

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



**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN EL BARRIO “JESÚS DE NAZARET”-TARIJA**

Por:

RAQUEL ALTAMIRANO BENITEZ

SEMESTRE-II-2023

TARIJA-BOLIVIA

Dedicatoria

Dedico este proyecto de grado a mi familia que estuvo cerca de mí en este proceso, en especial a mis padres y mi hermano que son el pilar fundamental en mi vida y sobre todo incondicionales.

A mis amigas/os que estuvieron conmigo en todo momento apoyándome.

Contenido

CAPÍTULO I

GENERALIDADES.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 Ubicación del Proyecto.....	2
1.3. Problema actual.....	2
1.4 Planteamiento del problema.....	3
1.5. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	4
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos específicos.....	4
1.6. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	4
1.6.1. Justificación académica.....	5
1.6.2. Justificación técnica.....	5
1.6.3. Justificación social.....	5
1.6.4. Justificación Ambiental.....	5
1.7. ALCANCE.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.....	7
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS....	7
2.2.1. Características físicas.....	7
2.2.1.1. Sólidos.....	7
2.2.1.2. Turbiedad.....	8
2.2.1.3. Color.....	8

2.2.1.4. Olor.....	8
2.2.1.5. Temperatura.....	8
2.2.2. Características químicas.....	9
2.2.2.1. Ph.....	9
2.2.2.2. Alcalinidad.....	9
2.2.2.3. Cloruros.....	9
2.2.2.4. Gases.....	10
2.2.2.5. Oxígeno disuelto.....	10
2.2.2.6. Metales.....	10
2.2.2.7. Nitrógeno.....	10
2.2.2.8. Fósforo.....	11
2.2.2.9. Azufre.....	11
2.2.2.10. Grasas y aceites.....	12
2.2.3. Características biológicas.....	12
2.2.3.1. Bacterias.....	12
2.2.3.2. Protozoos.....	12
2.2.3.3. Helmitos.....	12
2.2.3.4. Virus.....	13
2.3. LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES.	13
2.3.1. Materia en suspensión.....	13
2.3.2. Materia orgánica.....	14
2.3.3. Nutrientes.....	14
2.3.4. Organismos patógenos.....	15
2.4. EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS.....	16
2.4.1. Mecanismo de eliminación de los contaminantes.....	17

2.4.1.1. Eliminación de la materia en suspensión.....	17
2.4.1.2. Eliminación de la Materia orgánica.....	18
2.4.1.3. Eliminación de nutrientes.....	20
2.4.1.4. Eliminación de organismos patógenos.....	21
2.5. Calidad exigida el efluente Tratado.....	21
2.6. Posible reúso de los efluentes tratados.....	22
 CAPÍTULO III	
MARCO NORMATIVO.....	25
3.1. Nueva Constitución Política del Estado.....	25
3.2. Ley del Medio Ambiente N° 1333 del 27 de abril de 1992.....	25
3.3. Norma Boliviana NB 688, Instalaciones Sanitarias-Alcantarillado Sanitario, Pluvial y Tratamiento de Aguas Residuales, 2001.....	30
 CAPÍTULO IV	
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.....	31
4.1. Introducción.....	31
4.2. Estudios de caracterización del Agua Residual.....	31
4.3. Estimación de los caudales y cargas a tratar en la PTAR.....	32
4.4. Caracterización del agua residual para el diseño de la PTAR “Jesús de Nazareth”.....	32
 CAPÍTULO V	
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO	36
5.1. Introducción.....	36
5.2.1. Proceso de tratamiento.....	38
5.2.1.1. Pretratamiento.....	39
5.2.2. Tratamientos primarios.....	56

5.2.2.1. Tanque Sépticos.....	56
5.2.2.2. Tanques Imhoff.....	58
5.2.2.3. Sedimentación Primaria.....	60
5.2.3. Tratamientos secundarios.....	62
5.2.3.1. Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA).....	62
5.2.3.2. Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA).....	64
5.2.3.3. Lagunas de Estabilización.....	66
5.2.3.4. Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial.....	68
5.2.3.5. Lombrifiltros.....	71
5.2.3.6. Filtros Percoladores.....	73
5.2.3.7. Contactores Biológicos Rotativos (CBR).....	75
5.2.3.8. Aireación Extendida.....	78
5.2.3. Selección de alternativas.....	80
5.2.4. Alternativas a valorar.....	80
5.2.5. Selección de alternativa mediante matriz multicriterio.....	87
5.3. Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente.....	89
5.3.1. Proceso anaeróbico del RAFA.....	89
5.3.2. Rendimientos.....	89
5.3.3. Producción de lodos.....	90
5.3.4. Generación de biogás.....	90
5.3.5. Dimensionamiento.....	91
5.3.5.1. Eliminación de la materia carbonada.....	91
5.3.5.2. Sistema de distribución del afluente.....	93
5.3.5.3. Separador de gases, sólidos y líquidos (GLS).....	94
5.4. Filtro percolador.....	95

