



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO
PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CABECERA
PARROQUIAL DE SEVILLA DON BOSCO- CANTÓN MORONA-
PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: ESTEFANÍA PRISCILA PÉREZ ROBLES

DIRECTOR: M Sc. MIGUEL ANGEL OSORIO RIVERA

MACAS – ECUADOR

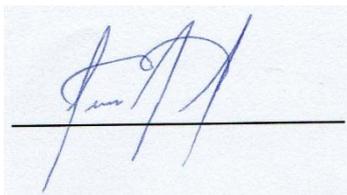
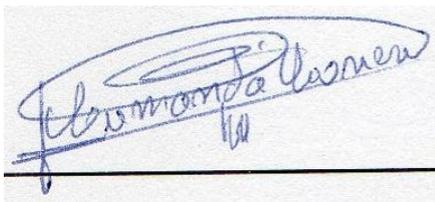
2019

©2019, Estefanía Priscila Pérez Robles

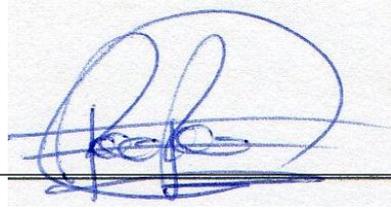
Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CABECERA PARROQUIAL DE SEVILLA DON BOSCO-CANTÓN MORONA-PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”, de responsabilidad de la señorita Estefanía Priscila Pérez Robles, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
M Sc Miguel Ángel Osorio Rivera DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2019-07-18
Dra. Lourdes Cumandá Carrera Beltrán MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2019-07-18
Dr. José Gerardo León Chimbolema PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2019-07-18

Yo, **Estefanía Priscila Pérez Robles**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente documento y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

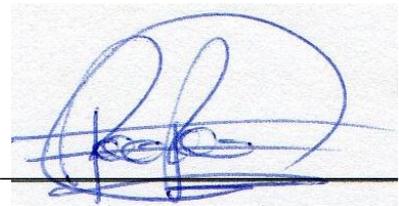
ESTEFANIA PRISCILA PEREZ ROBLES

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Estefanía Priscila Pérez Robles declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación

Macas, 18 de julio de 2019



Estefanía Priscila Pérez Robles

CI. 010467790-1

DEDICATORIA

Una de las metas que me he propuesto alcanzar en la vida ha sido cumplida y va dedicada a las personas maravillosas que aportan día a día en mi vida.

A mi querida Madre Rocío, por todo su amor y apoyo incondicional brindado a lo largo de mi vida, por ser un ejemplo de lucha, que me supo inculcar valores como el esfuerzo y la perseverancia para no rendirme ante los obstáculos que nos pone la vida.

A mi Padre Lorgio, quien a pesar de la distancia nunca me descuidó y con su inmenso amor siempre estuvo dispuesto a brindarme su apoyo tanto moral, emocional y económico.

A mi hermana Doménica, por brindarme su compañía y amor cuando más lo necesitaba.

Ustedes son parte de este logro. **LOS AMO**

Estefanía

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios, por darme la sabiduría y fortaleza para culminar una etapa de mi formación profesional.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme ser parte de su prestigiosa institución, y a cada uno de los docentes que fueron mis mentores durante mi formación académica.

Un agradecimiento especial al Ing. Miguel Osorio y a la Dra. Cumandá Carrera, por aceptar guiarme, por su tiempo y por haber compartido su valioso conocimiento, han sido un aporte invaluable para la ejecución de este trabajo.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Sevilla Don Bosco, por haberme dado la apertura y las facilidades para el desarrollo del presente trabajo.

A mis amados Padres, quienes siempre confiaron en mí y me brindaron su apoyo incondicionalmente durante todo mi trayecto académico, sin su ayuda el culmen de este proyecto no hubiera sido, gracias, por tanto.

A familiares y amigos que estuvieron a mi lado de alguna u otra manera apoyándome en esta importante etapa de mi vida para hacer posible este logro académico.

A todos y cada uno de ustedes, Mis más sinceros agradecimientos

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xx
SUMMARY	xxi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	4
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Agua residual	4
<i>1.1.1. Composición de las aguas residuales.....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.2. Características de las aguas residuales.....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.2.1. Características físicas de aguas contaminadas que se pueden determinar</i>	<i>5</i>
<i>1.1.2.2. Características fisicoquímicas de las aguas residuales</i>	<i>5</i>
<i>1.1.2.3. Características microbiológicas de las aguas residuales:</i>	<i>6</i>
<i>1.1.3. Clasificación de aguas residuales por su origen.</i>	<i>7</i>
1.2. Tratamiento de aguas residuales.....	8
<i>1.2.1. Tipos de tratamientos de aguas residuales.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.1.1. Tratamiento físico de las aguas residuales</i>	<i>8</i>
<i>1.2.1.2. Tratamiento químico de las aguas residuales</i>	<i>8</i>
<i>1.2.1.3. Tratamiento biológico</i>	<i>9</i>
<i>1.2.2. Tipos de tratamientos de aguas residuales en base a su ubicación</i>	<i>9</i>
<i>1.2.2.1. Tratamiento primario</i>	<i>9</i>
<i>1.2.2.2. Tratamiento secundario.....</i>	<i>10</i>
<i>1.2.2.3. Tratamiento terciario de aguas residuales.....</i>	<i>11</i>
<i>1.2.3. Tipos de tratamiento de aguas residuales por sistemas natural.....</i>	<i>12</i>
<i>1.2.3.1. Tratamiento en suelo, filtración rápida.....</i>	<i>12</i>
<i>1.2.3.2. Tratamiento en aguas, plantas acuáticas</i>	<i>13</i>
<i>1.2.3.3. Tratamiento en agua por humedades</i>	<i>13</i>
1.3. Humedales	13
<i>1.3.1. Humedales artificiales o contruidos</i>	<i>14</i>
<i>1.3.1.1. Utilidad de los humedales artificiales</i>	<i>14</i>
<i>1.3.2. Clasificación de humedales por su construcción.</i>	<i>15</i>
<i>1.3.2.1. Los humedales de Flujo Libre Superficial (FLS).....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.2.2. Humedales de flujo subsuperficial.....</i>	<i>16</i>
<i>1.3.3. Clasificación de los humedales artificiales según el tipo de macrófitas.....</i>	<i>19</i>
1.4. Desarrollo del sistema de tratamiento de aguas residuales.....	19

1.4.1.	<i>El término tratamiento de aguas en la ingeniería ambiental</i>	20
1.5.	Dimensionamiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales para pequeñas poblaciones	20
1.5.1.	<i>Población de diseño</i>	20
1.5.2.	<i>Determinación de caudales</i>	21
1.5.2.1.	<i>Medición de caudal</i>	21
1.5.2.2.	<i>Caudal de diseño:</i>	21
1.5.2.3.	<i>Dotación</i>	22
1.5.2.4.	<i>Caudal medio teórico:</i>	22
1.5.2.5.	<i>Coefficiente de mayorización:</i>	23
1.5.2.6.	<i>Caudal máximo teórico</i>	23
1.5.2.7.	<i>Caudal de infiltración:</i>	23
1.5.2.8.	<i>Caudal máximo de diseño:</i>	24
1.5.3.	<i>Muestreo de aguas residuales</i>	24
1.5.3.1.	<i>Muestra simple</i>	24
1.5.3.2.	<i>Muestra compuesto</i>	25
1.5.3.3.	<i>Recogida manual</i>	26
1.5.3.4.	<i>Recogida mediante muestreador automático</i>	26
1.5.4.	<i>Canal de entrada de aguas contaminadas.</i>	26
1.5.4.1.	<i>Criterios de diseño para el canal de llegada</i>	26
1.5.4.2.	<i>Dimensionamiento del canal de llegada</i>	27
1.5.5.	<i>Rejilla</i>	29
1.5.5.1.	<i>Reja de limpieza manual</i>	29
1.5.5.2.	<i>Criterios de diseño de rejillas para limpieza manual</i>	30
1.5.5.3.	<i>Reja de limpieza mecánica</i>	30
1.5.5.4.	<i>Criterios de diseño para rejillas</i>	30
1.5.6.	<i>Trampa de grasas</i>	32
1.5.6.1.	<i>Características de la trampa de grasa</i>	33
1.5.6.2.	<i>Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas.</i>	34
1.5.6.3.	<i>Dimensionamiento de trampa de aceites y grasas</i>	34
1.5.7.	<i>Criterios de dimensionamiento de un humedal artificial</i>	36
1.5.7.1.	<i>Dimensionamiento para humedales artificiales.</i>	38
1.5.8.	<i>Filtro</i>	41
1.5.8.1.	<i>Filtro dual con medios múltiples</i>	41
1.5.8.2.	<i>Criterios de diseño</i>	42
1.5.8.3.	<i>Dimensionamiento del filtro</i>	43
1.6.	Marco legal y reglamentario	48

1.6.1.	Constitución de la República del Ecuador 2008.....	49
1.6.2.	Convenios y tratados internacionales	50
1.6.2.1.	Convención de Estocolmo.....	50
1.6.2.2.	Declaración de Rio de Janeiro	50
1.6.2.3.	Convenio de Basilea	51
1.6.2.4.	Convención relativa a los humedales de importancia internacional (Ramsar).....	52
1.6.2.5.	Carta mundial de la naturaleza.....	53
1.6.3.	Ley de gestión ambiental	53
1.6.4.	Ley orgánica de los recursos hídricos	54
1.6.5.	Ley de prevención y control de la contaminación	56
1.6.6.	Ley organiza de la salud R.O. 423.....	56
1.6.7.	Código Orgánico Integral Penal (COIP).....	57
1.6.8.	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)	58
1.6.8.	Acuerdo Ministerial No. 026	59
1.6.9.	Norma Técnica Ecuatoriana Normas NTE INEN 2176.....	60
1.6.10.	La ordenanza de gestión del servicio de agua potable y saneamiento en el Cantón Morona.....	61
CAPÍTULO II		65
2.	MARCO METODOLOGICO	65
2.1.	Parte experimental	65
2.1.1	Localización de la investigación.....	65
2.1.1.1.	Macro localización.....	65
2.1.1.2	Microlocalización.....	66
2.1.2.	Métodos y técnicas	67
2.1.3.	Identificación del estado actual de la descarga de aguas residuales de la cabecera parroquial de Sevilla Don Bosco.....	69
2.1.4.	Caracterización previa del efluente.....	69
2.1.4.1	Índice de Biodegradabilidad.	70
2.1.5	Caracterización del agua residual.....	71
2.1.5.1	Comparación de los parámetros que se encuentran fuera del límite máximo permisible con la normativa ambiental.	73
2.1.6.	Medición de caudales	74
2.2.	Dimensionamiento de la planta de tratamiento	75

CAPÍTULO III.....	76
3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.	76
3.1. Cálculos para el dimensionamiento del sistema de tratamiento.....	76
<i>3.1.1. Población futura</i>	<i>76</i>
<i>3.1.2. Caudal</i>	<i>77</i>
<i>3.1.3. Canal de recepción</i>	<i>80</i>
<i>3.1.4. Cribado.....</i>	<i>82</i>
<i>3.1.5. Trampa de grasas.....</i>	<i>84</i>
<i>3.1.6. Humedal de flujo subsuperficial.....</i>	<i>86</i>
<i>3.1.7. Filtro dual con medios múltiples.....</i>	<i>91</i>
3.2. Resultados.....	96
<i>3.2.1. Variables de proceso para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la cabecera parroquial de Sevilla Don Bosco.</i>	<i>96</i>
<i>3.2.1.1. Población de diseño.....</i>	<i>96</i>
<i>3.2.1.2. Caudal</i>	<i>96</i>
3.2.2. Dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales	97
<i>3.2.2.1. Canal de Recepción.....</i>	<i>97</i>
<i>3.2.2.2. Rejillas.....</i>	<i>97</i>
<i>3.2.2.3. Desengrasador o trampa de grasas.....</i>	<i>98</i>
<i>3.2.2.4. Humedal Artificial</i>	<i>98</i>
<i>3.2.2.5. Filtro dual con medios múltiples.....</i>	<i>99</i>
3.2.3. Caracterización del agua residual tratada.....	99
3.2.4. Porcentaje de Remoción de los parámetros fuera de norma.....	101
3.3. Sistema de tratamiento biológico propuesto	105
3.4. Presupuesto	106
3.5. Análisis y discusión de resultados	109
CONCLUSIONES.....	113
RECOMENDACIONES.....	115
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Tasa de infiltración según el área	23
Tabla 2-1: Borde libre en función al caudal para canales abiertos.....	27
Tabla 3-1: Coeficiente de Manning.....	27
Tabla 4-1: Criterios de diseño para rejillas de limpieza manual.....	30
Tabla 5-1: Factor forma de barras.....	30
Tabla 6-1: Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas.....	34
Tabla 7-1: Características de los sustratos empleados en el diseño y construcción de humedales.....	37
Tabla 8-1: Criterios de Diseño	38
Tabla 9-1: Especificaciones para lechos filtrantes	42
Tabla 10-1: Parámetros de diseño de filtro	42
Tabla 11-1: Parámetro de diseño de laterales	42
Tabla 12-1: Velocidades de diseño para tuberías del filtro.....	43
Tabla 13-1: Criterios de diseño para el número de filtros.....	43
Tabla 14-1: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	58
Tabla 1-2: Ubicación geográfica de la Parroquia Sevilla Don Bosco.....	65
Tabla 2-2: Aspectos climatológicos	67
Tabla 3-2: Métodos utilizados en la caracterización del agua residual.....	68
Tabla 4-2: Aforo de Caudal semanal	74
Tabla 5-2: Toma y recolección de muestras	72
Tabla 6-2: Caracterización inicial del agua residual cruda.....	72
Tabla 7-2: Índice de Biodegradabilidad.....	70
Tabla 1-3: Resultados del cálculo de la Población de Diseño	96
Tabla 2-3: Resultado del cálculo de Caudales	97
Tabla 3-3: Resultados del diseño del Canal de Recepción.....	97
Tabla 4-3: Resultados del diseño de las Rejillas.....	97
Tabla 5-3: Resultados del diseño de la Trampa de Grasas.....	98
Tabla 6-3: Resultados del diseño del Humedal Artificial	98
Tabla 7-3: Resultados del diseño del filtro dual.....	99
Tabla 8-3: Resultados de la caracterización del agua residual después del humedal.....	100
Tabla 9-3: Resultados de caracterización del agua residual después del tratamiento final....	100
Tabla 10-3: Verificación del cumplimiento de la Normativa Ambiental TULSMA	100
Tabla 11-3: Remoción de carga contaminante.....	101
Tabla 12-3: Determinación de costos de la Obra (Obras Preliminares).....	106

Tabla 13-3: Determinación de costos de la Obra (Canal de recepción).....	106
Tabla 14-3: Determinación de costos de la Obra (Rejillas)	107
Tabla 15-3: Determinación de costos de la Obra (Trampa de Grasas)	107
Tabla 16-3: Determinación de costos de la Obra (Humedal Artificial)	107
Tabla 17-3: Determinación de costos de la Obra (Filtro Dual).....	108
Tabla 18-3: Determinación de costos de la Obra (Total)	109

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1-2: Localización del área de estudio.....	66
Gráfico 2-2: Variación de Caudal	75
Gráfico 3-2: Parámetros que no cumplen con lo establecido TULSMA, Libro VI, Anexo I, Recurso Agua.....	73
Gráfico 4-2: Parámetros que no cumplen con los parámetros establecidos en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, Recurso Agua.....	73
Gráfico 5-2: Parámetros que no cumplen con los parámetros establecidos en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, Recurso Agua.....	74
Gráfico 6-2: Diagrama del sistema de tratamiento actual	69
Gráfico 1-3: Porcentaje de remoción de Aceites y Grasas.....	102
Gráfico 2-3: Porcentaje de remoción de DQO.....	102
Gráfico 3-3: Porcentaje de remoción de DBO.....	103
Gráfico 4-3: Porcentaje de remoción de Sólidos Sedimentables	103
Gráfico 5-3: Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos	104
Gráfico 6-3: Porcentaje de remoción de Coliformes Fecales.....	104
Gráfico 7-3: Diagrama del sistema de tratamiento	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Características de las aguas residuales.....	4
Figura 2-1: Plantas acuáticas comunes.	13
Figura 3-1: Humedal artificial de flujo superficial.	16
Figura 4-1: Humedal subsuperficial de flujo horizontal (vista corte sección).....	17
Figura 5-1: Humedal subsuperficial de flujo vertical (vista corte sección).	18
Figura 6-1: Rejillas de desbaste y su limpieza manual	29
Figura 7-1: Diferentes formas de las barras.....	30
Figura 1-2: Localización de la Parroquia Sevilla Don Bosco.....	66

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	20
Población de diseño	20
Ecuación 2	21
Medición del caudal por método volumétrico	21
Ecuación 3	21
Caudal de diseño	21
Ecuación 4	22
Dotación	22
Ecuación 5	22
Caudal medio teórico	22
Ecuación 6	23
Coefficiente de mayorización	23
Ecuación 7	23
Caudal máximo teórico	23
Ecuación 8	24
Caudal infiltración	24
Ecuación 9	24
Caudal máximo de diseño	24
Ecuación 10	25
Volumen de cada muestra individual	25
Ecuación 11	25
Volumen muestra requerida por unidad de caudal	25
Ecuación 12	27
Caudal del coeficiente de Manning	27
Ecuación 13	28
Calculo de la altura de agua en el canal	28
Ecuación 14	28
Calculo de la altura de total del canal	28
Ecuación 15	28
Cálculo del radio Hidráulica	28
Ecuación 16	28
Velocidad media del caudal de agua	28
Ecuación 17	31
Número de barras	31

Ecuación 18	31
Longitud de la barra	31
Ecuación 19	31
Área de separación entre barras	31
Ecuación 20	31
Suma de separación de barras	31
Ecuación 21	32
Pérdida de carga en las rejillas	32
Ecuación 22	32
Área de sección transversal del flujo	32
Ecuación 23	34
Área superficial.....	34
Ecuación 24	35
Cálculo del ancho del tanque	35
Ecuación 25	35
Cálculo del largo del tanque.....	35
Ecuación 26	35
Cálculo del volumen	35
Ecuación 27	35
Cálculo de la profundidad útil.....	35
Ecuación 28	36
Cálculo de la profundidad total del tanque	36
Ecuación 29	36
Tiempo de retención hidráulica.....	36
Ecuación 30	38
Área superficial.....	38
Ecuación 31	39
Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura.....	39
Ecuación 32	39
Tiempo de retención hidráulica.....	39
Ecuación 33	39
Ancho del Humedal	39
Ecuación 34	40
Largo del Humedal.....	40
Ecuación 35	40
Volumen del Humedal	40
Ecuación 36	40

Remoción de DBO5	40
Ecuación 37	41
Remoción DQO.....	41
Ecuación 38	41
Caudal de salida del humedal.....	41
Ecuación 39	43
Numero de Filtros	43
Ecuación 40	43
Caudal de diseño	43
Ecuación 41	44
Área del filtro	44
Ecuación 42	44
Coefficiente de costo mínimo.....	44
Ecuación 43	44
Ancho del filtro	44
Ecuación 44	45
Largo del filtro	45
Ecuación 45	45
Altura del lecho filtrante	45
Ecuación 46	45
Altura del filtro.....	45
Ecuación 47	46
Volumen del filtro.....	46
Ecuación 48	46
Área de orificios laterales.....	46
Ecuación 49	47
Caudal que ingresa a cada orificio	47
Ecuación 50	47
Numero de laterales	47
Ecuación 51	47
Diámetro que entra al filtro	47
Ecuación 52	48
Diámetro de salida del filtro.....	48
Ecuación 53	101
Porcentaje de remoción del proceso.....	101

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Tratamiento para las aguas residuales de la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco

ANEXO B. Resultados de los análisis físico- químicos y microbiológicos del agua residual cruda

ANEXO C. Resultados de los análisis físico- químicos y microbiológicos del agua residual tratada

ANEXO D. Fotografías

ANEXO E. Planos

RESUMEN

Se diseñó un Sistema de Tratamiento Biológico de Aguas Residuales para la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco con el objetivo de mitigar los impactos ambientales por la descarga a un cuerpo de agua dulce y el cumplimiento con la Normativa Ambiental Ecuatoriana. La investigación inició con la identificación del estado actual de la descarga del agua residual para realizar una caracterización inicial aplicando un tipo de muestreo compuesto, el cual permitió conocer los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles de las normas del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULSMA), los mismos que se detallan a continuación: Aceites y Grasas 52,13 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 131,33 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 264 mg/L, Sólidos Suspendedos 158,33 mg/L, Sólidos Sedimentables 13,67 mg/L, Coliformes Fecales 88000 UFC/100 ml, posteriormente se procedió a determinar el caudal que se efectuó por siete días consecutivos, aplicando el método volumétrico en intervalos de 3 horas desde las 07h00 hasta las 19h00, obteniendo un caudal de aforo de 2,98 l/s. A partir de los resultados de la caracterización inicial, definido el índice de biodegradabilidad y la simulación de los procesos se procedió a dimensionar los equipos respectivos para el sistema de tratamiento biológico, teniéndose: un canal de recepción, sistema de rejillas, Trampa de Grasas, Humedal Artificial utilizando Lechuguines (*Eichhornia Crassipes*) y Filtro dual con medios múltiples. El presente diseño fue validado con la caracterización del agua residual obtenida después de la simulación de proceso (planta piloto), alcanzando porcentajes de remoción de: DQO 71,59%, DBO 59,64%, Aceites y Grasas 80,82%, Sólidos Sedimentables 94,15%, Sólidos Suspendedos 91,79 %, Coliformes Fecales 99,32%. Se recomienda al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Sevilla Don Bosco implementar el presente estudio realizado para reducir el impacto ambiental generado hacia el Río Upano y sus alrededores.

Palabras claves: <BIOTECNOLOGÍA>, <TRATAMIENTO BIOLÓGICO>, <AGUAS RESIDUALES>, <ÍNDICE DE BIODEGRADABILIDAD>, <HUMEDAL ARTIFICIAL>, <LECHUGUIN (*Eichhornia Crassipes*)>, <RÍO UPANO>, <SEVILLA DON BOSCO (PARROQUIA)>, <MORONA SANTIAGO (PROVINCIA)>.



SUMMARY

A Biological Wastewater Treatment System was designed for the head parish of Sevilla Don Bosco with the main purpose of mitigating the environmental impacts due to the frequent discharge into a freshwater body and in compliance with the Ecuadorian Environmental Regulations. The investigation began with the identification of the current state of the wastewater discharge to perform an initial characterization by applying a type of composite sampling which allowed to know the parameters that are outside the permissible limits of the Unified Text of Environmental Legislation standards (UTELS), the same as detailed below: Oils and Fats 52,13 mg/L, Biochemical Oxygen Demand (BOD) 131,33 mg/L, Chemical Oxygen Demand (COD) 264 mg/L, Suspended Solids 158,33 mg/L, Sedimentary Solids 13,67 mg/L, Fecal Coliforms 88000 CFU/100 ml, the flow rate was then determined for seven days in a row, applying the volumetric method at intervals of 3 hours from 07h00 until 19h00, obtaining a flow capacity of 2,98 L/s. From the results of the initial characterization, defined by the biodegradability index and the simulation of the processes, the respective equipment for the biological treatment system was sized, taking into account: a reception channel, grid system, grease trap, artificial wetland using lettuce (*Eichornia Crassipes*) and dual filter with multiple media. The current design was validated with the residual water characterization obtained after the process simulation (pilot plant), reaching removal percentages of: COD 71,59%, BOD 59,64%, Oils and Fats 80,82%, Sedimentary Solids 94,15%, Suspended Solids 91,79%, Fecal Coliforms 99,32%. It is strongly recommended in Sevilla Don Bosco Parish Decentralized Autonomous Government to implement this study to reduce the environmental impact generated towards the Upano River and its surroundings.

KEY WORDS: <BIOTECHNOLOGY>, <BIOLOGICAL TREATMENT>, <RESIDUAL WATERS>, <BIODEGRADABILITY INDEX>, <ARTIFICIAL WETLAND>, <LECHUGUIN (EICHHORNIA CRASSIPES)>, <UPANO RIVERS>, <SEVILLA DON BOSCO (PARISH)>, <MORONA SANTIAGO (PROVINCE)>.



INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los elementos más importantes de la naturaleza que constituye la base para el desarrollo de la vida, y es fundamental para las actividades cotidianas, domésticas, industriales, ganaderas y agrícolas, sin embargo, en los últimos tiempos la calidad de la misma se ha visto afectada por muchos factores siendo uno de ellos, las descargas directas en los recursos hídricos de aguas residuales de origen doméstico o industrial.

La descarga de aguas residuales domésticas en las corrientes y cuerpos superficiales de agua, sin previo tratamiento, produce impactos ambientales negativos en los cuerpos de aguas receptores hasta un grado tal que no se las pueda utilizar como fuente de abastecimiento para la comunidad, además de alterar y perturbar el equilibrio ecológico del ecosistema, y del medio en general.

Según la ONU más del 80% de las aguas residuales resultantes de la actividad humana se vierten en los ríos o en el mar sin tratamiento alguno, lo cual genera contaminación. La contaminación produce enfermedades que están entre las principales causas de fallecimiento de niños menores de 5 años, más de 800 niños mueren cada día por enfermedades diarreicas asociadas a la falta de higiene (ONU, 2016a).

Se calcula que solamente 5% de las viviendas en Latinoamérica y el Caribe están conectadas a sistemas de tratamiento de aguas negras, de acuerdo al International Development Research Centre en Ottawa, Canadá.

En Ecuador existen varias zonas que todavía no cuentan con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales puesto que no disponen de recursos económicos e interés suficiente para invertir en este tipo de tecnologías y así cumplir con la normativa ambiental vigente, el 85,9 % de los ecuatorianos tienen servicio higiénico adecuado (alcantarilla, excusado, pozo séptico/pozo ciego, letrina con losa) y de uso exclusivo para los miembros del hogar (Ecuador. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2017)

La Cabecera parroquial de Sevilla Don Bosco, ubicada en el cantón Morona de la Provincia de Morona Santiago, con un estimado de 495 habitantes (Equipo Consultor, 2015), no cuenta con un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales pues todas las aguas de origen sanitario y pluvial son recogidas por un alcantarillado para posteriormente ser descargadas mediante una tubería al Río Upano, sin ningún tratamiento previo, generando una contaminación severa en el ambiente de la zona, ocasionando la degradación de la calidad del agua receptora, el deterioro de la vida

acuática, y la propagación de afecciones a la salud de las personas que hacen uso de este cuerpo hídrico, puesto que en el río Upano se realizan diversas actividades recreativas.

En la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco aún no se ha realizado ningún estudio de implementación para el tratamiento de sus Aguas Residuales, por lo que sus representantes están de acuerdo en dar la apertura y el apoyo necesario para la realización de algún tipo de investigación en el campo ambiental como lo es el Diseño de un Sistema de Tratamiento Biológico para las Aguas Residuales.

Con estos argumentos se demuestra la importancia que existe en realizar un proyecto ambiental que permita mejorar la calidad de vida de los habitantes de la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco.

Los análisis realizados a las aguas residuales generadas por la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco, demostraron un alto contenido de materia biodegradable presente, es por eso que se utiliza procesos biológicos con humedales artificiales, con el propósito de reducir la carga contaminante y cumplir así con lo estipulado en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, perteneciente al Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiente (TULSMA).

OBJETIVOS

General:

- Diseñar un Sistema de Tratamiento Biológico para las Aguas Residuales de la Cabecera Parroquial De Sevilla Don Bosco, Cantón Morona, Provincia de Morona Santiago.

Específicos:

- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales que se generan en la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco en base al TULSMA.
- Identificar las variables de procesos para el diseño del sistema de tratamiento biológico de aguas residuales, de acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización.
- Validar el diseño propuesto mediante la caracterización físico-química y microbiológica del agua después de haberla tratado, en base a la normativa dada en el TULSMA.
- Estimar los costos que demanda el diseño del sistema de tratamiento planteado a nivel de campo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Agua residual

Son aquellas aguas cuya composición inicial ha sido modificada por actividades antropogénicas, y debido a la degradación de su calidad necesita de procesos y tratamientos antes de ser reusadas, descargadas al sistema de alcantarillado o desalojadas a un cuerpo hídrico (Organismo de evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2015, p. 2).

1.1.1. Composición de las aguas residuales.

- Líquidos de desagüe de viviendas, comercios, edificios de oficinas e instituciones.
- Líquidos efluentes de establecimientos industriales.
- Líquidos efluentes de instalaciones agrícolas y ganaderas.
- Aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que discurren por calles, espacios libres y tejados y azoteas de edificios que pueden ser admitidas y conducidas por las alcantarillas (Ros Moreno, 2011).

1.1.2. Características de las aguas residuales

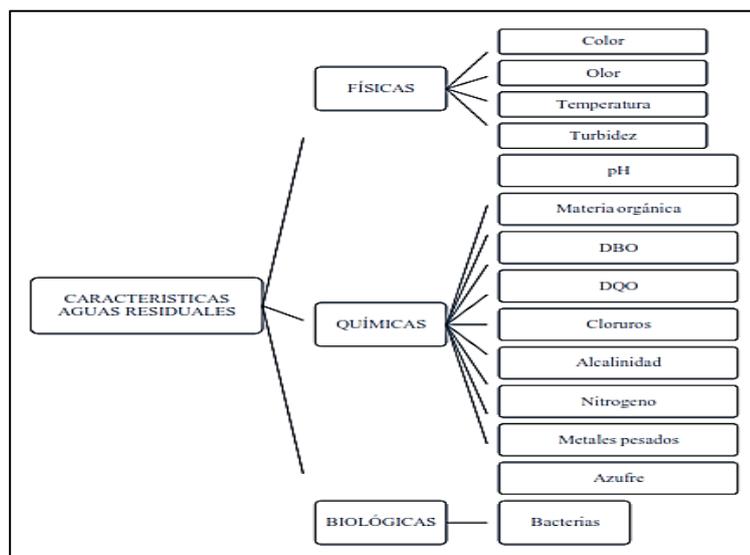


Figura 1-1: Características de las aguas residuales

Fuente: Espigares García, et. al.

1.1.2.1. Características físicas de aguas contaminadas que se pueden determinar

Los parámetros físicos que pueden determinar la contaminación del agua son:

- *Color:* Las contaminaciones de las aguas tienen diversos colores, pero no se logran establecer correspondencia entre el color y el tipo de contaminación (Espigares Garcia, et., al s.f.).
- *Olor:* Son generados por sustancias volátiles o gaseosas producidas por la materia orgánica en descomposición. Las sales o los minerales proveen de sabores salados o metálicos (Espigares Garcia, et., al s.f.).
- *Temperatura:* El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta por lo general los sólidos disueltos. A medida que aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo (aproximadamente se duplica cada diez grados) se acelera la degradación (Espigares Garcia, et. al., s.f.).
- *Aceites y grasas:* Aquellas sustancias líquidas que forman una película sobre el agua impidiendo la captación de oxígeno para los microorganismos disminuyendo la capacidad degradadora (Espigares Garcia, et. al., s.f.).

1.1.2.2. Características fisicoquímicas de las aguas residuales

Las aguas residuales tienen diferentes características fisicoquímicas las cuales se deben tener en cuenta para poder elegir correctamente los tratamientos y aplicar los criterios de diseño adecuados.(López Solano, 2014).

Las características fisicoquímicas más importantes son:

- **Materia orgánica:** Son partículas relevantes causantes del agotamiento de oxígeno de los cuerpos de agua, se produce de los elementos contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas y municipales.
- **Oxígeno disuelto:** El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más relevantes de la contaminación de los cuerpos hídricos, su valor no debe ser menos de 4 mg/L para asegurar la sobrevivencia de los organismos superiores. Para los tratamientos aerobios de las aguas residuales, es necesario asegurar una concentración mínima de 1 mg/L.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Es un parámetro que mide indirectamente la cantidad de materia orgánica existente en una muestra de agua, es utilizada para la determinación de la cantidad de oxígeno que los microorganismos ocupan para degradar los compuestos biodegradables.
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Es un parámetro que mide indirectamente el contenido de materia orgánica, pero a diferencia de la DBO en esta prueba se emplea un oxidante fuerte (dicromato de potasio – $K_2Cr_2O_7$) en un medio ácido (ácido sulfúrico – H_2SO_4) en vez de microorganismos (Lopez Solano, 2014).

Sólidos: Son la proporción de material sólido que está presente en una muestra de agua, pueden ser: suspendidos (SS) o disueltos (SD), volátiles (SV), orgánicos, o fijos (SF) que suelen ser inorgánicos. Parte de los sólidos suspendidos pueden ser también sedimentables (SSed). Lo anterior ellos se determinan gravimétricamente (por peso) (Lopez Solano, 2014).

- **Potencial de hidrógeno (pH):** El pH regula los procesos biológicos del tratamiento de las aguas residuales (TAR). El pH óptimo para el desarrollo de los microorganismos que se encargan del saneamiento de las aguas residuales está en un rango de 6,5 y 8,5 unidades (Lopez Solano, 2014)
- **Nitrógeno:** Es el principal componente de las proteínas y es muy importante para la reproducción de las algas y bacterias que van a intervenir en la depuración del agua residual. Está presente en forma de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal y como nitritos y nitratos. Los valores extremadamente altos de nitrógeno amoniacal (>1500 mg/L) son inhibitorios para los microorganismos responsables del TAR (Lopez Solano, 2014).
- **Fósforo:** Es un nutriente fundamental para el desarrollo de los microorganismos debido a que favorece la estabilización de la materia orgánica del efluente. El contenido excesivo de fósforo puede causar problemas de hipereutrofización en los cuerpos de agua lóticos como en lagos, embalses, lagunas (López Solano, 2014).

1.1.2.3. Características microbiológicas de las aguas residuales:

Las aguas residuales tienen diferentes características Microbiológicas que aportan grandes cantidades de materia orgánica y sirven de alimento para bacterias y hongos cuya función es la descomposición (Lopez Solano, 2014).

Se deben tener en cuenta:

- **Bacterias:** Son organismos que se encargan de la degradación y estabilización de la materia orgánica que se encuentra en el efluente. El Ph óptimo de crecimiento es entre 6,5, y 7,5. Existe algunas bacterias patógenas, como la Escherichia coli, considerada como el mejor indicador de contaminación de origen fecal (Lopez Solano, 2014)
- **Hongos:** Los Hongos se encuentran presentes en mayor proporción en las aguas residuales industriales pues resisten a concentraciones de pH bajos y a la disminución de nutrientes (Lopez Solano, 2014)
- **Protozoos:** Intervienen en la calidad microbiológica de los efluentes de las PTAR, alimentándose de bacterias y materia orgánica (Lopez Solano, 2014)
- **Actinomicetos:** Son bacterias filamentosas conocidas por provocar fallos en reactores de lodos activados, favoreciendo la aparición de espumas y la pérdida de sedimentabilidad del lodo, hinchamiento o filamentosos, aumentando los sólidos del efluente y la disminución de la eficiencia del TAR (Lopez Solano, 2014)

1.1.3. Clasificación de aguas residuales por su origen.

Las aguas residuales pueden provenir de diferentes lugares, es así que dependiendo de su origen pueden ser clasificadas como (Valencia López, 2013, p. 26):

- **Aguas residuales domésticas:** Son aguas de origen residencial y comercial que tienen un alto contenido de materia orgánica, desechos fisiológicos, entre otras, generadas por la actividad humana, y deben ser tratadas adecuadamente (Organismo de evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2015, p. 3).
- **Aguas residuales industriales:** Son residuos líquidos que resultan de procesos industriales, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras (Organismo de evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2015, p. 3).
- **Aguas residuales municipales:** Son aquellas aguas formadas por la mezcla de aguas residuales con aguas de escorrentía pluvial o con aguas residuales de origen industrial, que deben ser tratadas previamente a ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (Organismo de evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2015, p. 3).

