

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS DEL RELLENO
SANITARIO DE PAMPA GALANA MEDIANTE LAGUNAS DE
ESTABILIZACIÓN**

Por:

VICTOR LEANDRO VARGAS AMADOR

**Modalidad de graduación: Proyecto de Grado de Ampliación, Optimización y/o
Modernización de Plantas Industriales presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito
para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

Noviembre 2022

TARIJA – BOLIVIA

Dedicatoria

Este proyecto de grado se lo dedico a mi mamá y papá ya que ellos me formaron como la persona que soy y seré, así que comparto este logro de poder licenciarme con ambos

Agradecimiento

Agradezco a mi familia por el apoyo y los consejos que me fueron de gran ayuda para poder realizar el proyecto de grado y formarme como futuro profesional.

Un agradecimiento al Ing. Ricardo Tito por haber colaborado con los datos necesarios para la elaboración de este proyecto de grado y a todo el personal docente por la formación profesional que me dieron.

INDICE

Advertencia	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Glosario	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCION	2
I. Antecedentes	2
I.I Generalidades	2
I.II Conceptualización del problema a resolver	4
II. Objetivos	8
II.I Objetivo general	8
II.II Objetivos específicos	8
III. Justificación	8
III.I Económica	8
III.II Tecnológica	8
III.III Social	9
III.IV Ambiental	9
III.V Personal	9
CAPÍTULO I: DESCRIPCION DE LA PLANTA.....	10
1.1 Materia prima	10
1.1.1 Residuo solido	10
1.1.2 Lixiviado	10
1.1.2.1 Características de los lixiviados.....	10
1.1.2.1.1 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	12
1.1.2.1.2 Demanda química de oxígeno (DQO)	13
1.1.2.1.3 pH	13
1.1.2.1.4 Calcio	13
1.1.2.1.5 Hierro	14

1.1.2.1.6 Zinc	14
1.1.2.1.7 Sulfato	14
1.1.2.1.8 Fósforo	14
1.2 Localización	15
1.3 Operación y control	15
1.3.1 Recirculación	15
1.4 Eliminación de efluentes	16
1.4.1 Medio receptor de efluentes	16
CAPITULO II: CONCEPCION Y DEFINICION DEL PROBLEMA	18
2.1 Identificación del problema.....	18
2.1.1 Contaminación del suelo.....	18
2.1.2 Contaminación del agua.....	20
2.2 Descripción de alternativas	20
2.2.1 Lagunas de estabilización	20
2.2.1.1 Factores que influyen en el funcionamiento	21
2.2.2 Tipos de lagunas de estabilización.....	22
2.2.2.1 Lagunas aerobias	22
2.2.2.2 Lagunas anaerobias	23
2.2.2.3 Lagunas facultativas.....	24
2.3 Selección de la alternativa de solución más apropiada de acuerdo a criterios apropiados.....	26
CAPITULO III: ESPECIFICACION Y DISEÑO DEL EQUIPO.....	30
3.1 Balance hídrico	30
3.1.1 Calculo	30
3.2 Diseño y dimensionamiento del o los equipos necesarios	32
3.2.1 Diseño de las lagunas de estabilización aerobias.....	32
3.2.1.1 Carga superficial de diseño	32
3.2.1.2 Área de la laguna	32
3.2.1.3 Dimensionamiento	32
3.2.1.4 Área superior	34
3.2.1.5 Área en el fondo	34

3.2.1.6 Volumen de la laguna.....	34
3.2.1.7 Tiempo de retención hidráulico	34
3.2.1.8 Constante de decaimiento	35
3.2.1.9 Coeficiente de reducción bacteriana.	35
3.2.1.10 Coliformes fecales en el efluente de la laguna.....	35
3.2.1.11 Concentración de materia orgánica a la salida de la laguna.....	36
3.2.1.12 Eficiencia de remoción del DBO	36
3.2.1.13 Pared perimetral para las lagunas.....	36
3.2.3 Cálculos	36
CAPITULO IV: ANALISIS ECONOMICO	41
4.1 Cálculo de costo de capital.....	41
4.2 Costo de operación	47
4.2.1 Características del funcionamiento ideal	47
4.2.2 Control de funcionamiento.....	47
4.2.2.1 Mucha materia orgánica.....	48
4.2.2.2 Exceso de lodo	48
4.3 Optimización técnica	48
4.3.1 Ventajas	48
4.3.2 Desventajas	49
4.4 Optimización económica.....	49
4.4.1 Clasificación de cuerpos de agua según la Ley 1333.....	50
4.4.2 Riego agrícola y de espacios verdes.....	52
4.4.2.1 Salinidad	53
4.4.2.2 Toxicidad de iones específicos.....	53
4.4.2.3 Velocidad de infiltración.....	53
4.4.2.4 Nutrientes	54
4.5 Análisis de rentabilidad.....	54
4.5.1 Análisis del beneficio de reutilización de agua.....	57
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1 Conclusiones	58
5.2 Recomendaciones	59

