

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA VARIACIÓN DE GRASAS Y ACEITES EN
EL FUNCIONAMIENTO DE LA PTAR DE SAN BLAS”**

Por:

RODRÍGUEZ ABRAHAM ANIBAL

SEMESTRE II. 2025

Tarija. Bolivia.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
DE INGENIERÍA CIVIL**

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA VARIACIÓN DE GRASAS Y ACEITES EN
EL FUNCIONAMIENTO DE LA PTAR DE SAN BLAS”**

Por:

RODRÍGUEZ ABRAHAM ANIBAL

Proyecto de Grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO. como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE II. 2025

Tarija. Bolivia

DEDICATORIA

A mi madre por todo el amor incondicional que me dio toda mi vida. por su apoyo en los momentos difíciles. quien me ha formado como una persona con valores y principios y por su esfuerzo en darme una buena educación. Todos mis logros te los debo a ti madre mía. te amo con todo mi corazón y siempre serás el gran amor de mi vida.

ÍNDICE DE PRELIMINARES

ÍNDICE DE PRELIMINARES	iv
ÍNDICE DE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.	xii
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	xiv

ÍNDICE DE GENERAL.

RESUMEN EJECUTIVO	1
CAPÍTULO I	2
ASPECTOS GENERALES.....	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación de la investigación.	5
1.4. Planteamiento del problema.	6
1.5. Pregunta de investigación.	6
1.6. Hipótesis de Investigación.....	7
1.7. Objetivos.....	7
1.8. Marco referencial.....	8
CAPÍTULO II.....	11
FUNDAMENTO TEÓRICO Y PRINCIPIOS DE SIMULACIÓN POR SOFTWARE.	11
2.1. Incidencia de grasas y aceites.....	11
2.2. Depuración de grasas y aceites en Plantas de tratamiento de aguas residuales.....	16
2.2.1. Desengrasadores Estáticos.....	17
2.2.2. Desengrasadores Aireados.....	17
2.3. Métodos para la remoción de grasas y aceites.....	17
2.3.1. Flotación por aireación.	19
2.3.2. Criterios para la adición de coagulantes químicos o polímeros.	26
2.3.3. Porcentajes de remoción de grasas y aceites por diferentes métodos.....	27
2.4. Pruebas experimentales de sistemas de flotación en efluentes industriales.	28
2.4.1. Primera etapa	29
2.4.2. Funcionamiento del sistema.	30

2.4.3. Criterios de Diseño adoptados para la prueba experimental.	33
2.4.4. Disposición de residuos producidos por el sistema de flotación.	33
2.4.5. Tratamiento de residuos de grasas y aceites	35
2.5. Simulación comunicacional de plantas de tratamiento de aguas residuales.....	37
2.5.1. Pautas de modelado del proceso de lodos activados.	37
2.5.2. GPS – X.....	38
2.5.3. Simulación de la PTAR con sistema de flotación.	39
2.5.4. Modelo MANTIS utilizado por el programa GPS-X	39
2.5.5. Modelo de lodos activados N° 1. (ASM1).	40
CAPÍTULO III.	43
INFORMACIÓN RECOPIADA.....	43
3.1. Planta de tratamiento de aguas residuales “San Blas”.....	43
3.1.1. Tratamiento Preliminar.....	44
3.1.2. Tratamiento primario y secundario.....	48
3.1.3. Tratamiento terciario.	51
3.1.4. Línea de lodos.....	53
3.2. Información recopilada de la PTAR San Blas.....	54
3.3. Análisis de la información recopilada.	58
3.4. Resultados de laboratorio.	60
CAPÍTULO IV.	64
DISEÑO DEL SISTEMA DE FLOTACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA PTAR.....	64
4.1. Condiciones de operación y parámetros de diseño.....	64
4.1.1. Carga superficial.....	64
4.2. Cálculo de parámetros de diseño del sistema de flotación.	65
4.2.1. Solubilidad del aire.....	65

4.2.2. Cantidad de aire liberado.....	66
4.2.3. Solubilidad de saturación del aire en agua a 1atm.....	66
4.2.4. Densidad del aire a las condiciones del problema.....	67
4.2.5. Relación aire/solidos.	67
4.2.6. Caudal de diseño.....	67
4.3. Dimensionamiento del tanque de flotación del sistema de flotación.	68
4.3.1. Área superficial.....	68
4.3.2. Volumen del tanque de flotación.....	68
4.3.3. Ancho del tanque.	69
4.3.4. Largo del tanque.	69
4.4. Dimensionamiento del tanque de presurización.....	70
4.4.1. Volumen del tanque.....	70
4.4.2. Altura del tanque.	71
4.4.3. Análisis del funcionamiento del sistema de flotación	73
4.5. Manual de operación y mantenimiento.	74
4.5.1. Objetivo del plan de operación.....	74
4.5.2. Descripción general del sistema	74
4.5.3. Medición y control de caudales.....	74
4.5.4. Toma de muestras de laboratorio.....	75
4.5.5. Procedimiento operativo diario	75
4.5.6. Limpiezas y mantenimientos rutinarios.....	75
4.5.7. Registro de operación	76
4.5.8. control de presión en el tanque de presurización.....	76
4.5.9. Cumplimiento de parámetros de diseño	77
4.5.8. Problemas y fallas comunes	77