- **Aguas residuales agrícolas:** son los vertidos de labores en campos agrícolas en las zonas rurales. Se utilizan en varios lugares para riego agrícola con o sin un tratamiento previo (Culligan Blog Water, 2018).
- **Aguas blancas.** Son procedentes de las precipitaciones atmosféricas, la nieve, el deshielo. Y muchas veces también proviene de las aguas que se obtienen de la limpieza de lugares públicos. (Culligan Blog Water, 2018).

1.2. Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales es una actividad fundamental que coadyuva al cuidado de la salud humana y medio ambiente (Casierra Martínez et al., 2016).

También se define a las aguas residuales como el conjunto de aguas que lleva elementos extraños, bien por causas naturales, bien provocadas de forma directa o indirecta por la actividad humana. Están conformadas por un 99% de agua y un 1% de sólidos en suspensión y solución. Estos sólidos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos (Ros Moreno, 2011).

1.2.1. Tipos de tratamientos de aguas residuales.

1.2.1.1. Tratamiento Físico de las Aguas Residuales

En general, las fuerzas físicas se emplean durante todo el proceso de tratamiento de las aguas residuales, aunque algunas son casi exclusivamente operaciones de tratamiento (desbaste, desengrase, preaeración y homogeneización neutralización) y otros tratamientos primarios (floculación, sedimentación, flotación y filtración) (Build a free website of your own on, s.f.).

1.2.1.2. Tratamiento Químico de las Aguas Residuales

El tratamiento de químico es donde interfiere otras sustancias artificiales para establecer operaciones como (Build a free website of your own on, s.f.):

- Precipitación química
- Adsorción
- Desinfección por cloración u ozonización
- Eliminación de sustancias inorgánicas disueltas
 - Intercambio iónico
 - Osmosis inversa

- Ultrafiltración
- Transferencia de gases

1.2.1.3. Tratamiento biológico

El tratamiento biológico es aquel proceso en el que los microorganismos proliferan y se desarrollan a partir de la materia orgánica existente en las aguas residuales, transformándola en productos finales como CO₂, H₂O, sales inorgánicas y una biomasa separable como en un sólido sedimentable de naturaleza biológica (Sainz Sastre, s.f.).

1.2.2. Tipos de tratamientos de aguas residuales en base a su ubicación

1.2.2.1. Tratamiento primario

Los sistemas primarios son el conjunto de procesos físico - químico que se aplican para reducir el contenido de partículas en suspensión del agua (García Astillero, 2018, p. 1). Siendo el método más sencillo de limpieza y preparar el agua, de todas aquellas partículas cuyas dimensiones puedan obstruir o dificultar los procesos consecuentes los tratamientos de (Hardenberg y Rodie B., 1987, p. 2):

- Cribado
- Malas de barreas
- La flotación
- Eliminación de grasas
- Sedimentación (eliminarse hasta un 40% de los sólidos que contienen las aguas).
- Flotación (podrían eliminarse hasta un 75% de las partículas suspendidas).
- Neutralización (normalización el pH de 6-8,5 que es típicamente el valor del agua).
- Uso de fosas sépticas
- Lagunaje
- Filtros verdes
- Procesos químicos (intercambio iónico, oxidación, reducción, etc.)

Algunos sistemas como es el caso de la flotación y la sedimentación, puede ser utilizados dentro del proceso de tratamientos secundarios y no forzosamente como un método primario aislado (Hardenberg y Rodie B., 1987, p. 2).

1.2.2.2. Tratamiento secundario

El proceso de limpieza de las aguas residuales, en el proceso secundario se limpiará aquellas impurezas cuyo tamaño es mucho menor a las que se pueden captar por decantación y las rejillas, para ellos los sistemas se basan en métodos mecánicos y biológicos combinados basándose en la transformación de la materia orgánica en biomasa celular, energía, gases y agua (Hardenberg y Rodie B., 1987, p. 2). Este tratamiento tiene una eficacia del 90%. Estos sistemas al manejar aspectos biológicos son afectados por factores externos como son los climáticos, por los que se tienen que estudiar sus características y adaptación al sitio del proyecto, para poder hacer una elección adecuada (García Astillero, 2018).

Pueden distinguirse varios procesos, aerobios y anaerobios:

- Sistema **de percolación** pueden variar en diseño, pero trabajan de la misma manera. Los filtros de escurrimiento son un modelo de filtros biológicos, son tanques circulares con diferentes profundidades (Hardenberg y Rodie B., 1987, p. 6).
- Los **procesos aerobios** se realizan en presencia de oxígeno por lo que es necesario introducirlo en los tanques donde están las aguas residuales. En esta etapa ocurre parte de la degradación de la materia orgánica, de la que se desprende agua y CO₂, y también la eliminación de los productos nitrogenados. El amonio, derivado del nitrógeno muy tóxico, se transforma en nitrato en una reacción llamada nitrificación. Ahora bien, el nitrato, aunque ya no es tóxico es una forma asimilable del nitrógeno y, por tanto, podría provocar una proliferación de algas y el enriquecimiento en nutrientes de las aguas en el medio receptor (eutrofización), por lo que mediante la desnitrificación este se convierte en nitrógeno y se libera a la atmósfera (García Astillero, 2018).
- Por el contrario, los **procesos anaerobios** se realizan en ausencia de oxígeno. En este proceso ocurren reacciones fermentativas en las que la materia orgánica se transforma en energía, metano y dióxido de carbono (García Astillero, 2018).
 - Reactores de primera generación (Desarrollan con la introducción del digestor convencional aplican para la estabilización de los desechos), (Hardenberg y Rodie B., 1987, p. 6).
 - Reactores de segunda generación (Es variante por su diseño, pero uno de las importantes aplicaciones es reactor anaerobio de lecho de lodos), (Hardenberg y Rodie B., 1987, p. 6).

A continuación, se mencionan algunos métodos de depuración de aguas residuales:

- Lodos activos: se trata de un proceso aerobio que consiste en añadir flóculos o grumos de materia orgánica con microorganismos al agua residual e infiltrar constantemente oxígeno para que se produzcan las reacciones (García Astillero, 2018).
- Lechos bacterianos: proceso aeróbico. Se trata de unos soportes donde se encuentran los microorganismos y el agua residual se va echando en pocas cantidades para mantener las condiciones aeróbicas (García Astillero, 2018).
- Filtros verdes: se trata de cultivos que se riegan con aguas residuales ya que estos tienen la capacidad de absorber sus compuestos (García Astillero, 2018).
- Digestión anaeróbica: se trata de un proceso anaeróbico que se realiza en tanques completamente cerrados. Principalmente se usan bacterias que producen ácido y metano cuando degradan la materia orgánica (García Astillero, 2018).
- Otros: biodiscos, biocilindros, electrocoagulación, electro oxidación, reactor biológico de membrana, etcétera (García Astillero, 2018)

1.2.2.3. Tratamiento terciario de aguas residuales

El tratamiento terciario consiste sobre todo en la eliminación de los agentes patógenos, sobre todo bacterias fecales y de los nutrientes. Este tratamiento es opcional y normalmente se hace cuando el agua se va a reutilizar como, por ejemplo, en jardines u otros espacios públicos para que no supongan un peligro para la salud humana, o en el caso de que los cauces receptores se encuentren en espacios protegidos o con una alta calidad en sus aguas (García Astillero, 2018).

Los procesos de tratamiento de aguas residuales más habituales son los siguientes:

- Radiación ultravioleta: Para poder aplicarse las aguas deben estar muy claras y sin mucho material particulado disuelto para que la luz pueda llegar a todas partes. La radiación ultravioleta impide la reproducción de los microorganismos e impide que desarrollen su capacidad de infección. Es capaz de eliminar en torno al 99% de los microorganismos (García Astillero, 2018).

- Intercambio iónico: Técnica utilizada para retirar sales en bajas concentraciones y para ello se emplean resinas capaces de retener iones temporalmente (García Astillero, 2018).
- Ósmosis inversa: Consiste en la eliminación de sales al pasar el agua desde una disolución más concentrada a una más diluida (García Astillero, 2018).
- Filtración: Consiste en la eliminación de partículas orgánicas que no hayan podido ser extraídas en los tratamientos anteriores. Para ello se emplean arenas y gravas (García Astillero, 2018).
- Cloración: Consiste en la eliminación de los microorganismos mediante la aplicación de productos clorados. Además, contribuyen a la eliminación del amonio e impide la oxidación de elementos inorgánicos (García Astillero, 2018).

Esto es una pequeña parte de los procesos que se utilizan habitualmente en las plantas depuradoras, pero actualmente se están investigando nuevas técnicas para que la depuración de las aguas sea más barata y completa. Además, todo lo explicado en este artículo se centra en la línea de aguas de las depuradoras, paralelamente existe una línea de fangos en la que se depuran y purifican los residuos sólidos que se extraen de las aguas residuales (García Astillero, 2018).

1.2.3. Tipos de tratamiento de aguas residuales por sistemas natural

La naturaleza en sus diferentes composiciones de suelos y fauna tiene la capacidad de responder a contaminantes naturales que aprovechan para su desarrollo, por lo que en los últimos años se ha incorporado a la naturaleza en los procesos de limpieza de las aguas residuales.

1.2.3.1. Tratamiento en suelo, filtración rápida.

En superficies donde la tierra es muy permeable, el tratamiento adecuado debe estar diseñado de manera que se adapte a la baja capacidad de retención de agua posee el suelo y no trata de ir contra de este factor natural. Una manera de adecuada es aprovechar la filtración como una especie de percolador, donde solamente faltaría recolectar el agua utilizando drenajes y bombearla a la superficie para filtrarla nuevamente o incorporarla a un flujo acuífero.

1.4.3.2. Tratamiento en aguas, plantas acuáticas

El sistema de plantas acuáticas es similar al sistema de superficie libre, aplicado en humedales, excepto que las plantas son flotantes y la profundidad del agua puede ser mayor. En los tratamientos artificiales de plantas acuáticas se ha utilizado sistemas mecánicos de aireación, que para incrementar la capacidad de tratamiento y para mantener las condiciones aerobias que pueden contrarlar al mosquito entre otros factores(Hardenberg y Rodie B., 1987, p. 11).

1.2.3.3. Tratamiento en agua por humedades

Los humedales o wetlands son áreas de tierra inundada que se conocen también como pantanos, con poca profundidad para que la vegetación pueda llegar a la parte inferior y sostenerse del suelo firme. La planta de estos sitios provee a la superficie de una película de bacterias, ayuda en la filtración y absorción de componentes, transfiere oxígeno y controla el crecimiento de algas al evitar la penetración de la luz solar (Hardenberg y Rodie B., 1987, p. 10).

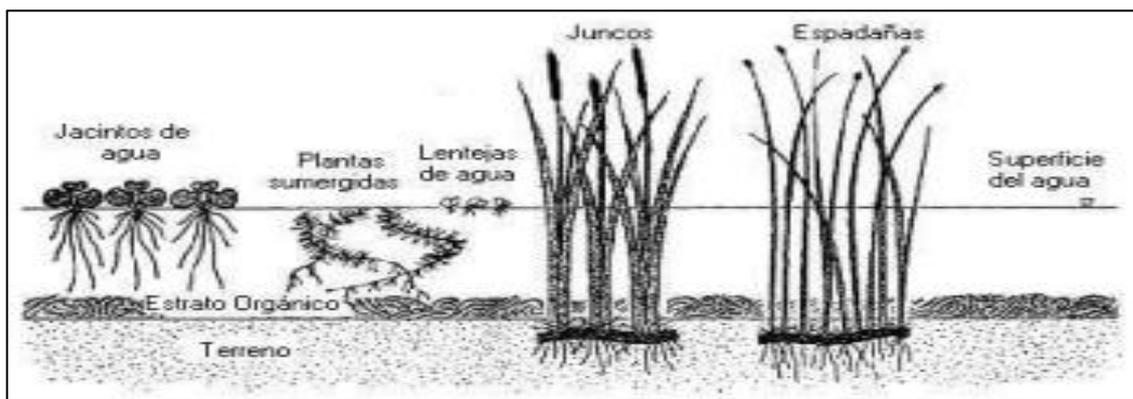


Figura 2-1: Plantas acuáticas comunes.

Fuente: (Hardenberg y Rodie B., 1987, p. 10).

1.3. Humedales

Los humedales son también un tipo de ecosistema que es capaz de eliminar contaminantes presentes en aguas, a través de varios procesos como: sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización, al mismo tiempo son capaces de reemplazar algunos tratamientos de aguas residuales (Arias, Brix, 2003, Mant, Costa, Williams, & Tambourgi, 2006; citado en Badillo Guevara et al., 2016, p. 162). Siendo un sistema que imitan los procesos de tratamiento de agua que tienen lugar en los humedales naturales, y pertenecen a las denominadas tecnologías no convencionales, o tecnologías de bajo consumo de tratamiento de agua residual (Kivaizis, 2000; citados en Badillo Guevara et al., 2016, p. 162).

Tienen tres funciones fundamentales que les otorgan atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales:

- Fijan los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica
- Utilizan y transforman los elementos a través de los microorganismos
- Alcanzan niveles de tratamiento con un bajo consumo de energía y mantenimiento (Lara, 1999 citado en Tórees Guerra et al., 2017, p. 50).

1.3.1. Humedales artificiales o construidos

Los sistemas diseñados para propiciar características y procesos físicos, químicos y biológicos de un humedal natural son comúnmente conocidos como “humedales artificiales” o “humedales construidos”. De esta forma para aprovechar los procesos de remoción propios de un humedal natural surgen los humedales construidos. Los humedales construidos son sistemas complejos e integrados en los que tienen lugar interacciones entre el agua, plantas, animales, microorganismos, energía solar, suelo y aire; con el propósito de mejorar la calidad del agua residual y proveer un mejoramiento ambiental (Osnaya, 2012 citado en Díaz Acero, 2014, p. 2).

1.3.1.1. Utilidad de los humedales artificiales

Los humedales artificiales se han utilizado para tratar una amplia gama de aguas residuales como las aguas domésticas, urbanas, industriales, de drenaje de extracciones mineras, escorrentía superficial agrícola y urbana, tratamiento de fangos convencionales mediante deposición superficial en humedales de flujo sub superficial donde se deshidratan y mineralizan (García et al., 2004 citado en Tórees Guerra et al., 2017, p. 50).

La utilización de humedales artificiales para el tratamiento de aguas servidas por el volumen creciente de residuos biológicos y químicos que son arrojados a la red aguas superficiales, desde este punto de vista y teniendo en cuenta que la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales es muy costosa. Estos sistemas purgan el agua mediante la remoción del material orgánico (DBO), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y removiendo fósforo. Los mecanismos son complejos e involucran oxidación bacteriana, filtración, sedimentación y precipitación química (Cooper et al., 1996 y Fernández et al., 2004 citado en Tórees Guerra et al., 2017, p. 50).

Los humedales construidos se han utilizado para tratar una amplia gama de aguas residuales:

- Aguas domésticas y urbanas.

- Aguas industriales, incluyendo fabricación de papel, productos químicos y farmacéuticos, cosméticos, alimentación, refinerías y mataderos entre otros.
- Aguas de drenaje de extracciones mineras.
- Aguas de escorrentía superficial agrícola y urbana.
- Tratamiento de fangos de depuradoras convencionales, mediante deposición superficial en humedales de flujo subsuperficial donde se deshidratan y mineralizan (García et al., 2004 citado en Delgado et al., 2010, p. 7).

1.3.2. Clasificación de humedales por su construcción.

1.3.2.1. Los humedales de Flujo Libre Superficial (FLS)

Son aquellos sistemas en los cuales el agua está expuesta a la atmósfera, sobre la superficie del suelo con vegetación desde un punto de entrada hasta el punto de descarga, en algunos casos, el agua se pierde completamente por evapotranspiración y percolación en el humedal; se usan normalmente para tratamiento avanzado o terciario (Torees Guerra et al., 2017, p. 50).

a) Principales ventajas de un humedal de flujo superficial, la USEPA (2000), destaca:

- Proporcionan la incorporación de hábitat de vida silvestre y oportunidades para la recreación pública.
- La remoción de DBO, SST, DQO, metales y compuestos orgánicos de las aguas residuales domésticas puede ser muy efectiva con un tiempo razonable de retención. (Díaz Acero, 2014, p. 3).

b) Principales desventajas de un humedal de flujo superficial, USEPA (2000):

- Las necesidades de terreno de estos humedales pueden ser grandes, especialmente si se requiere la remoción de nitrógeno.
- El fósforo, los metales y algunos compuestos orgánicos persistentes que son removidos, permanecen en el sistema ligados al sedimento y por ello se acumulan con el tiempo.
- En climas fríos las bajas temperaturas durante el invierno reducen la tasa de remoción de DBO y de las reacciones biológicas responsables por la nitrificación y desnitrificación.

- La mayoría del agua contenida en los humedales de flujo superficial es esencialmente anóxica, limitando el potencial de nitrificación rápida del amoníaco.
- Los mosquitos y otros insectos vectores de enfermedades pueden convertirse en un problema de salubridad (Díaz Acero, 2014, p. 3).

1.3.2.2. Humedales de flujo subsuperficial

En los sistemas de flujo subsuperficial (conocidos en inglés como subsurface flow constructed wetlands), el agua residual circula a través de un medio granular (subterráneo), sobre un fondo impermeabilizado o geomembrana, con una profundidad próxima a los 0,6 m. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas (Delgado et al., 2010, p. 10).

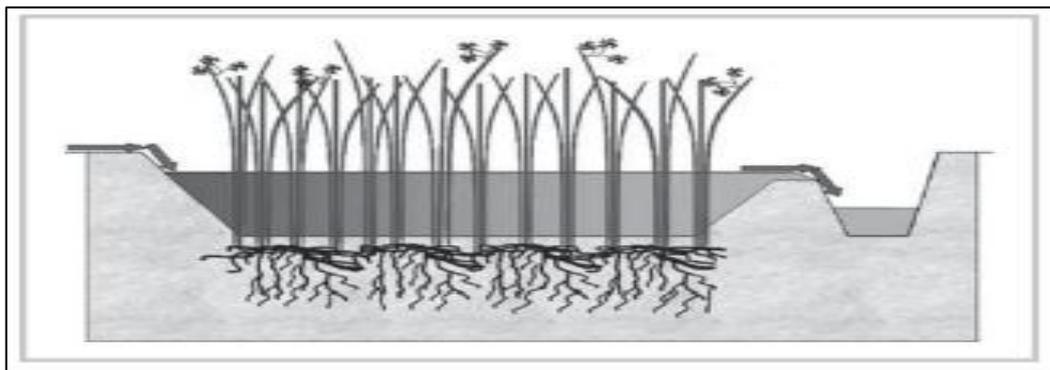


Figura 3-1: Humedal artificial de flujo superficial.

Fuente: (Delgado et al., 2010, p. 9).

Los humedales de flujo subsuperficial pueden ser de dos tipos:

- En función de la forma de aplicación de agua al sistema: humedales de flujo subsuperficial horizontal
- Humedales de flujo subsuperficial vertical (Delgado et al., 2010, p. 10).

Principales ventajas de un humedal de flujo subsuperficial, la USEPA (2000), destaca:

- La configuración de los humedales de flujo subsuperficial proporciona una mayor protección térmica que los humedales de flujo superficial.
- La remoción de DBO, SST, DQO, metales y compuestos orgánicos de las aguas residuales domésticas puede ser muy efectiva con un tiempo razonable de retención.

- Los mosquitos y otros insectos vectores no son un problema, mientras el sistema se opere adecuadamente y se mantenga el nivel de flujo subsuperficial. También se elimina el riesgo de que niños y mascotas estén expuestos al agua residual parcialmente tratada (Díaz Acero, 2014, p. 4).

Principales desventajas de un humedal de flujo subsuperficial, USEPA (2000) (Díaz Acero, 2014, p. 4):

- El fósforo, los metales y algunos compuestos orgánicos persistentes que son removidos, permanecen en el sistema ligados al sedimento y por ello se acumulan con el tiempo.
- La mayoría del agua contenida en los humedales de flujo superficial es esencialmente anóxica, limitando el potencial de nitrificación rápida del amoníaco.
- Costos de construcción altos asociados al medio poroso requerido. (Díaz Acero, 2014, p. 4)

Humedales subsuperficiales de flujo horizontal.

Son los sistemas más utilizados en Europa y tienen su origen en la investigación de Seidel (1967) y Kickuth (1977). El diseño de estos humedales, consiste en una cama, que puede ser de tierra o arena y grava, plantada con macrófitas acuáticas, por lo general, con la caña común o carrizo (*Phragmites australis*). Toda la cama es revestida por una membrana impermeable para no permitir las filtraciones en el suelo (Brix en Kolb, 1998). El agua ingresa de manera permanente, por la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. El agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso (flujo pistón). La profundidad del lecho puede ser entre 0,45 m a 1 m y con una pendiente de entre 0,5 % a 1 % (Delgado et al., 2010, p. 10).

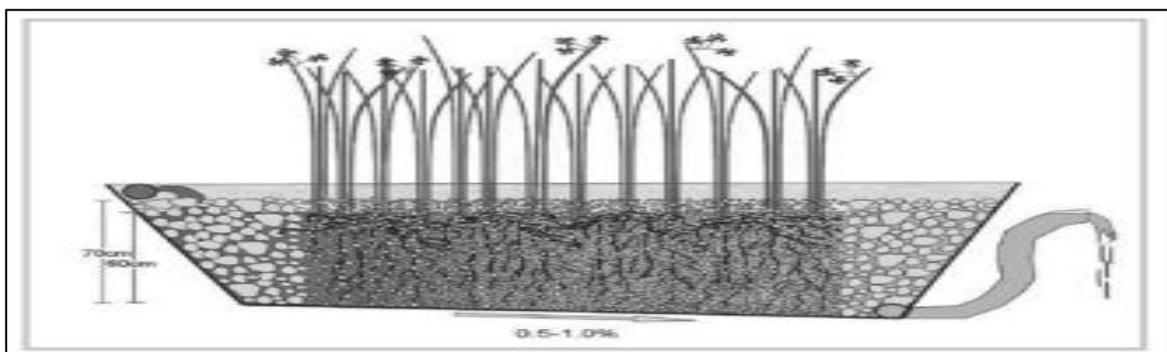


Figura 4-1: Humedal subsuperficial de flujo horizontal (vista corte sección).

Fuente: (Delgado et al., 2010, p. 10)

Humedales de flujo subsuperficial horizontal En estos sistemas el agua fluye horizontalmente en forma permanente a través de un medio poroso y una vegetación emergente. Se emplean estructuras de entrada y descarga para asegurar la distribución adecuada y la recolección uniforme del agua residual aplicada. El método más comúnmente utilizado en los sistemas de menor tamaño consiste en tubería múltiple perforada. Por lo general el agua ingresa por un extremo en la parte superior del humedal y se recoge en la parte inferior opuesta (U.S. EPA, 2000 citado en Díaz Acero, 2014, p. 4).

Humedales subsuperficiales de flujo vertical

Los sistemas verticales con flujo subsuperficial son cargados intermitentemente. De esta forma, las condiciones de saturación con agua en la cama matriz son seguidas por períodos de insaturación, estimulando el suministro de oxígeno. Hay muchas posibilidades de variar la distribución de intervalos, la composición de la cama matriz, etcétera, y los resultados que se han obtenido son promisorios (Kolb, 1998). Son conocidos también como filtros intermitentes, este tipo de humedales recogen las aguas residuales de arriba hacia abajo, a través de un sistema de tuberías de aplicación de agua (Delgado et al., 2010, p. 10).

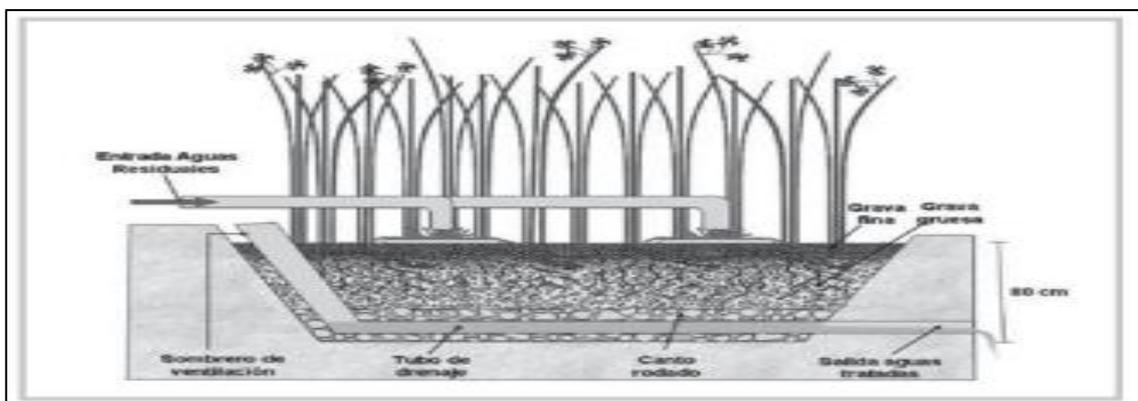


Figura 5-1: Humedal subsuperficial de flujo vertical (vista corte sección).

Fuente: (Delgado et al., 2010, p. 10).

Las aguas se recogen en una red de drenaje hallada en el fondo del humedal. Estos humedales de flujo vertical reciben cargas intermitentes desde la superficie. La aplicación intermitente del agua residual y el drenaje vertical en el lecho permiten que las reacciones aeróbicas se produzcan con rapidez (U.S. EPA, 2000 citado en Díaz Acero, 2014, p. 4).

1.3.3. Clasificación de los humedales artificiales según el tipo de macrófitas.

Estos humedales se emplean según su funcionamiento: macrófitas fijas al sustrato (enraizadas) o macrófitas flotantes libres (Delgado et al., 2010, p. 9).

Tomando en cuenta la forma de vida de estas macrófitas, los humedales artificiales pueden ser clasificados en:

- Sistemas de tratamiento basados en macrófitas de hojas flotantes: especialmente angiospermas sobre suelos anegados. Los órganos reproductores son flotantes o aéreos. El jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna sp.*) son las especies que más se utilizan para este sistema (Delgado et al., 2010, p. 9).
- Sistemas de tratamiento basados en macrófitas sumergidas: incluyen algunos helechos, musgos y carófitas y varias angiospermas. Se hallan en toda la zona fótica (a la cual llega la luz solar), pero las angiospermas vasculares viven solo hasta los 10 m de profundidad aproximadamente. Los órganos reproductores son aéreos, flotantes o sumergidos. Sistemas de tratamiento basados en macrófitas enraizadas emergentes: en suelos anegados permanente o temporalmente; en general son plantas perennes, con órganos reproductores aéreos (Crucy, 2007 citado en Delgado et al., 2010, p. 9).
- Los humedales basados en macrófitas enraizadas emergentes: pueden ser de dos tipos, conforme a la circulación del agua que se utilice: 1) humedales de flujo superficial, si el agua circula en forma superficial por entre los tallos de las macrófitas y 2) humedales de flujo subsuperficial, si el agua circula por debajo de la superficie del estrato del humedal (Delgado et al., 2010, p. 10).

1.4. Desarrollo del sistema de tratamiento de aguas residuales

El desarrollo de sistemas de tratamiento de aguas residuales se hizo más evidente en el siglo XX. Estos sistemas fueron considerados por mucho tiempo como un riesgo potencial para la salud y molesto en aglomeraciones urbanas. El valor fertilizante de las excretas humanas fue reconocido recientemente. Los antiguos griegos (300 A.C. a 500 D.C.) utilizaban letrinas públicas que drenaban hacia alcantarillas que transportaban las aguas residuales y pluviales hacia un colector en las afueras de la ciudad. De ahí, el agua residual era conducida hacia campos agrícolas por canaletas de ladrillo para ser utilizada en el riego y la fertilización de cultivos y huertas (Lopez Vazquez et al., 2017).

1.4.1. El término tratamiento de aguas en la ingeniería ambiental.

En ingeniería ambiental, el término tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químicos o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales llamadas, en el caso de las urbanas, aguas negras. Estas operaciones tienen como fin obtener un agua idónea de acuerdo al uso que se les vaya a dar, es así que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de inicio como de su destino final. (Huescas Ayala, 2013, p. 11).

1.5. Dimensionamiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales para pequeñas poblaciones

El tratamiento de aguas residuales (o agua servida, doméstica, etc.) incorpora procesos físicos químicos y biológicos, que tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos introducidos por el uso humano cotidiano del agua. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable al ambiente, y un residuo sólido o lodo que con un proceso adecuado sirve como fertilizante orgánico para la agricultura o jardinería (Tohaza, 2012, p. 17).

1.5.1. Población de diseño

Para obtener la población de diseño, en base al método geométrico se aplica la siguiente ecuación:

Ecuación 1

Población de diseño

$$P_f = P_a(1 + r/100)^N$$

Donde:

P_f: Población futura (hab)

P_a: Población actual

r: tasa de crecimiento anual

N: periodo de tiempo en años

1.5.2. Determinación de caudales

1.5.2.1. Medición de caudal

Método volumétrico

Es el método más indicado para realizar el cálculo cuando son caudales pequeños mediante un recipiente del cual se conoce su volumen y con ayuda de un cronómetro se mide el tiempo que se tarda en llenar dicho envase. Para caudales mayores a 4 L/s, se sugiere un receptáculo con capacidad de 10 litros que se estima que se llene en 2,5 segundos. El tiempo debe ser medido con precisión, sobre todo cuando éste sea de pocos segundos. La variación entre las mediciones realizadas continuamente dará una indicación de que los resultados sean precisos. (HUDSON, 1997; citado en Astudillo Urquizo and Herrera Morales, 2017, p. 50).

El caudal es producto de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen. (Agricultura, 2005: p.5; citado en Astudillo Urquizo and Herrera Morales, 2017, p. 50).

Ecuación 2

Medición del caudal por método volumétrico

$$Q = V/T$$

Donde:

Q: Caudal (L/s)

V: Volumen (L)

T: Tiempo (s)

1.5.2.2. Caudal de diseño:

Se calcula con la siguiente fórmula.

Ecuación 3

Caudal de diseño

$$Q = Q_{med} + Q_{INF}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (L/s)

Q_{med}: Caudal medio teórico (L/s)

Q_{INF}: Caudal de infiltración (L/s)

1.5.2.3. Dotación

La dotación es el consumo diario de agua, que sirve para calcular los caudales de diseño (l/hab-día). Este parámetro de diseño debe ser obtenido sobre la base de la población y zona geográfica dada, incluye los consumos domésticos, comercial, industrial y público. (Chimbo & Montero, 2018, p. 37)

Ecuación 4

Dotación

$$\text{Dot} = Q_{\text{Prom}}/P_a$$

Dónde:

Dot: Dotación del agua consumida (L/día-hab)

Q_{prom}: Caudal Promedio (L/s)

Pa: Población actual (hab)

1.5.2.4. Caudal medio teórico:

El caudal es determinado en base a la dotación que tiene la población de interés, teniendo en cuenta el coeficiente de retorno según las normas EXIEOS 1993 el cual se encuentra en un rango de 70 y 80% y nos indica que no se devuelve al alcantarillado toda el agua que es utilizada (Astudillo Urquiza and Herrera Morales, 2017, p. 50).

Ecuación 5

Caudal medio teórico

$$Q_{\text{med}} = (CR * \text{Dot} * P_f) / 86400$$

Dónde:

Q_{med}: Caudal medio teórico (L/s)

CR: Coeficiente de Retorno

Dot: Dotación de agua potable (L/hab-día)

P_f: Población proyectada a futuro

1.5.2.5. Coeficiente de mayorización:

La ecuación de Harmon se calcula cuando se tiene una población de entre 1000 y 1000000 de habitantes para obtener el caudal máximo teórico, se calcula a través de la siguiente formula (Astudillo Urquizo and Herrera Morales, 2017, p. 50).

Ecuación 6

Coeficiente de mayorización

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P_f}{1000}}}$$

Dónde:

M: Coeficiente de mayorización

P_f: Población proyectada a futuro (hab)

1.5.2.6. Caudal máximo teórico

Este parámetro es relevante para el diseño de elementos que tengan un evidente tiempo de retención, se calcula mediante la siguiente formula. (Valdez, 2018, p. 44)

Ecuación 7

Caudal máximo teórico

$$Q_{\max} = M (Q_{\text{med}})$$

Dónde:

Q_{max}: Caudal máximo teórico (L/s)

M: Coeficiente de mayorización

Q_{med}: Caudal medio teórico (L/s)

1.5.2.7. Caudal de infiltración:

Tabla 1-1: Tasa de infiltración según el área

Área (ha)	Tasa de infiltración (L/s-ha)
0,5	0,05
1	0,1
1,5	0,15
2	0,2
2,5	0,25

Fuente: Romero, 2008

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Es el agua que ingresa al alcantarillado cuando éste se encuentra en mal estado y es proveniente del suelo. (Astudillo Urquiza and Herrera Morales, 2017, p. 50).

Ecuación 8

Caudal infiltración

$$Q_{INF} = A * i$$

Dónde:

Q_{INF}: Caudal de infiltración (L/s)

A: Área donde se va a implementar el proyecto (ha)

i: Tasa de infiltración (L/s-ha)

15.2.8. Caudal Máximo de diseño:

Cantidad máxima de Agua residual que pasará por una sección teniendo en cuenta todas las aportaciones de agua que terminen en la descarga (Copete, 2018, p. 57)

Ecuación 9

Caudal máximo de diseño

$$Q_M = Q_{max} + Q_{INF}$$

Dónde:

Q_M: Caudal Máximo de Diseño (L/s)

Q_{max}: Caudal Máximo teórico (L/s)

Q_{INF}: Caudal de infiltración (L/s)

1.5.3. Muestreo de aguas residuales

Hay dos tipos de muestra que pueden tomarse:

1.5.3.1. Muestra simple

La muestra simple nos da las características del agua residual en el momento en que la muestra es tomada. Se usa generalmente cuando (Ramalho, 2003, p. 80):

- El caudal de agua residual y su composición es relativamente constante

- El flujo de agua residual es intermitente
- Cuando las muestras compuestas pueden ocultar condiciones extremas de aguas residuales (pH y temperatura) (Ramalho, 2003, p. 80).

El volumen mínimo de una muestra debe estar entre 1 y 2 litros (Ramalho, 2003, p. 80).

1.5.3.2. Muestra compuesto

Las muestras compuestas son aquellas formadas por la combinación de muestras individuales que se toman en diferentes periodos de tiempo. La cantidad de cada muestra simple debe ser proporcional al flujo de caudal en el instante en que la muestra fue tomada (Ramalho, 2003, p. 80).

Suponiendo que (Ramalho, 2003, p. 80):

V = Volumen total de la muestra compuesta que se va a tomar

V_i = Volumen de cada muestra individual

i = Muestra compuesta

Q_m = Caudal medio

Q_i = Caudal instantáneo del momento en que se toma la muestra i

n = Número de muestras que deben ser combinadas

De las siguientes expresiones se muestra la siguiente ecuación:

Ecuación 10

Volumen de cada muestra individual

$$V/n Q_m = V_i/Q_i \qquad V_i = (V/n Q_m) Q_i$$

Ecuación 11

Volumen demuestra requerida por unidad de caudal

$$V_i/Q_i = V/n Q_m$$

La frecuencia del muestreo se relaciona con la variabilidad del caudal y la carga contaminante. En caudales con variaciones pequeñas, se pueden tomar las muestras en intervalos de entre 2 y 24 horas. Sin embargo, para caudales con grandes variaciones se recomienda tomar muestras hasta cada 15 minutos. Las muestras individuales de la muestra compuesta deben estar comprendidos entre 25 y 100 ml y el volumen compuesto debe tener 2 y 4 litros (Ramalho, 2003, p. 80).