5.4.1. Rendimiento.....	96
5.4.2. Dimensionamiento.....	96
5.4.2.1. Eliminación de la materia carbonada.....	96
5.4.3. Dimensionamiento de la sedimentación secundaria.....	98

CAPÍTULO VI

DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	100
6.1. ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO.....	100
6.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO.....	100
6.2 Tratamiento preliminar.....	105
6.2.1 Desbaste.....	105
6.2.2 Desarenador.....	107
6.2.3 Desgrasador.....	110
6.3 Diseño del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA).....	112
6.4. Tratamiento secundario.....	119
6.5. Dimensionamiento del sedimentador secundario.....	120
6.6. Lecho de secado de lodos.....	122
6.7. Eficiencias de remoción.....	123

CAPÍTULO VII

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR.....	127
7.1. Operación y mantenimiento.....	127
7.2. Operación de la PTAR.....	129

CAPÍTULO VIII

PRESUPUESTO DE LA OBRA CIVIL DE LA PTAR.....	136
8.1. Presupuesto general.....	136

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	140
9.1. CONCLUSIONES	140
9.2. RECOMENDACIONES	141
Bibliografía:	142

ANEXOS

ANEXO 1. Clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso (cuadro N° 1)
ANEXO 2. Resultado de análisis de Aguas Residuales zona de Torrecillas
ANEXO 3. Resultado de análisis de Aguas Residuales Zona Las Barrancas
ANEXO 4. Resultado de análisis de Aguas Residuales- San Blas
ANEXO 5. Área para la construcción de la PTAR
ANEXO 6. Cómputos métricos
ANEXO 7. Análisis de precios unitarios
ANEXO 8. Planos

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Tiempo de supervivencia para algunos organismos patógenos en diferentes ambientes (temperatura de 20-30°C)</i>	16
Tabla 2. <i>Valores máximos admisibles (CLASE D) según Cuadro N° A-1 del RMCH</i>	22
Tabla 3. <i>Valores máximos admisibles de parámetros indicadores de contaminación</i>	24
Tabla 4. <i>Análisis de muestras de aguas residuales de diferentes zonas de la ciudad de Tarija</i>	32
Tabla 5. <i>Características de las aguas residuales urbanas</i>	34
Tabla 6. <i>Grado de contaminación del agua residual zona Torrecillas</i>	34
Tabla 7. <i>Factores importantes que se deben tener en cuenta en la selección y evaluación de las operaciones y procesos unitarios</i>	36
Tabla 8. <i>Tratamientos contemplados en la guía</i>	37
Tabla 9. <i>Velocidades del agua en el canal de desbaste</i>	42
Tabla 10. <i>Velocidades del agua a través de las rejillas de desbaste</i>	43
Tabla 11. <i>Separación y espesor de los barrotes en rejillas de desbaste</i>	43

Tabla 12. <i>Valores recomendados para el dimensionamiento de desarenadores estáticos..</i>	52
Tabla 13. <i>Valores recomendados para el dimensionamiento de desarenadores aireados.....</i>	52
Tabla 14. <i>Valores recomendados para el dimensionamiento de desengrasadores estáticos.....</i>	54
Tabla 15. <i>Valores recomendados para el dimensionamiento de desarenadores- desengrasadores aireados.....</i>	56
Tabla 16. <i>Rendimientos de los Tanques Sépticos.....</i>	57
Tabla 17. <i>Rendimientos de los Tanques Imhoff.....</i>	59
Tabla 18. <i>Rendimientos de los Sedimentadores Primarios.....</i>	61
Tabla 19. <i>Rendimientos de la línea de tratamiento.....</i>	63
Tabla 20. <i>Rendimiento del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente.....</i>	64
Tabla 21. <i>Rendimientos de los Humedales Artificiales Subsuperficiales.....</i>	69
Tabla 22. <i>Rendimientos de depuración de los Lombrifiltros.....</i>	72
Tabla 23. <i>Rendimientos de la línea de tratamiento.....</i>	74
Tabla 24. <i>Rendimientos de la línea de tratamiento I.....</i>	76
Tabla 25. <i>Rendimientos de la línea de tratamiento II.....</i>	76
Tabla 26. <i>Rendimientos de depuración de la Aireación Extendida.....</i>	79
Tabla 27. <i>Eficiencia de remoción de la línea de tratamiento de la alternativa 1.....</i>	82
Tabla 28. <i>Eficiencia de remoción de la línea de tratamiento de la alternativa 2.....</i>	82
Tabla 29. <i>Eficiencia de remoción de la línea de tratamiento de la alternativa 3.....</i>	83
Tabla 30. <i>Generación de lodos en las diferentes líneas de tratamiento.....</i>	85
Tabla 31. <i>Clasificación de las diferentes líneas de tratamiento en función de la complejidad de operación y mantenimiento.....</i>	86
Tabla 32. <i>Costos de construcción de las distintas líneas de tratamiento.....</i>	87
Tabla 33. <i>Costos de operación y mantenimiento de las distintas alternativas.....</i>	87
Tabla 34. <i>Matriz de decisión.....</i>	88
Tabla 35. <i>Selección de tecnología.....</i>	88
Tabla 36. <i>Selección de línea de tratamiento.....</i>	89
Tabla 37. <i>Periodo de diseño (años).....</i>	100
Tabla 38. <i>Población actual del proyecto.....</i>	101