4.6. Justificación técnica del no uso de coagulante químico en el diseño del DAF.....	77
4.7. Simulación computacional de una PTAR.....	79
4.7.1. Aplicación y modelado de la PTAR San Blas.....	79
4.7.2. Verificación de la eficiencia con sistema de flotación.	83
4.7.3. Verificación del sistema de flotación bajo condiciones actuales de funcionamiento.	89
CAPÍTULO V.	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	103
5.1. Conclusiones.....	103
5.2. Recomendaciones.	105
Referencias bibliográficas.	106
WEBGRAFÍA.	111
ANEXOS.....	112
ANEXO A. Tablas utilizadas para el cálculo de los parámetros de funcionamiento en el sistema de flotación.	112
ANEXO B. Parámetros del modelo ASM1.....	114
ANEXO C. Relaciones másicas típicas de las aguas residuales municipales.	114
ANEXO D. Información del afluente de la PTAR San Blas.....	115
ANEXO E. Reporte fotográfico.	119
ANEXO G. Costos Y Presupuestos.....	128
PLANOS	
Vista en planta en planta PTAR san blas	
Perfil hidraulico y vista en planta de la PTAR san blas	

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso.	9
Tabla 2. Normas de calidad de agua para riego. Ley 1333. Cuadro A-1.. Valores máximos admisibles de parámetros en cuerpos receptores.	10
Tabla 3. Problemas de contaminación del agua.	15
Tabla 4. Tipos de actividades generadoras de aceites y grasas.	16
Tabla 5. Tratamientos y propuestas de solución para reducir aceites y grasas.	18
Tabla 6. Métodos comunes empleados para la remoción de sólidos suspendidos y aceites y grasas.	18
Tabla 7. Variabilidad de la solubilidad de agua en aire en diferentes temperaturas.	24
Tabla 8. Valores de la relación A/S para diferentes concentraciones de sólidos suspendidos y presiones manométricas.....	26
Tabla 9. Valores típicos de los parámetros de diseño para sistemas de flotación.	27
Tabla 10. Métodos de remoción de aceites y grasas y sus porcentajes de eficiencia.....	27
Tabla 11. Evaluación de propuestas de solución más efectivas.	28
Tabla 12. Dimensiones de la cámara de saturación.....	30
Tabla 13. Dimensiones del tanque de flotación.....	30
Tabla 14. Condiciones de operación de la primera etapa del proceso de flotación por aire disuelto.	32
Tabla 15. Porcentajes de remoción de contaminantes obtenidos durante el estudio de la primera etapa del sistema de flotación por aire disuelto.	33
Tabla 16. Criterios asumidos para el diseño del sistema de flotación.....	33
Tabla 17. Resumen de metodologías para el compostaje a partir de trampas de grasas y aceites.	36
Tabla 18. programas existentes para el diseño y simulación de plantas de tratamiento de agua residual.	37
Tabla 19. Caudal de entrada del mes de mayo 2024.	55
Tabla 20. Análisis estadístico de los caudales del afluente.	56
Tabla 21. Resultados de laboratorio de los principales parámetros contaminantes del afluente.	56
Tabla 22. Resultados de laboratorio de los principales parámetros contaminantes del afluente.	57
Tabla 23. Datos del afluente para el diseño del sistema de flotación.	58

Tabla 24. Análisis estadístico del afluente del mes de febrero 2023.....	58
Tabla 25. Informe de ensayo de laboratorio N.º 1.....	60
Tabla 26. Informe de ensayo de laboratorio N.º 2.....	60
Tabla 27. Informe de ensayo de laboratorio N.º 3.....	61
Tabla 28. Informe de ensayo de laboratorio N.º 4.....	61
Tabla 29. Informe de ensayo de laboratorio N.º 5.....	62
Tabla 30. Informe de ensayo de laboratorio N.º 6.....	63
Tabla 31. Resultados de la campaña de validación.	63
Tabla 32. Parámetros de diseño iniciales para el diseño del sistema de flotación.	64
Tabla 33. Criterios de diseño iniciales para el diseño del sistema de flotación.	64
Tabla 34. Condiciones requeridas para el cálculo del parámetro A/S.....	67
Tabla 35. Dimensiones finales del tanque de flotación.	70
Tabla 36. Dimensiones finales del tanque de presurización.....	71
Tabla 37. Parámetros de diseño para el tanque de presurización.	71
Tabla 38. Valores de A/S para diferentes presiones de operación a 20°C	72
Tabla 39. Cuadro de control operativo.	77
Tabla 40. Coeficientes estequiométricos del modelo CODfractions.....	79
Tabla 41. Variables de estado.....	80
Tabla 42. Datos de entrada para la simulación del modelo en Influent Advisor.....	81
Tabla 43. Continuación de Datos de entrada para la simulación del modelo en Influent Advisor.	81
Tabla 44. Continuación de Datos de entrada para la simulación del modelo en Influent Advisor.	82
Tabla 45. Continuación de Datos de entrada para la simulación del modelo en Influent Advisor.	82
Tabla 46. Datos de entrada a la PTAR.	83
Tabla 47. Resultados de salida de la PTAR sin sistema de flotación.....	84
Tabla 48. Resultados de entrada y salida del sistema de flotación.....	85
Tabla 49. Resultados del sedimentador primario con sistema de flotación.	86
Tabla 50. Datos de salida del reactor de lodos activados.	87
Tabla 51. Datos de salida del sedimentador secundario.....	88
Tabla 52. Datos de salida de la PTAR con sistema de flotación.....	89