1.5.3.3. Recogida manual

Tomar porciones individuales del agua en estudio en botellas de boca ancha y combinarlas en una misma botella al momento de tomarlas manteniendo siempre ésta en condiciones de refrigeración a 4°C y oscuridad (Instituto de Toxicología de la Defensa, s.f., p. 4).

- Se toma la muestra y se determina el tiempo en que se tomará la siguiente.
- Se coloca la muestra en el recipiente marcado de acuerdo a los tiempos de muestreo.
- Finalmente se obtendrá una muestra compuesta tomada en un tiempo de X horas que se mantendrá en refrigeración.
- Anotar todas las operaciones en el documento “volante de petición” (Instituto de Toxicología de la Defensa, s.f., p. 4).

1.5.3.4. Recogida mediante muestreador automático

En el mercado existen diferentes sistemas para la recogida automática de muestras compuestas, en los que se pueden programar los intervalos de recogida de la muestra. El equipo utilizado debe ser capaz de mantener la muestra en condiciones de refrigeración durante todo el ciclo de toma. Es importante limpiar tales equipos y las botellas diariamente, para eliminar el crecimiento biológico y cualquier otro depósito (Instituto de Toxicología de la Defensa, s.f., p. 4).

1.5.4. Canal de entrada de aguas contaminadas.

El canal de acceso de la rejilla debe diseñarse para prevenir la acumulación de arena u otro material pesado, antes y después de la rejilla. El canal debe, preferiblemente, ser horizontal, recto y perpendicular de la rejilla, para promover una distribución uniforme de los sólidos retenidos por ella (Guiza Rubiano, 2016, p. 63).

Un canal de entrada o llegada, es una estructura rectangular por donde el agua residual entra al sistema de tratamiento, es decir la entrada al pre-tratamiento (Yaulema Bonilla, 2015, p. 53).

1.5.4.1. Criterios de diseño para el canal de llegada

Para el diseño del canal de entrada se debe tomar en cuenta los criterios o consideraciones según el Manual de Depuración URALITA, , los mismos que son (Yaulema Bonilla, 2015, p. 52):

- Tipo de canal: Rectangular.
- Pendiente del canal: $S \geq 0,5 \%$,
- Ancho del canal: $0,30 \text{ m} < b < 0,70 \text{ m}$.

Tabla 2-1: Borde libre en función al caudal para canales abiertos

Caudal (m ³ /s)	Borde libre (m)
Menor a 0,50	0,30
Mayor a 0,50	0,40

Fuente: Rojas, 2010

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Tabla 3-1: Coeficiente de Manning

Material	Coeficiente de Manning
Hormigón simple	0,013
Asbesto cemento	0,011
Plastico (PVC)	0,090
Madera (duelas)	0,012

Fuente: Crites & Tchobanoglous., 2000

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

1.5.4.2. Dimensionamiento del canal de llegada

Ecuación 12

Caudal del coeficiente de Manning

$$K_m = \frac{Q * n}{\frac{8}{b^3} * \frac{1}{S^2}}$$

Dónde:

K_m: Coeficiente de Manning

Q: Caudal medio de diseño (m³/s)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

b: Base del canal (m).

S: Pendiente del canal (m/m).

Calculo de la altura de agua en el canal

$$h = 1,6624 * K_m^{0,74232} * b$$

Donde:

h: Altura del tirante de agua en el canal (m)

K_m: Coeficiente de Manning

b: Base del canal (m).

Calculo de la altura de total del canal

$$H = h + h_s$$

Dónde:

H: profundidad del canal. (m)

h: altura del tirante de agua. (m)

h_s: altura de seguridad asumida, (m)

Cálculo del radio Hidráulica

$$RH = \frac{b * h}{b + 2h}$$

Dónde:

RH: Radio Hidráulico. (m)

h: altura del tirante de agua. (m)

b: Ancho del canal. (m)

Velocidad media del caudal de agua

$$v = (1/n) (RH^{2/3} S^{1/2})$$

Dónde:

v: Velocidad media del agua en el canal. (m/s)

n: Coeficiente de rugosidad Manning de las paredes del canal.

RH: Radio hidráulico del canal. (m)

S: pendiente del canal m/m.

1.5.5. Rejilla

También conocido como cribado son generalmente el primer proceso o tratamiento por el cual pasan las aguas que llegan a la planta de tratamiento, se encuentran fabricadas por barras de metal, que pueden ser rectas o curvadas, y se las ubica de manera paralela y a una distancia de separación igual entre ellas (HESS; citado en Astudillo Urquizo and Herrera Morales, 2017, p. 50).

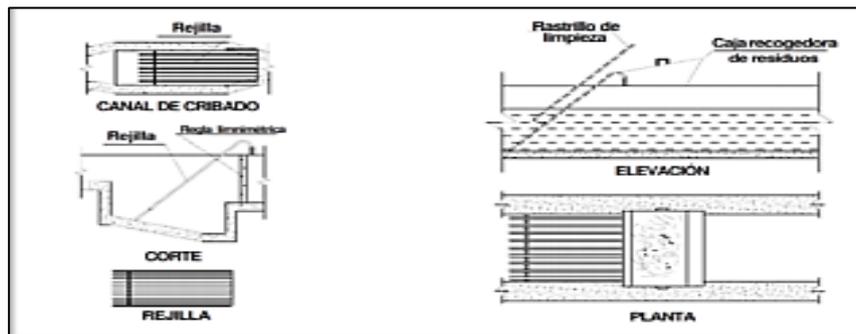


Figura 6-1: Rejillas de desbaste y su limpieza manual

Fuente: Villa, M. Planta de tratamiento de aguas residuales, 2000

Se utiliza para disminuir la cantidad de sólidos suspendidos de diferentes tamaños en especial gruesos o relativamente grandes; el espacio entre las barras dependerá de los objetos en sí y su mantenimiento y limpieza se la puede realizar de manera manual o mecánica y los residuos recogidos se los puede separar en finos y gruesos. Las rejillas para materiales finos presentan aberturas de 5 mm o menos y para los residuos gruesos los espacios pueden variar entre 4 – 9 cm (RAMALHO, 1983; citado en Astudillo Urquizo and Herrera Morales, 2017, p. 50).

Este pretratamiento ayuda a impedir el paso de objetos como tapas de botellas, fundas, papel de aseo, entre otros y evita que existan obstrucciones y daños en válvulas, bombas, tuberías, otros equipos mecánicos y siguientes procesos o tratamientos a los que sea sometida el agua (HESS; citado en Astudillo Urquizo and Herrera Morales, 2017, p. 50)

1.5.5.1. Reja de limpieza manual

Son rejillas sencillas que son instaladas mayormente en plantas de tratamiento pequeñas, con espaciamiento relativamente grande; su inclinación crea un ángulo de 30 a 45 grados en relación con la horizontal (HESS; citado en Astudillo Urquizo and Herrera Morales, 2017, p. 50).

1.5.5.2. Criterios de diseño de rejillas para limpieza manual.

Tabla 4-1: Criterios de diseño para rejillas de limpieza manual.

Parámetro	Rango	Unidad
*Espesor	0,6 – 1,5	cm
*Separación entre barras	2,5 -5,0	cm
Velocidad entre barras	0.3 – 0.6	m/s
Velocidad a través de las barras	0.3 – 0.6	m/s
Angulo de inclinación	60 – 45	°
Profundidad o altura	2,5 – 7,5	cm

Fuente: *Metcalf y Eddy., 1195., Normas RAS., 2000

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

1.5.5.3. Reja de limpieza mecánica

Este tipo necesita un mayor grado de cuidado y mantenimiento por lo cual se recomienda su instalación solo si así es requerido; en general las barras presentan un ángulo de 60 a 90 grados con la horizontal, siendo 75° lo sugerido (HESS; citado en Astudillo Urquiza and Herrera Morales, 2017, p. 50).

1.5.5.4. Criterios de diseño para rejillas

Tabla 5-1: Factor forma de barras.

Forma	A	B	C	D	E	F	G
B	2,42	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: RAS 2000, Título E

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

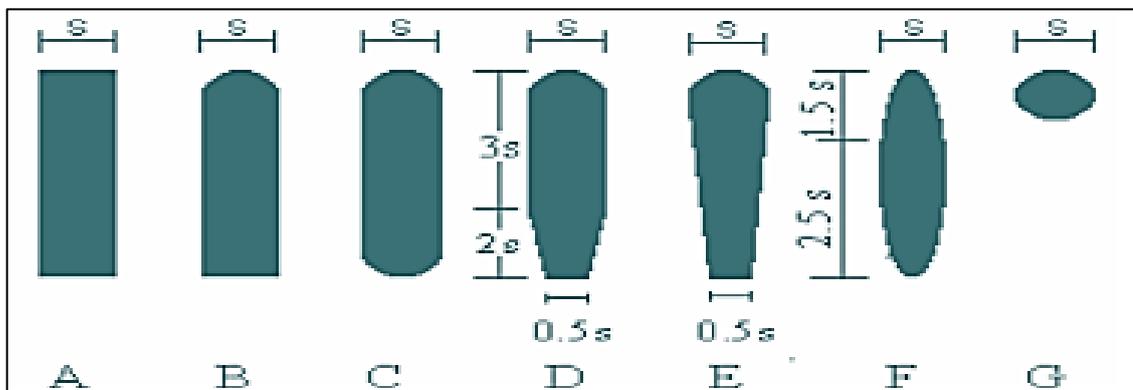


Figura 7-1: Diferentes formas de las barras

Fuente: RAS 2000, Título E

Dimensionamiento de las rejillas se utilizan las siguientes ecuaciones:

Ecuación 17

Número de barras

$$Nb = \left(\frac{b}{eb + Sb} \right) - 1$$

Dónde:

Nb: Numero de barras

b: Ancho del canal (m)

eb: Espesor de las barras (m)

Sb: Separación entre barras (m)

Ecuación 18

Longitud de la barra

$$\sin \theta = (H/L)$$

$$l = (H/\sin \theta)$$

Dónde:

l: Longitud de la barra (m)

H: Altura total del canal (m)

θ : Angulo de inclinación de las barras, limpieza manual 45°

Ecuación 19

Área de separación entre barras

$$A_L = Q/v$$

Dónde:

Q: Caudal de diseño, m³/s.

v: Velocidad a través de las rejillas, m/s

Ecuación 20

Suma de separación de barras

$$bg = AL/hs$$

Dónde:

Hs: altura del tirante del agua en el canal asumido, m

Ecuación 21

Pérdida de carga en las rejillas

La pérdida de carga a través de las barras puede ser determinada mediante la fórmula de Kirschmer: (SUÁREZ, en.al, pp.5-6; citado en Astudillo Urquizo and Herrera Morales, 2017, p. 50).

$$h_c = \beta (S_b/e_b)^{4/3} (v^2/2g) \sin \theta$$

Dónde:

β : Factor que depende de la fórmula de la sección de las barras:

Sección rectangular: 2,42

Sección circular: 1,79

g: Aceleración gravitacional = 9,8m/s²

eb: Espesor de las barras (m).

Sb: Separación entre barras (m).

θ : Angulo que las barras hacen con la horizontal, limpieza manual 45°

v: Velocidad a través de las rejillas, (m/s)

Ecuación 22

Área de sección transversal del flujo

$$A_f = \frac{A_L (s_b + e_b)}{S_b}$$

Dónde:

A_f: Área de sección transversal del flujo (m²)

A_L: Área de Separación entre barras (m²)

eb: Espesor de las barras (m)

Sb: Separación entre barras (m) (Tabla 3-1)

1.5.6. Trampa de grasas

Tienen como función eliminar la presencia de sustancias con un peso específico menor al agua como son aceites y grasas que se encuentren en el agua residual doméstica para que no afecten

los procesos siguientes de tratamiento del agua (Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico, 2003: pp.6-8; citado en Astudillo Urquiza and Herrera Morales, 2017, p. 50).

Las trampas de grasa deben dar una permanencia tranquila al agua residual por el tiempo adecuado para que las grasas puedan irse acumulando en la superficie por su menor densidad, en comparación con el agua (HESS; citado en Astudillo Urquiza and Herrera Morales, 2017, p. 50).

1.5.6.1. Características de la trampa de grasa

Para el diseño de la trampa de grasas se debe tomar en cuenta las siguientes características: (Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico, 2003: pp.6-8; citado en Astudillo Urquiza and Herrera Morales, 2017, p. 50).

- La profundidad no deberá ser menor a 0,80 m.
- El ingreso a la trampa de grasa se hará por medio de codo de 90° y un diámetro mínimo de 75 mm. La salida será por medio de una tee con un diámetro mínimo de 75 mm.
- La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0,15 m por debajo del nivel de líquido.
- La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida deberá de ser no menor a 0,05 m.
- La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo del nivel de la losa del techo.
- La parte inferior de la tubería de salida deberá estar no menos de 0,075 m ni más de 0,15 m del fondo.
- El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser como mínimo 0,30 m.
- La trampa de grasa deberá ser de forma tronco-cónica o piramidal invertida con la pared del lado de salida vertical. El área horizontal de la base deberá ser de por lo menos 0,25 x 0,25 m por lado o de 0,25 m de diámetro. Y el lado inclinado deberá tener una pendiente entre 45° a 60° con respecto a la horizontal.

- Se podrá aceptar diseños con un depósito adjunto para almacenamiento de grasas, cuando la capacidad total supere los 0,6 m³ o donde el establecimiento trabaje en forma continua por más de 16 horas diarias.
- La trampa de grasa y el compartimento de almacenamiento de grasa estarán conectados a través de un vertedor de rebose, el cual deberá estar a 0,05 m por encima del nivel de agua. El volumen máximo de acumulación de grasa será de por lo menos 1/3 del volumen total de la trampa de grasa. (Astudillo Urquiza and Herrera Morales, 2017, p. 40).

1.5.6.2. Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas.

Tabla 6-1: Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas.

Parámetro	Rango	Unidad
*Área horizontal del tanque	0,25 x 0,25 por lado	m
Relación largo/ancho	2:1 - 3:2	-
* Tiempo de retención	2,5 – 3	min
Velocidad ascendente mínima	4	mm/s
Diámetro de tuberías (entrada)	>Mínimo 50	mm
Diámetro de tuberías (salida)	>por lo menos 100	mm
*Diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida	>0,05	m
*El espacio sobre el nivel del líquido	mínimo 0,30	m
*Parte inferior de la tubería de salida	no menos de 0,075 ni más de 0,15 del fondo.	m
*Parte superior de la tubería de salida deberá tener una ventilación	No más de 0,05.	m
*Parte inferior del codo de entrada	Deberá prolongarse hasta 0,15 por debajo del nivel de líquido.	m
Carga Hidráulica	4	L/sm ²
*Pendiente	45 a 60	°

Fuente: *CEPIS., 2003 y RAS., 2000

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

1.5.6.3. Dimensionamiento de trampa de aceites y grasas.

Ecuación 23

Área superficial

$$A = (Q / C_s)$$

Dónde:

A: Área Superficial (m²).

Q: caudal (L/ s).

Cs: Carga Superficial (L/s m²)

Ecuación 24

Cálculo del ancho del tanque

Es la extensión o espacio que tendrá el desengrasador

$$b = \sqrt{\frac{A}{1,5}}$$

Dónde:

b: Ancho (m).

Ecuación 25

Cálculo del largo del tanque

$$L = b \times 1,5$$

Dónde:

L: Largo (m).

Ecuación 26

Cálculo del volumen

Se obtiene multiplicando el largo, ancho y altura. En este caso la altura (h) se asume.

$$V = b \times L \times h$$

Ecuación 27

Cálculo de la profundidad útil

$$Pu = V / A$$

Dónde:

Pu: Profundidad útil (m).

Cálculo de la profundidad total del tanque

$$P_t = P_u + P_s$$

Dónde:

P_t: Profundidad total del tanque (m).

P_s: Profundidad de seguridad (m).

Tiempo de retención hidráulica

$$TR = \frac{V}{Q}$$

Donde:

TR: Tiempo de retención hidráulica (h)

Q: Caudal medio de diseño (m³/h)

V: volumen (m³)

1.5.7. Criterios de Dimensionamiento de un Humedal Artificial

A continuación, se presenta los criterios de dimensionamiento para la construcción de un humedal Artificial:

- El agua debe estar disponible durante todas las épocas el año para mantener las plantas y las bacterias vivas.
- Los flujos grandes (causado por la lluvia torrencial) puede agobiar el sistema, y debe ser desaguado en el caso de una tormenta grande hasta que el agua esté debajo de la superficie de tierra
- La fluidez de las aguas residuales debe ser de forma natural, vía gravedad en el humedal o plantas domésticas
- El Tiempo de permanencia del agua debe ser de 2-10 días para que el tratamiento sea más efectivo.
- Para evitar la proliferación de insectos y olores desagradables, las aguas no deben superar los periodos de retención.

- Se debe colocar una pared o capa impermeable alrededor del humedal para evitar que las aguas salgan antes de ser tratadas completamente. El desagüe permitirá que el agua salga del humedal después del proceso. (Crites & Tchobanoglous, 1998: 511-656)
- A lo ancho de la entrada del humedal se debe instalar una tubería con agujeros uniformes para que el efluente entre en iguales condiciones.
- Para la entrada uniforme de las aguas se recomienda la colocación de grava con un tamaño mayor a 30 cm (10-15 cm) de la primera capa del humedal y distribuida en toda la profundidad del lecho.
- La tubería de entrada se instalará en la parte superior entre la gravilla evitando olores desagradables generadas por el efluente. Debido a la deformación de la tubería o al movimiento de grava la distribución puede no ser tan homogénea, pero se asume como una distribución adecuada. Las tuberías de entrada y de salida deberán estar accesibles para el correcto mantenimiento puesto a que los agujero de éstas pueden obstruirse. En las tuberías de salida para facilitar el drenaje se coloca una tubería perforada al igual que en la entrada en todo el ancho del humedal. (Yaulema Bonilla, 2015, p. 64).

Para determinar la capacidad de un sistema biológico de filtración, se establece primero la temperatura mínima del ambiente (°C), la cantidad de DBO₅ que se produce, y el nivel de DBO₅ esperado para el vertido que sale del sistema. Se puede intentar el cálculo con la profundidad variando de 55 a 85 centímetros para encontrar un tamaño conveniente. Por ejemplo, si hay una restricción en el área de terreno disponible para el humedal construido, una profundidad de 85 cm reducirá la huella del sistema. Estos cálculos están fundamentados en la reducción de DBO₅, pero pueden estar acondicionados para la reducción del nitrato por modificar los factores en el cálculo de la constante de [velocidad de reacción] (Yaulema Bonilla, 2015, p. 64).

Tabla 7-1: Características de los sustratos empleados en el diseño y construcción de humedales

Tipo de material	Tamaño efectivo D10 (mm)	Conductividad hidráulica, ks (m3/m2/d)	Porosidad, n %
Arena Gruesa	2	100-1000	28-32
Arena Gravosa	8	500-5000	30-35
Grava fina	16	1000-10000	35-38
Grava media	32	10000-50000	36-40
Roca gruesa	128	50000-250000	38-45

Fuente: (Delgadillo, et al., 2010, p. 33)

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Tabla 8-1: Criterios de Diseño

Parámetro	Valor	Valor típico
Profundidad (m)	0,3-1	0,6
Pendiente (%)	0,1-1	0,5
Relación largo-ancho	2:1 – 7:1	4:1
Distribución del medio granular		
Profundidad (cm)	50-80	60
Grava fina (mm)	2-8	
Profundidad grava fina (cm)	10-15	15
Arena (mm)	1-4	
Profundidad arena (cm)	≥30	30
Grava (mm)	20-40	
Profundidad grava (cm)	10-20	15

Fuente: Delgadillo, et al., 2010

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

1.5.7.1. Dimensionamiento para Humedales Artificiales.

El área superficial se determina en función al parámetro contaminante que se va a disminuir o remover, generalmente se realizan para disminución de la DBO₅. (Delgadillo, et al., 2010, p. 32). Se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

Ecuación 30

Área superficial

$$As = \frac{Q * \ln\left(\frac{C_0}{C}\right)}{K_T * h * n}$$

Dónde:

As: Área Superficial (m²)

Q: Caudal de diseño (m³/día)

C₀: Concentración del contaminante al ingreso

C: Concentración del contaminante a la salida

K_T: constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura (d-1)

h: Profundidad del Humedal (m)

n: Porosidad del medio granular (porcentaje expresado en fracción).

Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura

La constante de reacción se calcula aplicando la fórmula:

$$K_T = 1,104 \times (1,06)^{T_a - 20}$$

Dónde:

T_a: Temperatura del agua (°C)

Tiempo de retención hidráulica

Es el tiempo de permanencia del agua residual en el sistema (Vega, 2016, p. 37), para su determinación se aplica la siguiente Fórmula:

$$TRH = ((As)(h)(n)) / Q$$

Dónde:

TRH: Tiempo de retención hidráulica necesario para descargar a la filtración (días)

As: Área superficial del humedal (m²)

n: Porosidad del medio granular (porcentaje expresado en fracción).

h: Profundidad del Humedal (m).

Q: Caudal medio de diseño (m³/día)

Ancho del Humedal

El ancho del humedal se determina a partir del área vertical, que tiene relación con el lecho filtrante usado en el fondo del humedal, basados en L:W = 4:1 (Vega, 2016, p. 36)

$$W_s = \sqrt{\frac{As}{4}}$$

Dónde:

W_s: Ancho del Humedal (m)

As: Área Superficial (m²)

Largo del Humedal

Debe ser más grande en relación al ancho. (Vega, 2016, p. 36), se determina el largo del humedal utilizando la fórmula:

$$L_H = 4 \times W_s$$

Dónde:

L_H: Largo del humedal.

W_s: Ancho del Humedal

Volumen del Humedal

$$V_H = L_H * W_s * h$$

Dónde:

V_H: Volumen del humedal (m³)

L_H: Largo del humedal (m)

W_s: Ancho del Humedal (m)

h: Profundidad del Humedal (m).

Porcentaje de Remoción**Remoción de DBO5:**

$$\%R_{DBO5} = \frac{DBO5_a - DBO5_e}{DBO5_a} \times 100$$

Dónde:

%R_{DBO5}: Porcentaje de remoción de DBO5 (%)

DBO5_a: Demanda Bioquímica del afluente (mg/L).

DBO5_e: Demanda Bioquímica del efluente (mg/L).

Remoción DQO

$$\%R_{DQO} = \frac{DQO_a - DQO_e}{DQO_a} \times 100$$

Dónde:

%R_{DQO}: Porcentaje de remoción de DQO (%)

DQO_a: Demanda Química del afluente (mg/L).

DQO_e: Demanda Química del efluente (mg/L)

Caudal de salida del humedal

Corresponde a la disminución del caudal debido a la evaporación e infiltración que se produce a la salida del humedal. (Vega, 2016, p. 37). Mediante la siguiente ecuación podemos determinar:

$$Q_{SH} = Q_E - Q_P$$

Donde:

Q_{SH}: Caudal de salida del humedal (m³/día)

Q_E: Caudal de entrada al humedal (m³/día)

Q_P: Caudal perdido en el humedal (m³/día)

1.5.8. Filtro

Los Filtros son dispositivos que permiten mejorar la calidad del agua, reteniendo las partículas presentes que no han podido ser removidas en las operaciones anteriores del sistema de tratamiento, consiste en hacer pasar el efluente a través del medio filtrante que puede ser una pantalla, una tela, papel o un lecho sólido, el líquido que pasa se conoce como filtrado. (Vega, 2016, p. 51)

1.5.8.1. Filtro Dual con Medios Múltiples

Los filtros con medios múltiples constan de dos o más medios de material granular. En este proceso el agua atraviesa el lecho filtrante (multicapa) a baja velocidad y no se requieren de

reactivos químicas, obteniendo un agua clarificada y evitando la aparición de olores. Los medios filtrantes más utilizados son grava, arena/antracita y carbón activado. (Vega, 2016, p. 52)

1.5.8.2. Criterios de diseño

Los criterios de diseño complementarios para el dimensionamiento de un filtro dual con medios múltiples se detallan en las siguientes tablas

Tabla 9-1: Especificaciones para lechos filtrantes

Lechos	Valor	Valor típico
Carbón activado Espesor de la capa (cm)	20-50	40
Arena Espesor de la Capa (cm)	20-40	25
Grava Espesor de la capa (cm)	5-15	10

Fuente: INEN, 1992

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Tabla 10-1: Parámetros de diseño de filtro

Parámetro	Valor	Valor típico
Tasa de filtración (m/d)	2-12	9
Altura de agua sobre el lecho (m)	1-1,5	1,25
Altura de drenaje (m)	0,4-0,7	0,55

Fuente: Romero, 1999

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Tabla 11-1: Parámetro de diseño de laterales

Parámetro	Valor	Valor típico
Espaciamiento de los laterales (m)	1,5-2,0	1,5
Diámetro de los orificios de los laterales (mm)	2-4	4
Espaciamiento de los orificios de los laterales (cm)	10-30	20
Velocidad en orificio (m/s)	0,3	0,3

Fuente: VIGNESWARAN, 1995

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Tabla 12-1: Velocidades de diseño para tuberías del filtro

Parámetro	Velocidad (m/s)	Valor típico
Afluente	0,15-3	2
Efluente	0,4-0,9	0,65

Fuente: ROMERO, 1999

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Tabla 13-1: Criterios de diseño para el número de filtros

Población	Número de unidades	Unidades de reserva
< 2000	2	100%
2000 – 10000	3	50%
10000 – 60000	4	33%
60000 – 100000	5	25%

Fuente: Cargua, 2014

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

1.5.8.3. Dimensionamiento del filtro

Ecuación 39

Numero de Filtros

El número de filtros se determina mediante la expresión establecida por Morrill y Wallace

$$n = 0,044\sqrt{Q_{SH}}$$

Donde:

n: Numero de Filtros

Q_{SH}: Caudal del afluente (m³/d). Se toma en cuenta la perdida generada en la etapa anterior

Ecuación 40

Caudal de diseño

El caudal que se va a someter al proceso de filtración se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_d = \frac{Q_{SH}}{n}$$

Donde:

Q_d: Caudal de diseño (m³/día).

n: Numero de Filtros

Q_{SH}: Caudal de salida del humedal (m³/día)

Ecuación 41

Área del filtro

El área del filtro se determina a partir del caudal del agua a tratar y la tasa de filtración. Se calcula por la siguiente expresión:

$$A_f = \frac{Q_d}{T_f}$$

Dónde:

A_f: Área del filtro (m²)

Q_d: Caudal de diseño (m³/día).

T_f: Tasa de Filtración (m/día).

Ecuación 42

Coefficiente de costo mínimo

Es una variable dependiente del número de unidades de filtración, se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$K_c = \frac{2 \cdot n}{n + 1}$$

Dónde:

K_c: Coeficiente de costo mínimo

n: Numero de filtros

Ecuación 43

Ancho del filtro

Se determina a partir de la siguiente expresión:

$$a_f = \sqrt{\frac{A_f}{K_c}}$$

Dónde:

- a_f**: Ancho del filtro (m)
- A_f**: Área del filtro (m²)
- K_c**: Coeficiente de costo mínimo

Ecuación 44

Largo del filtro

Para un filtro de forma rectangular se determina mediante la siguiente expresión:

$$L_F = \sqrt{K_c \times A_f}$$

Dónde:

- L_F**: Largo del filtro (m)
- A_f**: Área del filtro (m²)
- K_c**: Coeficiente de costo mínimo

Ecuación 45

Composición del lecho filtrante

Altura del lecho filtrante

Es la altura de los componentes del lecho filtrante, se determina aplicando la siguiente ecuación:

$$HLF = e_c + e_a + e_g$$

Dónde:

- HLF**: Altura del lecho filtrante (m)
- e_c**: Espeso de capa de carbón-antracita (m)
- e_a**: Espeso de capa de arena (m).
- e_g**: Espeso de capa de grava (m).

Ecuación 46

Altura del filtro

Es la altura total del filtro y se considera un factor de seguridad del 10%; para evitar derrames

$$Z_f = f_s(C_a + HLF + C_s + F_c)$$

Dónde:

Z_f: Altura del filtro (m)

F_s: Factor de seguridad

C_a: Altura de la capa de agua (m).

HLF: Altura del lecho filtrante (m).

C_s: Altura de la capa de soporte-grava (m).

F_c: Altura de drenaje (m).

Ecuación 47

Volumen del filtro

Es el espacio que ocupará el filtro.

$$V_f = Z_f * L_f * a_f$$

Dónde:

V_f: Volumen del filtro (m³)

Z_f: Altura del filtro (m)

L_f: Largo del filtro (m)

a_f: ancho del filtro (m)

j) Sistema de drenaje

La principal función del sistema de drenaje es distribuir de manera uniforme el agua de lavado, y recoger el agua filtrada.

Ecuación 48

Área de orificios laterales.

Es la superficie que tendrán orificios de la tubería que irá en el filtro, se calcula mediante la siguiente formula

$$A_o = \frac{\pi \cdot D_o^2}{4}$$

Dónde:

A_o: Área de los orificios (m²)

D_o: Diámetro del orificio (m).

Caudal que ingresa a cada orificio

Es el caudal que llega a cada uno de los filtros que conforman el sistema de filtración.

$$Q_o = A_o \cdot V_o$$

Dónde:

Q_o: Caudal que ingresa en cada orificio (m³/s).

A_o: Área de los orificios (m²).

V_o: Velocidad en orificio (m/s).

Numero de laterales

Son los orificios laterales que debe tener los filtros para el drenaje del agua:

$$N_l = n_l \cdot \frac{L_f}{e_l}$$

Dónde:

N_l: Numero de laterales

n_l: Numero de laterales por lado.

L_f: Largo del filtro (m)

e_l: Separación entre laterales (m)

Diámetro que entra al filtro

De acuerdo con los criterios de velocidad se diseña la tubería de entrada mediante la siguiente ecuación:

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_d}{\pi \cdot V_e}}$$

Dónde:

D_e: Diámetro de entrada al filtro (m).

Q_d: Caudal de diseño (m³/s).

V_e: Velocidad de la tubería afluente (m/s).

Diámetro de salida del filtro

De acuerdo con los criterios de velocidad se diseña la tubería de salida aplicando la siguiente ecuación:

$$D_s = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_d}{\pi \cdot V_s}}$$

Dónde:

D_s: Diámetro de salida al filtro (m).

Q_d: Caudal de diseño (m³/s).

V_s: Velocidad de la tubería efluente (m/s)

1.6. Marco legal y reglamentario

Las normas aplicables a los Estudios de Impacto Ambiental del sector Saneamiento, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, son las siguientes:

1. Constitución de la República del Ecuador
2. Convenios y tratados internacionales
3. Ley de Gestión Ambiental
4. Ley Orgánica de los Recursos Hídricos
5. Ley de Prevención y Control de la Contaminación
6. Ley Orgánica de la Salud R.O. 423
7. Código Orgánico Integral Penal (COIP)
8. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)
9. Acuerdo Ministerial No. 026: Procedimientos para el registro de Generadores de Desechos Peligrosos, Gestión de Desechos Peligrosos Previo del licenciamiento Ambiental, y Para el Transporte de Materiales Peligrosos Registro.
10. Norma Técnica Ecuatoriana Normas NTE INEN 2176.

1.6.1. Constitución de la República del Ecuador 2008.

Decreto Legislativo 0, Registro Oficial 449.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tiene el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley.

- 4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley (Según la Nueva Constitución de la República del Ecuador, s.f., p. 132).

Art. 269.- El sistema nacional de competencias contará con un organismo técnico conformado por un representante de cada nivel de gobierno, que tendrá las siguientes funciones:

- 4. Asignar las competencias residuales a favor de los gobiernos autónomos descentralizados, excepto aquellas que por su naturaleza no sean susceptibles de transferencia (Constitución de la República del Ecuador, 2014, p. 132).

Art. 276.- numeral 4. El régimen de desarrollo establece como objetivo recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Art. 411.- El estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

1.6.2. Convenios y tratados internacionales

1.6.2.1. Convención de Estocolmo

La Convención fue celebrada en Estocolmo, Suecia entre el 5 y el 16 de junio de 1972. Fue la primera conferencia de la ONU sobre cuestiones ambientales internacionales, y marcó un punto de inflexión en el desarrollo de la política internacional del medio ambiente.

- **Principio 2.-** Preservación de los recursos naturales incluyendo agua, aire, tierra. - Los recursos naturales de la Tierra, incluidos el aire, el agua, la tierra, la flora y la fauna y especialmente muestras representativas de los ecosistemas naturales, deben preservarse en beneficio de las generaciones presentes y futuras mediante una cuidadosa planificación u ordenación, según convenga.

- **Principio 5.-** Sustentabilidad. - Los recursos no renovables de la Tierra deben emplearse de forma que se evite el peligro de su futuro agotamiento y se asegure que toda la humanidad comparta los beneficios de tal empleo. Los principios ambientales de la presente Convención de Estocolmo, establece que se debe proteger, preservar los recursos naturales con la finalidad de que las generaciones futuras también pueden disfrutar de los recursos naturales que en la actualidad gozamos de esa manera se evitara el agotamiento indiscriminado de estos recursos.

1.6.2.2. Declaración de Rio de Janeiro

Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en la cual se reunieron en Rio de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992.

- Artículo 7.- Medidas Generales a los Efectos de la Conservación y la Utilización Sostenible. - Cada Parte Contratante, con arreglo a sus condiciones y capacidades particulares: literal a y b.

- Artículo 13. Educación y Conciencia Pública. - Las Partes Contratantes: literal a y b.

- Principio 14.- Evaluación del Impacto y Reducción al Mínimo del Impacto Adverso. - Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda:
 - a) Establecerá procedimientos apropiados por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de sus proyectos propuestos que puedan tener efectos adversos importantes para

la diversidad biológica con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos y, cuando proceda, permitirá la participación del público en esos procedimientos.

- b) Establecerá arreglos apropiados para asegurarse de que se tengan debidamente en cuenta las consecuencias ambientales de sus programas y políticas que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica.
- c) Promoverá, con carácter recíproco, la notificación, el intercambio de información y las consultas acerca de las actividades bajo su jurisdicción o control que previsiblemente tendrían efectos adversos importantes para la diversidad biológica de otros Estados o de zonas no sujetas a jurisdicción nacional, alentando la concertación de acuerdos bilaterales, regionales o multilaterales, según proceda.
- d) Notificará inmediatamente, en caso de que se originen bajo su jurisdicción o control peligros inminentes o graves para la diversidad biológica o daños a esa diversidad en la zona bajo la jurisdicción de otros Estados o en zonas más allá de los límites de la jurisdicción nacional, a los Estados que puedan verse afectados por esos peligros o esos daños, además de iniciar medidas para prevenir o reducir al mínimo esos peligros o esos daños.

1.6.2.3. Convenio de Basilea

El presente Convenio sobre el Control de Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos, fue acordado en Basilea el 22 de marzo de 1989 y entró en vigencia el 5 de mayo de 1992, que tiene por objeto regular el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos, con la finalidad de garantizar en tratamiento del ambiente.

La reducir la generación de desechos peligrosos, establecer instalaciones adecuadas de eliminación de desechos peligrosos y velar porque las personas participen en el manejo de desechos peligrosos y adopten medidas necesarias para reducir las consecuencias sobre el medio ambiente con la finalidad de que los Estados reduzcan el transporte de desechos tóxicos y peligrosos y de esa manera se precautelaré la integridad de los animales, plantas, y de las personas.

- Artículo 4.- Obligaciones generales.
 - a) Las Partes que ejerzan su derecho a prohibir la importación de desechos peligrosos y otros desechos para su eliminación, comunicarán a las demás Partes su decisión.

