



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“DISEÑO, A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD, DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LAS PARROQUIAS
URBANAS DEL CANTON GUARANDA”**

PROYECTO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

JUAN FRANCISCO GUERRA SALAZAR

EVELYN MICHELLE VELEZ SUAREZ

GUAYAQUIL – ECUADOR
2016

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la oportunidad de vivir día a día.

A mi madre Doctora Graciela Salazar, por el apoyo incondicional y su fortaleza. A todos mis familiares, amigos y demás personas que han sido parte fundamental de este gran logro.

Juan Francisco Guerra Salazar

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por haberme permitido llegar a culminar mi carrera profesional con salud e inteligencia; a mis padres por su ayuda permanente y buenos deseos, a mis profesores que me orientaron con su sabiduría y a mis amigos por su apoyo incondicional.

Evelyn Michelle Vélez Suárez.

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral por darnos la oportunidad de ser una profesional.

A nuestros profesores por inculcarnos valores y responsabilidad; en especial a nuestro tutor ingeniero Miguel Chávez, a la ingeniera Alby Aguilar y al ingeniero Julio Acosta por compartir sus conocimientos para el desarrollo como profesionales.

Juan Francisco Guerra Salazar

Evelyn Michelle Vélez Suárez.

TRIBUNAL DEL PROYECTO

Ing. Miguel Chávez M., M.Sc. Ph.D
DIRECTOR DE LA MATERIA INTEGRADORA

Ing. Alby Aguilar P., M.Sc.
COORDINADORA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral “

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

Juan Francisco Guerra Salazar

Evelyn Michelle Vélez Suárez

RESUMEN

La zona urbana de Guaranda descarga las aguas residuales directamente al río sin previo tratamiento, por este motivo se diseña varias alternativas de plantas de tratamiento, para obtener un efluente que cumpla con el T.U.L.S.M.A.

Dado las características topográficas de las zonas de implantación se diseñará un sistema de tratamiento con filtros percoladores.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	4
TRIBUNAL DEL PROYECTO.....	5
DECLARACIÓN EXPRESA.....	6
RESUMEN	7
INDICE GENERAL	8
ABREVIATURAS	11
SIMBOLOGIA	12
INDICE DE FIGURAS.....	15
INDICE DE TABLAS.....	16
INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 Antecedentes	18
1.2 Localización geográfica de las descargas	18
1.3 Planteamiento del problema	20
1.4 Objetivos	21
1.4.1 Objetivo General	21
1.4.2 Objetivos específicos.....	21
1.5 Justificación.....	22
INFORMACIÓN GENERAL DE LA CIUDAD DE GUARANDA.....	23
2.1 Datos generales de la ciudad de Guaranda	24
2.2 Caracterización Física de la ciudad de Guaranda.....	24
2.2.1. Ubicación.....	24
2.2.2. Población y extensión	25
2.2.3. División Política de la ciudad de Guaranda.....	26
2.3 Componentes Biofísicos de la ciudad de Guaranda.....	27
2.3.1. Relieve.....	27
2.3.2. Geología	30

2.3.3.	Suelos	32
2.3.4.	Factores Climáticos	35
2.3.5.	Agua	41
2.3.6.	Ecosistemas frágiles.....	45
2.3.7.	Recursos naturales no renovables existentes de valor económico energético y/o ambiental.....	48
2.3.8.	Desechos Sólidos.....	51
	SUSTENTO TEORICO Y LEGAL.....	52
3.1	Características de las aguas residuales	53
3.1.1	Características físicas	53
3.1.2	Características químicas.....	55
3.2	Sistema de evacuación de aguas residuales	56
3.2.1	Sistema de alcantarillado	56
3.3	Tratamiento de aguas residuales.....	56
3.3.1	Factores para la selección del proceso.	56
3.3.2	Procesos aplicables en el tratamiento de aguas residuales.....	57
3.4	Tipos de Tratamientos	58
3.4.1	Pretratamiento.....	58
3.4.2	Tratamiento primario.....	59
3.4.3	Tratamiento secundario.....	59
3.4.4	Tratamiento terciario.....	60
3.4.5	Eficiencia de remoción.....	61
3.5	Disposición de lodos	62
3.6	Disposición del efluente.....	63
3.7	Sustento Legal.....	64
3.7.1	Normas.....	65
	METODOLOGÍA	67
4.1	Obtención de información	68
4.1.1	Datos poblacionales	68
4.1.2	Cálculo de la población de diseño (Población objetivo del proyecto)	69
4.1.3	Resultado de ensayos realizados	74
4.1.4	Cálculo del caudal de aguas residuales.....	76

4.1.5	Parámetros de diseño del efluente/parámetros para caracterización de agua residual	77
4.1.6	Sitios para implantar las alternativas.....	79
4.2	RESTRICCIONES DEL ANTEPROYECTO	80
4.2.1	RESTRICCIONES FÍSICAS	80
4.2.2	RESTRICCIONES ECONÓMICAS.....	80
4.2.3	RESTRICCIONES SOCIALES	81
4.2.4	ALTA SISMICIDAD	81
4.2.5	RESTRICCIONES TÉCNICAS	81
4.3	Alternativas para tratamiento	81
4.3.1	Pretratamiento.....	81
4.3.2	Tratamiento Primario.....	91
4.4	Desarrollo de Alternativas	103
4.4.1	Alternativa 1: Biodiscos rotatorios.....	103
4.4.2	Alternativa 2: Filtros percoladores.....	115
4.4.3	Alternativa 3: Reactor UASB y Filtros Anaerobios de flujo ascendente.....	128
4.5	CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	133
4.6	Presupuesto alternativa.....	135
	ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL	136
5.1	Descripción de línea base	137
5.2	Identificación de los impactos ambientales.....	137
5.3	Evaluación de impacto ambiental.....	138
5.4	Metodología.....	139
5.5	Estructura del Plan de Manejo Ambiental	142
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	149
	BIBLIOGRAFIA.....	
	ANEXOS	

ABREVIATURAS

ARCA	Agencia de Regulación y Control del Agua
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEC	Código Ecuatoriano de la Construcción
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días.
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EMAPAG	Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda
GADG	Gobierno Autónomo Descentralizado de Guaranda
GADPB	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Bolívar
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
RAFA	Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente
RAS	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
Rpm	Revoluciones por minuto
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
SST	Sólidos Suspendidos Totales
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria y Medio Ambiental