Tabla 53. Datos actuales de caudal de entrada al tren A (2025) en la PTAR San Blas.	90
Tabla 54. Datos actuales de caudal de entrada al tren B (2025) en la PTAR San Blas.....	91
Tabla 55. Datos de entrada al sistema	94
Tabla 56. Resultados de salida del sistema de flotación.	95
Tabla 57. Resultados de salida del sedimentador primario.	96
Tabla 58. Resultados de salida del reactor de lodos activados.	97
Tabla 59. Resultados del sedimentador primario.	98
Tabla 60. Resultados de salida en condiciones actuales.....	99
Tabla 61. Resultados de salida de cada componente antes y después de la implementación del DAF.	100
Tabla 62. Comparación de valores que salen del sedimentador primario	101
Tabla 63. Comparación de valores que salen del sedimentador primario	101
Tabla 64. Comparación de valores que salen del reactor de lodos activados.....	102
Tabla 65. Comparación de valores que salen del sedimentador secundario.	102
Tabla A1. densidad del aire a una atmósfera.....	112
Tabla A2. presión de vapor del agua.	112
Tabla B1 parámetros del modelo ASM1.	114
Tabla C1 valores típicos de relaciones de los contaminantes.....	114
Tabla G1. Tabla de cálculos métricos de mediciones.	128
Tabla G2. Presupuesto general.	129
Tabla G3. Análisis de precios unitarios.....	130

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Presencia de solidos suspendidos en la PTAR San Blas.....	12
Figura 2. Presencia de sólidos suspendidos en el sedimentador primario	14
Figura 3. Extracción de grasas mediante tuberías acanaladas y recogedor de grasas.	17
Figura 4. Esquema de un sistema de flotación por aire disuelto sin recirculación.....	20
Figura 5. Esquema de un sistema de flotación por aire disuelto con recirculación.....	20
Figura 6. Esquema del aparato de ensayo de flotación por aire disuelto.....	21
Figura 7. Variables generales de un sistema DAF.....	23
Figura 8. Esquema del sistema de flotación por aire disuelto con presurización total del efluente.	29
Figura 9. Porcentaje de remoción de aceites y grasas.	31
Figura 10. Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos.	31
Figura 11. Porcentaje de remoción de DQO.	32
Figura 12. Porcentaje de remoción de DBO5.....	32
Figura 13. Esquema de la PTAR San Blas.	43
Figura 14. Posible esquema de la PTAR con el sistema de flotación	44
Figura 15. Rejas automáticas de la PTAR San Blas.....	46
Figura 16. Tornillo de Arquímedes de la PTAR San Blas.	47
Figura 17. Rector de lodos activados de la PTAR San Blas	49
Figura 18. Difusor de burbuja fina del reactor de lodos activados.....	49
Figura 19. Sedimentador secundario de la PTAR San Blas	50
Figura 20. Sistema de desinfección de rayos UV en la PTAR San Blas.....	51
Figura 21. Sistema de desinfección de rayos UV en la PTAR San Blas.....	52
Figura 22. Distribución de parámetros en muestras de febrero 2023	58
Figura 23. Esquema de la PTAR San Blas en el software GPS-X	79
Figura 24. Esquema de la PTAR con sistema de flotación.	83
Figura 25. Monitor de caudal del tren A PTAR SAN BLAS	92
Figura 26. Monitor de caudal del tren B PTAR SAN BLAS	92
Figura 27. configuración de la PTAR en condiciones actuales	93
Figura 28. configuración de la PTAR con condiciones actuales con el sistema de flotación.	93

Figura 29. Resultados de salida del pre tratamiento.....	101
Figura 30. Resultados de salida del sedimentador primario.....	101
Figura 31. Resultados de salida del reactor de lodos activados.....	102
Figura 32. Resultados de salida del sedimentador secundario.	102
Figura D1. Resultados de laboratorio PTAR san Blas.	115
Figura D2 Resultados de laboratorio PTAR san Blas.	116
Figura D3. Resultados de laboratorio PTAR san Blas.	117
Figura D4. Resultados de laboratorio PTAR san Blas.	118