- b) Las Partes prohibirán o no permitirán la exportación de desechos peligrosos y otros desechos a las Partes que hayan prohibido la importación de esos desechos, cuando dicha prohibición se les haya comunicado de conformidad con el apartado a) del presente Artículo
- c) Las Partes prohibirán o no permitirán la exportación de desechos peligrosos y otros desechos si el Estado de importación no da su consentimiento por escrito a la importación de que se trate, siempre que dicho Estado de importación no haya prohibido la importación de tales desechos.

1.6.2.4. Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional (Ramsar)

La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, fue firmada en la ciudad de Ramsar (Irán) el 18 de enero de 1971 y entró en vigor el 21 de diciembre de 1975. Su principal objetivo es la conservación y el uso racional de los humedales.

- Artículo 3.- Planificación para la protección de los humedales. - 1. Las Partes Contratantes deberán elaborar y aplicar su planificación de forma que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la Lista y, en la medida de lo posible, el uso racional de los humedales de su territorio. 2. Cada Parte Contratante tomará las medidas necesarias para informarse lo antes posible acerca de las modificaciones de las condiciones ecológicas de los humedales en su territorio e incluidos en la Lista, y que se hayan producido o puedan producirse como consecuencia del desarrollo tecnológico, de la contaminación o de cualquier otra intervención del hombre.
- Artículo 4.- Conservación de los humedales. - 1. Cada Parte Contratante fomentará la conservación de los humedales y de las aves acuáticas creando reservas naturales en aquéllos, estén o no incluidos en la Lista, y tomará las medidas adecuadas para su custodia. 2. Cuando una Parte Contratante, por motivos urgentes de interés nacional, retire de la Lista o reduzca los límites de un humedal incluido en ella, deberá compensar en la medida de lo posible, la pérdida de recursos de humedales y, en particular, crear nuevas reservas naturales para las aves acuáticas y para la protección de una porción adecuada de su hábitat original, en la misma región o en otro lugar. 3. Las Partes Contratantes fomentarán la investigación y el intercambio de datos y de publicaciones relativos a los humedales y a su flora y fauna. 4. Las Partes Contratantes se esforzarán por aumentar las poblaciones de aves acuáticas mediante la gestión

de los humedales idóneos. 5. Las Partes Contratantes fomentarán la formación de personal para el estudio, la gestión y la custodia de los humedales.

1.6.2.5. Carta Mundial de la Naturaleza

Esta Carta fue proclamada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, en su Resolución 37/7, el 28 de octubre de 1982. Principios generales

- Artículo 1.- Se respetará la naturaleza y no se perturbarán sus procesos esenciales.
- Artículo 2.- No se amenazará la viabilidad genética de la tierra; la población de todas las especies, silvestres y domesticadas, se mantendrá a un nivel por lo menos suficiente para garantizar su supervivencia; asimismo, se salvaguardarán los hábitats necesarios para este fin.
- Artículo 3.- Estos principios de conservación se aplicarán a todas las partes de la superficie terrestre, tanto en la tierra como en el mar; se concederá protección especial a aquellas de carácter singular, a los ejemplares representativos de todos los diferentes tipos de ecosistemas y a los hábitats de las especies o en peligro.
- Artículo 4.- Los ecosistemas y los organismos, así como los recursos terrestres, marinos y atmosféricos que son utilizados por el hombre, se administrarán de manera tal de lograr y mantener su productividad óptima y continua sin por ello poner en peligro la integridad de los otros ecosistemas y especies con los que coexistan.
- Artículo 5.- Se protegerá a la naturaleza de la destrucción que causan las guerras u otros actos de hostilidad. Los principios de la Carta Mundial de la Naturaleza se aplicarán en toda la superficie terrestre y marítima, es así que respetara a la naturaleza todos sus procesos evolutivos y vitales, los ecosistemas marítimos terrestres y atmosféricos serán entes de cuidado por el hombre y poner en riesgo la vida del mismo.

1.6.3. Ley de Gestión Ambiental

La presente ley fue publicada en el Registro Oficial Suplemento número 418 del 10 de septiembre del 2004, establece los principios y directrices de política ambiental.

- Artículo 39.- Información y vigilancia ambiental. - Las instituciones encargadas de la administración de los recursos naturales, control de la contaminación ambiental y protección

del medio ambiental, establecerán con participación social, programas de monitoreo del estado ambiental en las áreas de su competencia; esos datos serán remitidos al Ministerio del ramo para su sistematización; tal información será pública. Todas las instituciones de Estado que se encarguen de la protección, control de la contaminación ambiental estarán sometidos bajo el Ministerio del Ambiente y todas las actividades que realicen su información será pública.

- Artículo 41.- Protección de los derechos ambientales. - Con el fin de proteger los derechos ambientales individuales o colectivos, concédese acción pública a las personas naturales jurídicas o grupo humano para denunciar la violación de las normas de medio ambiente, sin perjuicio de la acción de amparo constitucional previsto en la Constitución de la República. Los Derechos ambientales son protegidos tomando en cuenta lo establecido en la Constitución de la República del Ecuador, pero todas las personas que denuncien la vulneración a algún derecho de ambiental se concederán de acción pública (Carrión Cruz, 2016, p. 109).

1.6.4. Ley Orgánica de los Recursos Hídricos

LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA

TÍTULO II RECURSOS HIDRICOS

CAPITULO II - INSTITUCIONALIDAD Y GESTION DE LOS RECURSOS HIDRICOS

Sección Primera - Sistema Nacional Estratégico y Autoridad Única del Agua

Artículo 18.- Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua. Las competencias son:

- 1) Establecer mecanismos de coordinación y complementariedad con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en lo referente a la prestación de servicios públicos de riego y drenaje, agua potable, alcantarillado, saneamiento, depuración de aguas residuales y otros que establezca la ley (República del Ecuador asamblea nacional Registro Oficial N° 305, 2014).

Sección Cuarta - Servicios Públicos

Artículo 37.- Servicios públicos básicos. Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso (República del Ecuador asamblea nacional Registro Oficial N° 305, 2014).

La provisión de agua potable comprende los procesos de captación y tratamiento de agua cruda, almacenaje y transporte, conducción, impulsión, distribución, consumo, recaudación de costos, operación y mantenimiento. La certificación de calidad del agua potable para consumo humano deberá ser emitida por la autoridad nacional de salud. El saneamiento ambiental en relación con el agua comprende las siguientes actividades:

1. Alcantarillado sanitario: recolección y conducción, tratamiento y disposición final de aguas residuales y derivados del proceso de depuración; y,
2. Alcantarillado pluvial: recolección, conducción y disposición final de aguas lluvia. El alcantarillado pluvial y el sanitario constituyen sistemas independientes sin interconexión posible, los gobiernos autónomos descentralizados municipales exigirán la implementación de estos sistemas en la infraestructura urbanística (República del Ecuador asamblea nacional Registro Oficial N° 305, 2014).

Artículo 38.- Prohibición de autorización del uso o aprovechamiento de aguas residuales. La Autoridad Única del Agua no expedirá autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan con los parámetros en la normativa para cada uso (República del Ecuador asamblea nacional Registro Oficial N° 305, 2014).

TÍTULO III DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES

CAPITULO VI – GARANTÍAS PREVENTIVAS

Sección Segunda - Objetivos de Prevención y Control de la Contaminación del Agua

Artículo 80.- Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público. La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con la Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados acreditados en el sistema único de manejo ambiental. Es responsabilidad de los gobiernos autónomos municipales el tratamiento de las aguas servidas y desechos sólidos, para evitar la contaminación de las aguas de conformidad con la ley (República del Ecuador asamblea nacional Registro Oficial N° 305, 2014).

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

- QUINTA. - Los Gobiernos Autónomos Descentralizados competentes, en materia de provisión de agua y saneamiento, implementarán sistemas adecuados para el abastecimiento de agua potable, de modo que, en el plazo previsto en el Plan Nacional de Desarrollo del Buen Vivir y en la estrategia de erradicación de la pobreza y la desigualdad, quede plenamente garantizado el acceso total de la población al agua potable. Del mismo modo, procederán de acuerdo con las metas, objetivos y plazos previstos en el plan nacional de desarrollo y el plan nacional de recursos hídricos a la planificación, implementación y construcción de los sistemas de alcantarillado y de la infraestructura para tratamiento de aguas residuales y desechos urbanos, de modo que se cubran las necesidades de saneamiento de la población y se trate la totalidad de las aguas servidas (República del Ecuador asamblea nacional Registro Oficial N° 305, 2014).

1.6.5. Ley de Prevención y Control de la Contaminación

EXPEDIR LA SIGUIENTE CODIFICACION DE LA LEY DE PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL

CAPITULO II DE LA PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS

- Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.
- Art. 9.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley (La comisión de legislación y condificación, s.f., p. 2).

1.6.6. Ley Organiza de la Salud R.O. 423

LIBRO II - Salud y seguridad ambiental, Artículos 95 a 128

TÍTULO UNICO, Artículos 96 a 128

CAPÍTULO II - De los desechos comunes, infecciosos, especiales y de las radiaciones ionizantes y no ionizantes, Artículos 97 a 110.

ARTÍCULO 103

Se prohíbe a toda persona, natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales, sin el tratamiento apropiado, conforme lo disponga en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares. Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias.

Los desechos infecciosos, especiales, tóxicos y peligrosos para la salud, deben ser tratados técnicamente previo a su eliminación y el depósito final se realizará en los sitios especiales establecidos para el efecto por los municipios del país.

Para la eliminación de desechos domésticos se cumplirán las disposiciones establecidas para el efecto.

Las autoridades de salud, en coordinación con los municipios, serán responsables de hacer cumplir estas disposiciones (Constitución de la República del Ecuador - Congreso Nacional., 2006, p. 17).

ARTÍCULO 105

Las personas naturales o jurídicas propietarias de instalaciones o edificaciones, públicas o privadas, ubicadas en las zonas costeras e insulares, utilizarán las redes de alcantarillado para eliminar las aguas servidas y residuales producto de las actividades que desarrollen; y, en los casos que inevitablemente requieran eliminarlos en el mar, deberán tratarlos previamente, debiendo contar para el efecto con estudios de impacto ambiental; así como utilizar emisarios submarinos que cumplan con las normas sanitarias y ambientales correspondientes.

1.6.7 Código Orgánico Integral Penal (COIP)

TITULO II – GARANTIAS Y PRINCIPIOS GENERALES

CAPITULO CUARTO – DELITOS CONTRA EL AMBIENTE Y LA NATURALEZA O PACHA MAMA

Sección Segunda – Delitos Contra Los Recursos Naturales

Art 251.- Delitos contra el agua. La persona que contraviniendo la normativa vigente, contamine, deseque o altere los cuerpos de agua, vertientes, fuentes, caudales ecológicos, aguas naturales afloradas o subterráneas de las cuencas hidrográficas y en general los recursos hidrobiológicos o realice descargas en el mar provocando daños graves, será sancionada con una pena privativa de libertad de tres a cinco años.

Se impondrá el máximo de la pena si la infracción es perpetrada en un espacio del Sistema Nacional de Areas Protegidas o si la infracción es perpetrada con ánimo de lucro o con métodos, instrumentos o medios que resulten en daños extensos y permanentes.

1.6.8. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA

En el Acuerdo Ministerial 097A Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, apartado 5.2.4. Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce se encuentran establecidos los límites máximos permisibles de descarga.

Tabla 14-1: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alquil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	2000
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0

Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50
Compuestos organoclorados	Compuestos organoclorados	mg/l	0,05
Compuestos organofosforados	Compuestos organofosforados	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ±3
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

Fuente: (Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, 2015), Acuerdo Ministerial 097^a

En el apartado 5.2.4.9 de la norma anteriormente mencionada se establece:

Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia. (Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, 2015, p. 22)

1.6.8. Acuerdo Ministerial No. 026

Procedimientos para el registro de Generadores de Desechos Peligrosos, Gestión de Desechos Peligrosos Previo del licenciamiento Ambiental, y Para el Transporte de Materiales Peligrosos Registro.

La Ley de Gestión Ambiental en su artículo 9, literal j) establece que le corresponde al Ministerio del Ambiente el coordinar con organismos competentes los sistemas de control para la

verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes (Acuerdo Ministerial del Ecuador No. 026, 2008, p. 3).

Que estén relacionados con la descarga de efluentes alguna manipulación que en marque la contaminación de aguas de cuerpos limpios deben de cumplir lo siguiente.

- Presentar diagrama de flujo de las operaciones efectuadas y los puntos donde se generen emisiones a la atmósfera, descargas de agua contaminada, subproductos, desechos o contaminantes.
- Describir el tipo de disposición propuesta para los efluentes resultantes del tratamiento (agua, sólidos).
- Anexar estudio de vulnerabilidad del sitio, el cual contendrá:
 - o) La determinación de los factores específicos al sitio que influyen en la exposición y dispersión de los contaminantes en aire, agua y suelo (Acuerdo Ministerial del Ecuador No. 026, 2008, p. 3).

1.6.9. Norma Técnica Ecuatoriana Normas NTE INEN 2176

3. DISPOSICIONES GENERALES

- 3.1 Las aguas, particularmente las aguas superficiales y sobre todo las aguas residuales, son susceptibles a cambios en diferente grado como resultado de las reacciones físicas, químicas o biológicas, las cuales tienen lugar desde el momento del muestreo y durante el análisis. La naturaleza y el rango de estas reacciones son tales que, si no se toman precauciones antes y durante el transporte, así como durante el tiempo en el cual las muestras son conservadas en el laboratorio antes del análisis, las concentraciones determinadas en el laboratorio serán diferentes a las existentes en el momento del muestreo.
- 3.9 Como una guía puede decirse que los métodos de conservación son menos efectivos en las aguas residuales crudas que en las aguas residuales purificadas (efluentes de las plantas de tratamiento biológico). También se ha observado que el comportamiento de varias muestras de aguas residuales durante el almacenamiento es diferente, dependiendo de si las muestras han sido tomadas de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales o industriales.
- 3.14.2.1 La tabla 1 es una guía general para la conservación de muestras. La naturaleza de las aguas naturales y de las aguas residuales necesitan, antes del análisis, un tratamiento de acuerdo a lo establecido en ésta tabla.

- 4.4 Refrigeración y congelación de las muestras

4.4.3 El simple enfriamiento (en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C) y el almacenamiento en un lugar oscuro, en muchos casos, es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio y por un corto período de tiempo antes del análisis. El enfriamiento no se debe considerar como un método de almacenamiento para largo tiempo, especialmente en el caso de las aguas residuales domésticas y de las aguas residuales industriales (Ver Anexo B).

- 6.6 Equipo y técnicas de muestreo para análisis de radioactividad 6.6.1 Dependiendo del objetivo y de las regulaciones legales nacionales, la mayoría de las técnicas de muestreo y el equipo disponible para el muestreo de aguas y aguas residuales para análisis químico se aplican generalmente para la medición de radioactividad.

(Cedeño Alvarez y Vilela Govea, 2015, pp. 177–196)

1.6.10. La ordenanza de gestión del servicio de agua potable y saneamiento en el Cantón Morona.

Que, el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización “COOTAD” en su artículo 55 literales d) y e) señala las competencias exclusivas de los gobiernos autónomos descentralizados municipales entre otras, la prestación de servicios públicos de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales; y, la creación, modificación, exoneración o suspensión mediante ordenanzas, las tasas, tarifas y contribuciones especiales de mejoras;

CAPÍTULO I: SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Art. 1.- El servicio de Agua Potable y Saneamiento - en este último se considera el servicio de Alcantarillado y Tratamiento de Agua Residuales - en el Cantón Morona, es administrado y gestionado por el Gobierno Municipal del Cantón Morona, declarándose de uso público y facultándose su aprovechamiento a los particulares con sujeción a la siguiente ordenanza.

Art. 2.- La Dirección de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado, a la cual se la abreviará dentro de la presente ordenanza como “ La DGAPA” será la unidad operativa que aplicará la presente ordenanza, gestionará y propondrá la optimización y mejora de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en el cantón Morona, así como los recursos físicos, químicos, humanos, tangibles e intangibles para garantizar los servicios de forma eficaz y oportuna basado en principios de mejora continua, eficiencia y eficacia.

Art. 4.- De los sistemas administrados por Gobierno Municipal del Cantón Morona a través de la Dirección de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado o su equivalente, le corresponde la prestación y regulación del servicio de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en forma directa salvo en el caso de urbanizaciones privadas en donde se aplicarán condiciones especiales establecidas en la presente ordenanza y su reglamento.

Art. 5.- El servicio de agua potable y alcantarillado se realizará por medio de conexiones en la forma y condiciones previstas en esta ordenanza y su reglamento; y tratamiento de aguas residuales dependerá de las zonas de descarga y las EDAR (Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales) construidas estratégicamente para su efecto.

CAPÍTULO V: ALCANTARILLADO

Art. 10.- Para el servicio de alcantarillado se considerará lo siguiente:

- d.- Donde no se disponga el servicio de alcantarillado, la aprobación de planos arquitectónicos debe considerar la instalación de biodigestores (pozo séptico hermético) o sistemas de tratamiento de aguas residuales domiciliarias de hormigón armado, rubros que deben constar dentro del proyecto para que la zona sea habitable.
- e.- La DGAPA podrá prestar sus servicios de mantenimiento de redes de agua, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales a urbanizaciones privadas previa solicitud. Los rubros que se generen deberán ser cancelados por el urbanizador de acuerdo al informe técnico presentado.

CAPÍTULO VI: DERECHOS Y DEBERES DE LOS CLIENTES

Art. 11.- Son derechos de los ciudadanos del cantón Morona:

- a.- Al Recibir la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales: el cliente tiene derecho a solicitar y obtener dichos los servicios, los que serán otorgados bajo condiciones de calidad, cantidad y oportunidad, de acuerdo a los niveles establecidos en las normas vigentes. La prestación estará condicionada al pago de la tarifa en vigencia y a la disponibilidad del servicio en el sector.
- d.- Presentar peticiones, reclamos y recursos relacionados con los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales administrados por el Gobierno Municipal del

Cantón Morona siempre y cuando hayan realizado la cancelación del servicio de manera oportuna.

Art. 12.- Son deberes y obligaciones de los ciudadanos del cantón Morona:

- a.- Construcción de las instalaciones domiciliarias internas de los servicios, de acuerdo a las normas vigentes, desde la línea de fábrica hacia el interior del predio.
- b.- Abonar el costo de conexión/servicio domiciliario de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales y protección de las cuencas hídricas, los mismos que serán establecidos el Gobierno Municipal del Cantón Morona de manera individual o conjunta, luego de aprobada la solicitud.
- c.- Propiciar y ejercer el consumo/uso racional y responsable de los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.
- f.- Pago mensual de los valores emitidos por los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales y el pago oportuno de los costos generados por los servicios solicitados de los cuales haya sido beneficiado. No será obligación de la DGAPA notificar al cliente, para recordar el pago de obligaciones.

Art. 16.- Los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales proporcionados por la DGAPA beneficiaran únicamente al inmueble para el cual se solicitó el servicio.

CAPÍTULO VIII: TARIFAS DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Art. 20.- Los Clientes de los servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Residuales se encontrarán en las siguientes categorías:

Art. 23.- El Costo de referencia para la fijación de tarifas por los servicios considera: El costo medio de largo plazo (CMeLP) constituye la base para el diseño y fijación de las tarifas por los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

CAPÍTULO X: FACTURACIONES, COBRANZAS Y REFACTURACIONES

Art. 28.- El Gobierno Municipal del Cantón Morona emitirá en los doce primeros días de cada mes las facturas por los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

Art. 34.- El cliente haya solicitado por escrito la suspensión temporal o definitiva del servicio de agua potable; la DGAPA tiene la obligación en un plazo máximo hasta 60 días para proceder al corte solicitado, para lo cual se generará la planilla respectiva de los últimos consumos registrados por el servicio de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLOGICO

2.1. Parte experimental

2.1.1 Localización de la investigación

El presente trabajo de investigación técnico se realizó en la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco, ubicado al margen izquierdo del río Upano, planicie denominada Valle del Río Upano, frente a la ciudad de Macas.

2.1.1.1 Macro localización

Tabla 1-2: Ubicación geográfica de la Parroquia Sevilla Don Bosco

País	Ecuador
Región	Oriente
Provincia	Morona Santiago
Cantón	Morona
Rango altitudinal	Desde los 400 msnm hasta los 2300 msnm
Coordenadas	Longitud: 02° 26´ Latitud: 78° 11
Limites	Norte: Parroquia Sinaí y el cantón Huamboya
	Sur: Cantón Tiwintza
	Este: Parroquia Cuchaentza y el cantón Taisha
	Oeste: Parroquias San Isidro, General Proaño, macas, Rio Blanco y con los Cantones Sucúa y Logroño

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Sevilla Don Bosco

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

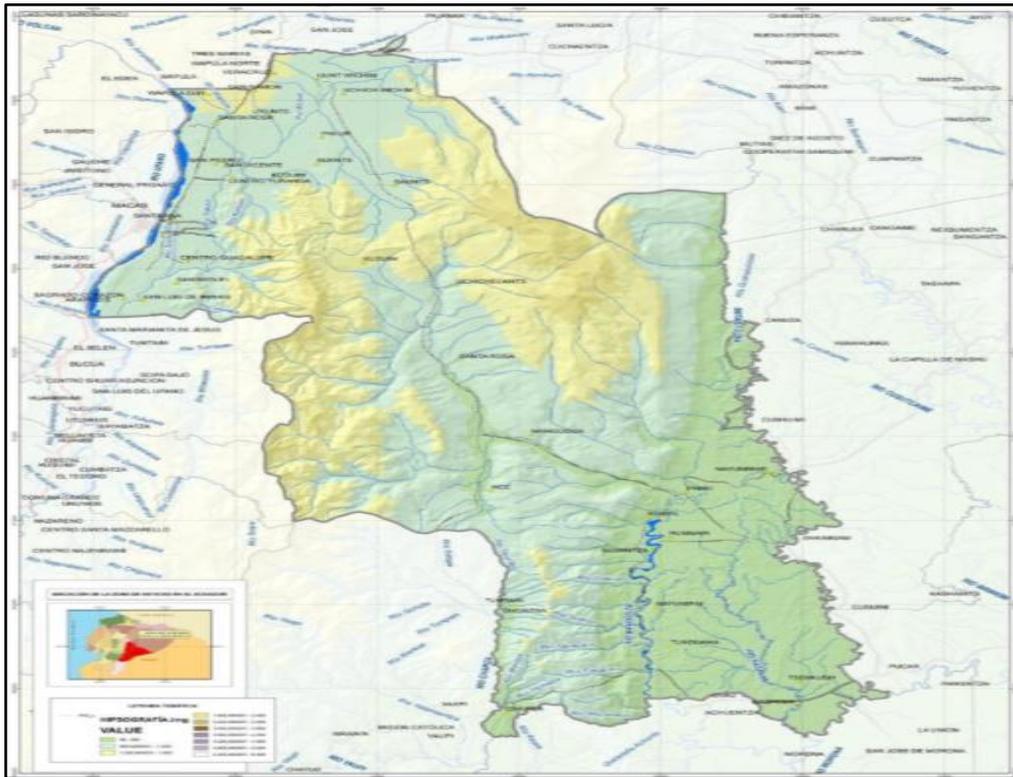


Figura 1-2: Localización de la Parroquia Sevilla Don Bosco

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Sevilla Don Bosco

2.1.1.2 Microlocalización

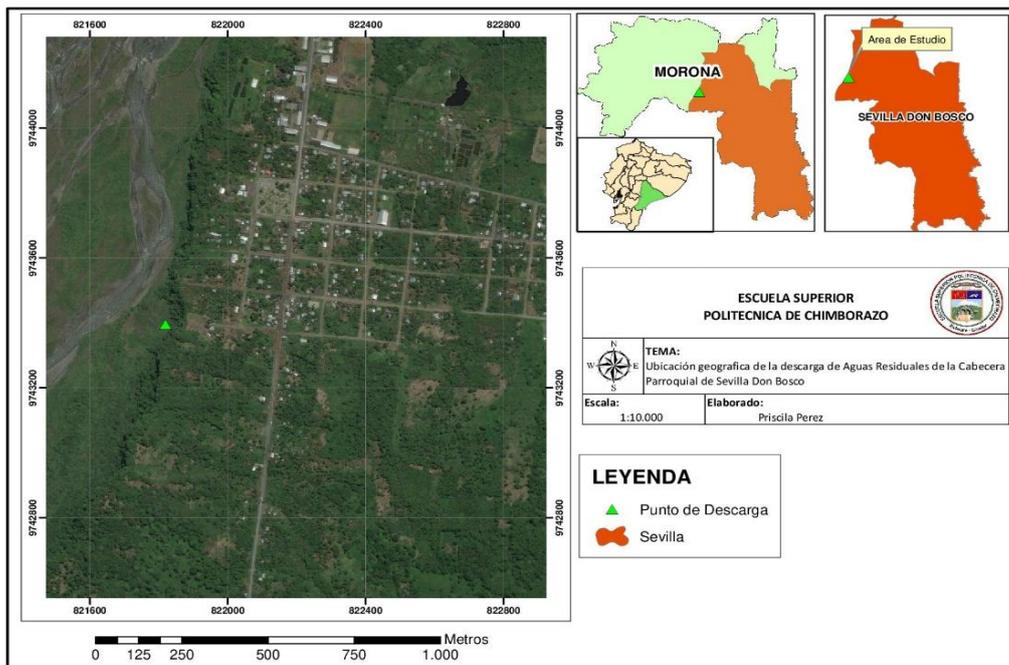


Gráfico 1-2: Localización del área de estudio

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Clima

Tabla 2-2: Aspectos climatológicos

ASPECTOS CLIMATOLOGICOS	INDICES
Precipitación (mm)	2000 – 4000
Temperatura (°C)	18 – 28
Humedad Relativa	87%
Tipo de clima	Húmedo subtropical Húmedo tropical Lluvioso temperado Muy húmedo subtropical

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Sevilla Don Bosco

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

2.1.2. Métodos y técnicas

Métodos

Para el desarrollo de este proyecto se considera el uso de tres tipos de métodos; inductivo, deductivo y experimental, los mismos que nos facilitarán la obtención de variables para el desarrollo del diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

- **Inductivo:** El método inductivo trata básicamente de que las ideas o hechos particulares se las pueda transformar en ideas generales (Ruiz, 2007, p. 17), mediante este método se conocerá el lugar de investigación, para realizar las diferentes mediciones de caudales y la caracterización físico-químico y microbiológicos de la aguas residuales provenientes de la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco con el fin de determinar los contaminantes presentes en la misma, estos datos nos permitirán conocer el mejor proceso de tratamiento para esta aguas.
- **Deductivo:** El método deductivo parte de los datos generales aceptados como vigentes, para deducir por medio del razonamiento lógico, varias suposiciones (Jaya, 2017, p. 03) con la aplicación de este método buscamos una solución a partir de los datos iniciales, obtenidos en la caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales generadas en la cabecera parroquial de Sevilla don bosco, elaborando un sistema de tratamiento eficiente que permita que las aguas residuales al ser descargadas cumplan con los parámetros de la normativa ya establecida (TULSMA. Libro VI, Anexo 1, tabla 9), Es una de las partes

fundamentales de nuestro estudio puesto que aquí buscaremos la mejor solución posible al problema que se nos presentó.

- **Experimental:** el método experimental es empleado para la toma de muestras y los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados en el laboratorio, desde la caracterización inicial hasta la validación del estudio mediante una nueva caracterización donde se comprobará el cumplimiento de la normativa ambiental, esto se realiza a través del uso de materiales, instrumentos y técnicas específicas para este tipo de estudio, finalmente proceder a diseñar un tratamiento óptimo para la purificación del agua residual de la cabecera parroquial de Sevilla don Bosco.

Técnicas

Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron las normas y técnicas establecidas en el Manual de Procedimientos técnico del Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21° EDICION y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21° EDICION que reposan en el laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Tabla 3-2: Métodos utilizados en la caracterización del agua residual

Parámetro	Método
Conductividad eléctrica	2510-B
Ph	4500-B
Solidos suspendidos	2540-C
Solidos Sedimentables	2540-B
Solidos Totales	2540-A
Turbiedad	2130-B
Color	2120-C
Sulfatos	4500-SO4-B
Fosfatos	4500-P-D
Aceites y Grasas	5520-B
Detergentes	5540-C
Nitrógeno amoniacal	4500-NNO3-C
DBO5	5210-B
DQO	5220-C
Coliformes Fecales	Microfiltración

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

2.1.3. Identificación del estado actual de la descarga de aguas residuales de la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco

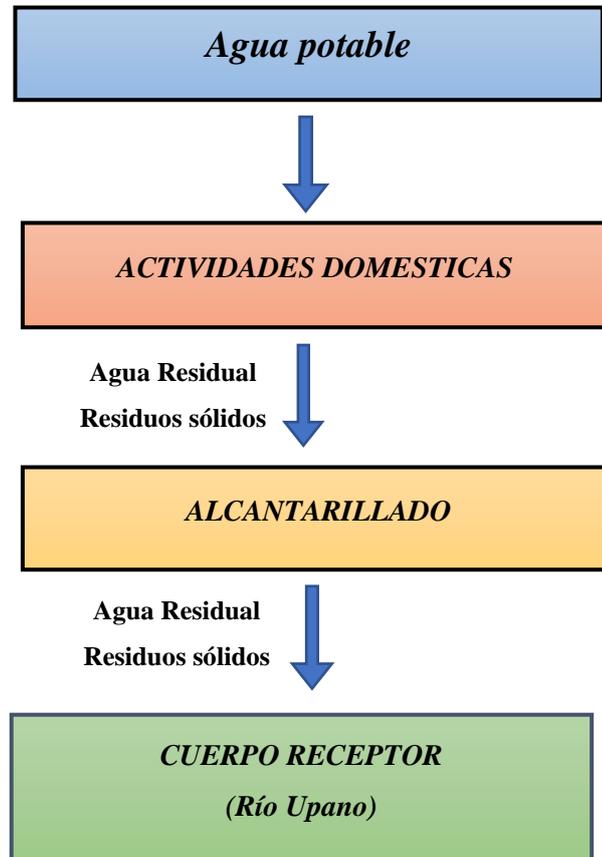


Gráfico 2-2: Diagrama del sistema de tratamiento actual

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

2.1.4 Caracterización previa del efluente

Para seleccionar el tipo de tratamiento adecuado que se debe aplicar a las aguas residuales generadas por los habitantes de la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco se realizó una caracterización previa al vertido, siendo necesario el cálculo del Índice de Biodegradabilidad

2.1.4.1 Índice de Biodegradabilidad.

Tabla 4-2 Índice de Biodegradabilidad

Relación	Información
$DBO / DQO < 0,2$	Contaminantes de naturaleza no biodegradable, tratamientos físico-químicos
$DBO / DQO > 0,4$	Contaminantes de naturaleza biodegradable
$DQO / DBO = 1,5$	Materia orgánica muy degradable
$DQO / DBO = 2$	Materia orgánica moderadamente degradable
$DQO / DBO = 10$	Materia orgánica poco degradable
$DQO / DBO_5 < 2,5$	Efluente o compuesto biodegradable, pudiéndose utilizar sistemas biológicos como lodos activados o lechos bacterianos.
$2,5 < DQO / DBO_5 < 5$	Biodegradable siendo recomendable el empleo de lechos bacterianos.

Fuente: Cisterna & Peña, 2015

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Para establecer el Índice de Biodegradabilidad se consideró los valores de DBO Y DQO obtenidos de la caracterización previa del efluente siendo los siguientes:

- DQO: 277 mg/L
- DBO₅: 152 mg/L

Teniendo como resultado:

Relación DBO/DQO:

$$\frac{152}{277} = 0,55$$

Relación DQO/DBO

$$\frac{277}{152} = 1,82$$

De acuerdo a la tabla **4-2** se demuestra que el vertido contiene contaminantes de naturaleza biodegradable, y como **1,82 < 2,5**, quiere decir entonces que el efluente puede ser tratado mediante un **sistema biológico**.

A continuación, se procedió a seleccionar el tratamiento biológico que se aplicará a las aguas residuales generadas por los habitantes de la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco y se optó por un tratamiento no convencional con humedales artificiales, debido a que en la actualidad este sistema de saneamiento ha cobrado gran interés por sus ventajas y resultados eficientes y eficaces.

2.1.5 Caracterización del agua residual

La caracterización física, química y microbiológica de las aguas residuales se realizó en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en el laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo. La temperatura fue tomada in situ, obteniéndose como valor mínimo 19°C y como valor máximo 23°C.

El DQO y el DBO5 son los parámetros básicos utilizados para el diseño de sistemas de tratamiento, debido a que las descargas contienen gran cantidad de compuestos orgánicos de alta biodegradabilidad

Muestreo

Las muestras fueron tomadas desde la tubería de descarga de las aguas residuales, se realizó por el método manual, empleando el tipo de muestreo compuesto, esta resulta de la mezcla de varias muestras individuales recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes momentos. Cada muestra fue tomada en horas pico, consideradas como horas de mayor actividad doméstica, se realizaron tres repeticiones por día, para obtener la muestra compuesta representativa.

Mientras se realizaba el monitoreo, se midió la temperatura in situ, con la ayuda de un termómetro. Las muestras fueron recolectadas en envases estériles y debidamente rotuladas, almacenadas en neveras portátiles para que las muestras no sufran ninguna alteración hasta la realización de los respectivos análisis. El cronograma de muestreo se presenta a continuación:

Tabla 5-2: Toma y recolección de muestras

Día	Lugar	Muestras simples	Horario	Muestras compuestas
Lunes	Punto de descarga	3	07h00 12h00 18h00	1
Miércoles	Punto de descarga	3	07h00 12h00 18h00	1
Domingo	Punto de descarga	3	07h00 12h00 18h00	1

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Tabla 6-2: Caracterización inicial del agua residual cruda.

Parámetro	Unidad	Resultados			Promedio	*Limite permisible TULSMA
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3		
pH	-	6,58	6,30	6,70	6,53	6 – 9
Temperatura	°C	23	19	23	22	-
Conductividad	µS/cm	204,8	200	220,9	208,57	-
Turbiedad	FTU – NTU	28,95	30,20	35,15	94,3	-
Sólidos totales	mg/L	162	199	178	179,67	1600
Sólidos Suspendidos	mg/L	30	220	225	158,33	130
Sólidos Sedimentables	mg/L	2,0	20	19	13,67	1,0
Sulfatos	mg/L	20	25	15	20	1000
Aceites y Grasas	mg/L	58,40	50	48	52,13	30,0
Tensoactivos	mg/L	0,45	0,50	0,48	0,48	0,5
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	5,25	7,23	8	6,83	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	5	6,07	9,30	6,79	50
DBO5	mg O2/L	152	130	112,0	131,33	100
DQO	mg/L	277	290	255	264	200
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	4.1 x 10 ⁴	3 x 10 ⁴	1.7 x 10 ⁴	88000	2000

*Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce TULSMA libro VI Anexo 1

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias y Laboratorio de Servicios Ambientales LSA – UNACH

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

En la tabla 6-2 se puede identificar a los parámetros analizados que se encuentran fuera del límite permisible establecido en la normativa ambiental, y son los siguientes; sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, aceites y grasas, DBO5, DQO, Coliformes fecales.

