

ÍNDICE GENERAL

1. GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.3.1 <i>Identificación del problema</i>	3
1.3.2 <i>Formulación del problema</i>	3
1.4 Objetivos y acciones.....	3
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.5 Justificación.....	5
1.5.1 <i>Justificación técnica</i>	5
1.5.2 <i>Justificación económica</i>	5
1.5.3 <i>Justificación ambiental</i>	5
1.5.4 <i>Justificación social</i>	5
1.6 Alcances y limitaciones.....	5
1.6.1 <i>Alcance geográfico</i>	5
1.6.2 <i>Alcance temporal</i>	6
1.6.3 <i>Alcance temático</i>	6
1.6.4 <i>Limitaciones</i>	6
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Caracterización de las aguas residuales.....	8
2.1.1. <i>Generalidades</i>	8
2.1.2. <i>Características físicas de las aguas residuales</i>	9
2.1.2.1. <i>Sólidos totales</i>	9
2.1.2.2. <i>Color</i>	11
2.1.2.3. <i>Olor</i>	11

2.1.2.4. <i>Temperatura</i>	12
2.1.2.5. <i>Turbiedad</i>	12
2.1.3. <i>Características microbiológicas de las aguas residuales</i>	12
2.1.3.1. <i>Bacterias</i>	12
2.1.3.2. <i>Hongos</i>	13
2.1.3.3. <i>Virus</i>	14
2.1.3.4. <i>Protozoos</i>	14
2.1.3.5. <i>Algas</i>	14
2.1.3.6. <i>Microorganismos indicadores de la contaminación</i>	15
2.1.3.7. <i>Enfermedades de origen hidrico</i>	15
2.1.4. <i>Características químicas de las aguas residuales</i>	15
2.1.4.1. <i>Materia orgánica</i>	15
2.1.4.2. <i>Nutrientes</i>	15
2.1.4.2.1. <i>Nitrogeno</i>	17
2.1.4.2.2. <i>Fosforo</i>	18
2.1.4.3. <i>PH</i>	18
2.1.4.4. <i>Cloruros</i>	18
2.1.4.5. <i>Sulfatos</i>	18
2.1.4.6. <i>Sulfuros</i>	19
2.1.5. <i>Parámetros orgánicos</i>	19
2.1.5.1. <i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>	19
2.1.5.2. <i>Demanda química de oxígeno</i>	19
2.1.5.3. <i>Comparación entre DBO y DQO</i>	19
2.1.5.4. <i>Demanda teórica de oxígeno</i>	20
2.1.5.5. <i>Carbono orgánico total</i>	20
2.1.6. <i>Gases</i>	21
2.1.6.1. <i>Oxígeno disuelto</i>	21

2.1.6.2. <i>Ácido sulfhídrico</i>	21
2.1.6.3. <i>Metano</i>	21
2.2. Sistema de alcantarillado sanitario	22
2.2.1. <i>Parámetros de diseño</i>	22
2.2.1.1. <i>Periodo de diseño</i>	22
2.2.1.2. <i>Población de diseño</i>	22
2.2.1.3. <i>Determinación de caudales</i>	22
2.2.2. <i>Criterios de diseño</i>	24
2.2.2.1. <i>Ecuaciones de diseño</i>	24
2.2.2.2. <i>Sección parcialmente llena</i>	25
2.2.2.3. <i>Coficiente de Manning</i>	25
2.2.2.4. <i>Diámetro mínimo</i>	25
2.2.2.5. <i>Criterio de la tensión tractiva</i>	26
2.2.2.6. <i>Pendientes admisibles</i>	27
2.2.2.7. <i>Tirante máximo admisible</i>	27
2.2.2.8. <i>Profundidades admisibles</i>	27
2.2.3 <i>Ubicación de los elementos de alcantarillado</i>	28
2.2.4. <i>Cámaras de inspección</i>	28
2.2.5. <i>Material de la tubería de alcantarillado</i>	30
2.3. Estaciones de bombeo de aguas residuales	31
2.3.1. <i>Caudal de bombeo</i>	31
2.3.2. <i>Cárcamo de bombeo</i>	31
2.3.2.1. <i>Cámaras adicionales</i>	32
2.3.3. <i>Sistema de bombeo</i>	33
2.3.3.1. <i>Bombas centrifugas</i>	33
2.3.3.2. <i>Criterios de cálculo de las bombas</i>	34
2.3.3.3. <i>Cavitación</i>	34