SIMBOLOGIA

a	Constante empírica
A	Superficie útil (m ²)
A _t	Área total del filtro (m ²)
A _s	Área superficial (m ²)
A _R	Área útil en la zona de la reja (m ²)
A _o	Área total de orificios (m ²)
a _o	Área de cada orificio (m ²)
B	Ancho (m)
B _c	Ancho del canal (m)
B _R	Ancho del canal en la zona de rejilla (m)
b	Ancho de barrotes (m)
C _s	Carga superficial (m ³ /m ² *día)
D	Profundidad del filtro (m)
d	Diámetro de la partícula (m)
E _{DBO5}	Porcentaje de remoción de DBO
E _{SST}	Porcentaje de remoción de SST
F	Factor multiplicador de temperatura
f	Factor de fricción de Darcy-Weisbach
G	Grado de colmatación (valor típico 30%)
g	Aceleración de la gravedad (m/s ²)
H	Profundidad (m)
H _T	Profundidad total (m)
k	Constante del material arrastrado
k	Tasa de crecimiento aritmético de la población expresada como fracción decimal.
L	Luz o espacio entre barrotes (m)
L _e	Longitud de entrada (m)

L_s	Longitud de sedimentación (m)
L_{sd}	Longitud total del sedimentador (m)
N	Número de barrotos
n_1	Constante que caracteriza el medio
n	Coefficiente de rugosidad
n	Número de orificios
n_b	Número de brazos del distribuidor
n_r	Profundidad en la zona de rejillas (m)
P	Pendiente (%)
P_d	Perímetro mojado (m)
P_f	Población futura (habitantes)
P_i	Población inicial (habitantes)
P_m	Caudal del afluente (m ³ /d)
P_u	Población última (habitantes)
Q_d	Caudal de diseño (m ³ /s)
Q_r	Caudal recirculado (m ³ /d)
Q_u	Caudal unitario (m ³ /s)
q	Carga hidráulica (m ³ /m ² *d)
R_h	Radio hidráulico (m)
r	Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal
S	Pendiente del canal (m/m)
s	Peso específico de la partícula
S	Área superficial específica (m ² /m ³)
SK	Intensidad de arrastre (mm)/ paso de un brazo
T	Temperatura (°C)
T_f	Tiempo futuro (años)
T_u	Tiempo último (años)
T_i	Tiempo inicial (años)
TRH	Tiempo de retención hidráulica (h)

V_a	Velocidad de arrastre (m/s)
V_c	Velocidad de flujo en el canal (m/s)
V_H	Velocidad horizontal (m/s)
V_p	Velocidad de paso entre rejillas (m/s)
V_s	Velocidad de sedimentación (cm/s)
V_o	Velocidad en los orificios (m/s)
α	Relación de recirculación
V_s	Volumen de sedimentación (m ³)
ΔH	Perdida de carga generada por la rejilla (m)

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de sitios de descarga en la ciudad de Guaranda.	20
Figura 2. Ubicación de la parroquia Guaranda.....	25
Figura 3. División Política de ciudad de Guaranda.	26
Figura 4. Mapa del relieve de la provincia de Bolívar.....	29
Figura 5. Clasificación de la textura de los suelos de Bolívar.	34
Figura 6. Cobertura Vegetal de Guaranda.	36
Figura 7. Mapa climático de la parroquia Guaranda	37
Figura 8. Mapa de Isotermas de Bolívar.	39
Figura 9. Mapa de precipitación anual (Isoyetas).....	40
Figura 10. Red hidrográfica del cantón Guaranda.	43
Figura 11. Ríos de la parroquia Guaranda.....	44
Figura 12. Zonas ecológicas de la provincia de Bolívar	47
Figura 13. Zonas de implantación de las plantas de tratamiento.	79
Figura 14. Sedimentador en planta y corte longitudinal.	92
Figura 15. Sección de filtro percolador.....	116

INDICE DE TABLAS

Tabla I. Descripción de unidades Geomorfológicas de la ciudad de Guaranda.....	28
Tabla III. Procesos Geodinámicos de la ciudad de Guaranda.....	31
Tabla IV. Descripción de los suelos de Guaranda.....	32
Tabla V. Descripción de Recursos no renovables de la provincia.....	48
Tabla VI. Procesos que utilizan para eliminar los contaminantes.....	57
Tabla VII. Datos censales de las parroquias Gabriel Ignacio Veintimilla y Ángel Polibio Chávez.....	68
Tabla VIII. Datos censales de la parroquia Guanujo	69
Tabla IX. Resultados de ensayos en laboratorio de EMAPAG – EP día 1 ..	75
Tabla X. Resultados de ensayos en laboratorio de EMAPAG – EP día 2 ...	75
Tabla XI. Parámetros de caracterización del agua residual	77
Tabla XII. Coeficientes de rugosidad. (CEC, 1992)	83
Tabla XIII. Dimensiones del canal de entrada.	85
Tabla XIV. Tipos de rejillas (Lozano-Rivas, 2012)	85
Tabla XV. Parámetros para diseño del cribado (Lozano-Rivas, 2012)	86
Tabla XVI. Resultado de diseño del desarenador para zona baja de Marcopamba.....	89
Tabla XVII. Resultado de diseño del desarenador para zona de Negroyaco	90
Tabla XVIII. Diseño reactor UASB para la zona baja de Marcopamba.....	131
Tabla XIX. Diseño de filtro de flujo ascendente para las parroquias Angel Polibio Chávez y Gabriel Ignacio Vintimilla.....	131
Tabla XX. Diseño reactor UASB para la parroquia Guanujo	132
Tabla XXI. Diseño de filtro de flujo ascendente para la parroquia Guanujo.....	132
Tabla XXII. Criterios para selección de alternativas de la zona baja de Marcopamba.....	133
Tabla XXIII. Criterios para selección de alternativas de la zona de Negroyaco	134

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Según el censo realizado en el año 2011, el cantón Guaranda cuenta con 91877 habitantes. Es el cantón más poblado de la provincia Bolívar, la cual representa el 50.03% del total de habitantes. En términos cuantitativos se identifica un crecimiento poblacional de menor ritmo ubicado en la zona urbana; mientras que la zona nivel rural existe un crecimiento notable con relación a datos del Censo de Población y Vivienda del año 2001. (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Bolívar, 2015)

La ciudad de Guaranda cuenta con un servicio de agua potable a gravedad, abastecido por aguas subterráneas que afloran en distintos sitios del sector denominado "El Arenal", en las estribaciones del Chimborazo, cuenta con 5.400 registrados como usuarios con un consumo promedio de 25m³ por familia. (EMAPAG)

En general el servicio de alcantarillado de la Provincia, no abastece los requerimientos de la población; además existen algunos casos que desfogon las aguas servidas a las riberas de los ríos que están cercanos a la población, contaminando el agua y el medio ambiente circundante.