2.1.5.1 Comparación de los parámetros que se encuentran fuera del límite máximo permisible con la normativa ambiental.

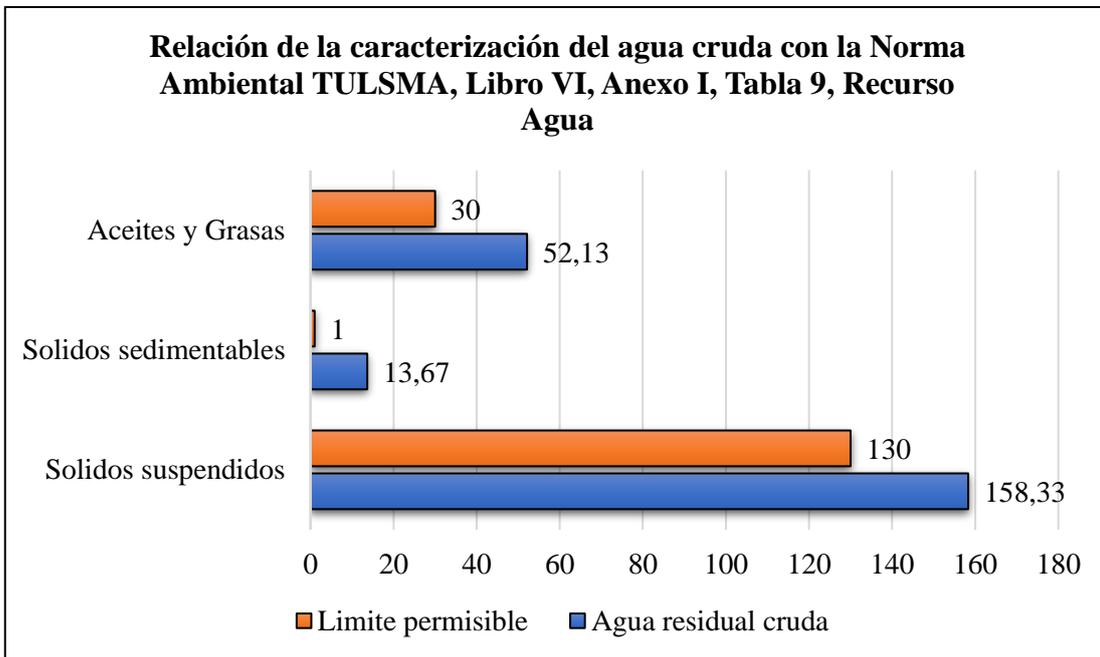


Gráfico 3-2. Parámetros que no cumplen con lo establecido TULSMA, Libro VI, Anexo I, Recurso Agua.

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

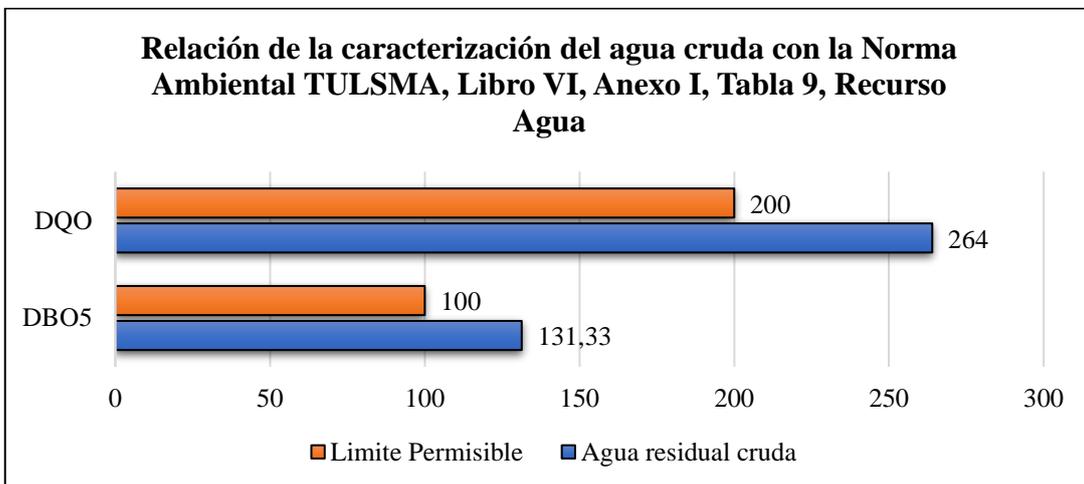


Gráfico 4-2: Parámetros que no cumplen con los parámetros establecidos en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, Recurso Agua.

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

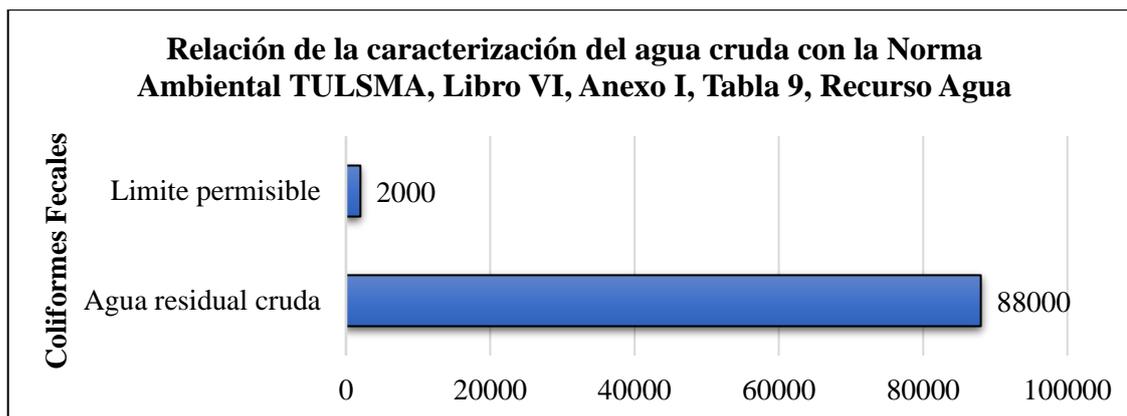


Gráfico 5-2: Parámetros que no cumplen con los parámetros establecidos en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, Recurso Agua.

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

2.1.6. Medición de caudales

Para la medición del caudal se utilizó el método volumétrico, debido a que el caudal en la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco es pequeño y no es de flujo constante, para lo cual seguimos los siguientes pasos:

- Se realizó aforaciones directas desde la tubería de descarga de aguas residuales, con la ayuda de un recipiente graduado de 15 litros de capacidad y con un cronometro para determinar el periodo de llenado.
- Las aforaciones se realizaron en intervalos de 3 horas desde las 07h00 hasta las 19h00, se ejecutó de lunes a domingo durante una semana.
- Para determinar el caudal general se realizó la tabulación del promedio total de los caudales de los 7 días de la semana

A continuación, se presenta los valores obtenidos de caudal durante los siete días de la semana

Tabla 7-2: Aforo de Caudal semanal

Hora	Caudal (L/s)						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
07h00	2,941	3,119	2,988	3,055	3,151	3,012	3,030
10h00	3,067	3,030	2,703	2,655	2,683	2,809	2,879
13h00	3,012	2,857	3,049	3,093	3,018	3,247	3,158
16h00	3,158	3,191	2,636	2,613	2,627	2,890	2,732
19h00	2,988	2,970	3,119	3,158	3,099	3,311	3,268

Promedio diario	3,033	3,034	2,899	2,915	2,916	3,054	3,013
Promedio total							2,981

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

El siguiente grafico muestra la variación del caudal en la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco:

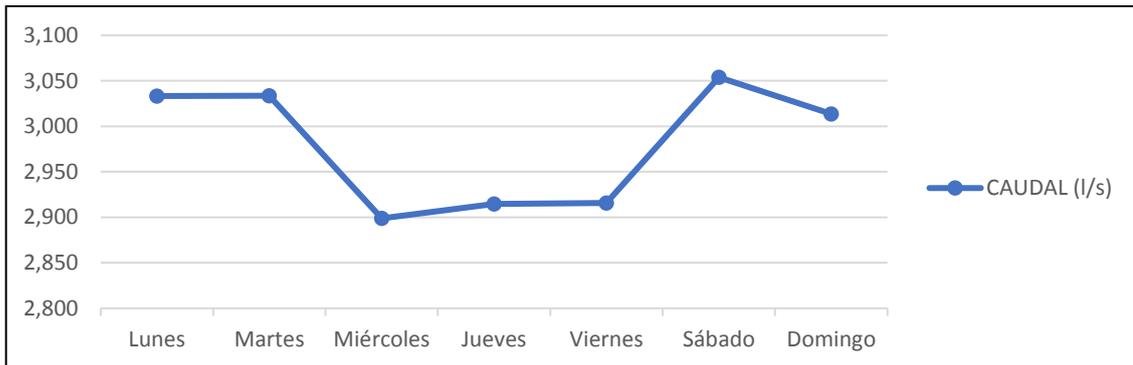


Gráfico 6-2: Variación de Caudal

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

De acuerdo a los a valores que se muestran en la tabla 7-2, se puede determinar que el caudal promedio semanal es 2,981 L/s. 0,002981 m³/s

2.2. Dimensionamiento de la planta de tratamiento

Todas las aguas de origen sanitario y pluvial generadas en la Cabecera parroquial de Sevilla Don Bosco son recogidas por un alcantarillado para posteriormente ser descargadas mediante una tubería al Río Upano sin recibir un tratamiento previo adecuado ya que no existe una planta de tratamiento de efluentes.

Se consideró como dato fundamental para el respectivo dimensionamiento de la planta de tratamiento al caudal volumétrico del vertido que se va a tratar, además se tomó en cuenta su caracterización física, química y microbiológica.

Una vez realizado el tratamiento a las aguas residuales en mención deberá cumplir con lo estipulado en la normativa ambiental, TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 9, Recurso Agua; para poder ser descargada al cuerpo de agua receptor.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.1. Cálculos para el Dimensionamiento del Sistema de Tratamiento

3.1.1. Población futura

El número de habitantes de la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco es de 495 habitantes (Equipo Consultor, 2015), con una tasa de crecimiento de 3,67%, entonces mediante la ecuación 1 obtenemos la población futura para el 2019:

$$Pf = Pa \left(1 + \frac{r}{100}\right)^N$$
$$Pf = 495 \left(1 + \frac{3,67}{100}\right)^4$$
$$Pf_{2019} = 572 \text{ hab}$$

Posteriormente con la ecuación 1 calculamos la población futura para el año 2044:

$$Pf = Pa \left(1 + \frac{r}{100}\right)^N$$
$$Pf = 572 \left(1 + \frac{3,67}{100}\right)^{25}$$
$$Pf = 1408 \text{ hab}$$

Dónde:

P_f: Población futura (hab)

P_a: Población actual (hab)

r: tasa de crecimiento anual

N: periodo de tiempo en años (año futuro – año actual)

3.1.2. Caudal

a) Dotación diaria de Agua Potable

Con la ecuación 4 procedemos a calcular la Dotación diaria de agua potable.

$$\begin{aligned} \text{Dot} &= \frac{Q_{prom}}{Pa} \\ \text{Dot} &= \frac{2,981 \frac{L}{s}}{572 \text{ hab}} \\ \text{Dot} &= 5,21 \times 10^{-3} \frac{L}{s - \text{hab}} \\ \text{Dot} &= 450,144 \frac{L}{\text{dia} - \text{hab}} \end{aligned}$$

Donde:

Dot: Dotación del agua consumida (L/día-hab)

Q_{prom}: Caudal Promedio (L/s)

Pa: Población actual (hab)

b) Caudal medio teórico

Con la ecuación 5 determinamos:

$$\begin{aligned} Q_{med} &= \frac{CR (Dot)(Pf)}{86400} \\ Q_{med} &= \frac{0,75 \left(450,144 \frac{L}{\text{dia} - \text{hab}} \right) (1408 \text{ hab})}{86400 \text{ s/dia}} \\ Q_{med} &= 5,502 \text{ L/s} \end{aligned}$$

Donde:

Q_{med}: Caudal medio teórico (L/s)

CR: Coeficiente de Retorno

Dot: Dotación de agua potable (L/hab-dia)

Pf: Población proyectada a futuro

c) Coeficiente de Mayorización

Mediante la ecuación 6 se determina:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P_f}{1000}}}$$
$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{1408}{1000}}}$$
$$M = 3,699$$

Dónde:

M: Coeficiente de mayorización

P_f: Población proyectada a futuro (hab)

d) Caudal máximo teórico

Mediante la ecuación 7 se tiene:

$$Q_{max} = M (Q_{med})$$
$$Q_{max} = 3,699 (5,502 L/s)$$
$$Q_{max} = 20,352 L/s$$

Dónde:

Q_{max}: Caudal máximo teórico (L/s)

M: Coeficiente de mayorización

Q_{med}: Caudal medio teórico (L/s)

e) Caudal de Diseño

Caudal de infiltración

Utilizando la ecuación 8 se tiene:

$$Q_{INF} = A * i$$
$$Q_{INF} = 2ha * 0,2 \frac{L}{s - ha}$$

$$Q_{INF} = 0,4 \text{ L/s}$$

Dónde:

Q_{INF} : Caudal de infiltración (L/s)

A: Área donde se va a implementar el proyecto (ha). Tabla 1-1

i: Tasa de infiltración (L/s-ha). Tabla 1-1

Caudal medio de diseño

El caudal requerido a futuro se determina mediante la ecuación 3:

$$Q = Q_{med} + Q_{INF}$$

$$Q = 5,502 \text{ L/s} + 0,4 \text{ L/s}$$

$$Q = 5,902 \text{ L/s}$$

$$Q = 5,902 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Dónde:

Q: Caudal de diseño (L/s)

Q_{med} : Caudal medio teórico (L/s)

Q_{INF} : Caudal de infiltración (L/s)

Caudal máximo de diseño

Se determina mediante la ecuación 9:

$$Q_M = Q_{max} + Q_{INF}$$

$$Q_M = 20,352 \text{ l/s} + 0,4 \text{ L/s}$$

$$Q_M = 20,752 \text{ L/s}$$

$$Q_M = 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dónde:

Q_M : Caudal Máximo de Diseño (L/s)

Q_{max} : Caudal Máximo teórico (L/s)

Q_{INF} : Caudal de infiltración (L/s)

3.1.3 Canal de recepción

a) Coeficiente de Manning

Con la ecuación 12 determinamos:

$$K_m = \frac{Q * n}{b^{\frac{8}{3}} * s^{\frac{1}{2}}}$$
$$K_m = \frac{5,902 * 10^{-3} m^3/s * 0,013}{(0,50m)^{\frac{8}{3}} * (0,01m/m)^{\frac{1}{2}}}$$
$$K_m = 0,0048$$

Dónde:

K_m: Coeficiente de Manning

Q: Caudal medio de diseño (m³/s)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning. (Tabla 3-1)

b: Base del canal (m). (Valor considerado según el Manual de Depuración URALITA)

S: Pendiente del canal (m/m). (Valor considerado según el Manual de Depuración URALITA)

b) Altura del tirante de agua

Mediante la ecuación 13 se determina:

$$h = 1,6624 * K_M^{0,74232} * b$$
$$h = 1,6624 * (0,0048)^{0,74232} * 0,5m$$
$$h = 0,016m$$

Dónde:

h: Altura del tirante de agua en el canal (m)

K_M: Coeficiente de Manning

b: Base del canal (m). (Valor considerado según el Manual de Depuración URALITA)

c) Altura total del canal

Mediante la ecuación 14 se tiene:

$$H = h + h_s$$

$$H = 0,016m + 0,3m$$

$$H = 0,316m$$

Dónde:

H: profundidad del canal. (m)

h: altura del tirante de agua. (m)

hs: Borde libre del canal, (m) Tabla 2-1

d) Radio hidráulico

Mediante la ecuación 15 tenemos:

$$RH = \frac{b * h}{b + 2h}$$

$$RH = \frac{0,50m * 0,016m}{0,50m + 2(0,016m)}$$

$$RH = 0,015m$$

Dónde:

RH: Radio Hidráulico. (m)

H: profundidad del canal. (m)

b: Ancho del canal. (m) (Valor considerado según el Manual de Depuración URALITA)

e) Velocidad media del caudal de agua

Utilizando la ecuación 16 se tiene:

$$v = \frac{1}{n} * RH^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$v = \frac{1}{0,013} * (0,015)^{\frac{2}{3}} * (0,01)^{\frac{1}{2}}$$

$$v = 0,47 m/s$$

Dónde:

v: Velocidad media del agua en el canal. (m/s)

n: Coeficiente de rugosidad Manning de las paredes del canal. (Tabla 3-1)

RH: Radio hidráulico del canal. (m)

S: pendiente del canal m/m. (Valor considerado según el Manual de Depuración URALITA)

3.1.4. Cribado

a) Numero de barras

Con la ecuación 17 determinamos el número de barras:

$$Nb = \left(\frac{b}{eb + Sb} \right) - 1$$
$$Nb = \left(\frac{0,5m}{0,012m + 0,03m} \right) - 1$$
$$Nb = 10,9 \approx 11$$

Donde:

Nb: Numero de barras

b: Ancho del canal (m). (Valor considerado según el Manual de Depuración URALITA)

eb: Espesor de las barras (m). Tabla 4-1

Sb: Separación entre barras (m). Tabla 4-1

b) Longitud de barras

El valor de la pendiente en relación a la vertical, $\theta = 45$ se toma de la Tabla 4-1 y con la ecuación 18 se tiene:

$$l = \frac{H}{\sin \theta}$$
$$l = \frac{0,316m}{\sin 45}$$
$$l = 0,447m$$

Donde:

l: Longitud de la barra (m)

H: Altura total del canal (m)

θ : Angulo de inclinación de las barras. (Tabla 4-1)

c) Área libre entre barra

Mediante la ecuación 19 calculamos lo siguiente:

$$A_L = \frac{Q}{v}$$
$$A_L = \frac{5,902 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{0,47 \text{ m/s}}$$
$$A_L = 0,013 \text{ m}^2$$

Donde:

A_L: Área libre entre barras (m²)

Q: Caudal de diseño, (m³/s).

v: Velocidad a través de las rejillas, (m/s)

d) Pérdida de carga en rejillas

De acuerdo con la ecuación 21 determinamos la pérdida de carga en rejillas:

$$hc = \beta \left(\frac{s_b}{e_b} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{v^2}{2g} \sin \theta$$
$$hc = 1,79 \left(\frac{0,03}{0,012} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{(0,47 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} \sin 45^\circ$$
$$hc = 0,048 \text{ m}$$

Dónde:

hc: Pérdida de la carga (m)

β: Coeficiente de pérdida de las rejillas. (Tabla 5-1)

eb: Espesor de las barras (m). (Tabla 4-1)

Sb: Separación entre barras (m). (Tabla 4-1)

g: Aceleración gravitacional = 9,8m/s²

θ: Angulo de inclinación de las barras. (Tabla 4-1)

v: Velocidad a través de las rejillas, (m/s)

e) Área de sección transversal del flujo

Mediante la ecuación 22 calculamos lo siguiente:

$$A_f = \frac{A_L (s_b + e_b)}{S_b}$$

$$A_f = \frac{0,013 \text{ m}^2 (0,03\text{m} + 0,012\text{m})}{0,03\text{m}}$$

$$A_f = 0,018 \text{ m}^2$$

Dónde:

A_f: Área de sección transversal del flujo (m²)

A_L: Área de Separación entre barras (m²)

eb: Espesor de las barras (m) (Tabla 4-1)

Sb: Separación entre barras (m) (Tabla 4-1)

3.1.5. Trampa de grasas

a) Área superficial

El área superficial se determina mediante la ecuación 23

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

$$A = \frac{5,902 \text{ L/s}}{4 \text{ L/s m}^2}$$

$$A = 1,476 \text{ m}^2$$

Dónde:

A: Área Superficial (m²).

Q: caudal (L/s).

C_s: Carga Superficial (L/s m²) (Tabla 6-1)

b) Base de la trampa de grasas

Se determina mediante la ecuación 24:

$$b = \sqrt{\frac{A}{1,5}}$$

$$b = \sqrt{\frac{1,476 \text{ m}^2}{1,5}}$$

$$b = 0,992 \text{ m}$$

Dónde:

A: Área superficial (m²)

b: Ancho (m).

c) Longitud de la trampa de grasas

Con la ecuación 25 determinamos la longitud:

$$\begin{aligned}L &= 1,5 * b \\L &= 1,5 * 0,992 \text{ m} \\L &= \mathbf{1,488 \text{ m}}\end{aligned}$$

Dónde:

L: Largo (m).

b: Ancho (m).

d) Volumen de la trampa de grasas

De acuerdo a la ecuación 26 se tiene:

$$\begin{aligned}V &= b * L * h \\V &= 0,992\text{m} * 1,488\text{m} * 2\text{m} \\V &= \mathbf{2,952 \text{ m}^3}\end{aligned}$$

Dónde:

V: Volumen de la trampa de grasas (m³).

L: Largo (m).

b: Ancho (m).

h: altura recomendada (m). (Valor considerado por la Unidad de Apoyo Técnico para el saneamiento básico, 2003).

e) Tiempo de retención hidráulica

Mediante la ecuación 29 calculamos lo siguiente:

$$TR = \frac{V}{Q}$$

$$TR = \frac{2,952 \text{ m}^3}{21,2472 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$TR = 0,14 \text{ h}$$

$$TR = 8,4 \text{ min}$$

Dónde:

TR: Tiempo de retención hidráulica (h)

Q: Caudal medio de diseño (m³/h)

V: volumen (m³)

3.1.6. Humedal de flujo subsuperficial

a) Constante de reacción de primer orden

Se determinó la constante de temperatura del humedal aplicando la ecuación 31:

$$K_T = 1,104 * (1,06)^{T_a-20}$$

$$K_T = 1,104 * (1,06)^{22-20}$$

$$K_T = 1,240$$

Dónde:

K_T: Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura

T_a: Temperatura del agua (°C). Valor tomado de la Tabla 6-2

b) Área superficial del humedal

Se realiza en función al parámetro contaminante que se desea degradar o remover, en este caso se realiza para la disminución de la concentración de DBO₅, su cálculo se realiza mediante la ecuación 30:

$$As = \frac{Q * \ln\left(\frac{C_0}{C}\right)}{K_T * h * n}$$

$$As = \frac{509,933 \text{ m}^3/\text{día} * \ln\left(\frac{128}{53}\right)}{1,240 * 1\text{m} * 0,35}$$

$$As = 1036,01 \text{ m}^2$$

Dónde:

As: Área Superficial (m²)

Q: Caudal de diseño (m³/día)

C₀: Concentración de DBO5 del afluente (mg/L). Tabla 6-2

C: Concentración de DBO5 del efluente (mg/L). Tabla 8-3

K_T: constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura (d-1)

h: Profundidad del Humedal (m). Tabla 8-1

n: Porosidad del medio granular (porcentaje expresado en fracción). Tabla 7-1

c) Ancho del humedal

Con la ecuación 33 se determina:

$$W_s = \sqrt{\frac{A_s}{4}}$$
$$W_s = \sqrt{\frac{1036,01}{4}}$$
$$W_s = 16,09 m$$

Dónde:

Ws: Ancho del Humedal (m)

As: Área Superficial del humedal (m²)

d) Largo del Humedal

Mediante la ecuación 34 calculamos el largo del humedal:

$$L_H = 4 \times W_s$$
$$L_H = 4 \times 16,09m$$
$$L_H = 64,36 m$$

Dónde:

L_H: Largo del humedal. (m)

Ws: Ancho del Humedal (m)

e) Volumen del humedal

Con la ecuación 35 se determina el volumen que tendrá el humedal:

$$V_H = L_H * W_S * h$$
$$V_H = 64,36 \text{ m} * 16,09 \text{ m} * 1 \text{ m}$$
$$V_H = 1035,552 \text{ m}^3$$

Dónde:

V_H: Volumen del humedal (m³)

L_H: Largo del humedal (m)

W_s: Ancho del Humedal (m)

h: Profundidad del Humedal (m). Tabla 8-1

f) Tiempo de retención hidráulica

El tiempo de retención hidráulica se obtiene mediante la ecuación 32:

$$TRH = \frac{As * h * n}{Q}$$
$$TRH = \frac{1036,01 \text{ m}^2 * 1\text{m} * 0,35}{509,933 \text{ m}^3/\text{día}}$$
$$TRH = 0,71 \text{ día}$$

$$TRH = 17 \text{ h}$$

Dónde:

TRH: Tiempo de retención hidráulica necesario para descargar a la filtración (días)

As: Área superficial del humedal (m²)

n: Porosidad del medio granular (porcentaje expresado en fracción). Tabla 7-1

h: Profundidad del Humedal (m). Tabla 8-1

Q: Caudal medio de diseño (m³/día)

g) Porcentaje de Remoción del Humedal

Porcentaje de remoción de DBO5

Mediante la ecuación 36 tenemos:

$$\%R_{DBO5} = \frac{DBO5_a - DBO5_e}{DBO5_a} \times 100$$
$$\%R_{DBO5} = \frac{128 - 53}{128} \times 100$$
$$\%R_{DBO5} = 58,59 \%$$

Dónde:

%R_{DBO5}: Porcentaje de remoción de DBO5 (%)

DBO5_a: Demanda Bioquímica del afluente (mg/L). Tabla 6-2

DBO5_e: Demanda Bioquímica del efluente (mg/L). Tabla 8-3

Porcentaje de remoción de DQO

Se calcula mediante la ecuación 37:

$$\%R_{DQO} = \frac{DQO_a - DQO_e}{DQO_a} \times 100$$
$$\%R_{DQO} = \frac{264,33 - 75}{264,33} \times 100$$
$$\%R_{DQO} = 71,63 \%$$

Donde:

%R_{DQO}: Porcentaje de remoción de DQO (%)

DQO_a: Demanda Química del afluente (mg/L). Tabla 6-2

DQO_e: Demanda Química del efluente (mg/L). Tabla 8-3

Para mayor facilidad de control del tratamiento, se ha optado por dividir en cuatro el humedal, teniendo una relación largo-ancho de 4:1, entonces:

$$W_s = 16,09 \text{ m}$$

$$L_H = 16,09 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

h) Caudal de salida del humedal

Debemos considerar que en un tratamiento con humedales artificiales siempre se va a generar pérdida de volumen y en consecuencia de caudal, debido a la infiltración, absorción o evaporación; por esta razón para su determinación se debe tomar en cuenta los volúmenes de agua tanto inicial como final para el proceso siguiente, en este caso el volumen utilizado al inicio del tratamiento fue de 20 litros de agua residual, luego de cuatro días en reposo con las plantas depuradoras se obtuvo un volumen final de 14 litros aproximadamente.

$$20 \text{ L} \longrightarrow 100\%$$

$$14 \text{ L} \longrightarrow X$$

$$X = \frac{14 \text{ L} \times 100\%}{20 \text{ L}}$$

$$X = 70\%$$

$$\% \text{ Pérdida} = 100\% - 70\%$$

$$\% \text{ Pérdida} = 30\%$$

El caudal de entrada es $Q = 509,933 \text{ m}^3/\text{día}$

$$509,933 \text{ m}^3/\text{día} \longrightarrow 100\%$$

$$Q_p \longrightarrow 30\%$$

$$Q_p = \frac{509,933 \text{ m}^3/\text{día} \times 30\%}{100\%}$$

$$Q_p = 152,98 \text{ m}^3/\text{día}$$

Mediante la ecuación 38 determinamos:

$$Q_{SH} = Q_E - Q_P$$

$$Q_{SH} = 509,933 - 152,98$$

$$Q_{SH} = 356,953 \text{ m}^3/\text{día}$$

Dónde:

Q_{SH}: Caudal de salida del humedal (m³/día)

Q_E: Caudal de entrada al humedal (m³/día)

Q_P: Caudal perdido en el humedal (m³/día)

3.1.7. Filtro Dual con medios múltiples

a) Caudal de diseño para cada filtro

El cálculo del caudal de diseño se realiza mediante la ecuación 40:

$$Q_d = \frac{Q_{SH}}{n}$$
$$Q_d = \frac{356,953 \text{ m}^3/\text{día}}{2}$$
$$Q_d = 178,477 \text{ m}^3/\text{día}$$

Dónde:

Q_d: Caudal de diseño (m³/d).

n: Numero de Filtros (Tabla 13-1)

Q_{SH}: Caudal de salida del humedal (m³/día)

b) Área del filtro

El área del filtro se calcula mediante la ecuación 41:

$$A_f = \frac{Q_d}{T_f}$$
$$A_f = \frac{178,477 \text{ m}^3/\text{día}}{7 \text{ m}/\text{día}}$$
$$A_f = 25,497 \text{ m}^2$$

Dónde:

A_f: Área del filtro (m²)

Q_d: Caudal de diseño (m³/d).

T_f: Tasa de Filtración (m/d). Tabla 10-1

c) Coeficiente de costo mínimo

Tomando en cuenta la ecuación 42 tenemos:

$$K_c = \frac{2 \cdot n}{n + 1}$$

$$K_c = \frac{2 \cdot 2}{2 + 1}$$

$$K_c = 1,333$$

Dónde:

K_c: Coeficiente de costo mínimo

n: Numero de filtros. Tabla 13-1

d) Ancho del filtro

El ancho del filtro se calcula a partir de la ecuación 43:

$$a_f = \sqrt{\frac{A_f}{K_c}}$$

$$a_f = \sqrt{\frac{25,497 \text{ m}^2}{1,333}}$$

$$a_f = 4,374 \text{ m}$$

Dónde:

a_f: Ancho del filtro (m)

A_f: Área del filtro (m²)

K_c: Coeficiente de costo mínimo

e) Largo del filtro

Está definido por la ecuación 44:

$$L_F = \sqrt{K_c \times A_f}$$

$$L_F = \sqrt{1,333 \times 25,497 \text{ m}^2}$$

$$L_F = 5,830 \text{ m}$$

Dónde:

L_F: Largo del filtro (m)

A_F: Área del filtro (m²)

K_c: Coeficiente de costo mínimo

f) Altura del lecho filtrante

El lecho filtrante estará conformado por grava, arena y carbón activado.

Entonces el cálculo de la altura del lecho filtrante se puede realizar mediante la ecuación 45:

$$\begin{aligned}HLF &= e_c + e_a + e_g \\HLF &= 0,40 + 0,25 + 0,10 \\HLF &= 0,75 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

HLF: Altura del lecho filtrante (m)

e_c: Espeso de capa de carbón-antracita (m). Tabla 9-1

e_a: Espeso de capa de arena (m). Tabla 9-1

e_g: Espeso de capa de grava (m). Tabla 9-1

g) Altura del filtro

Se determina mediante la ecuación 46:

$$\begin{aligned}Z_f &= f_s(C_a + HLF + C_s + F_c) \\Z_f &= 1,10(1,25 + 0,75 + 0,10 + 0,55) \\Z_f &= 2,915 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

Z_f: Altura del filtro (m)

F_s: Factor de seguridad

C_a: Altura de la capa de agua (m). Tabla 10-1

HLF: Altura del lecho filtrante (m).

C_s: Altura de la capa de soporte-grava (m). Tabla 9-1

F_c: Altura de drenaje (m). Tabla 10-1

h) Volumen del filtro

Mediante la ecuación 47 se determina el volumen del filtro:

$$V_f = Z_f * L_f * a_f$$
$$V_f = 2,915 \text{ m} * 5,830 \text{ m} * 4,374 \text{ m}$$
$$V_f = 74,334 \text{ m}^3$$

Dónde:

V_f: Volumen del filtro (m³)

Z_f: Altura del filtro (m)

L_f: Largo del filtro (m)

a_f: ancho del filtro (m)

i) Área de los orificios laterales del sistema de drenaje

Tomando en cuenta la ecuación 48 tenemos:

$$A_o = \frac{\pi \cdot D_o^2}{4}$$
$$A_o = \frac{\pi \cdot (0,004 \text{ m})^2}{4}$$
$$A_o = 1,256 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Dónde:

A_o: Área de los orificios (m²)

D_o: Diámetro del orificio (m). Tabla 11-1

j) Caudal que ingresa a cada orificio

De acuerdo a la ecuación 49 se tiene que:

$$Q_o = A_o * V_o$$
$$Q_o = 1,256 \times 10^{-5} \text{ m}^2 * 0,3 \text{ m/s}$$
$$Q_o = 3,768 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

Dónde:

Q_o: Caudal que ingresa en cada orificio (m³/s).

A_o: Área de los orificios (m²).

A_o: Velocidad en orificio (m/s). Tabla 11-1

k) Numero de laterales

Utilizando la ecuación 50 se tiene:

$$N_l = n_l \cdot \frac{L_f}{e_l}$$
$$N_l = 2 \cdot \frac{5,830 \text{ m}}{1,5 \text{ m}}$$
$$N_l = 7,77 \approx 8$$

Dónde:

N_l: Numero de laterales

n_l: Numero de laterales por lado.

L_f: Largo del filtro (m)

e_l: Separación entre laterales (m)

l) Diámetro de la tubería de entrada al filtro

La tubería de entrada al filtro se calcula mediante la ecuación 51:

$$D_e = \sqrt{\frac{4 * Q_d}{\pi * V_e}}$$
$$D_e = \sqrt{\frac{4 * 2,066 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 2 \text{ m/s}}}$$
$$D_e = 0,036 \text{ m}$$

Dónde:

D_e: Diámetro de entrada al filtro (m).

Q_d: Caudal de diseño (m³/s).

V_e: Velocidad de la tubería afluente (m/s). Tabla 12-1

m) Diámetro de la tubería de salida del filtro

La tubería de salida del filtro se diseña con base a la ecuación 52:

$$D_s = \sqrt{\frac{4 * Q_d}{\pi * V_s}}$$
$$D_s = \sqrt{\frac{4 * 2,066 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 0,65 \text{ m/s}}}$$
$$D_s = 0,063 \text{ m}$$

Dónde:

D_s: Diámetro de salida al filtro (m)

Q_d: Caudal de diseño (m³/s).

V_s: Velocidad de la tubería efluente (m/s). Tabla 12-1

3.2. Resultados

3.2.1. Variables de proceso para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco.

3.2.1.1. Población de diseño

La población futura se determinó a través del método geométrico mediante la ecuación 1. Los resultados se presentan a continuación.

Tabla 1-3: Resultados del cálculo de la Población de Diseño

Detalle	Unidad	Valor
Población actual 2019	habitantes	572
Población futura 2044	habitantes	1408
Periodo de diseño	años	25

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

3.2.1.2. Caudal

Para el cálculo de los caudales se utilizó las siguientes ecuaciones: 4, 5, 6, 7, 8, 3 y 9. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2-3: Resultado del cálculo de Caudales

Detalle	Unidad	Valor
Dotación diaria de Agua Potable	L/día-hab	450,144
Caudal medio teórico	L/s	5,502
Caudal máximo teórico	L/s	20,352
Caudal de infiltración	L/s	0,4
Caudal medio de diseño	L/s	5,902
Caudal máximo de diseño	L/s	20,752

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

3.2.2. Dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales

3.2.2.1. Canal de Recepción

El Dimensionamiento del Canal de Recepción del sistema de tratamiento se realizó mediante las ecuaciones; 12, 13, 14, 15, y 16. Los resultados se presentan a continuación.

Tabla 3-3: Resultados del diseño del Canal de Recepción.

Detalle	Unidad	Valor
Altura del tirante de agua	m	0,016
Altura del canal	m	0,316
Base	m	0,5
Largo	m	6
Radio hidráulico	m	0,015
Pendiente	m/m	0,01
Velocidad	m/s	0,47

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

3.2.2.2. Rejillas

Para el dimensionamiento de las Rejillas del sistema de Tratamiento se utilizó las ecuaciones; 17, 18, 19, 21 y 22. Se presentan a continuación los resultados.