2.3.3.4. <i>Cálculo de la altura manométrica</i>	36
2.3.3.5. <i>Cálculo de la altura de pérdidas</i>	36
2.3.4. <i>Tubería de impulsión</i>	38
2.3.4.1. <i>Golpe de ariete</i>	39
2.3.4.2. <i>Diámetro de la tubería de descarga</i>	41
2.3.5. <i>By-Pass de emergencia</i>	42
2.4. <i>Tratamiento de aguas residuales</i>	43
2.4.1. <i>Reglamento en materia de contaminación hídrica en el Estado Plurinacional de Bolivia</i>	43
2.4.1.1. <i>Clasificación del cuerpo receptor</i>	43
2.4.1.2. <i>Limites máximos de parámetros permitidos</i>	43
2.4.1.3. <i>Medición de caudales</i>	43
2.4.2. <i>Elección del sistema de tratamiento</i>	46
2.4.3. <i>Configuración del sistema de tratamiento proyectado</i>	47
2.4.4. <i>Pretratamiento</i>	48
2.4.4.1. <i>Cribado</i>	48
2.4.4.2. <i>Desarenadores</i>	49
2.4.5. <i>Sedimentador primario</i>	50
2.4.6. <i>Tratamiento aerobio con biodiscos</i>	53
2.4.7. <i>Sedimentador secundario</i>	56
2.4.8. <i>Tratamiento de lodos por lecho de secado de arena</i>	56
2.4.9. <i>Desinfección por cloración</i>	60
3. INGENIERÍA DEL PROYECTO	61
3.1. Cálculo de la red de alcantarillado sanitario	61
3.1.1. <i>Cálculo de parámetros iniciales</i>	61
3.1.2. <i>Cálculo hidráulico de la red de alcantarillado sanitario</i>	62
3.1.3. <i>Cámaras de inspección proyectadas</i>	64

3.2. Cálculo de la estación de bombeo 1.....	65
3.2.1. <i>Dimensionamiento del cárcamo de bombeo.....</i>	65
3.2.2. <i>Cálculo de la potencia requerida por las bombas.....</i>	66
3.2.3. <i>Cálculo de la sobrepresión por golpe de ariete.....</i>	68
3.2.4. <i>Comprobación del fenómeno de la cavitación.....</i>	68
3.2.5. <i>Elección de la bomba.....</i>	69
3.3. Cálculo de la estación de bombeo 2.....	69
3.3.1. <i>Dimensionamiento del cárcamo de bombeo.....</i>	69
3.3.2. <i>Cálculo de la potencia requerida por las bombas.....</i>	71
3.3.3. <i>Cálculo de la sobrepresión por golpe de ariete.....</i>	73
3.3.4. <i>Elección de la bomba.....</i>	73
3.4. Memoria de cálculo de la planta de tratamiento de aguas residuales compacta.	74
3.4.1. <i>Cálculo del pretratamiento.....</i>	76
3.4.1.1. <i>Desbaste</i>	76
3.4.1.2. <i>Desarenador con canaleta Parshall.....</i>	77
3.4.2. <i>Dimensionamiento del sedimentador primario.....</i>	78
3.4.3. <i>Cálculo del contactor biológico rotatorio (CBR).....</i>	79
3.4.3.1. <i>Cálculo de la DBO5 soluble en la entrada del CBR.....</i>	79
3.4.3.2. <i>Cálculo del sustrato específico consumido Rc.....</i>	80
3.4.3.3. <i>Cálculo del factor de corrección por temperatura.....</i>	80
3.4.3.4. <i>Cálculo del factor de corrección por preaireación.....</i>	80
3.4.3.5. <i>Cálculo de la superficie necesaria para eliminación de DBO5.....</i>	80
3.4.3.6. <i>Cálculo de la superficie necesaria para desnitrificación.....</i>	81
3.4.4. <i>Dimensionamiento del tanque de sedimentación secundario.....</i>	82
3.4.5. <i>Diseño del tanque de contacto con cloro.....</i>	83
3.4.6. <i>Diseño del lecho de secado de arena.....</i>	84
3.5. Cálculo de la estación de bombeo 3.....	84

<i>3.5.1. Dimensionamiento del cárcamo de bombeo.....</i>	<i>84</i>
<i>3.5.2. Cálculo de la potencia requerida por las bombas.....</i>	<i>86</i>
<i>3.5.3. Cálculo de la sobrepresión por golpe de ariete.....</i>	<i>87</i>
<i>3.5.4. Elección de la bomba.....</i>	<i>88</i>
CONCLUSIONES.....	89
RECOMENDACIONES.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	92
ANEXOS	
Anexo 1. Planilla de cálculo hidráulico.....	2
Anexo 2. Planos.....	30