En la ciudad de Guaranda el porcentaje de la población que posee el servicio de alcantarillado es del 45.5%, el número de conexiones con alcantarillado es de 4.470, la longitud de la red de alcantarillado alcanza a 58,4 Km, de acuerdo a los datos obtenidos de la Empresa Municipal de Agua Potable. (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Bolívar, 2015)

1.2 Localización geográfica de las descargas

Los sitios donde se descarga las aguas residuales crudas se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Descarga	Descripción	Coordenadas UTM		M.S.N.M
		17S		
		Este	Norte	
1	Negroyaco	722654m	9825595m	2768 m
2	Vivero forestal	723441 m	9823991 m	2622 m
3	Puente vía a Vinchoa	722917 m	9823524 m	2602 m
4	Zona baja de Marcopamba	722538m	9822772 m	2566 m

Descargas de aguas residuales en zona urbana de Guaranda

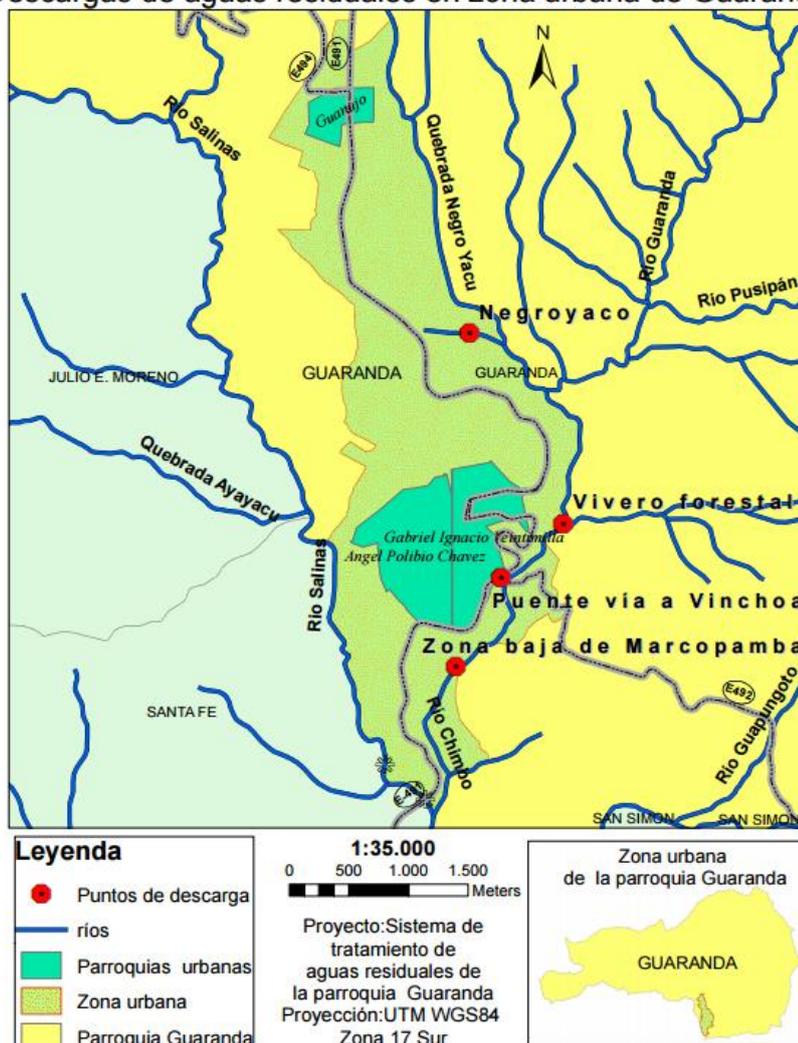


Figura 1. Ubicación de sitios de descarga en la ciudad de Guaranda.

1.3 Planteamiento del problema

La zona urbana del cantón Guaranda vierte las aguas residuales directamente al río Guaranda sin un tratamiento previo generando problemas de contaminación. Es posible de observar los daños ambientales a orillas del río.

En las zonas donde se vierte las aguas negras se visualiza gran cantidad de sedimentos, crecimiento de algas dado que las aguas

crudas contienen nutrientes y el suelo se encuentra erosionado. En dichos puntos el agua residual se acumula y estanca, por ello produce gases de mal olor por la descomposición orgánica. La mezcla del agua no tratada con el río Guaranda forma un caudal de agua contaminada, que luego de juntarse con el río Salinas forman el eje hidrográfico de la provincia conocido como el río Chimbo, el mismo que junto al Chanchán forman el río Yaguachi, que desemboca en el Guayas.

Por las razones nombradas con anterioridad, se considera que se debe implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales, para evitar la contaminación del río Guaranda en zonas aledañas y comunidades que se ubican aguas abajo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de tratamiento adecuado para aguas residuales domésticas de la zona urbana del cantón Guaranda.

1.4.2 Objetivos específicos

- Ubicar los sitios de descarga de aguas crudas para realizar los ensayos necesarios.
- Plantear varias alternativas de diseño de tratamiento de aguas residuales que cumplan con los parámetros establecidos por la ley para descargar a fuentes hídricas
- Determinar los afluentes que están siendo contaminados por falta de un tratamiento de aguas servidas en el sector.
- Elaborar un presupuesto del sistema de tratamiento seleccionado.

- Determinar la incidencia de las aguas residuales en la condición sanitaria de los habitantes del sector.

1.5 Justificación

Según observaciones realizadas en la investigación de campo, se identificó diferentes puntos de descargas de aguas residuales de las parroquias urbanas de Guaranda en el río que lleva el mismo nombre.