Tabla 4-3: Resultados del diseño de las Rejillas

Detalle	Unidad	Valor
Base	m	0,50
Número de barras	unidad	11
Longitud de los barrotes	m	0,447

Espesor	m	0,012
Separación	m	0,03
Angulo de inclinación de las barras	°	45
Área libre entre barra	m ²	0,013
Pérdida de carga en rejillas	m	0,048
Área de sección transversal de flujo	m ²	0,018

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

3.2.2.3. Desengrasador o Trampa de Grasas

El diseño de la Trampa de Grasas se realizó mediante las ecuaciones; 23, 24, 25, 26, y 29. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5-3: Resultados del diseño de la Trampa de Grasas

Detalle	Unidad	Valor
Base	m	0,992
Longitud	m	1,488
Altura	m	2
Volumen	m ³	2,952
Tiempo de retención	min	8,4
Área superficial	m ²	1,476

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

3.2.2.4. Humedal Artificial

Para facilidad de Mantenimiento y Operación se diseñaron cuatro humedales utilizando las ecuaciones; 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 y 38. A continuación se presentan los resultados.

Tabla 6-3: Resultados del diseño del Humedal Artificial

Detalle	Unidad	Valor
Área superficial	m ²	1036,01
Ancho	m	16,09
Largo	m	16,09
Profundidad	m	1
Número de Humedales	-	4
Volumen	m ³	1035,552
Tiempo de retención hidráulica	h	17

Pendiente	m/m	0,0005
Profundidad del sustrato	cm	60
Profundidad grava fina	cm	15
Profundidad arena	cm	30
Profundidad grava gruesa	cm	15
Remoción de DBO5	%	58,59
Remoción de DQO	%	71,63
Caudal de salida del humedal	m ³ /día	356,953

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

3.2.2.5. Filtro dual con medios múltiples

Se dimensionaron 2 filtros con la finalidad de facilitar su operación y obtener mejores resultados en la remoción de contaminantes, se utilizó las ecuaciones; 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51 y 52. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 7-3: Resultados del diseño del filtro dual

Detalle	Unidad	Valor
Número de filtros	-	2
Caudal de diseño	m ³ /día	178,477
Área del filtro	m ²	25,497
Longitud del filtro	m	5,830
Ancho del filtro	m	4,374
Altura del filtro	m	2,915
Volumen del filtro	m ³	74,334
Altura del lecho filtrante	m	0,75
Área de los orificios laterales	m ²	1,256 x 10 ⁻⁵
Caudal que ingresa a cada orificio	m ³ /s	3,768 x 10 ⁻⁶
Número de laterales	-	8
Diámetro de la tubería de entrada al filtro	m	0,036
Diámetro de la tubería de salida del filtro	m	0,063

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

3.2.3. Caracterización del Agua Residual Tratada

Los resultados de la caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales obtenidas posterior al tratamiento aplicado se muestran a continuación:

Tabla 8-3: Resultados de la caracterización del agua residual después del humedal.

Parámetro	Unidad	Análisis después del tratamiento
Ph	-	6,85
Conductividad	μS/cm	229
Turbiedad	FTU – NTU	8,3
Temperatura	°C	22,6
Aceites y grasas	mg/L	16
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	135
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	87
Sólidos Sedimentables	mg/L	3,9
Sólidos Suspendidos	mg/L	26,3
Coliformes fecales	UFC/100 ml	1200

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias – ESPOCH

Tabla 9-3: Resultados de caracterización del agua residual después del tratamiento final.

Parámetro	Unidad	Análisis después del tratamiento
Ph	-	7,30
Conductividad	μS/cm	102
Turbiedad	FTU – NTU	5,18
Temperatura	°C	22
Aceites y grasas	mg/L	10
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	75
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	53
Sólidos Sedimentables	mg/L	0,8
Sólidos Suspendidos	mg/L	13
Coliformes fecales	UFC/100 ml	600

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias – ESPOCH

Tabla 10-3: Verificación del cumplimiento de la Normativa Ambiental TULSMA

Parámetro	Unidad	Resultado	*Límite permisible TULSMA	Observaciones
pH	-	7,30	6 - 9	Cumple
Conductividad	μS/cm	102	-	-
Turbiedad	FTU – NTU	5,18	-	-
Temperatura	°C	22	-	-
Aceites y grasas	mg/L	10	30,0	Cumple
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	75	200	Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	53	100	Cumple

Sólidos Sedimentables	mg/L	0,8	1,0	Cumple
Sólidos Suspendidos	mg/L	13	130	Cumple
Coliformes fecales	UFC/100 ml	600	2000	Cumple

*Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce TULSMA libro VI Anexo 1

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias – ESPOCH

3.2.4. Porcentaje de Remoción de los parámetros fuera de norma

Mediante la ecuación 53 se determina el porcentaje de remoción de la carga contaminante después del tratamiento dado al efluente proveniente de la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco.

Ecuación 53

Porcentaje de remoción del proceso

$$E_r = \frac{S_o - S}{S_o} \times 100$$

Dónde:

E_r : Porcentaje de Remoción del proceso. (%)

S_o : Carga inicial del contaminante.

S : Carga final del contaminante.

En la siguiente tabla se presenta los resultados de la remoción de cada parámetro del agua residual tratada:

Tabla 11-3: Remoción de carga contaminante

Parámetro	Unidad	Valor inicial	Valor final	% Remoción
Aceites y grasas	mg/L	52,13	10	80,82
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	264	75	71,59
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	131,33	53	59,64
Sólidos Sedimentables	mg/L	13,67	0,8	94,15
Sólidos Suspendidos	mg/L	158,33	13	91,79
Coliformes fecales	UFC/100 ml	88000	600	99,32

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

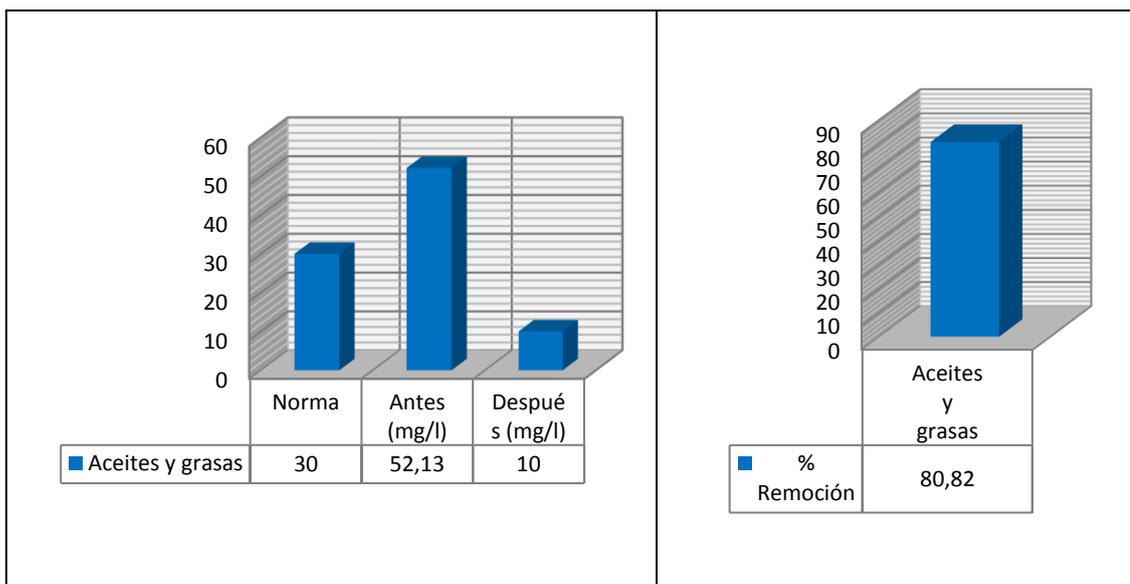


Gráfico 1-3: Porcentaje de remoción de Aceites y Grasas

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

En el gráfico **1-3** del porcentaje de remoción de Aceites y Grasas, se puede observar que el valor inicial del parámetro en mención fue de 52,13 mg/L y posterior al tratamiento se obtuvo un valor de 10 mg/L, alcanzando un porcentaje de remoción de 80,82%, cumpliendo así con la Normativa Ambiental.

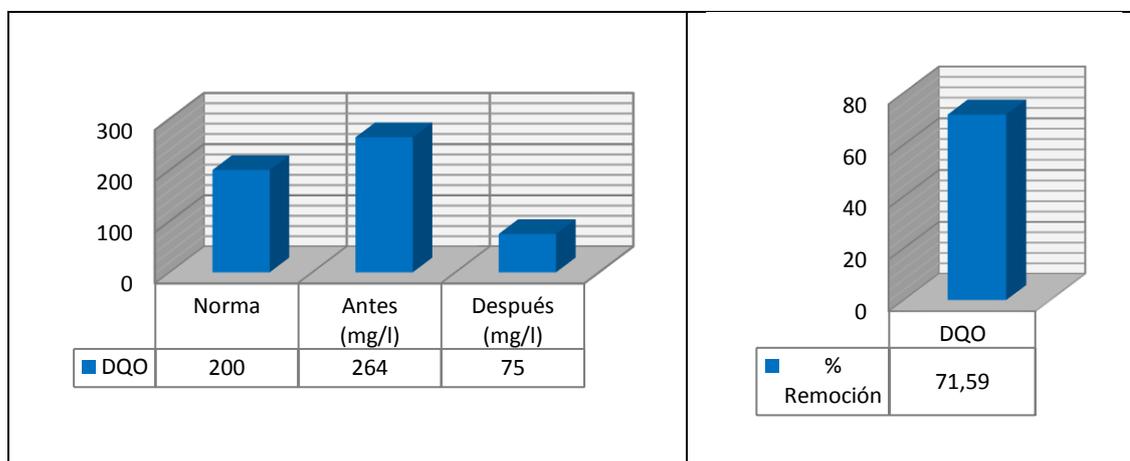


Gráfico 2-3: Porcentaje de remoción de DQO

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

El gráfico **2-3** del porcentaje de remoción de DQO, demuestra que el valor obtenido en la caracterización inicial fue de 264 mg/L y después del tratamiento se obtuvo un valor de 75 mg/L, alcanzando un porcentaje de remoción de 71,59%, cumpliendo con la Normativa Ambiental.

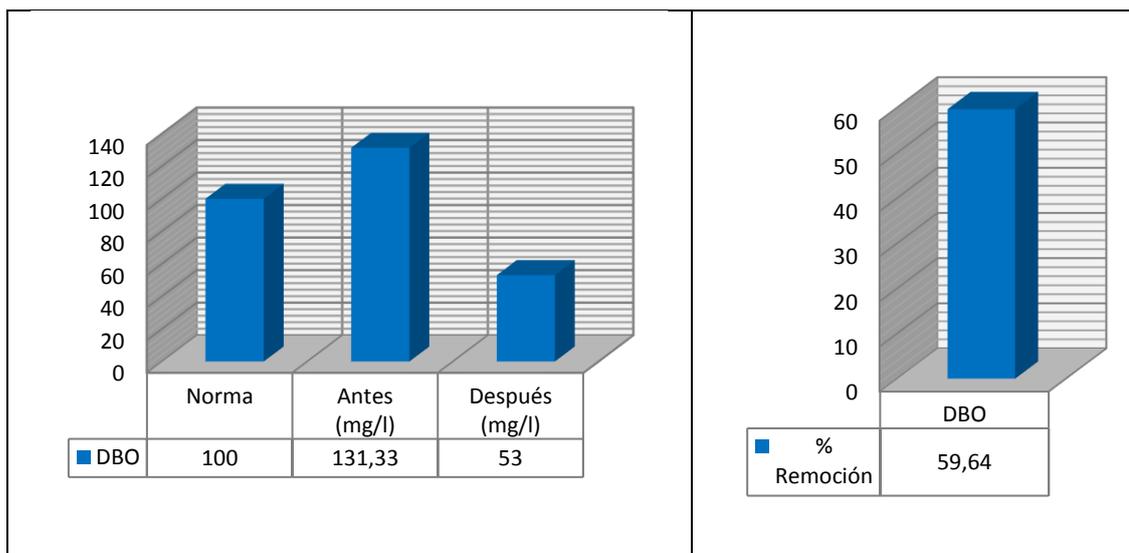


Gráfico 3-3: Porcentaje de remoción de DBO

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

En el gráfico 3-3 del porcentaje de remoción de DBO, se puede evidenciar que el valor inicial del parámetro en mención fue de 131,33 mg/L y posterior al tratamiento se obtuvo un valor de 53 mg/L, alcanzando un porcentaje de remoción de 59,64%, cumpliendo así con la Normativa Ambiental.

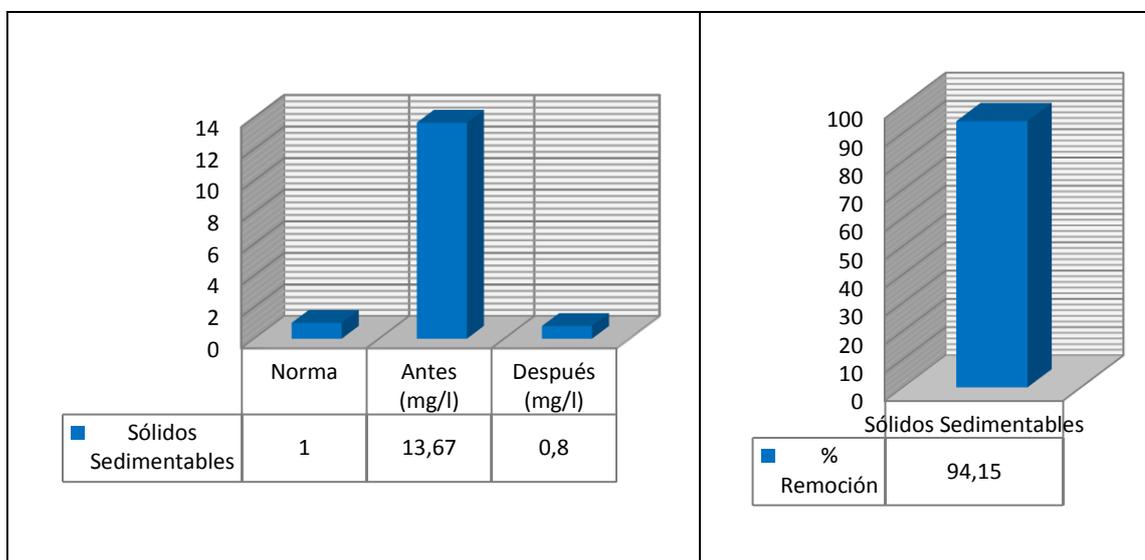


Gráfico 4-3: Porcentaje de remoción de Sólidos Sedimentables

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

El gráfico 4-3 del porcentaje de remoción de Sólidos Sedimentables, presenta que el valor obtenido en la caracterización inicial fue de 13,67 mg/L y posterior al tratamiento se obtuvo un valor de 0,8 mg/L, alcanzando un porcentaje de remoción de 94,15%, valor que cumple con la Normativa Ambiental.

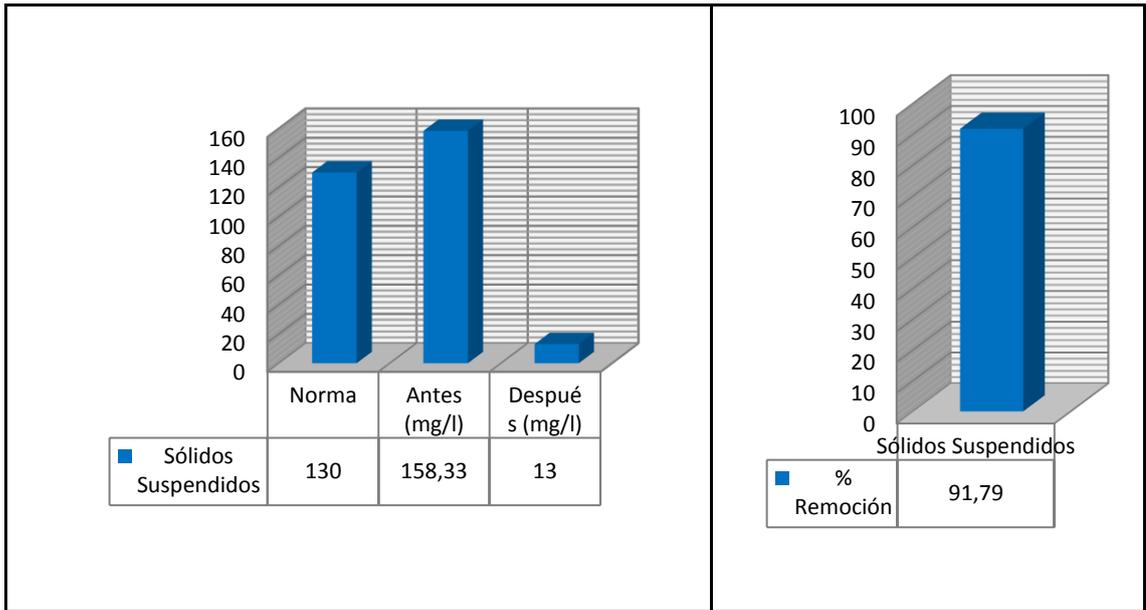


Gráfico 5-3: Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

En el gráfico 5-3 del porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos, se puede identificar que el valor inicial del parámetro en mención fue de 158,33 mg/L y después del tratamiento alcanzó un valor de 13 mg/L, con un porcentaje de remoción de 91,79%, cumpliendo con la Normativa Ambiental.

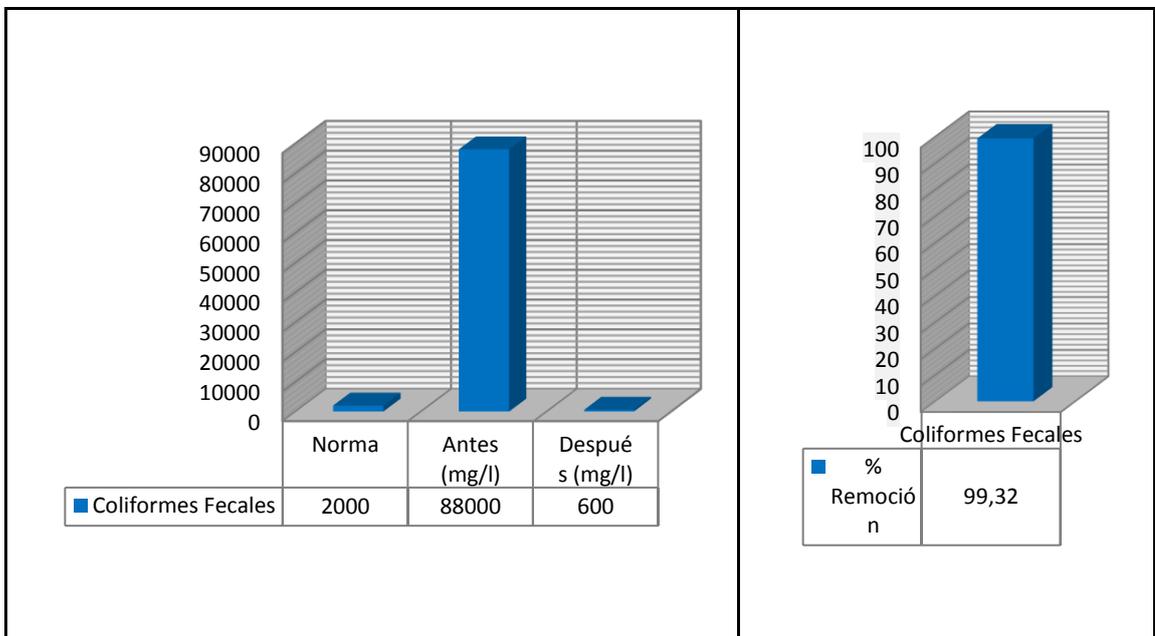


Gráfico 6-3: Porcentaje de remoción de Coliformes Fecales

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

El gráfico 6-3 del porcentaje de remoción de Coliformes Fecales, demuestra que el valor inicial obtenido fue de 88000 mg/L y posterior al tratamiento se obtuvo un valor de 600 mg/L, alcanzando un porcentaje de remoción de 99,32%, cumpliendo así con la Normativa Ambiental.

3.3. Sistema de tratamiento biológico propuesto

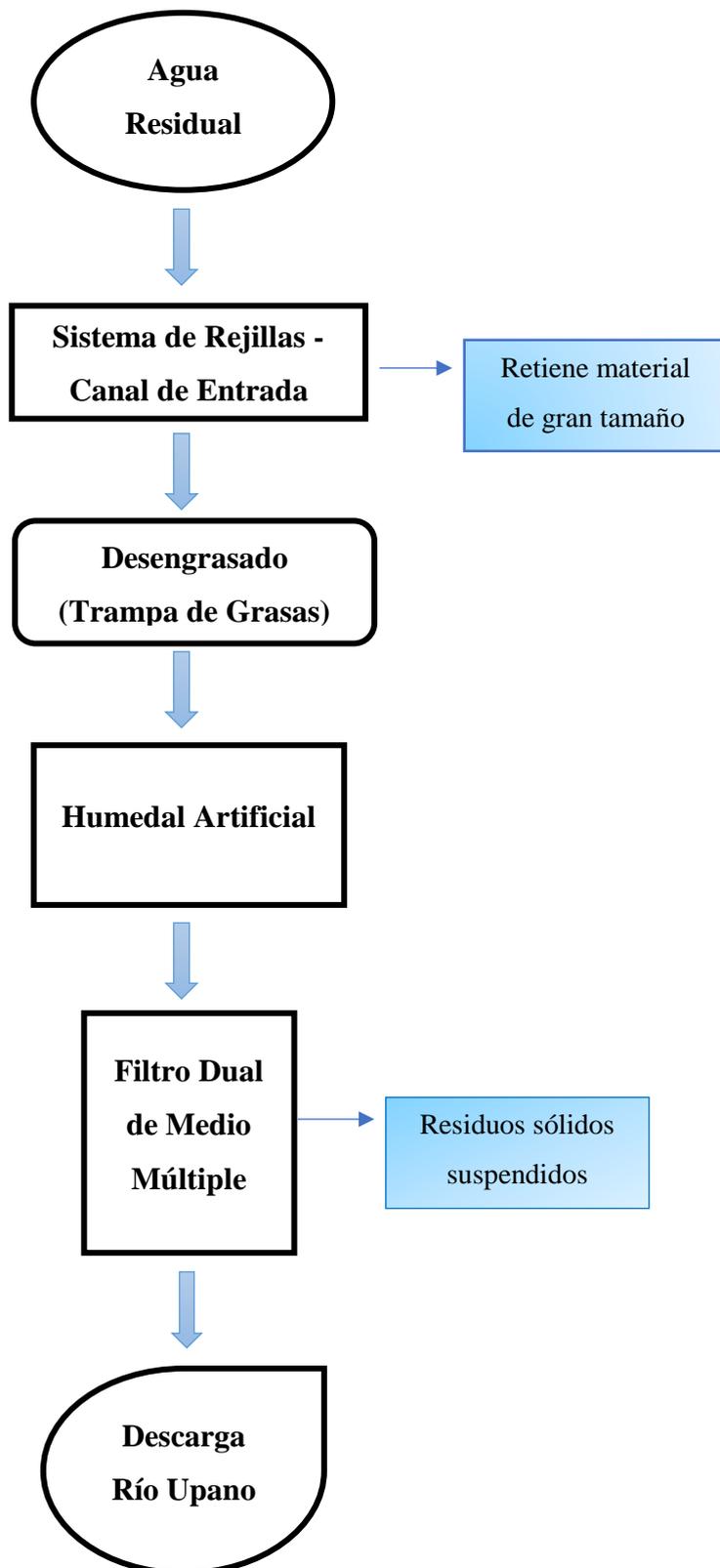


Grafico 7-3: Diagrama del sistema de tratamiento

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

3.4. Presupuesto

En la siguiente tabla se detalla la cantidad, precio unitario y precio total de los Rubros utilizados en Obras Preliminares

Tabla 12-3: Determinación de costos de la Obra (Obras Preliminares)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	OBRAS PRELIMINARES				
1.1	Limpieza y desbroce	m ²	1972,91	0,50	986,46
1.2	Replanteo y nivelación	m ²	1326,21	0,70	928,35
1.3	Desalojo de tierra y material con maquina	m ³	98,65	3,10	305,82
Subtotal					2220,617

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Para la determinación de costos del canal de recepción se tomó en cuenta las cantidades, precio unitario y precio total de los rubros detallados a continuación:

Tabla 13-3: Determinación de costos de la Obra (Canal de recepción)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
2	CANAL DE INGRESO				
2.1	Excavación manual sin clasificar	m ³	3,50	3,81	13,34
2.2	Adecuación del fondo de la zanja	m ²	5,04	7,63	38,46
2.3	Encofrado recto	m ²	7,10	16,05	113,96
2.4	Compuerta de volante de acero inoxidable	U	1,00	262,50	262,50
2.5	Hormigón S. F'c= 210 kg/ cm ²	m ³	3,10	197,38	611,88
2.6	Impermeabilizante	m ²	3,50	13,00	45,50
Subtotal					1085,62

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

En la tabla **14-3** se especifica los rubros, cantidad, precio unitario y precio total utilizados para la determinación de costos de las Rejillas.

Tabla 14-3: Determinación de costos de la Obra (Rejillas)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
3	DESBASTE O REJILLA				
3.1	Volante de acero inoxidable	U	1,00	80,00	80,00
3.2	Hormigón S. F" c= 210 kg/ cm ²	m ³	0,20	197,38	39,48
3.3	Rejilla de acero inoxidable	U	1,00	90,00	90,00
				Subtotal	209,48

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

En la tabla **15-3** se detalla los rubros, cantidad, precio unitario y precio total utilizados para la determinación de costos de la Trampa de Grasas.

Tabla 15-3: Determinación de costos de la Obra (Trampa de Grasas)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
4	TRAMPA DE GRASA				
4.1	Excavación manual sin clasificar	m ³	4,40	3,81	16,76
4.2	Hormigón Simple fc=210 Kg/cm ² y encofrado	m ²	2,50	197,38	493,45
4.3	Capa impermeabilizante	m ²	12,00	10,31	123,72
4.4	Tapas de hormigón de trampa de grasas	U	3,00	30,00	90,00
4.5	Tubería PVC 110mm	m	2,50	9,59	23,98
4.6	Codo de PVC 110mm de 90°	U	2,00	7,94	15,88
				Subtotal	763,79

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

A continuación, en la tabla **16-3** se especifica los rubros, cantidad, precio unitario y precio total utilizados para la determinación de costos de los cuatro Humedales Artificiales.

Tabla 16-3: Determinación de costos de la Obra (Humedal Artificial)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
5	HUMEDALES ARTIFICIALES				
5.1	Excavación con máquina, Profundidad entre 0 y 2	m ³	259,21	2,79	723,20
5.2	Desalojo de material (máquina, 1 km)	m ³	259,21	3,10	803,55
5.3	Compactación mecánica	m ²	259,21	1,23	318,83
5.4	Disposición e Instalación de Geomembrana	m ²	323,65	5,52	1786,55
5.5	Tubería PVC 110mm	U	24,00	6,88	165,12
5.6	Codo de PVC 110mm de 90°	U	4,00	5,94	23,76
5.7	Suministro y colocación Grava Gruesa	m ³	38,88	10,75	417,98

5.8	Suministro y colocación Arena de 30 mm	m ³	77,76	12,00	933,16
5.9	Suministro y colocación Grava Fina	m ³	38,88	12,25	476,30
5.10	Implementación de Vegetación	U	4971,00	0,25	1242,75
5.11	Accesorios instalación	GLB	1,00	695,00	695,00
Subtotal					7586,18
Subtotal por cuatro unidades					30344,73

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

Para la determinación de costos de los dos Filtros Dual se tomó en cuenta las cantidades, precio unitario y precio total de los rubros detallados a continuación:

Tabla 17-3: Determinación de costos de la Obra (Filtro Dual)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
6	FILTRO DUAL DE MEDIO MULTIPLE				
6.1	Excavación con máquina, Profundidad entre 0 y 2	m ²	94,50	2,79	263,66
6.2	Desalojo de material (máquina, 1 km)	m ³	94,50	3,10	292,95
6.3	Estructura con hormigón S. F ^o c= 210 kg/210 cm	m ³	13,92	197,38	2747,53
6.4	Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm	m ²	69,65	9,06	631,03
6.5	Grava media(2-3 cm)	m ³	3,00	11,75	35,25
6.6	Arena de 30 mm	m ³	7,50	12,00	90,00
6.7	Carbón activado	m ³	12,00	1250,00	15000,00
6.8	Prov. Instalación de tubería PVC D= 63mm	m	3,00	6,63	19,89
6.9	Prov. Instalación de tubería PVC D= 90mm	m	32,00	5,44	174,08
6.10	Prov. Instalación de codo PVC D= 63mm x90°	U	2,00	5,44	10,88
6.11	Prov. Instalación de codo PVC D= 90mm x90°	U	4,00	5,94	23,76
6.12	Compuerta de volante de acero inoxidable	U	2,00	262,50	525,00
6.13	Accesorios instalación	GLB	1,00	385,00	385,00
Subtotal					20199,02
Subtotal por las dos unidades					40398,0472

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

En la siguiente tabla se muestra el subtotal de los costos de cada etapa de la Obra Civil y el monto total incluido el IVA

Tabla 18-3: Determinación de costos de la Obra (Total)

Descripción	Costos
Obras Preliminares	2220,62
Desbaste O Rejilla	209,48
Canal de Recepción	1085,62
Trampa de Grasa	763,79
Humedales Artificiales (4 Unidades)	30344,73
Filtro Dual de Medio Múltiple (2 Unidades)	40398,05
SUBTOTAL	75022,29
IVA (12%)	9002,67
TOTAL	84024,96

Realizado por: Estefanía Pérez, 2019

3.5. Análisis y discusión de resultados

En la Caracterización físico-química y microbiológica inicial realizada al agua residual proveniente de la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco, se obtuvo los siguientes resultados: Sólidos Suspendidos 158,33 mg/L, Sólidos Sedimentables 13,67 mg/L, Aceites y Grasas 52,13 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 131,33 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 264 mg/L, Coliformes Fecales 88000 UFC/100 ml. Los valores determinados están fuera de los límites permisibles estipulados dentro de las normas del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULSMA). (Ver tablas 14-1, 6-2)

Se realizó el índice de biodegradabilidad con los resultados de DQO y DBO obtenidos de la caracterización inicial, con lo que se evidencia que el agua residual contiene materia orgánica biodegradable y es apta para tratamientos biológicos (Ver tabla 7-2).

Con la aplicación del humedal de flujo subsuperficial, los parámetros presentaron las siguientes concentraciones: Sólidos Suspendidos 26,3 mg/L, Sólidos Sedimentables 3,9 mg/L, Aceites y Grasas 16 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 87 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 135 mg/L, Coliformes Fecales 1200 UFC/100 ml. (Ver tabla 8-3)

Al finalizar la aplicación del tratamiento completo se obtuvo resultados favorables que cumplen con los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce estipulados en la normativa ambiental TULSMA, teniendo así: Sólidos Suspendidos 13 mg/L, Sólidos Sedimentables 0,8 mg/L, Aceites y Grasas 10 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 53 mg/L, Demanda

Química de Oxígeno (DQO) 75 mg/L, Coliformes Fecales 600 UFC/100 ml. (Ver tablas 9-3, 10-3)

Los porcentajes de remoción alcanzados al concluir el tratamiento son los siguientes: Sólidos Suspendidos 91,79 %, Sólidos Sedimentables 94,15 %, Aceites y Grasas 80,82%, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 59,64%, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 71,59%, Coliformes Fecales 99,32%, garantizando así la fiabilidad del Sistema de Tratamiento Biológico propuesto. (Ver tabla 11-3)

Para el dimensionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales se obtuvieron los siguientes resultados

Población de diseño

La población futura se determinó a través del método geométrico, con una tasa de crecimiento de 3,67% para un periodo de 25 años, la población para el año 2044 correspondiente a la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco será de 1408 habitantes.

Caudales

El caudal fue medido directamente de la tubería de descarga al Río Upano empleando el método volumétrico, durante siete días consecutivos, desde el lunes hasta el domingo en las horas picos (07h00, 10h00, 13h00, 16h00, 19h00), obteniendo un caudal promedio de 2,981 L/s. (Ver tabla 4-2)

El caudal de diseño se determinó tomando en cuenta la dotación de agua potable por habitante, el coeficiente de retorno que es el porcentaje de agua potable usada y que no es devuelta al alcantarillado, y la población futura. Se obtiene como resultado un caudal medio de diseño de 5,902 L/s y un caudal máximo de diseño de 20,752 L/s.

Canal de llegada

El sistema de tratamiento consta de un canal de recepción de forma rectangular de 6m de largo, con una base de 0,5m, una altura total de 0,316 m para evitar desbordes y con una pendiente hidráulica de 0,01 m/m ya que recibirá al efluente a tratar con una velocidad de 0,47 m/s. (Ver tabla 3-3)

Rejillas

Con la finalidad de evitar daños considerables en los diferentes componentes del sistema de tratamiento se diseñó una rejilla de limpieza manual cuyo objetivo es retener sólidos de mayor tamaño, estará conformada por 11 barras, con un ángulo de inclinación de 45° con respecto a la horizontal, y por estar ubicada en el canal tendrá el mismo ancho y longitud. (Ver tabla 4-3)

Desengrasador o Trampa de grasas.

Se efectuó el diseño de un desengrasador conocido como trampa de grasas con la finalidad de reducir las concentraciones de aceites y grasas presentes en el efluente, sus respectivas dimensiones son 0,992 m de ancho, una longitud de 1,488 m y una profundidad de 2 m. (Ver tabla 5-3)

Humedales de Flujo Subsuperficial

Con el fin de conseguir una depuración del agua residual más eficiente se diseñó cuatro humedales. Para la remoción de la carga contaminante en los humedales se utilizará las plantas de lechuguines debido a que son propias de la zona de estudio y por ser reconocidas por su excelente capacidad depuradora. Los humedales artificiales tendrán una profundidad de 1 m, una base de 16,09 m y una longitud de 16,09 m con un tiempo de retención de 17 horas y una remoción de 58,59 % DBO y 71,63% DQO. (Ver tabla 6-3)

Para controlar la migración del fluido, el suelo donde se ubicarán los humedales artificiales será recubierto por una geomembrana de PVC de 0,5 mm de espesor, en la que se colocará el sustrato donde se sembrará las plantas acuáticas que se va a emplear, el mismo tendrá un espesor de 60 cm y estará compuesto por grava gruesa en la parte inferior, grava fina en la parte media, y arena en la parte superior, cada uno con un espesor de 15cm, 15cm, 30cm respectivamente, la distribución del afluente a tratar se lo realizará a través de tuberías múltiples entradas.

Filtro Dual con medios múltiples

Se diseñó un filtro dual con medios múltiples que consta de tres lechos filtrantes que son: carbón activado, arena y grava, con el objetivo de eliminar olores repulsivos, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables y clarificar el agua procedente del humedal artificial para ser descargada al cuerpo receptor. Tomando en cuenta el caudal se dimensionaron dos filtros para una óptima operación y mantenimiento, cada filtro tendrá una longitud de 5,830 m, un ancho de 4,374 m, con una altura

de 2,915 m, y un volumen de 74,334 m³, la altura del lecho filtrante será de 0,75 m. (Ver tabla 7-3)

El ingreso del agua residual al filtro y su drenaje se lo realizará mediante tuberías de diámetro de entrada y salida de 0,036 m y 0,063m.

