiento Biológico	135
2.6.4.1. Diseño del tanque de oxigenación.....	135

2.6.4.2. Diseño del Biofiltro	142
-------------------------------------	-----

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados en la fase experimental	147
3.1.1. Comportamiento de la DBO ₅	148
3.1.2. Comportamiento de la DQO	151
3.1.3 Comportamiento de los Coliformes Fecales	154
3.2. Resultados en el diseño de la propuesta de mejoramiento al sistema de aguas residuales del matadero municipal de Tarija	157
3.2.1. Resumen de diseño del sistema de rejillas	158
3.2.1. Características de la propuesta para trampa de grasas	159
3.2.2. Resumen de diseño del sedimentador primario	159
3.2.3. Resumen de diseño del Tanque de Oxigenación	161
3.2.4 Resumen de diseño del Biofiltro	162

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones	163
4.2. Recomendaciones	167

ÍNDICE DE CUADROS Y/O TABLAS

Tabla I-1 Coordenadas del Matadero Municipal de Tarija	8
Tabla I-2 Registro de mataderos de abasto y mataderos avícolas	11
Tabla I-3 Reporte de Registro Sanitario del Matadero Municipal resumido	11

Tabla I-4. Clasificación de aguas según la DBO ₅	31
Tabla I-5 Características de rejillas de barras más usadas	38
Tabla I-6 Principales procesos de tratamientos biológicos Aerobios	43
Tabla I-7 Antecedente de análisis de calidad del agua residual	51
Tabla I-8. Características del tanque de oxigenación	55
Tabla I-9. Características del tanque de oxigenación	59
Tabla I-10. Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores	64
Tabla II-1. Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual del Matadero Municipal de la ciudad de Tarija	95
Tabla II-2 Análisis Fisicoquímico y Bacteriológico de Aguas Residuales del Matadero Municipal de Tarija (DATOS GLOBALES COSAALT)	103
Tabla II-3 Análisis Fisicoquímico de Aguas Residuales del Matadero Municipal de Tarija (DATOS GLOBALES Laboratorio UAJMS)	105
Tabla II-4. Temperatura del agua residual	107
Tabla II-5. Cálculo de Oxígeno Disuelto	109
Tabla II-6. Cálculo de los Sólidos Totales Disueltos (Tds).....	111
Tabla II-7. Datos del oxígeno en el proceso.....	115
Tabla III-1. Comportamiento de la DBO ₅ a la salida del Biofiltro	148
Tabla III-2. Comportamiento de la DQO a la salida del Biofiltro.....	151
Tabla III-3. Comportamiento de los C.F. a la salida del Biofiltro.....	154
Tabla III-4. Resumen de diseño del sistema de rejillas	158
Tabla III-5. Características de la trampa de grasas	159
Tabla III-6. Resumen de diseño del sedimentador primario	160

Tabla III-7. Resumen de diseño del sedimentador primario	161
Tabla III-8. Resumen de diseño del Biofiltro	162

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I-1 Localización Satelital del Matadero Municipal de Tarija	8
Figura I-2 Número de mataderos por departamento	10
Figura I-3. Composición de los Sólidos en las aguas residuales	26
Figura I-4 Sección longitudinal de un biofiltro de flujo horizontal.....	50
Figura I-5 Etapas de un sistema de Biofiltro	50
Figura I-6 Diagrama de Flujo del proceso de Tratamiento	53
Figura II-1. Metodología de Estudio.....	67
Figura II-2. Sistema experimental escala laboratorio vista en planta	99
Figura II-3. Sistema experimental escala laboratorio vista de perfil	100
Figura II-4. Alteraciones del clima en el mes de mayo de la ciudad de Tarija	106
Figura II-5. Diagrama de bloques del proceso del Oxígeno	115
Figura III-6. Comportamiento de la DBO5 a la salida del Biofiltro.....	149
Figura III-7. Comportamiento de la DQO a la salida del Biofiltro	152
Figura III-3. Comportamiento de los C.F. a la salida del Biofiltro	155

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía I-1 Carcazas refrigeradas y listas para su despacho.....	16
Fotografía I-2 Entrada a la zona de descarga	16
Fotografía I-3 Fosa séptica instalada	21
Fotografía I-4 Zona de descarga final con presencia de animales.....	21
Fotografía II-1. Cámara de sedimentación colapsada.....	76
Fotografía II-2. Espuma y grasa en la descarga de agua residual.....	77
Fotografía II-3. Apilado de rumen.....	82
Fotografía II-4. Envasas para realizar el Muestreo de agua residual.....	89
Fotografía II-5. Muestreo del agua residual	90

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°1 Clasificación de cuerpos de aguas según su uso.....	173
ANEXO N°2 Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica	174
ANEXO N°3 Determinación del caudal de aire.....	176
ANEXO N°4 Fotos del mantenimiento y adecuación al sistema de biofiltración piloto.....	177
ANEXO N°5 Determinación de parámetros en laboratorio.....	179
ANEXO N°7 Fotos del tanque de oxigenación.....	180
ANEXO N°8 Fotos del tanque de almacenamiento o sedimentación	181
ANEXO N°9 Leyes, normativas y marco legal.....	181
ANEXO N°10 Resultados de Laboratorio de Control de Aguas “COSAALT”	181