Esto genera una gran contaminación local e interprovincial porque dicho río forma parte de la cuenca del río Guayas, por lo antes mencionado es de vital importancia que la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda (EMAPAG EP) en conjunto al Gobierno Autónomo Descentralizado de Guaranda realicen estudios de un sistema de tratamiento de aguas residuales. Principalmente con el objetivo de cumplir con las normativas ambientales que rigen de manera obligatoria desde el año 2010.

Este proyecto busca solucionar la problemática de la ciudad con respecto a la contaminación de cuerpos de agua dulce, brindando varias alternativas para el tratamiento de aguas residuales de la zona urbana.

CAPITULO 2
INFORMACIÓN GENERAL DE LA CIUDAD DE
GUARANDA

2.1 Datos generales de la ciudad de Guaranda

La ciudad San Pedro de Guaranda es la capital de la Provincia de Bolívar, en la República del Ecuador, América del Sur. Ubicada a 2.668 m.s.n.m, a una distancia de 220 kilómetros de la ciudad de Quito, capital del Ecuador y a 150 kilómetros del Puerto principal, Guayaquil. La ciudad está localizada en la Cordillera Occidental de los Andes, de tal manera que se puede ver al volcán Chimborazo. Se la conoce "Ciudad de las Siete Colinas", por estar rodeada de siete colinas: San Jacinto, Loma de Guaranda, San Bartolo, Cruzloma, Tililag, Talalag y el Mirador. (GADG, 2016)

2.2 Caracterización Física de la ciudad de Guaranda

2.2.1. Ubicación

La ciudad de Guaranda está situada al noreste de la provincia de Bolívar, en el centro del país. La ciudad limita al norte con la parroquia Salinas, al sur con la parroquia San Simón, al este con las provincias Tungurahua y Chimborazo y al oeste con las parroquias Julio E. Moreno y Santa Fe además de los cantones Echandia y Caluma. Como se ilustra en la figura 2 obtenida del GAD Guaranda.

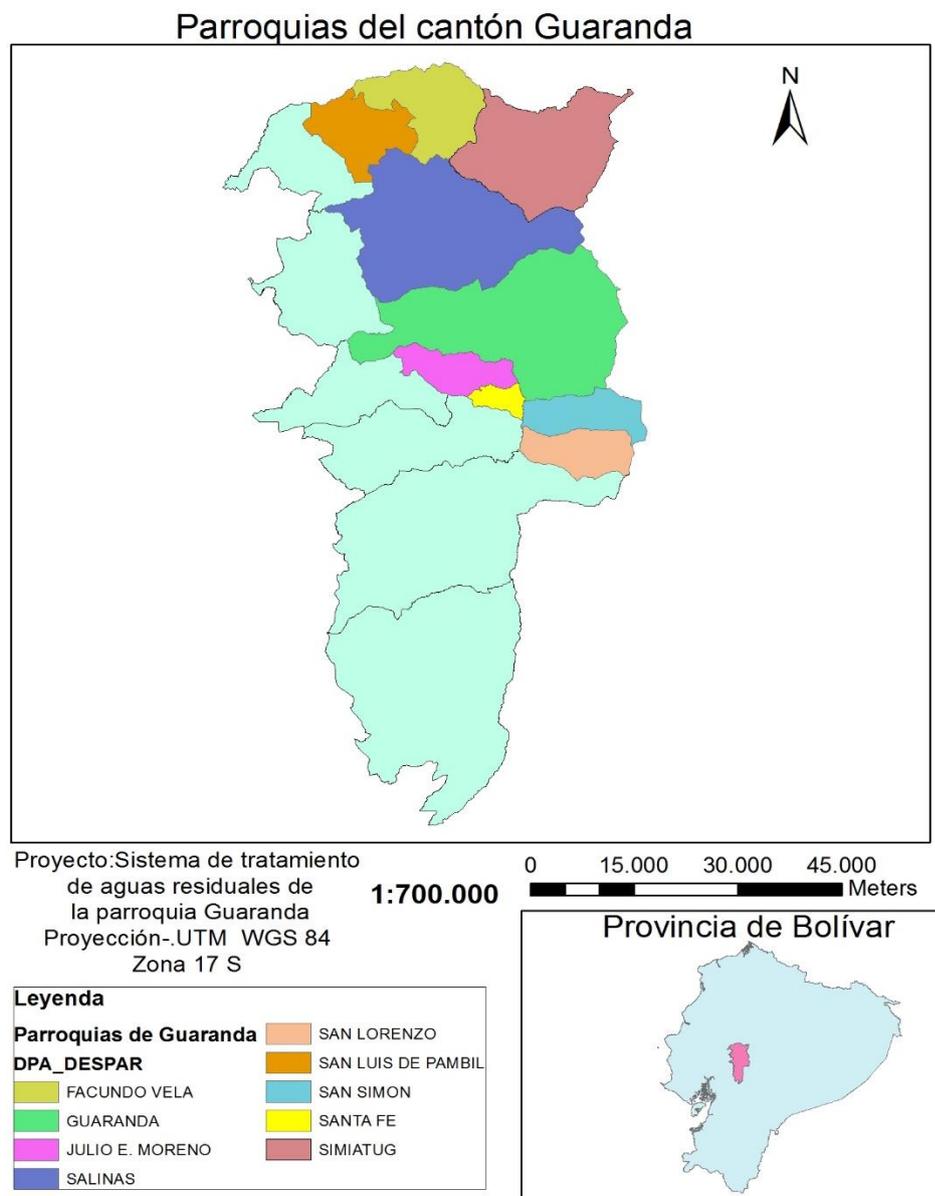


Figura 2. Ubicación de la parroquia Guaranda.

2.2.2. Población y extensión

La ciudad tiene un total de 55,374 habitantes en las parroquias urbanas. (INEC, 2010). Además posee una extensión de 9,5 Km².