CONCLUSIONES

- Se diseñó un Sistema de Tratamiento biológico de aguas residuales para la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco, con la finalidad de cumplir con la Normativa Ambiental Ecuatoriana y evitar la contaminación al Río Upano.
- La caracterización física, química y biológica que se efectuó a las aguas residuales provenientes de la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco permitió conocer la concentración de carga contaminante e identificar los parámetros que se encuentran fuera de los límites estipulados en la normativa ambiental TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 9 límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, obteniendo los siguientes valores: Sólidos Suspendidos 158,33 mg/L, Sólidos Sedimentables 13,67 mg/L, Aceites y Grasas 52,13 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 131,33 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 264 mg/L, Coliformes Fecales 88000 UFC/100 ml.
- Se identificaron las variables más adecuadas para proceso de diseño de un tratamiento biológico, estas son: La población futura a 25 años (1408 habitantes), Caudal de diseño (5,902 L/s), Demanda química de oxígeno (264 mg/L), Demanda bioquímica de oxígeno (131,33) mg/L.
- A partir de las variables de diseño mediante cálculos ingenieriles se realizó el dimensionamiento del Sistema de Tratamiento Biológico de aguas residuales para la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco, el mismo que consta de las siguientes operaciones: un canal de recepción, un sistema de rejillas de limpieza manual, un desengrasador, cuatro humedales artificiales de Lechuguines y dos filtros duales de medios múltiples. Los procesos utilizados fueron eficientes para la disminución de la carga contaminante presentes en dicho efluente.
- La Validación del dimensionamiento del Sistema de Tratamiento Biológico propuesto, se realizó mediante la caracterización físico, química y microbiológica del agua residual al final del tratamiento, dando como resultado una disminución de los niveles de contaminación en el agua siendo sus resultados los siguientes: DQO 75 mg/L con un porcentaje de remoción de 71,59%, DBO 53 mg/L con un porcentaje de remoción de 59,64%, Aceites y Grasas 10 mg/L con un porcentaje de remoción de 80,82%, Sólidos Sedimentables 0,8 mg/L con un porcentaje de remoción de 94,15 %, Sólidos Suspendidos 13 mg/L con un porcentaje de remoción de 91,79 %, Coliformes Fecales 600 UFC/100ml con un porcentaje de remoción de 99,32%,

cuyos valores se encuentran dentro de los límites permisibles del TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 9 límites de descarga aun cuerpo de agua dulce, Recurso agua.

- El costo estimado para la construcción e implementación del presente proyecto es de \$ 84024,96 (Ochenta y cuatro mil veinte y cuatro dólares con noventa y seis centavos), el mismo está comprendido desde la preparación del terreno hasta la ejecución del sistema, y se ha tomado en cuenta los resultados del dimensionamiento de cada proceso y valores actualizados de los materiales, con la finalidad de obtener un análisis preciso de los costos.

RECOMENDACIONES

- Es necesario se implemente la propuesta en la Cabecera Parroquial de Sevilla Don Bosco para disminuir la contaminación del Río Upano y los efectos negativos en el área de influencia, además la entidad cumplirá con la normativa ambiental TULSMA.
- Se recomienda una limpieza periódica de los diferentes componentes que conforman el sistema de tratamiento, especialmente de las rejillas y del material graso retenido en la trampa de grasa, para evitar el taponamiento de tuberías y equipos por depósitos de partículas.
- Se debe hacer una inspección constante en los humedales Artificiales para evitar estancamientos de agua ya que esto conllevaría a la generación de olores desagradables o también la proliferación de vectores causantes de enfermedades.
- Se recomienda realizar un estudio de los lodos formados durante el tratamiento de las aguas residuales para identificar su posible reutilización, o si no descargarlos en un área adecuada para lodos, como pozos sépticos.
- Se debe realizar de manera periódica una caracterización físico-química y microbiológica al efluente tratado, para comprobar que los parámetros del mismo sigan cumpliendo con la normativa ambiental TULSMA.

GLOSARIO

%	Porcentaje
°C	Grados Centígrados
θ	Angulo de inclinación de las barras
A	Área donde se va a implementar el proyecto
A_r	Área de sección transversal del flujo
APHA	American Public Health Association
AWWA	American Water Works Association
b	Ancho del canal
CO₂	Dióxido de Carbono
COIP	Código Orgánico Integral Penal
COOTAD	Código Orgánico de Organización, Territorial, Autonomía y Descentralización.
Cs	Carga Superficial
CR	Coefficiente de retorno
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DGAPA	Dirección de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado
DQO	Demanda Química de Oxígeno
Dot	Dotación de Agua Potable
eb	Espesor de las barras
EDAR	Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
h	Altura del tirante de agua
H	Profundidad del canal
ha	Hectárea
hs	Altura asumida
H₂O	Agua
H₂SO₄	Ácido Sulfúrico
i	Tasa de infiltración
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos-Ecuador
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
K₂Cr₂O₇	Dicromato de potasio
Kg	Kilogramo
Km	Coefficiente de Manning
L	Litros
L/s	Litros por segundo

M	Coeficiente de mayorización
m	Metros
mg/L	Miligramos por litro
mm	Milímetros
n	Coeficiente de rugosidad de Manning
N	Periodo de tiempo en años
Nb	Numero de barras
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
Pa	Población actual
Pf	Población futura
pH	Potencial de Hidrógeno
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Q	Caudal de diseño
Q_M	Caudal Máximo de Diseño
Q_{max}	Caudal máximo teórico
Q_{med}	Caudal medio teórico
Q_{INF}	Caudal de infiltración
Q_{prom}	Caudal Promedio
r	Tasa de crecimiento anual
RH	Radio Hidráulico
S	Pendiente del canal
Sb	Separación entre barras
SD	Sólidos Disueltos
SF	Solidos Fijos
SSed	Sólidos Sedimentables
SS	Sólidos Suspendidos
SST	Sólidos Suspendidos Totales
SV	Solidos Volátiles
TAR	Tratamiento de Aguas Residuales
TRH	Tiempo de Retención Hidráulica
TULSMA	Texto Único de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
UFC/100	Unidad formadora de colonias por 100 mililitros
UNACH	Universidad Nacional de Chimborazo
USEPA	United States Environmental Protection Agency

BIBLIOGRAFIA

ACUERDO MINISTERIAL DEL ECUADORNO. 026. *Expídense los procedimientos para registro de generadores de desechos peligrosos, gestión de desechos previo al licenciamiento ambiental, y para el transporte de materiales peligrosos.* [en línea]. 12 mayo 2008. S.l.: s.n. [Consulta: 3 diciembre 2018]. Registro Oficial No. 334. Disponible en: http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/249439/AM+026++registro+generadores+desechos+peligrosos_gesti%C3%B3n+y+transporte.pdf/b4c082ef-3816-46d5-83fd-8867aa297352.

ACUERDO MINISTERIAL DEL ECUADORNO. 061. *Normativa de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua* [en línea]. 4 mayo 2015. S.l.: s.n. [Consulta: 3 diciembre 2018]. Registro Oficial No. 316. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>.

BADILLO GUEVARA, et.al. *Construcción y evaluación de la eficiencia de dos prototipos de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de la Universidad El Bosque.* *Dialnet*, [en línea]. vol. 15, no. 2, pp. 161-170. [Consulta: 3 diciembre 2018]. ISSN 1692-1399. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6232803>

BUILD A FREE WEBSITE OF YOUR OWN ON. *Tratamiento de Aguas Residuales.* [en línea]. [Consulta: 1 diciembre 2018]. Disponible en: http://members.tripod.com/london_job/trabajoseninglaterra/id29.html.

CARRIÓN CRUZ, D.A. *A mis padres Diego y Susana, que con generosidad y cariño me apoyaron en todo momento y estuvieron dispuestos para darme fortaleza con la finalidad de que logre mis objetivos.* [en línea]. Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Jurisprudencia. Ciencias Políticas y Sociales, Carrera de derecho. 2016. [Consulta: 1 diciembre 2018]. Disponible en: www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5770/1/T-UCE-0013-Ab-029.pdf.

CASIERRA MARTÍNEZ, et.al. *Desinfección de agua residual doméstica mediante un sistema de tratamiento acoplado con fines de reúso.* *Tecnología y ciencias del agua*, [en línea]. 2016. vol. 7, no. 4, pp. 97-111. [Consulta: 1 diciembre 2018]. ISSN 2007-2422. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-24222016000400097&lng=es&nrm=iso&tlng=es

CEDEÑO ALVAREZ, E.Y. y VILELA GOVEA, P.E. “Análisis De La Operación De Los Humedales De Flujo Sub-Superficial En La Remoción de Contaminantes Ambientales” [en línea]. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Guayaquil-Ecuador: 2015. [Consulta: 3 diciembre 2018]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89822/D-70117.pdf>.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *La ley de gestión ambiental* [en línea]. 6 agosto 2014. S.l.: s.n. [Consulta: 3 diciembre 2018]. Art 395. La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales: Disponible en: http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/constitucion_de_bolsillo_final.pdf.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, ASAMBLEA NACIONAL. *Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento de agua.* [en línea]. 6 agosto 2014. S.l.: s.n. [Consulta: 2 diciembre 2018]. Registro Oficial Suplemento N° 305. Disponible en: <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR - CONGRESO NACIONAL. *Ley Orgánica de Salud - Nacional* - [en línea]. 22 diciembre 2006. S.l.: s.n. [Consulta: 3 diciembre 2018]. Legislación-VLEX 648443225. Disponible en: <https://vlex.ec/vid/ley-67-ley-organica-648443225>.

COPETE, MENDEZ, F.L. *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la Parroquia Malimpia, del Cantón Quininde.Tesis.pdf.* [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias - Escuela de Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador: 2018. [Consulta: 4 diciembre 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8612/1/96T00432.pdf>

CULLIGAN BLOG WATER. Tipos de aguas en el tratamiento de aguas residuales. *Medio Ambiente* [en línea]. Ecuador: 2018. [Consulta: 2 diciembre 2018]. Disponible en: <http://www.culligan.es/blog/tratamiento-de-aguas-residuales-tipos-de-aguas/>.

CHACHA, CHACHA, I.J. *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para el Camal Municipal de la Ciudad de Macas Cantón Morona Provincia de Morona Santiago. Tesis.pdf.* [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias - Escuela de Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador: 2016. [Consulta: 4 diciembre 2018]. Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6512/1/96T00368.PDF>

CHIMBO, ALVARADO, G.P. y MONTERO, ARTEAGA, G.G. *Diseño y Construcción de una Planta De Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas con Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial en la Parroquia San Luis de Armenia, Comunidad San Luis de Armenia Provincia de Orellana. Tesis.pdf.* [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias - Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador: 2018. [Consulta: 4 diciembre 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8944/1/236T0341.pdf>

DELGADILLO, O, et.al. *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.* [en línea]. vol. 1, no. 2, pp. 1-115. [Consulta: 3 diciembre 2018]. ISSN 978-999954-766-2-5. 2-1-154-10 Disponible en: http://blogdelagua.com/wp-content/uploads/2013/02/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificial_es.pdf

DÍAZ ACERO, C.A. Tratamiento de agua residual a través de humedales. [en línea]. 2017 vol. 1, no. 2, pp. 8. [Consulta: 2 diciembre 2018]. DOI ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos. Disponible en: <http://www.ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/-TRATAMIENTO%20DE%20AGUA%20RESIDUAL%20A%20TRAVES%20DE%20HUMEDALES.pdf>

GARCÍA ASTILLERO, A. Tipos de tratamiento de aguas residuales. *Ecología Verde* [en línea]. 2018. [Consulta: 2 diciembre 2018]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-tratamiento-de-aguas-residuales-1448.html>.

HARDENBERG y RODIE B., E. *tratamiento de aguas residuales - Capitulo IV.* [en línea]. México: 1987. s.n. [Consulta: 2 diciembre 2018]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/oropeza_b_vm/capitulo4.pdf.

HUESCAS AYALA, J.C. *Guías técnicas y económicas para la selección y diseño de plantas de tratamiento de agua* [en línea]. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. México: 2013 [Consulta: 2 diciembre 2018]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/16959/25-1-16604.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

INSTITUTO DE TOXICOLOGÍA DE LA DEFENSA, *Protocolo de toma de muestra de agua residual* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 2 diciembre 2018]. Disponible en:

http://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/PROTOCOLO_DE_TOMA_DE_MUESTRAS_DE_AGUA_RESIDUAL_ver_2.pdf.

JAYA, GUILCAPI, S.I. *Diseño De Un Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales Para La Parroquia San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar. Tesis.pdf*. [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias - Escuela de Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador: 2017. [Consulta: 5 diciembre 2018]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/7903/1/96T00416.pdf>

LA COMISIÓN DE LENGILACIÓN Y CONDIFICACIÓN. *LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL* [en línea]. S.l.: s.n. 418. [Consulta: 2 diciembre 2018]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCIÓN-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACIÓN-AMBIENTAL.pdf>.

LOPEZ SOLANO, C.A. *Origen y Características de las aguas residuales* [en línea]. 2014. S.l.: PTAR-Uniminuto. [Consulta: 2 diciembre 2018]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/>.

LOPEZ VAZQUEZ, C.M, et.al. *Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño* [en línea]. 2017. S.l.: IWA Publishing. [Consulta: 2 diciembre 2018]. ISBN 978-1-78040-913-9. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=lxNBDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=dise%C3%B1o+sistemas+de+tratamiento+biologico&ots=ygjN63z8rP&sig=BFJffCCGmupR5Gf1yYhyhiMn8qs#v=onepage&q=dise%C3%B1o%20sistemas%20de%20tratamiento%20biologico&f=false>.

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL – OEFA. *Aguas residuales* [en línea]. 2015. S.l.: Fiscalización Ambiental-OEFA. [Consulta: 2 diciembre 2018]. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.

RAMALHO, R.S. *Tratamiento de aguas residuales* [en línea]. 2. Barcelona - España: Reverté, S. A. 2003. [Consulta: 2 diciembre 2018]. ISBN 84-291-7975-5. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=30etGjzPXyWC&pg=PA78&dq=muestreo+de+aguas+residuales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVtKWti4LfAhUHwIkKHQ8pB20Q6AEIJzAA#v=onepage&q=muestreo%20de%20aguas%20residuales&f=false>. SE-1945-2003

ROS MORENO, A. *El Agua. Calidad y contaminación.* [en línea]. 2011. [Consulta: 1 diciembre 2018]. Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso-agua-calidad-contaminacion-2-2/aguas-residuales>.

RUIZ, R. *El Método Científico y sus Etapas. México* [en línea]. 2007. [Consulta: 9 diciembre 2018]. Disponible en: <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>

SAINZ SASTRE, J.A. *Diseño de un sistema de tratamiento de depuración y regeneración de aguas residuales para pequeños Municipios y Complejos Hoteleros en la República Dominicana.* S.l.: s.n. [en línea]. EQi. 2011. [Consulta: 1 diciembre 2018]. Disponible en: <https://www.eoi.es/es/file/17183/download?token=0H2NHq4q>

TOREES GUERRA, J.D, et.al. *Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies Cyperus Papyrus y Phragmites Australis, en Carapongo-Lurigancho.* [en línea], 2017 vol. 3, no. 2. [Consulta: 2 diciembre 2018]. ISSN 2410-843x. DOI <http://dx.doi.org/10.17162/riectd.v1i2.954>. Disponible en: https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/article/view/657/pdf.

VALDEZ, ROSALES, S.D. *Diseño de un Sistema De Tratamiento de Aguas Residuales para la Parroquia "Vuelta Larga" Del Cantón Esmeraldas* [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias - Escuela de Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador: 2018. [Consulta: 3 diciembre 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/12345-6789/8609/1/96T00429.pdf>

VALENCIA LÓPEZ, A.E. *Diseño de un Sistema de Tratamiento para las Aguas Residuales de la Cabecera Parroquial de San Luis - Provincia de Chimborazo* [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias - Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador: 2013. [Consulta: 2 diciembre 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3118/1/236T0084.pdf>.

VEGA, QUISPE, T.E. *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para el Cantón Archidona de la Provincia de Napo.Tesis.pdf* [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias - Escuela de Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador: 2016. [Consulta: 3 diciembre 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6849/1/96T00358.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. Manual de Operación y Mantenimiento

Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Tratamiento para las aguas residuales de la Cabecera Parroquial De Sevilla Don Bosco

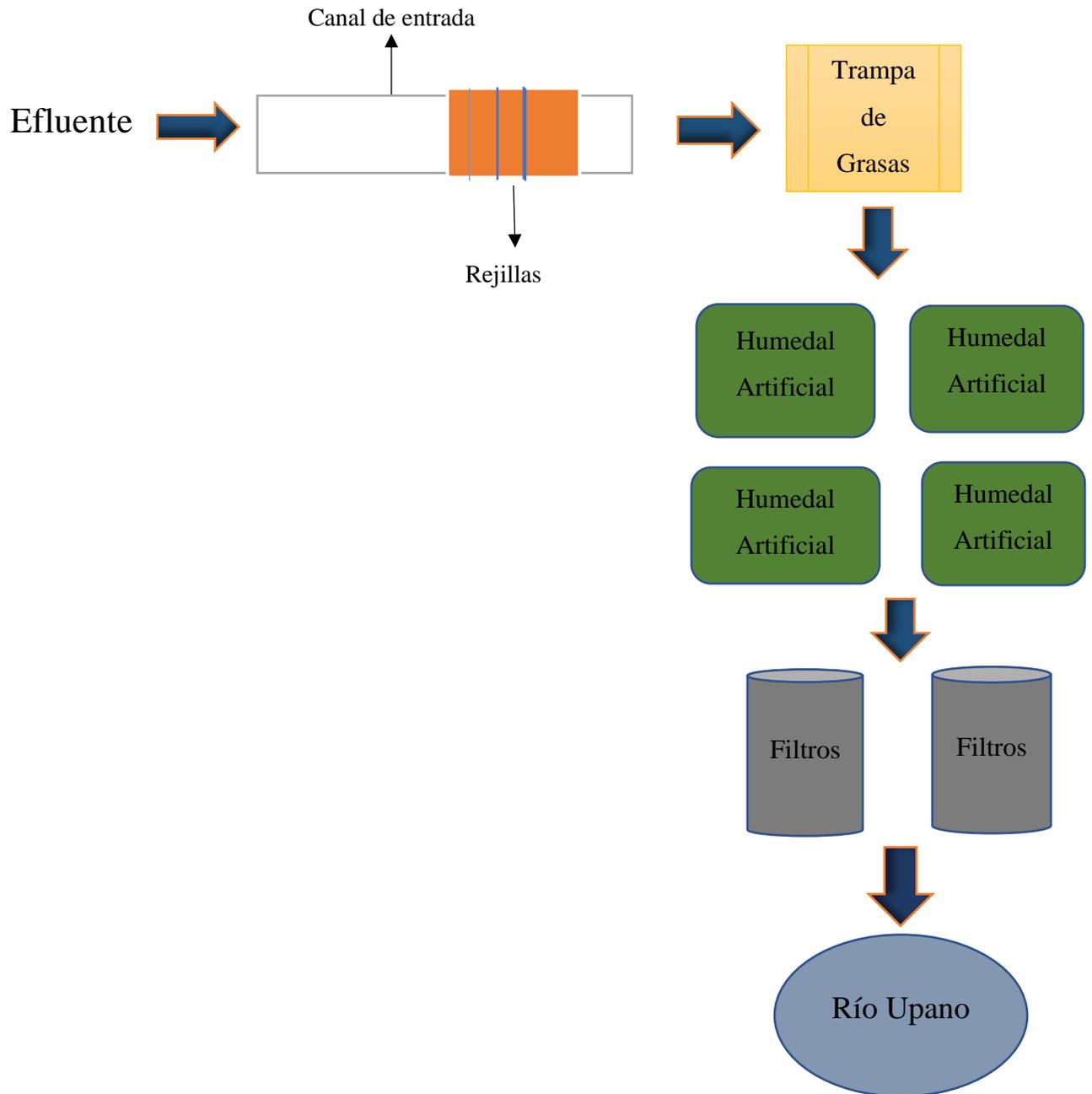


Gráfico 1: Esquema del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Elaborado por: Estefanía Pérez, 2019

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Verificación periódica

Con el objetivo de prevenir inconvenientes y fallos, se realizarán las revisiones al sistema de tratamiento en cada proceso como también se comprobará su normal funcionamiento.

Mantenimiento periódico

Se realizará un mantenimiento periódico a la planta de tratamiento removiendo objetos que puedan interferir en la normal operatividad del sistema y la revisión de accesorios que la componen.

Monitoreo de Agua

- Se determinará periódicamente los parámetros de pH, Conductividad y Temperatura al Ingreso y Salida de los procesos que componen el Sistema de Tratamiento para evaluar su correcto funcionamiento.
- Se realizará la caracterización periódica del agua cruda y agua tratada para verificar la eficiencia del sistema y el cumplimiento con la Normativa ambiental.

Equipo de protección personal

El Equipo de protección personal EPP deberá ser utilizado tanto por el operador de la planta de tratamiento como el técnico de la misma, para precautelar la integridad de las personas encargadas de controlar el Sistema de tratamiento. El EPP debe estar compuesto por: Casco de seguridad, gafas de protección, mascarilla, guantes, Traje impermeable, Botas de hule.

ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO GENERALES

Determinación de Caudales

Procedimiento:

- Dejar llenar un balde de 10 L anotando el tiempo que tarda en llenarse
- Dividir el volumen de agua en el balde (10 L) para el tiempo que tardó en llenarse
- Realizar el procedimiento 5 veces en intervalos de 3 minutos entre medidas

- Promediar los valores
- Registrar el valor promedio en el Formulario de Control Operativo
- El caudal será determinado al ingreso del sistema de tratamiento, en horas de mayor actividad domestica: 7:00; 10:00; 13:00; 16:00; 19:00

Canal de Entrada: Se encargará de enviar el agua hacia la planta de tratamiento, obteniendo una velocidad uniforme, para prevenir la acumulación de arena u otro material pesado, antes y después de la rejilla.

Limpieza del Canal de Entrada

- Realizar semanalmente una inspección visual del canal de criba
- Cerrar la válvula de ingreso de caudal de agua residual
- Contar con los equipos de protección necesarios para realizar esta actividad y los materiales para su limpieza manual (carretilla, balde y pala cuadrada).
- Realizar esta actividad a continuación de la limpieza de la rejilla
- Utilizar una pala cuadrada para desprender los sólidos retenidos en el piso antes y después de la rejilla y recogerlos en un balde
- Descargar el balde en la carretilla y transportarlo a un recipiente plástico perforado, para que sean escurridos
- Una vez retirado el lodo del canal, abrir gradualmente la válvula de ingreso, para realizar una auto limpieza con el caudal de ingreso.
- Registrar la ejecución de la actividad en el formulario de control Operativo

Sistema de Rejillas: Se ubicará dentro del canal de ingreso como parte del pre-tratamiento, con la finalidad de retener sólidos de gran tamaño como botellas, ramas o cualquier otro material que podría provocar daños considerables en los siguientes dispositivos.

Limpieza de las Rejillas

- Cerrar lentamente la válvula de ingreso
- Utilizar los equipos de protección personal, y las herramientas necesarias para esta actividad (rastrillo, balde, y una pala cuadrada)
- Retirar con el rastrillo y la pala cuadrada el material sólido retenido en las rejillas
- Recoger en un balde, los sólidos, basuras y material retirado, para luego colocarlos en fundas de basura.
- Disponer del material sólido para ser recogidos por la empresa de aseo

- Limpiar con un cepillo grueso las rejillas
- Registrar en el Formulario de Control Operativo las fechas en que se realiza esta actividad y cualquier novedad presentada
- Esta actividad se la debe realizar diariamente.

Trampa de Grasas: Es un tanque en donde se almacenará el agua residual con el objetivo de separar sustancias como acetites, grasas, espumas y otras materias flotantes de menor densidad que el agua, que al ser más livianas subirán a la superficie para ser extraídas manualmente.

Limpieza de Trampa de Grasas

- Taponar o suspender el ingreso de agua al sistema de tratamiento
- Levantar la cubierta de la trampa de grasas.
- Retirar los sólidos, nata de grasas y demás elementos que se encuentren en su interior con un cernidero de malla fina o madera, el mismo debe estar provisto de un mango largo y su material de construcción debe ser liviano.
- Almacenar en un contenedor cilíndrico los aceites y las grasas eliminados.
- Dejar abierto los compartimentos 5 horas antes de la limpieza de los lodos sedimentados tomando en cuenta que no exista aguas de lluvia, estos lodos colocarlos en canecas metálicas adecuadas
- Limpiar las paredes superiores y la tapa de la trampa de grasas con el uso de jabón arranca grasa.
- Colocar nuevamente la cubierta de la trampa de grasas
- Esta actividad se realizará una vez por semana o con mayor regularidad si es que existe mayor cantidad de aceites y grasas retenidas.

Humedal Artificial: Es un sistema de fitodepuración que asemeja una laguna, tiene la función de disminuir la concentración de sólidos y materia orgánica presente en el agua residual, las plantas que se encargarán de la depuración serán los lechuguines que se encontrarán enraizadas sobre un lecho filtrante que consta de grava y arena.

Mantenimiento del Humedal Artificial

- Limpiar semanalmente la Tubería que distribuye el agua residual a la entrada y la que conduce a la salida
- Verificar periódicamente el nivel de agua para evitar acumulaciones superficiales excesivas.

- Los olores desagradables y la proliferación de insectos son producidos generalmente por un estancamiento de agua, en caso de estancamiento se debe retirar la cobertura vegetal y el sustrato para direccionar el agua hacia la salida.
- Se realizará la poda mensualmente, mediante un corte en el tallo a una altura de 25 o 30 cm medidos desde la superficie del humedal.
- Se deberá remover inmediatamente la vegetación que haya perecido puesto que su acumulación producirá un DBO residual perturbando la calidad del efluente, además los desechos de las plantas podrían provocar estancamientos del sistema
- Se elaborará un compost con los residuos de los vegetales extraídos

Filtro Dual de medios múltiples: La filtración tiene como objetivo retener las impurezas o turbiedad del agua residual proveniente de los humedales artificiales, a través de un lecho filtrante que consta de Arena, grava y antracita, para así asegurar la calidad del efluente para ser descargada al Río Upano

Mantenimiento del Filtro Dual

- El lavado del lecho filtrante se debe realizar cuando el nivel del agua del filtro llega máximo y el agua empieza a rebosar.
- La limpieza de la superficie del lecho filtrante se realizará por el método del raspado y trillado
- El raspado consiste en retirar una capa superficial de 2 cm de espesor, cada vez que la carrera del filtro ha llegado a su fin
- El trillado se lo realizará revolviendo de 20 a 30 cm de profundidad del lecho filtrante con un trinche, mientras el agua fluye sobre la superficie del filtro, llevándose la suciedad acumulada y el sedimento que ha sido desprendido por el trillado, después se eliminará la aplicación de agua mientras que se continúa removiendo la capa del lecho filtrante y se prepara al filtro para entrar en servicio. Se lo realizará por lo menos 3 veces al año.
- Cada 5 años se realizará el lavado completo del filtro, se retira con mucho cuidado la arena y la grava para no mezclarlas y se lavan, se cepillarán las paredes de la caja del filtro, se reacomoda el drenaje y se vuelve a colocar el lecho filtrante. Si ha habido pérdidas de arena y grava será necesario reponerla.

ANEXO B



N° SE: 073 - 18

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Priscila Pérez **FORME N°:** 073 - 18
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE:** 073 - 18
DIRECCIÓN: 24 de Mayo y Cuenca - Macas **FECHA DE RECEPCIÓN:** 30 - 07 - 18
TELÉFONO: 0985442813 **FECHA DE INFORME:** 05 - 08 - 18

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua residual doméstica, Parroquia Sevilla Don Bosco, Cantón Morona **TIPO DE MUESTRA:** Agua
IDENTIFICACIÓN: MA - 132-18 Muestra 1

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS MA - 132-18

PARAMETROS	UNIDADES	METODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K#2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	[pH]	RELISA-01	6,08	+/- 0,08	30-07-18
Conductividad	µS/cm	RELISA-02	204,8	+/- 8 %	30-07-18
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130-B	28,55	N/A	30-07-18
* Color	Upteco	STANDARD METHODS 2120-C	82	N/A	30-07-18
Sólidos Totales	mg/l	RELISA-04	162	+/- 8 %	30-07-18
* Sólidos Suspendedos	mg/l	STANDARD METHODS 2540-D	30	N/A	31-07-18
* Sólidos Sedimentables	ml	STANDARD METHODS 2540-F	2,0	N/A	30-07-18
* Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO ₄ -E	20	N/A	30-07-18
* Fosfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 PO ₄ -E	3,21	N/A	30-07-18
* Aceites y grasas	mg/l	EPHA-116-1	56,40	N/A	30-07-18
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540-C	0,53	N/A	30-07-18
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 NH ₃ NHC - (ind)	5,25	N/A	30-07-18
* DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5210-B	152	N/A	30-07-18
DOO	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D (ind)	277	+/- 10 %	30-07-18
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221-C	4,1 x 10 ⁴	N/A	30-07-18

Los resultados de este informe corresponden únicamente a las muestras(s) analizadas(s). Los valores marcados con (*) son el resultado de un método de acreditación del SAE. Se permite la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 2

FMC2101-01

L.S.A. Campus Mañor Edificio Riara Km 1 1/2 vía a Guano Bloque Administrativo.



Contáctanos: 0998580374 - 032924322
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 09 de agosto del 2018
 Análisis solicitado por: Srta. Priscila Pérez
 Tipo de muestras: Agua residual doméstica
 Localidad: Parroquia Sevilla Don Bosco Cantón Morona, Morona Santiago

Análisis Químico Código 049-18

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	**Valores referenciales	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	6,30
Conductividad	µSiemens/cm	2510-B	-	200
Turbiedad	NTU	2130-B	-	30,20
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/L	HACH 10072	50	6,07
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	50	20,5
Sulfatos	mg/L	4500 SO ₄ -E	1000	25
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	199
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20	4
Sólidos Suspendedos	mg/L	2540-C	220	17
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	261
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	120
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	Microfiltración	2000	3 x 10 ⁴

*Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF.

** Libro de Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 9 descarga al alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



Contáctanos: 0998580374 - 032924322
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 14 de agosto del 2018
 Análisis solicitado por: Srta. Priscila Pérez
 Tipo de muestras: Agua residual doméstica
 Localidad: Parroquia Sevilla Don Bosco Cantón Morona, Morona Santiago

Análisis Químico Código 051-18

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	**Valores referenciales	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	6,70
Conductividad	µSiemens/cm	2510-B	-	220,8
Turbiedad	NTU	2130-B	-	35,15
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/L	HACH 10072	50	9,30
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	50	14,5
Sulfatos	mg/L	4500 SO ₄ -E	1000	15
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	178
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20	1,2
Sólidos Suspendedos	mg/L	2540-C	220	30
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	255
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	112,0
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	Microfiltración	2000	1,7 x 10 ⁴

*Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF.

** Libro de Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 9 descarga al alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente,

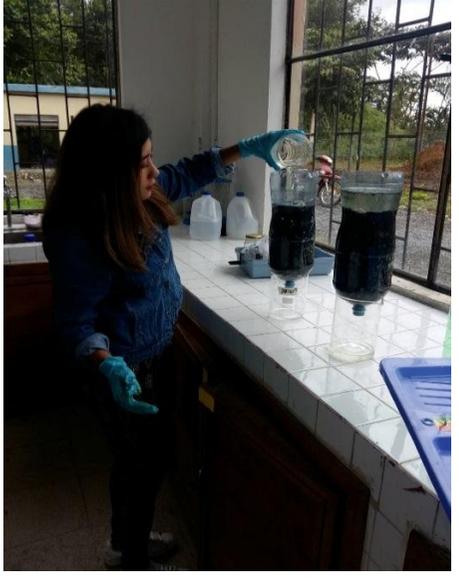
Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA RESIDUAL CRUDA
Caracterización físico-química y microbiológica del agua residual; prueba 1,2 y 3	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	Realizado por: Estefanía Pérez	Lámina
			1F
			Escala
			-
			Fecha
			18/06/2019