5.3 Bibliografía	61
5.3.1 Libros	61
5.3.2 Páginas web	61
5.3.3 Tesis	64
5.4 ANEXOS	66
5.4.1 ANEXO 1: LEY 1333 DEL MEDIO AMBIENTE	66
5.4.2 ANEXO 2: LEY N° 755: LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS	69
5.4.3 ANEXO 3: NORMA BOLIVIANA NB 757: MEDIO AMBIENTE - CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS PARA UBICAR SISTEMAS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	72
5.4.4 ANEXO 4: AREA DE PESAJE DE RESIDUOS.....	75
5.4.5 ANEXO 5: MAQUINA DE RECICLAJE.....	75
5.4.6 ANEXO 6: ZANJA DE RESIUDOS SOLIDOS HOSPITALARIOS.....	76
5.4.7 ANEXO 7: CHIMENEAS DE GAS	77
5.4.8 ANEXO 8: INFORME ANALISIS DE COLIFORME FECALES	78
5.4.9 ANEXO 9: CARTA DE SOLICITUD DE INFORMACION AL SENAMHI	79
5.4.10 ANECO 10: CARTA DE SOLCITUD DE TOMA DE MUESTRA.....	80
5.4.11 ANEXO 11: ANÁLISIS DE MUESTRA DE LIXIVIADOS.....	81
5.4.12 ANEXO 12: CARTA DE SOLICITUD DE INFORMACION DE RIEGO DE AREAS VERDES	82

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Aseo y disposición final de residuos sólidos antes de la creación de EMAT	3
Figura 1-2: Disposición final de residuos sólidos y hospitalarios.....	4
Figura 1-3: Capa formada por los residuos solidos.....	5
Figura 1-4: Laguna de almacenamiento de lixiviados	5
Figura 1-5: Emersión de lixiviados.....	6
Figura 1-6: Tubería del sistema de drenaje.....	7
Figura 1-7: Dimensiones de la piscina de almacenamiento de lixiviados en el relleno sanitario de Pampa Galana	12
Figura I-8: Medición del caudal diario.....	12

Figura 1-9: Localización del relleno sanitario	15
Figura 1-10: Vegetación dentro y fuera del relleno	16
Figura 1-11: Malezas que crecen en las capas de suelo	17
Figura 2-1: Lixiviados en la superficie	19
Figura 2-2: Suelo deteriorado	19
Figura 2-3: Suelo deteriorado	20
Figura 2-4: Laguna de estabilización	21
Figura 2-5: Simbiosis alga-bacteria	23
Figura 2-6: Interacción de bacterias y algas en una laguna facultativa.....	25
Figura 3-1: Diagrama de flujo de las lagunas de estabilizacion aerobias	30
Figura 3-2: Dimensiones de la laguna.....	34
Figura 4-1: Vista del largo de la laguna	45
Figura 4-2: Vista del ancho de la laguna.....	45
Figura 4-3: Distancia desde el puente de Tomatitas hasta la comunidad de Pampa Galana	55
Figura 4-4: Distancia entre el puente Tomatitas y el barrio Moto Méndez	56
Figura 4-5: Distancia entre el barrio Moto Méndez y el relleno sanitario	56

INDICE DE TABLAS

Tabla I-1: Crecimiento de generación de residuos solidos	7
Tabla I-2: Variación de la composición de lixiviados en base a la edad del relleno sanitario.....	11
Tabla I-3: Características del lixiviado generado en el relleno sanitario de Pampa Galana	11
Tabla I-4: Diagnostico de la piscina de almacenamiento de lixiviados	11
Tabla II-1: Matriz de comparación para lagunas aerobias	26
Tabla II-2: Matriz de comparación para lagunas anaerobias	27
Tabla II-3: Matriz de comparación para lagunas facultativas.....	28
Tabla III-1: Datos de precipitación pluvial en Tarija.....	31
Tabla III-2: Datos de evaporación en Tarija	31
Tabla III-3: Datos de temperatura mínima media mensual en Tarija	36
Tabla III-4: Datos de temperatura media en Tarija.....	39

Tabla IV-1: Precios de maquinaria en Tarija	42
Tabla IV-2: Precios de mano de obra en Tarija	42
Tabla IV-3: Características técnicas de la retroexcavadora	43
Tabla IV-4: Costo de geomembrana	44
Tabla IV-5: Cuadro resumen de costos de inversión	46
Tabla IV-6: Valores máximos admisibles de parámetros en cuerpos de agua.....	51
Tabla IV-7: Beneficios de la reutilización de agua.....	57

INDICE DE CUADROS

Cuadro II-1: Ventajas y desventajas de lagunas aerobias	22
Cuadro II-2: Ventajas y desventajas de lagunas anaerobias	24
Cuadro II-3: Ventajas y desventajas de lagunas facultativas	25
Cuadro IV-1: Elementos que conforman el costo de inversión	41
Cuadro IV-2: Categorías de reutilización y sus limitaciones.....	49