Tabla 39. <i>Métodos para el cálculo de la población futura</i>	101
Tabla 40. <i>Aplicación de métodos de cálculo para la estimación de la población futura</i>	101
Tabla 41. <i>Dotación media (L/Hab/d)</i>	102
Tabla 42. <i>Valores del coeficiente de Pöpel</i>	104
Tabla 43. <i>Valores del coeficiente k_2</i>	104
Tabla 44. <i>Diámetros de arena a remover</i>	107
Tabla 45. <i>Dimensiones del canal parshall</i>	110
Tabla 46. <i>TRH en función de la temperatura media del agua en el mes más frío y del régimen hidráulico</i>	113
Tabla 47. <i>Rendimientos medios de una instalación de Filtro Percolador y características del efluente final</i>	121
Tabla 48. <i>Grado de tratamiento obtenido mediante diversas operaciones y procesos unitarios empleados en el tratamiento primario y secundario del Agua Residual</i>	123
Tabla 49. <i>Diagrama de eficiencias</i>	125
Tabla 50. <i>Presupuesto General</i>	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación del proyecto</i>	2
Figura 2. <i>Distribución de los sólidos en un agua residual de contaminación media</i>	14
Figura 3. <i>Esquema de las Etapas Incluidas en el Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas</i>	17
Figura 4. <i>Etapas de los procesos anaerobios</i>	19
Figura 5. <i>Elementos de la obra de llegada en una PTAR</i>	39
Figura 6. <i>Reja de desbaste de limpieza mecanizada</i>	40
Figura 7. <i>Funcionamiento de una reja de desbaste recta</i>	41
Figura 8. <i>Rejas de desbaste curvas</i>	41
Figura 9. <i>Tamices estáticos o autolimpiantes</i>	44
Figura 10. <i>Tamiz rotativo o de tambor</i>	45
Figura 11. <i>Tamiz rotativo o de tambor</i>	46
Figura 12. <i>Tamiz de escalera móvil</i>	46

Figura 13. Tamices de perfil en cuña.....	47
Figura 14. Canales desarenadores de flujo variable.....	48
Figura 15. Opciones para mantener una velocidad de paso constante en canales Desarenadores.....	49
Figura 16. Vertederos Sutor en canales desarenadores de flujo constante.....	49
Figura 17. Desarenador cuadrado de flujo horizontal.....	50
Figura 18. Esquema de un desarenador aireado.....	50
Figura 19. Clasificadores de arenas: de tornillo y alternativo de rastrillos.....	51
Figura 20. Esquemas de desengrasadores estáticos.....	53
Figura 21. Extracción de las grasas mediante tuberías acanaladas y recogedor de grasas.....	53
Figura 22. Concentrador de grasas.....	54
Figura 23. Desarenadores-desengrasadores aireados.....	55
Figura 24. Sección transversal de un Tanque Séptico.....	57
Figura 25. Sección transversal de un Tanque Imhoff.....	59
Figura 26. Esquemas de Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA).....	62
Figura 27. Línea de tratamiento propuesta para los Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente.....	62
Figura 28. Lagunas de Estabilización (PTAR Oruro, Bolivia)	66
Figura 29. Sección longitudinal de un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Vertical.....	69
Figura 30. Sección de un Lombrifiltro.....	71
Figura 31. Esquema de un Contactor Biológico Rotativo (CBR).....	75
Figura 32. El proceso de Lodos Activados para el tratamiento de las aguas residuales.....	78
Figura 33. El proceso de Aireación Extendida para el tratamiento de las aguas residuales.....	79
Figura 34. Diagrama de masas por componente.....	126