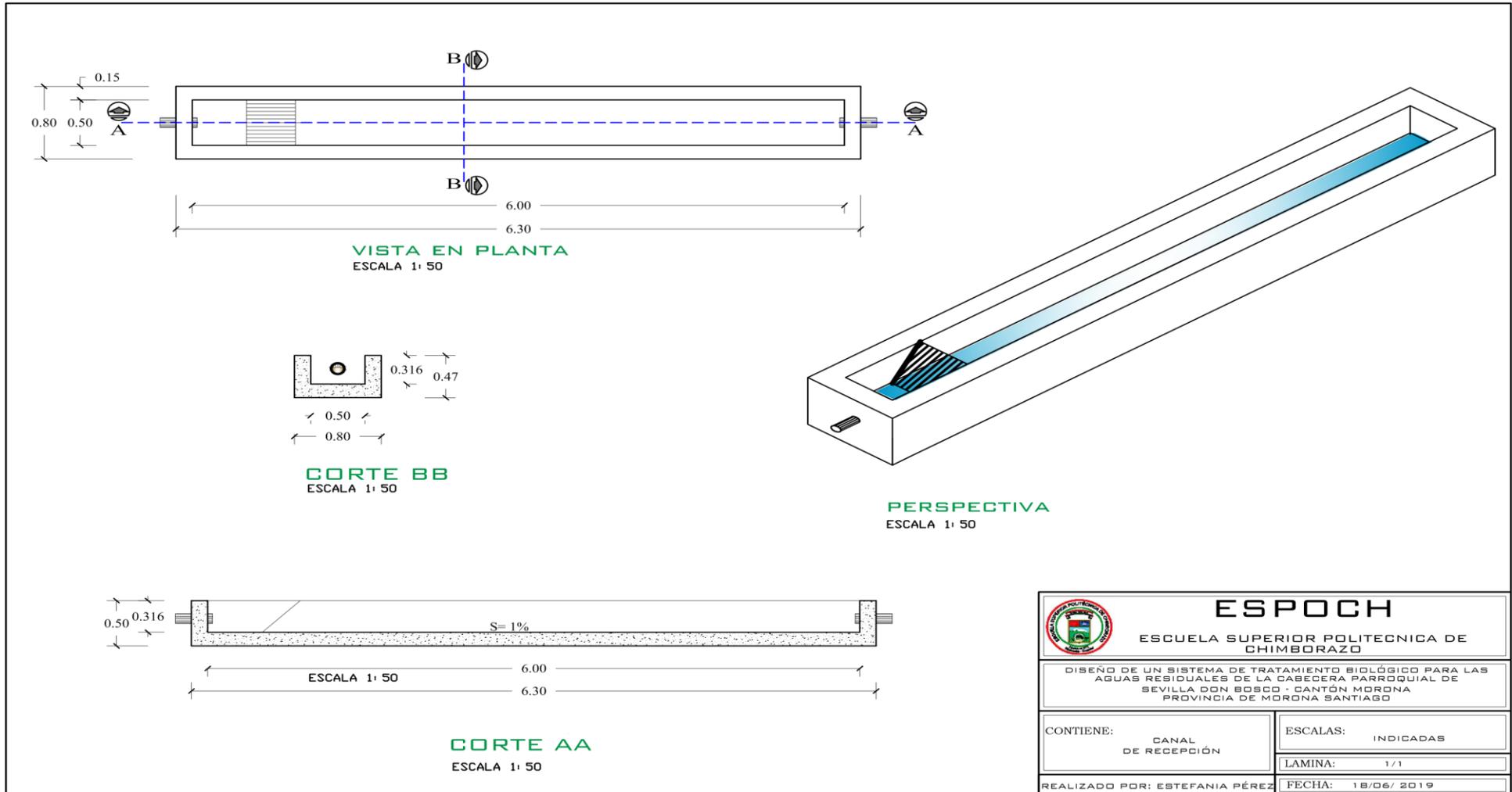
ANEXO C

<div style="text-align: center;">  <p>Contáctanos: 0998580374 - 032924322 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador</p> </div> <p>INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS Fecha: 12 de octubre del 2018 Análisis solicitado por: Srta. Priscila Pérez Tipo de muestras: Agua residual doméstica no filtrada Localidad: Parroquia Sevilla Don Bosco Cantón Morona, Morona Santiago</p> <p style="text-align: right;">Código 064-18</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Determinaciones</th> <th>Unidades</th> <th>*Métodos de análisis</th> <th>Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aceites y Grasas</td> <td>mg/L</td> <td>5520-B</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Sólidos Sedimentables</td> <td>ml/L</td> <td>2540-B</td> <td>3.9</td> </tr> <tr> <td>Hierro</td> <td>mg/L</td> <td>3500-Fe-D</td> <td>0.07</td> </tr> <tr> <td>Nitrógeno Orgánico</td> <td>ml/L</td> <td>4500-N_{org}-C</td> <td>0.12</td> </tr> <tr> <td>Sólidos Suspendidos</td> <td>mg/L</td> <td>2540-C</td> <td>26.3</td> </tr> <tr> <td>Demanda Química de Oxígeno</td> <td>mg/L</td> <td>5220-C</td> <td>135</td> </tr> <tr> <td>Demanda Bioquímica de Oxígeno</td> <td>mg/L</td> <td>5210-B</td> <td>87</td> </tr> <tr> <td>Coliformes Fecales</td> <td>UFC/100 mL</td> <td>Microfiltración</td> <td>1.2 x 10¹</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>*Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF.</small></p> <p>Observaciones: Atentamente.</p> <div style="text-align: center;">  Dra. Gina Álvarez R. RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada. </div>	Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados	Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	16	Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	3.9	Hierro	mg/L	3500-Fe-D	0.07	Nitrógeno Orgánico	ml/L	4500-N _{org} -C	0.12	Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C	26.3	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	135	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	87	Coliformes Fecales	UFC/100 mL	Microfiltración	1.2 x 10 ¹	<div style="text-align: center;">  <p>Contáctanos: 0998580374 - 032924322 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador</p> </div> <p>INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS Fecha: 12 de octubre del 2018 Análisis solicitado por: Srta. Priscila Pérez Tipo de muestras: Agua residual doméstica Filtrada Localidad: Parroquia Sevilla Don Bosco Cantón Morona, Morona Santiago</p> <p style="text-align: right;">Código 065-18</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Determinaciones</th> <th>Unidades</th> <th>*Métodos de análisis</th> <th>Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aceites y Grasas</td> <td>mg/L</td> <td>5520-B</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Sólidos Sedimentables</td> <td>ml/L</td> <td>2540-B</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>Hierro</td> <td>mg/L</td> <td>3500-Fe-D</td> <td>0.12</td> </tr> <tr> <td>Nitrógeno Orgánico</td> <td>ml/L</td> <td>4500-N_{org}-C</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>Sólidos Suspendidos</td> <td>mg/L</td> <td>2540-C</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Demanda Química de Oxígeno</td> <td>mg/L</td> <td>5220-C</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>Demanda Bioquímica de Oxígeno</td> <td>mg/L</td> <td>5210-B</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>Coliformes Fecales</td> <td>UFC/100 mL</td> <td>Microfiltración</td> <td>600</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>*Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF.</small></p> <p>Observaciones: Atentamente.</p> <div style="text-align: center;">  Dra. Gina Álvarez R. RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada. </div>	Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados	Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	10	Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	0.8	Hierro	mg/L	3500-Fe-D	0.12	Nitrógeno Orgánico	ml/L	4500-N _{org} -C	0.15	Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C	13	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	75	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	53	Coliformes Fecales	UFC/100 mL	Microfiltración	600
Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados																																																																						
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	16																																																																						
Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	3.9																																																																						
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	0.07																																																																						
Nitrógeno Orgánico	ml/L	4500-N _{org} -C	0.12																																																																						
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C	26.3																																																																						
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	135																																																																						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	87																																																																						
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	Microfiltración	1.2 x 10 ¹																																																																						
Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados																																																																						
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	10																																																																						
Sólidos Sedimentables	ml/L	2540-B	0.8																																																																						
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	0.12																																																																						
Nitrógeno Orgánico	ml/L	4500-N _{org} -C	0.15																																																																						
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C	13																																																																						
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	75																																																																						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	53																																																																						
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	Microfiltración	600																																																																						
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS Realizado por: Estefanía Pérez	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FISICO- QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA RESIDUAL TRATADA																																																																						
Caracterización físico-química y microbiológica del agua residual tratada; prueba 1 y 2	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Lámina</td> <td style="width: 33%;">Escala</td> <td style="width: 33%;">Fecha</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2F</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">18/06/2019</td> </tr> </table>	Lámina	Escala	Fecha	2F	-	18/06/2019																																																															
	Lámina		Escala	Fecha																																																																					
2F	-	18/06/2019																																																																							

ANEXO D. FOTOGRAFÍAS

<p>A</p> 	<p>B</p> 	<p>C</p> 	<p>D</p> 							
<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</p> <p>Realizado por: Estefanía Pérez</p>		<p>DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CABECERA PARROQUIAL DE SEVILLA DON BOSCO</p>						
<p>A. Medición de Caudal B. Muestras recolectadas C. Humedal Artificial D. Filtración</p>	<p><input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información</p>			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Lámina</td> <td style="width: 33%;">Escala</td> <td style="width: 33%;">Fecha</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3F</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">18/06/2019</td> </tr> </table>	Lámina	Escala	Fecha	3F	-	18/06/2019
Lámina	Escala	Fecha								
3F	-	18/06/2019								

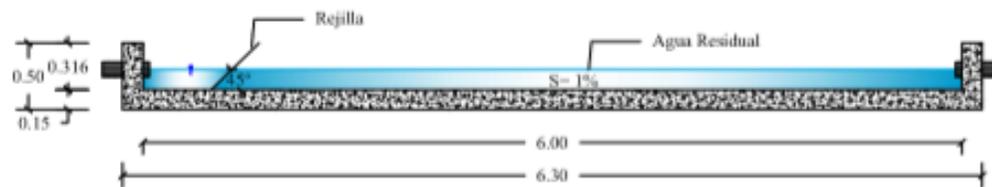
ANEXO E. Planos



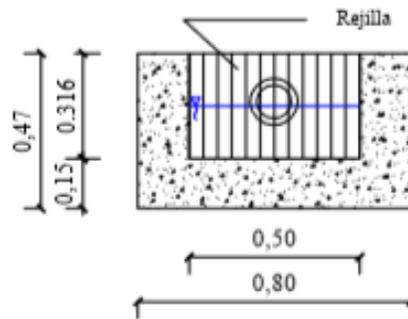
 <h3 style="text-align: center;">ESPOCH</h3> <p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p>	
DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CABECERA PARROQUIAL DE SEVILLA DON BOSCO - CANTÓN MORONA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO	
CONTIENE: CANAL DE RECEPCIÓN	ESCALAS: INDICADAS
REALIZADO POR: ESTEFANIA PÉREZ	
LAMINA: 1/1	
FECHA: 18/06/ 2019	



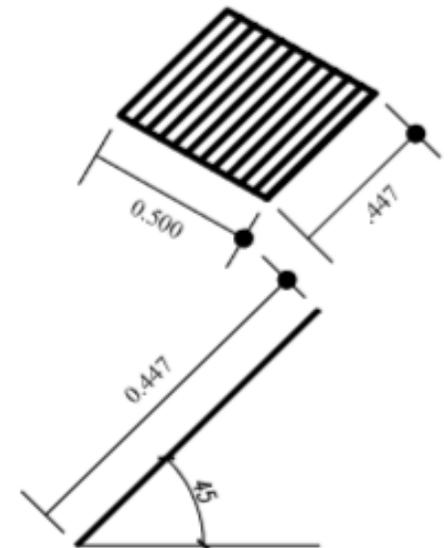
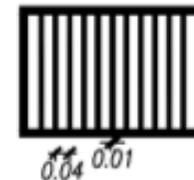
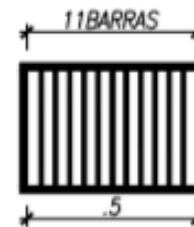
VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 50



CORTE BB
ESCALA 1: 50

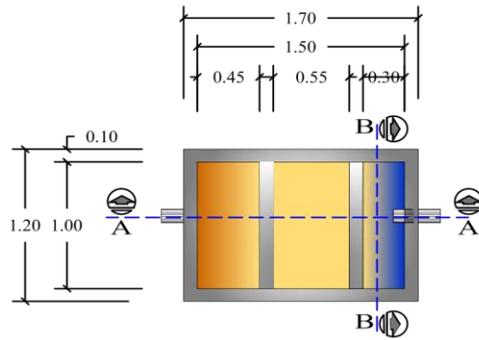


CORTE AA
ESCALA 1: 20

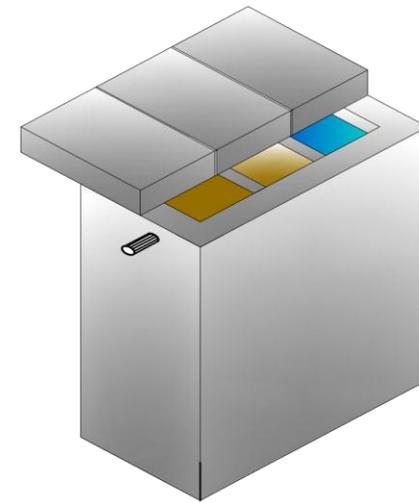


DETALLE DE REJILLAS
ESCALA 1: 20

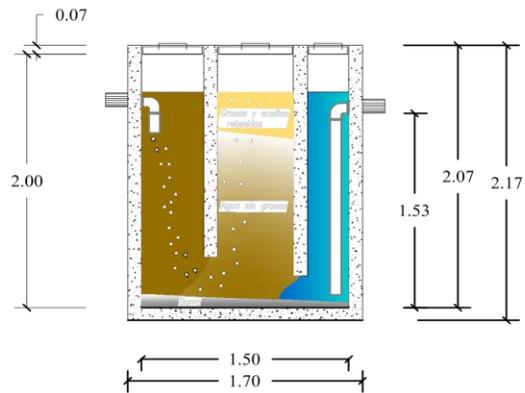
 ESPOCH ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	
DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CARRERA PARROQUIAL DE REJILLA DON BOSCO - CANTÓN HORDAÑA PROVINCIA DE HORDAÑA SANTIAGO	
CONTIENE:	ESCALAS:
REJILLAS METÁLICAS Y DETALLES	INDICADAS
REALIZADO POR: ESTEFANIA PÉREZ	LABORA: 1/1
FECHA: 18.06.2019	



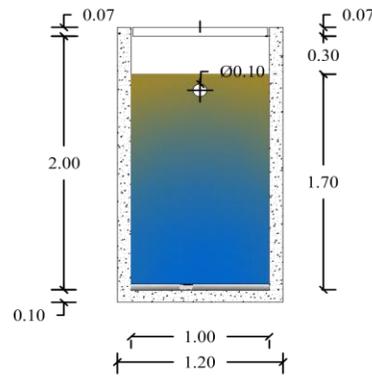
VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 50



PERSPECTIVA
ESCALA 1: 50

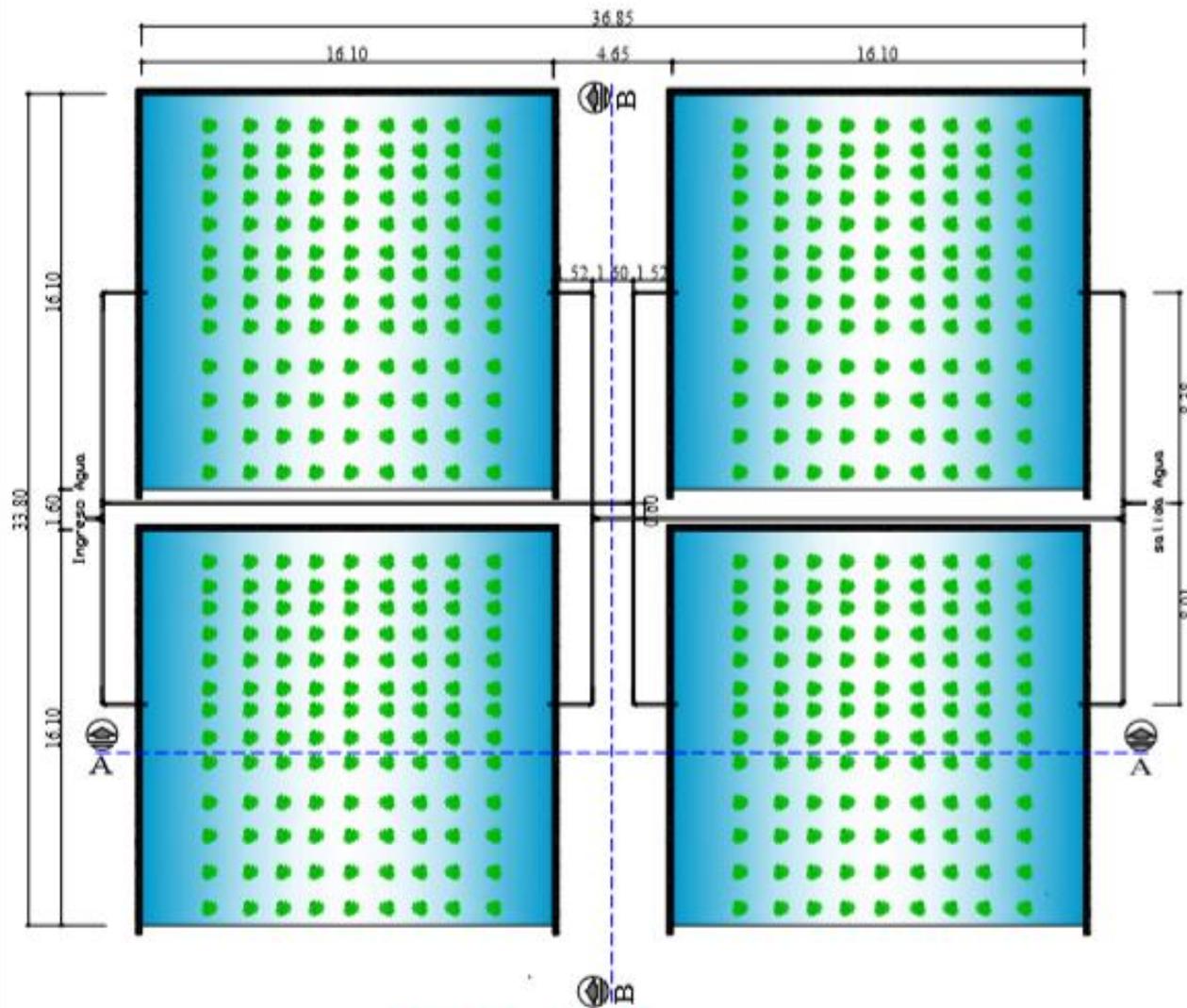


CORTE A-A
ESCALA 1: 50

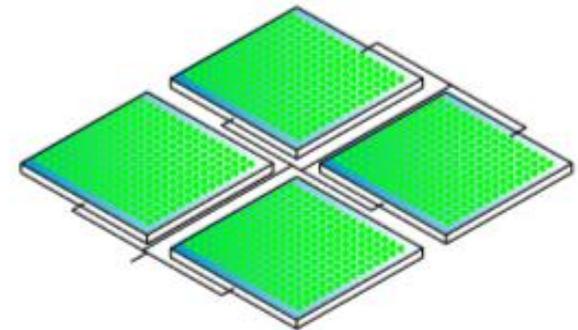


CORTE B-B
ESCALA 1: 50

 <h2 style="margin: 0;">ESPOCH</h2> <p style="margin: 0;">ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p>	
<p style="margin: 0; font-size: small;">DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CABECERA PARROQUIAL DE SEVILLA DON BOSCO - CANTÓN MORONA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO</p>	
<p style="margin: 0; font-size: small;">CONTIENE: DISTRIBUCION DE LA TRAMPA DE GRASAS</p>	<p style="margin: 0; font-size: small;">ESCALAS: INDICADAS</p>
<p style="margin: 0;">LAMINA: 1/1</p>	
<p style="margin: 0;">REALIZADO POR: ESTEFANIA PÉREZ</p>	<p style="margin: 0;">FECHA: 18/06/ 2019</p>

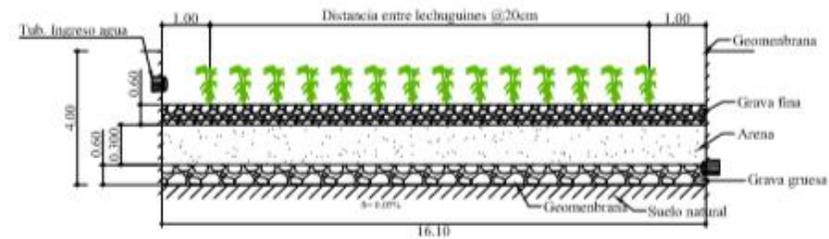
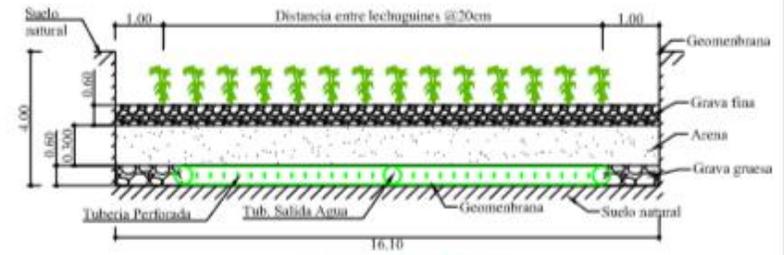
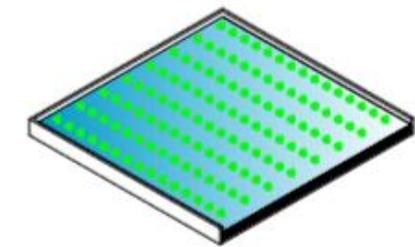
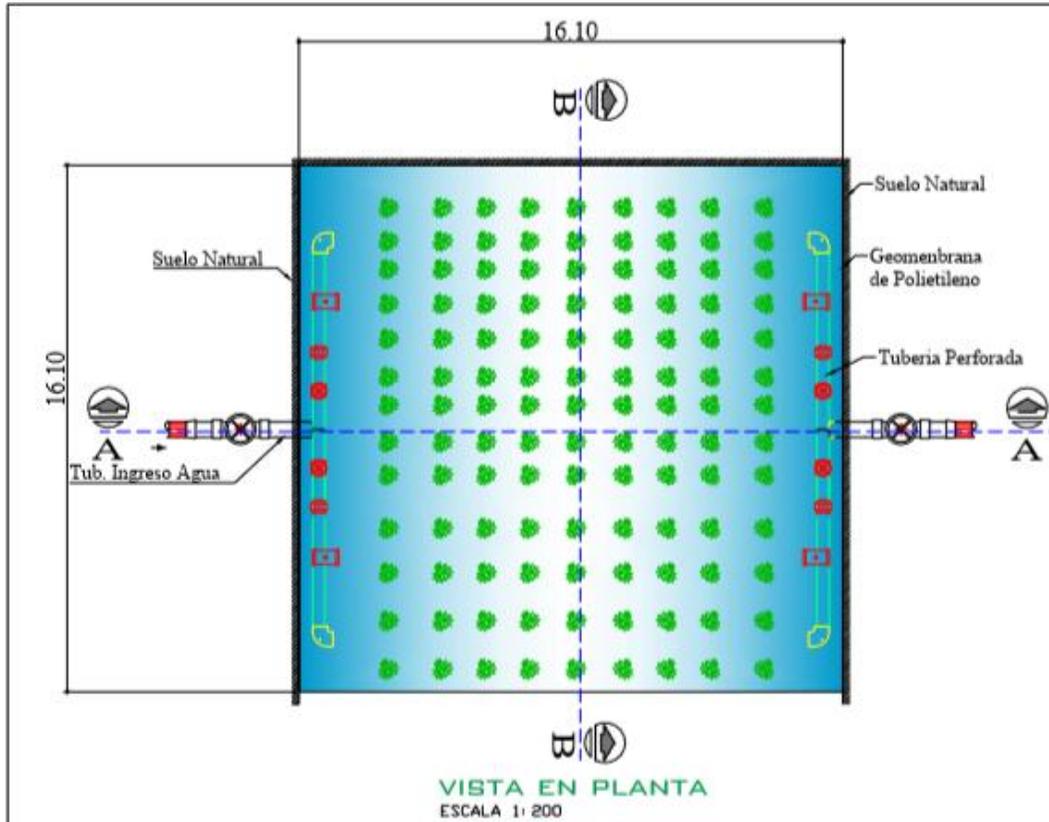


VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 250

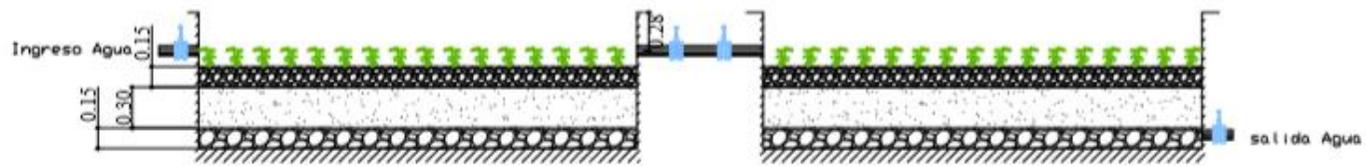


PERSPECTIVA
ESCALA 1: 750

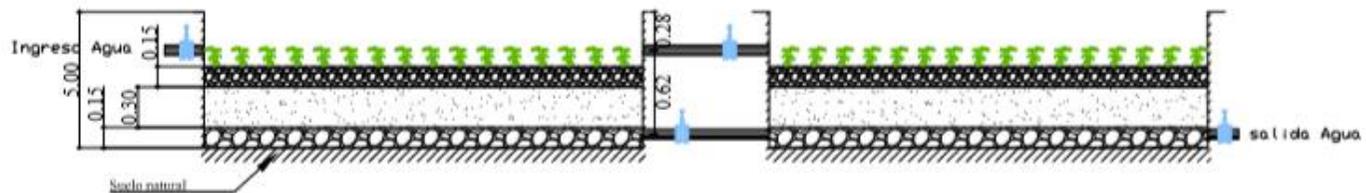
 <h2 style="margin: 0;">ESPOCH</h2> <p style="margin: 0; font-size: small;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p>	
DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CARRERA PARROQUIAL DE SEVILLA DON BOSCO - CANTÓN MORONA - PROVINCIA DE MORONA BALTAZO	
CONTIENE:	ESCALAS: INDICADAS
DISTRIBUCIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES	LÁMINA: 1/2
REALIZADO POR: ESTEFANÍA PÉREZ	FECHA: 18.06.2019



 <h2 style="margin: 0;">ESPOCH</h2> <p style="margin: 0;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE ORIMOROZO</p>	
<p style="margin: 0;">DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CABECERA PARROQUIAL DE SEVILLA DON BOSCO - SANTÓN MORONA - PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO</p>	
<p style="margin: 0;">CONTIENE: DETALLES DE HUMEDAL ARTIFICIAL</p>	<p style="margin: 0;">ESCALAS: INDICADAS</p>
<p style="margin: 0;">LÁMINA: 1/1</p>	
<p style="margin: 0;">REALIZADO POR: ESTEFANIA PÉREZ</p>	
<p style="margin: 0;">FECHA: 18/04/2019</p>	

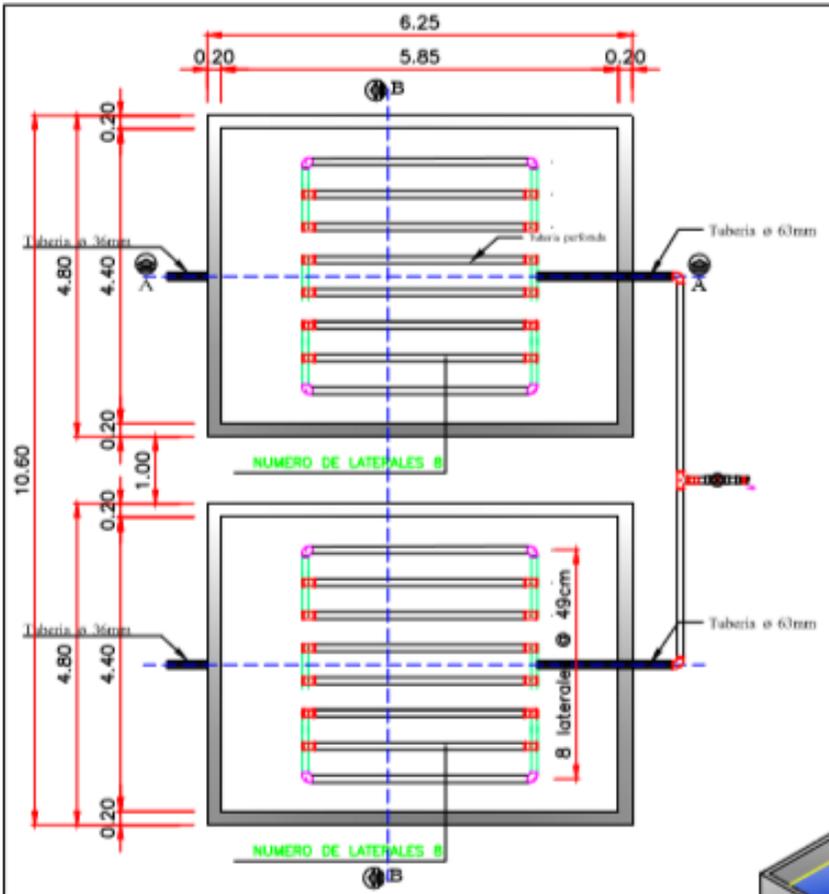


CORTE A-A
 ESCALA H. 1: 250
 ESCALA V. 1: 20

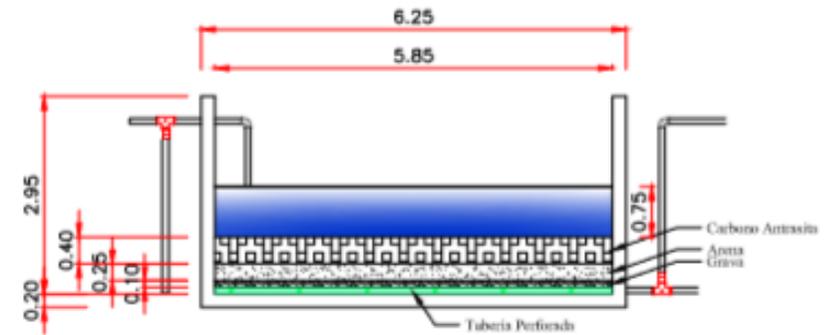


CORTE B-B
 ESCALA H. 1: 250
 ESCALA V. 1: 20

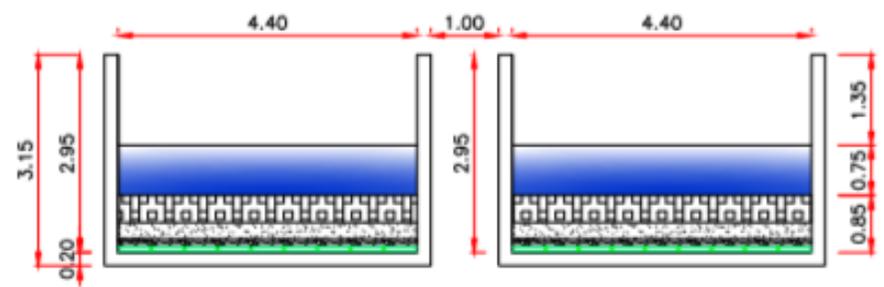
 <h2 style="margin: 0;">ESPOCH</h2> <p style="margin: 0; font-size: small;">ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p>	
<p style="margin: 0; font-size: x-small;">DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CABECERA PARROQUIAL DE SEVILLA DON BOSCO - SANTÓN MORONA - PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO</p>	
<p style="margin: 0; font-size: x-small;">CONTIENE:</p> <p style="margin: 0; text-align: center; font-weight: bold; font-size: small;">CORTE DE HUMEDALES ARTIFICIALES</p>	<p style="margin: 0; font-size: x-small;">ESCALAS: INDICADAS</p>
<p style="margin: 0; font-size: x-small;">REALIZADO POR: ESTEFANIA PEREZ</p>	<p style="margin: 0; font-size: x-small;">LÁMINA: 2/2</p> <p style="margin: 0; font-size: x-small;">FECHA: 18/04/2019</p>



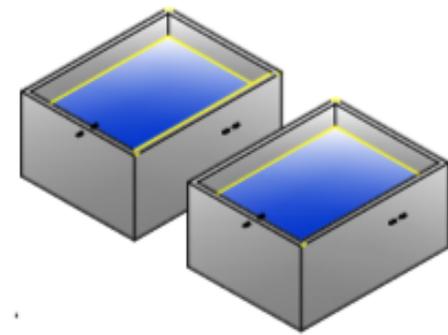
VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 100



CORTE A-A
ESCALA 1: 100

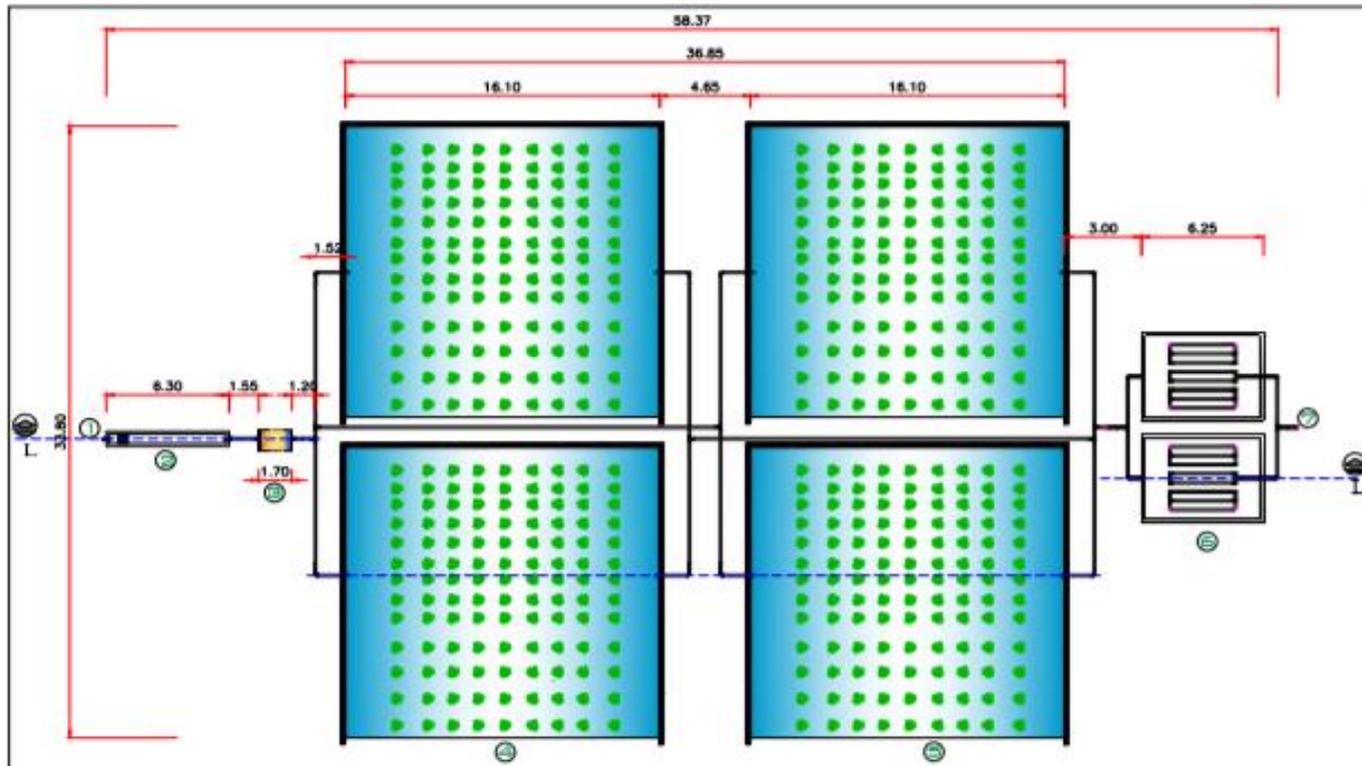


CORTE B-B
ESCALA 1: 250

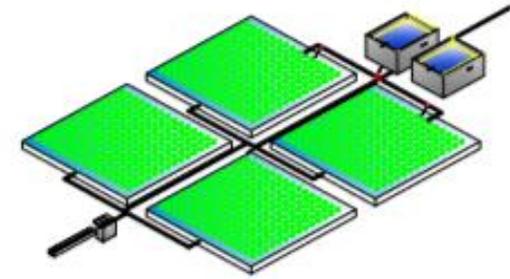


PERSPECTIVA
ESCALA 1: 250

 ESPOCH ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	
DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CARCERA PARROQUIAL DE SEVILLA DON EDUO - CANTÓN MORONA - PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO	
CONTIENE:	ESCALAS:
FILTRO DUAL DE MEDIO MÚLTIPLE	INDICADAS
REALIZADO POR: ESTEFANIA PÉREZ	LÁMINA: 1/1
	FECHA: 18/04/2018



VISTA EN PLANTA
ESCALA 1:200



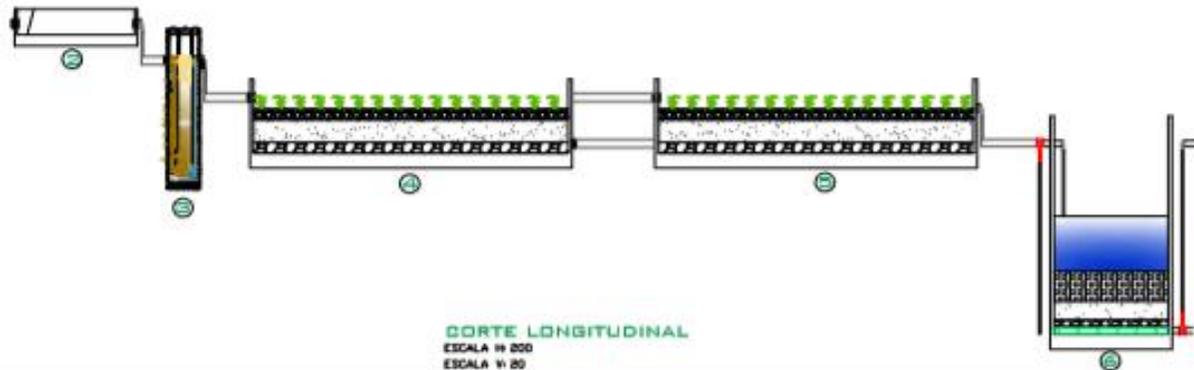
PERSPECTIVA
ESCALA 1:50

IDENTIFICACION
ETAPAS DEL SISTEMA

1. TUBERIA INGRESO AGUA RESIDUAL
2. CANAL DE ENTRADA
3. TRAMPA DE GRASAS
- 4 Y 5. HUMEDALES ARTIFICIALES
6. FILTROS
7. TUBERIA SALIDA AGUA HACIA AFLUENTE

AREA MIN. PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO: 1978.91MS

NOTA: LAS MEDIDAS Y DETALLES ESPECIFICOS ESTÁN
DENOTADOS EN LOS PLANOS INDIVIDUALES DE CADA
COMPONENTE DEL SISTEMA



CORTE LONGITUDINAL
ESCALA 1:200
ESCALA 1:20

 <h2 style="margin: 0;">ESPOCH</h2> <p style="margin: 0;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p>	
<p style="margin: 0;">DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CABECERA PARRROQUIAL DE SEVILLA DON BOSCO - CANTÓN MORONA - PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO</p>	
<p style="margin: 0;">CONTIENE: ETAPAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p>	<p style="margin: 0;">ESCALAS: INDICADAS</p>
	<p style="margin: 0;">LABORA: 1/1</p>
<p style="margin: 0;">REALIZADO POR: ESTEFANIA PÉREZ</p>	<p style="margin: 0;">FECHA: 18/04/2019</p>