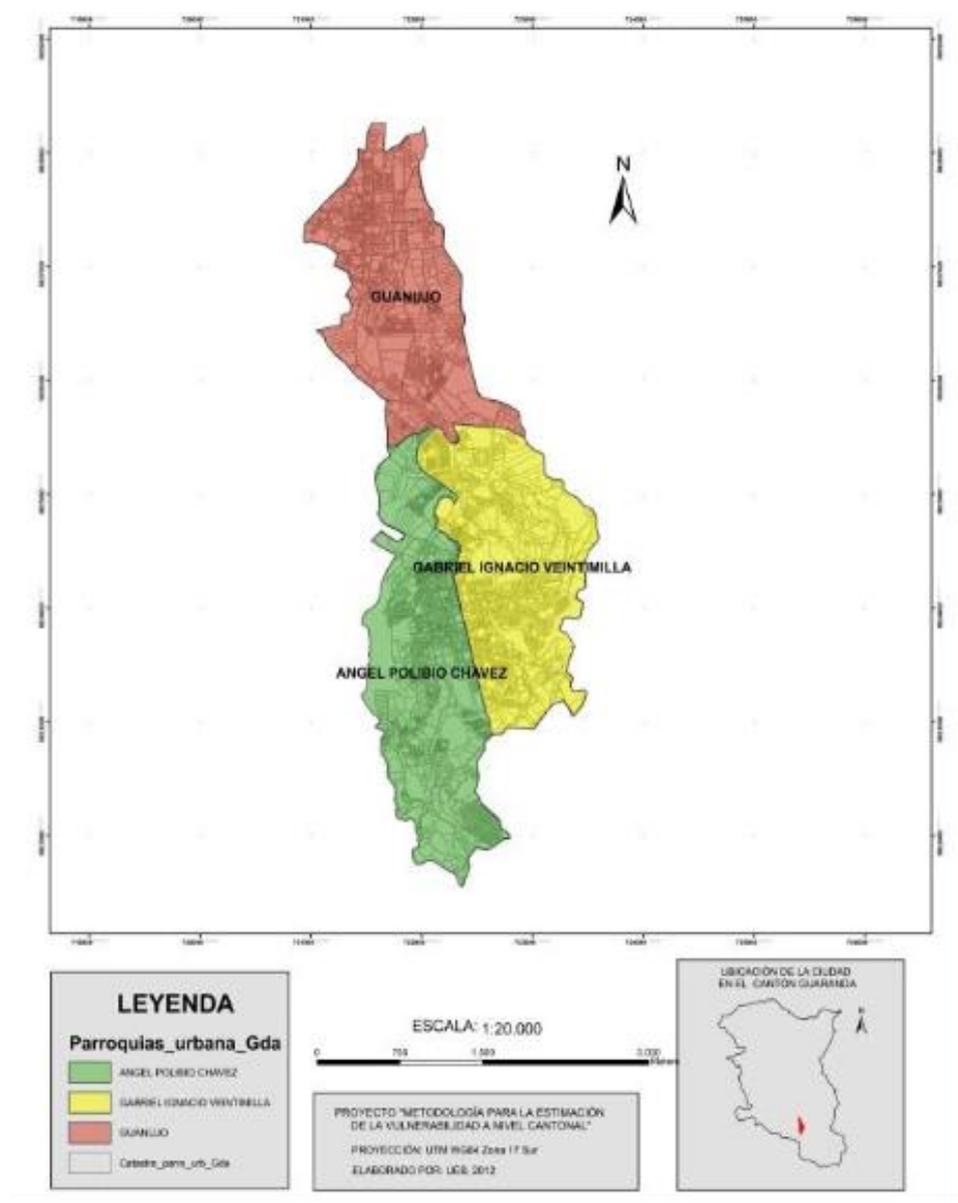


Figura 3. División Política de ciudad de Guaranda.

2.2.3. División Política de la ciudad de Guaranda

Está conformada por las parroquias urbanas: Ángel Polibio Chávez, Gabriel Ignacio de Veintimilla y Guanujo. Se ilustra de mejor manera con la figura 3 del mapa de la ciudad de Guaranda obtenido del GAD Guaranda. (INEC-GEOESTADÍSTICA, 2010)

2.3 Componentes Biofísicos de la ciudad de Guaranda.

2.3.1. Relieve

El relieve topográfico tiene algunas características ligadas a la ubicación geográfica. La mayor parte de la ciudad tiene zonas de gran elevación con pendientes montañosas y relieves escarpados, principalmente la zona de transición con relieves colinados y moderadamente ondulados.

En la tabla 2 se describe las unidades geomorfológicas de la ciudad de Guaranda, estos datos son obtenidos de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), dicha información fue desarrollada por el GAD de Guaranda.

<i>Relieve</i>	<i>Altura en la que se localiza(m.s.n.m)</i>	<i>Pendientes Predominantes</i>	<i>Descripción</i>
Colinas Altas	2800 - 4300	12 > 25 < 50 %	Son colinas altas típicas del paisaje de las serranías cuyas pendientes varía de acuerdo al paisaje ya indicado.
Escarpes	960 - 2800	12 > 50 < 70 %	Zonas escarpadas de pendientes variable cuya altitud no supera los 3000 msnm combinado con una topografía irregular.
Graven	2600 - 3080	12 - 50%	Se caracteriza por localizarse en un valle tectónico
Relieve Montañoso	4400 - 3000	5 > 50 < 70 %	Característico de un sistema montañoso cuya variedad de alturas y de pendientes conforma un relieve accidentado.

Tabla I. Descripción de unidades Geomorfológicas de la ciudad de Guaranda.

En la figura 4 se muestra los diferentes tipos de relieves que presenta la provincial de Bolívar.

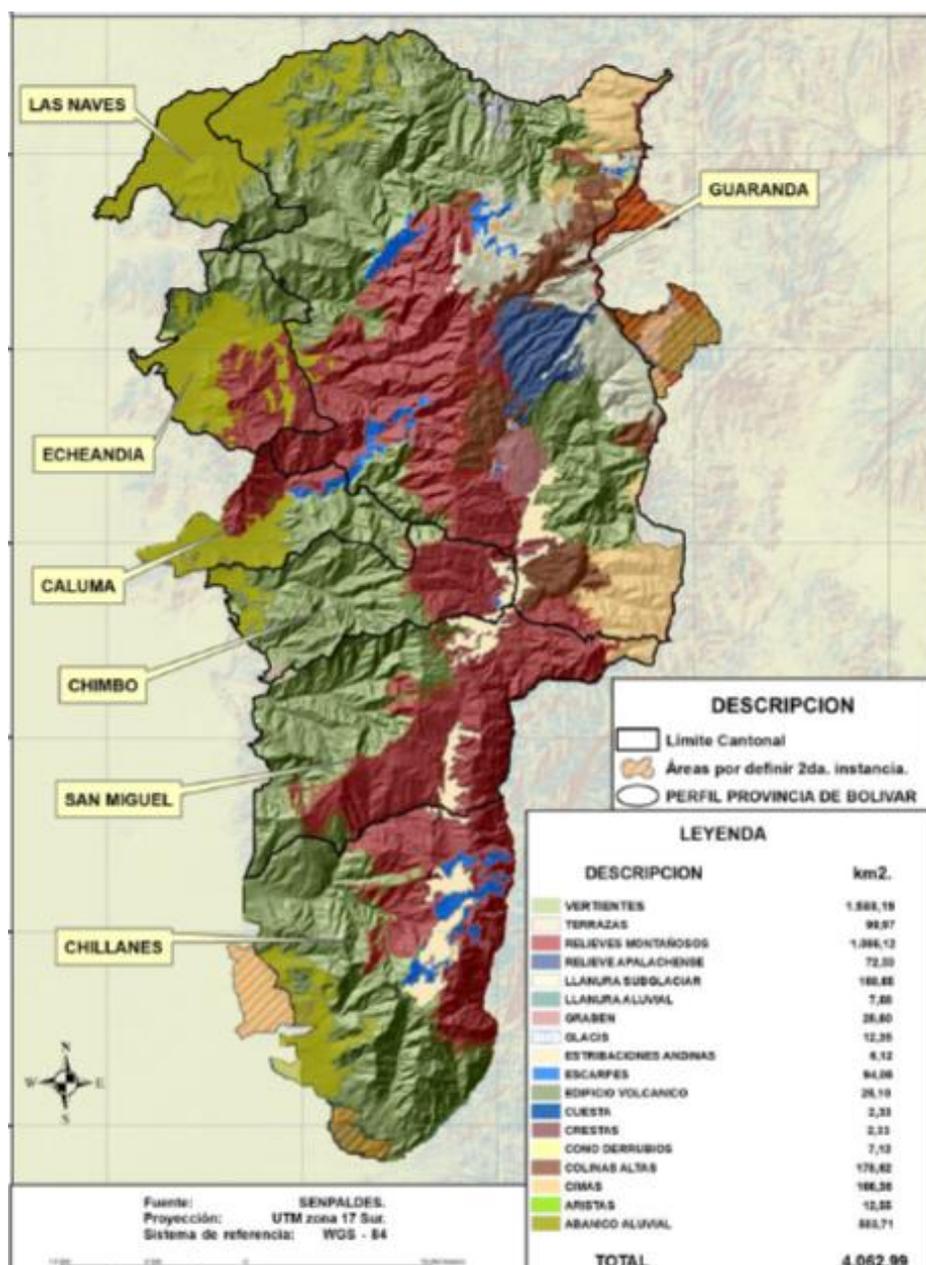


Figura 4. Mapa del relieve de la provincia de Bolívar.

2.3.2. Geología

Presenta diferentes características geomorfológicas que van desde las altas estribaciones de la cordillera, teniendo su máximo exponente al volcán Chimborazo, zonas colinadas, alargadas en forma de lomo de caballo y zonas montañosas en forma de v, características de los ambientes volcánicos.

Las formaciones que constituyen el paisaje de la provincia de Bolívar tienen edades variables que oscilan desde el cretácico, representado por la formación Pallatanga como parte del plateau oceánico acresionado, hasta depósitos recientes de edades cuaternarias que han sido producto principalmente del proceso erosivo al cual han sido expuestas las elevaciones de la cordillera Occidental.

Los procesos geodinámicos existentes, tales como: vulcanismo, sismicidad y movimiento de tierras han dado la geomorfología a la provincia. El primero ha mostrado su presencia con la caída de ceniza volcánica del Tungurahua, que en el año 1999 entró en un nuevo proceso eruptivo, caracterizado por explosiones freáticas con emanaciones de ceniza, que debido a la dirección del viento, ha sido arrastrada hasta los diferentes cantones.

La falla geológica de nombre “Río Chimbo”, a la cual se atribuyen diferentes eventos sismo – tectónicos desastrosos, afecta de forma directa a la población de Guaranda y de la provincia por esto se considera una zona de alto riesgo sísmico.

Las rocas presentan un comportamiento mecánico corriente, que en combinación con otros factores como la deforestación, pendiente y severos fenómenos meteorológicos que afectan el territorio conforman las causas fundamentales para el desarrollo de los deslizamientos. (GADPB, 2015)

En la tabla 3 muestra los procesos geodinámicos de Guaranda, información obtenida del “Estudio de línea base sobre riesgos,

amenazas, vulnerabilidades del COE-Bolívar realizado en el año 2008”.

Tabla II. Procesos Geodinámicos de la ciudad de Guaranda.

<i>Ubicación</i>	<i>Afectaciones Principales</i>	<i>Descripción</i>
Cerro Cruz Loma (Barrio Fausto Basantes) (SC1)	100 casas al pie y a lo largo de toda la ladera del cerro. Aproximadamente habitan 400 personas.	Está ubicado al Noroeste de Guaranda presenta características de terrenos muy inestables, de formación suelos volcánicos cuaternarios pendiente de 25° a 35°. La recurrencia de deslizamientos en los periodos invernales altos, la visita de campo permitió determinar que efectivamente toda la ladera presenta fenómenos de inestabilidad de terrenos, algunos compartimentos más activos que otros.
Loma del calvario Barrio Marcopamba (SC2)	Seis casas de la ciudadela de producirse una reactivación pueden ser destruidas	Este se encuentra ubicado al Suroeste del Municipio de Guaranda, tiene una superficie aproximada de 1 km ² ; la ladera es susceptible a deslizamientos, y los movimientos de tierra se evidencia en la actualidad, se encuentra construcciones civiles (gradas del sector) asentadas sobre deslizamientos antiguos cuya presencia es de fácil reconocimiento por la afectación que tienen dichas estructuras
Quebrada Guanguliquin (Plaza Roja)	Vía y casa del sector	Se encuentra ubicado en la parte Este del Municipio, se observa un deslizamiento bien definido morfológicamente
Jatun Loma (Julio Moreno)	Vía que comunica a Guaranda – Julio Moreno y a cultivos del sector.	Ubicado al oeste de la ciudad de Guaranda en la zona de Río Salinas, cerro carece de cobertura vegetal. Se observaron también algunos flujos pequeños a lo largo de toda la falda del cerro de diferente tamaño; se

determinaron flujos de lodo debido a la intervención de los sembríos.

2.3.3. Suelos

Los suelos de Guaranda tienen una composición física - química y textura que está caracterizada por los factores climáticos y por el relieve.

Los tipos de suelo que existen están determinados por la altura a la que se encuentra y por otras características. La tabla 4 tiene información obtenida del GAD de Guaranda en la provincia de Bolívar.

Tabla III. Descripción de los suelos de Guaranda.

<i>Clasificación Taxonómica</i>	<i>Localización</i>	<i>Altura m.s.n.m</i>	<i>Características</i>
Haplustoll	Sur de Guaranda	2400 2800	Negros-profundos-francos-arenosos >3% M. Orgánica PH neutro (7.0) – secos
Eutrandepts	Norte y sur: Guaranda vertiente río Chimbo; hacia costa; Caluma Prov. Bolívar	1500 3600	Negros, Sierra pardo oscuros, costa arcilla fina, arenas húmedas – PH: 6.5 – 7.0
Haplustoll	Norte y oriente: Guaranda, occidente; Chimbo, NE, Simiatug.	2800 3000	Negros – francos-áreas húmedas y templadas –PH: 6-5
Dystrandepts – y/o Cryandepts	Este: Guaranda Provincia Bolívar	2800 3500	Muy negros – arenosos – retención de agua 20 –30% áreas húmedas y frías

Dystrandeps – y/o Cryandeps	Noreste y límite occidental de Prov. Bolívar mayor parte de provincia	3000 4000	Muy Negros – Negros – horiz. Amarillento: zona caliente franco – franco arenoso retención agua 50- 100% áreas húmedas – muy húmedas, variación de temperatura caliente – fría PH: 5.5 – 6.5 Textura uniforme – áreas húmedas PH: 6.5
Haplustolls	Este, Guaranda	2800 3000	Textura uniforme – franco arenoso, arcilloso – zonas secas PH: 7.0
Argiudolls	Parte baja sur de Guaranda	2400 2800	Arcilloso – arenoso – profundos áreas secas PH: Neutro

Los mismos tienen diferente textura dependiendo el sector donde se encuentren. La ciudad está formada por gran parte de suelos con textura media y ciertos lugares con textura moderadamente gruesa. Se puede observar los tipos de textura de la provincia de Bolívar en la figura 5.

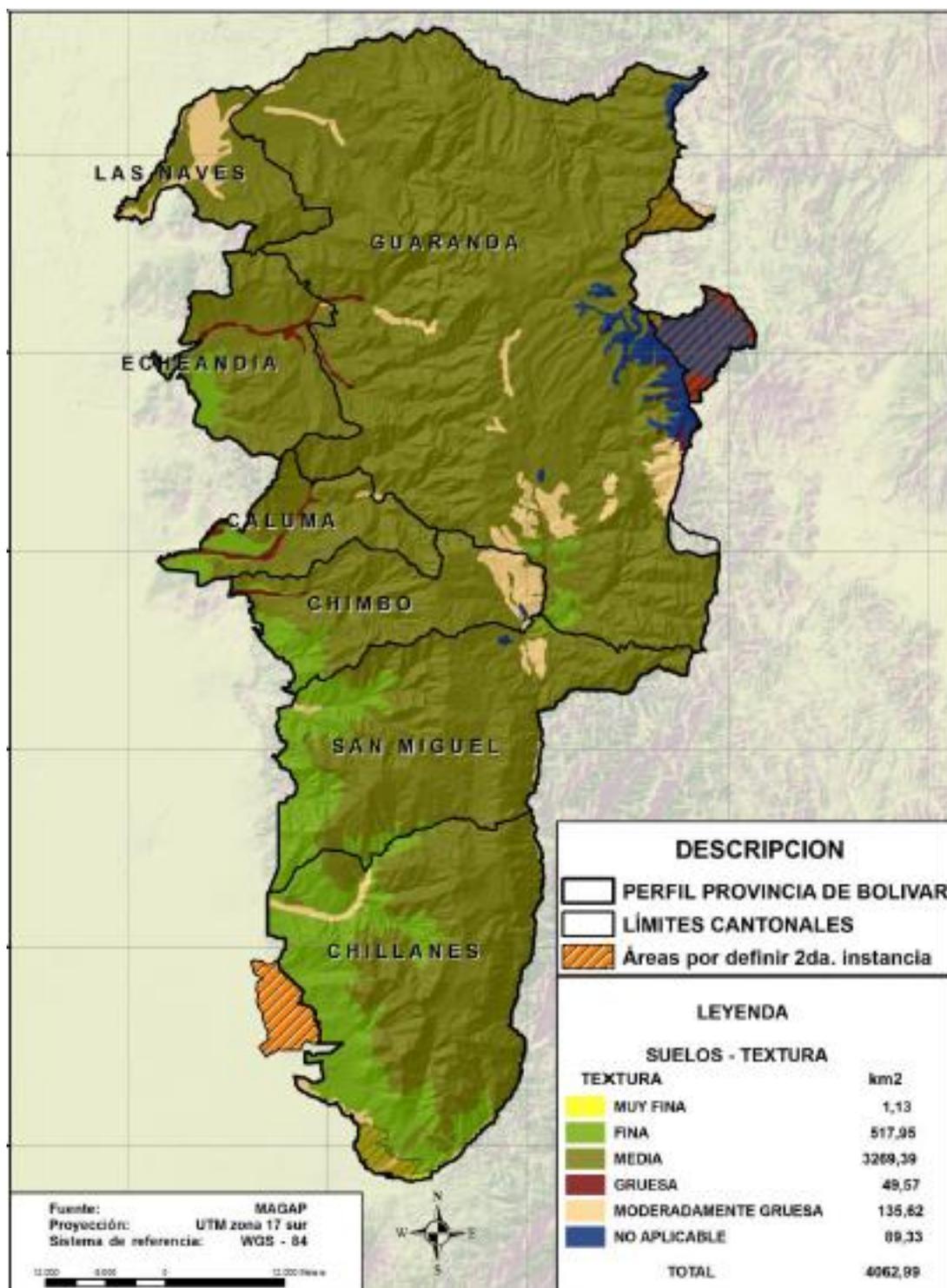


Figura 5. Clasificación de la textura de los suelos de Bolívar.

El cantón de Guaranda el suelo que predomina es la tierra agropecuaria debido a la actividad económica que tiene la zona. En la parte este se encuentra vegetación arbustivo y herbácea; y en la zona sur una pequeña proporción de bosques.

En la figura 6 se muestra a la provincia de Bolívar con todo los tipos de cobertura vegetal que consta dicha provincia, además de la ubicación de la zona antrópica.

2.3.4. Factores Climáticos

Clima

Las configuraciones fisiográficas características de la Provincia Bolívar permiten la aparición de varios microclimas en los que varía la temperatura y precipitaciones en cortas distancias y que determinan diferencias en los suelos. (GADPB, 2015)

Los climas que predominan en la ciudad de Guaranda son el Ecuatorial Meso térmico Semi Húmedo y el Ecuatorial de Alta Montaña. La figura 7 presenta los tipos de climas que tiene Bolívar, datos obtenidos del MAGAP y elaborado por la Secretaria de Desarrollo Provincial de Bolívar.

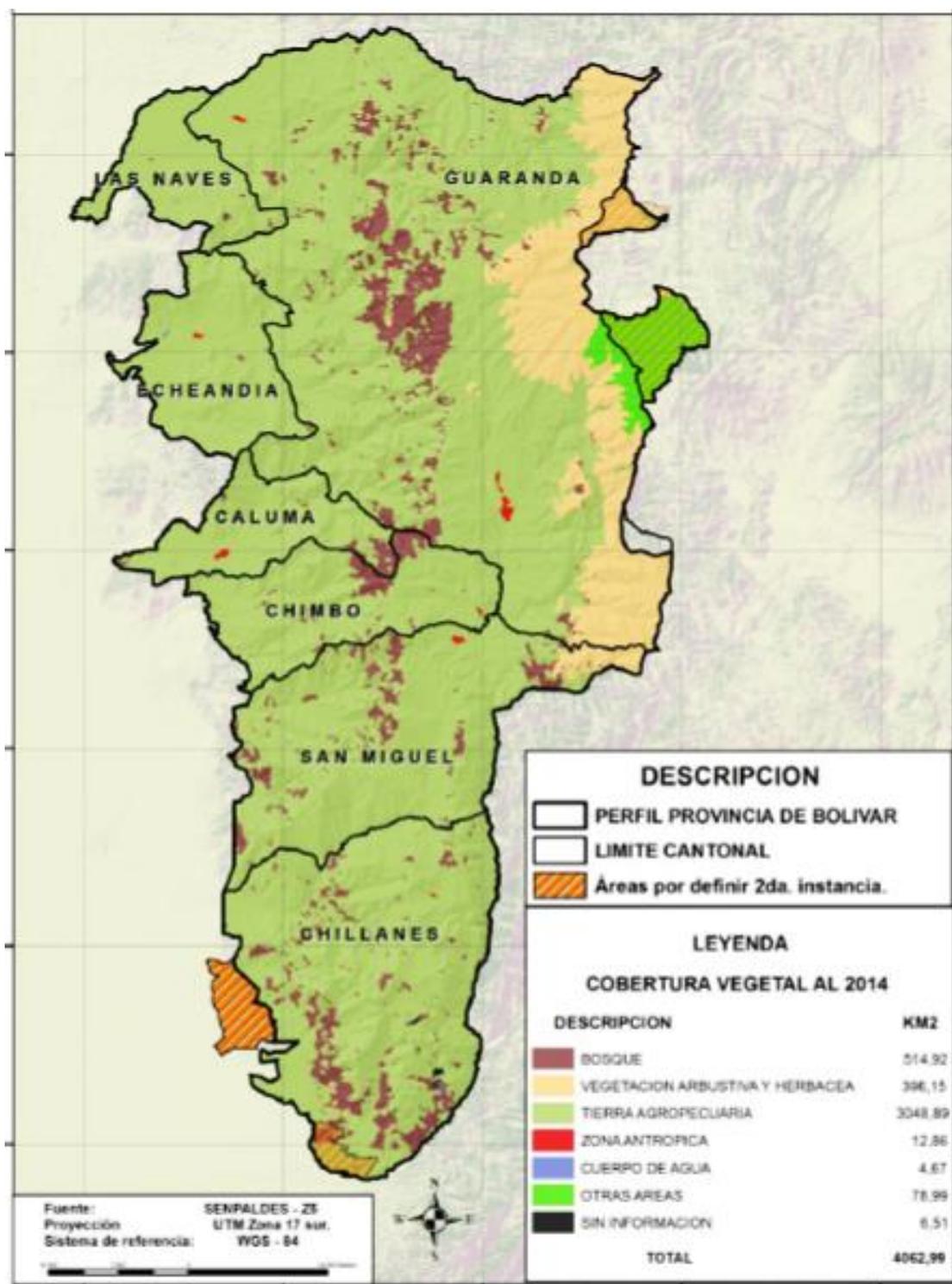


Figura 6. Cobertura Vegetal de Guaranda.



Figura 7. Mapa climático de la parroquia Guaranda

Temperatura

Las zonas de páramo localizadas en las altas mesetas, poseen características climáticas especiales y de suma importancia para la generación y abastecimiento de agua; dichas zonas corresponden a las partes altas de las subcuencas de los ríos, Babahoyo y Yaguachi. En la figura 8 se presenta el mapa de temperatura de la provincia de Bolívar, se aprecia que en la ciudad de Guaranda la temperatura varía entre 8° a 12° en comparación con otras ciudades de Bolívar. (GADPB, 2015)

Precipitaciones

Los rangos de pluviosidad en la Provincia van desde los 500 a 3000 mm anuales, de acuerdo a regímenes de humedad y temperatura de las zonas existentes. En la ciudad de Guaranda los valores de precipitación promedio varían 750 a 1250 mm anuales, como se presenta en la figura 9, datos obtenidos del SIN. MAGAP.

Temperaturas de la parroquia Guaranda(Isotermas)

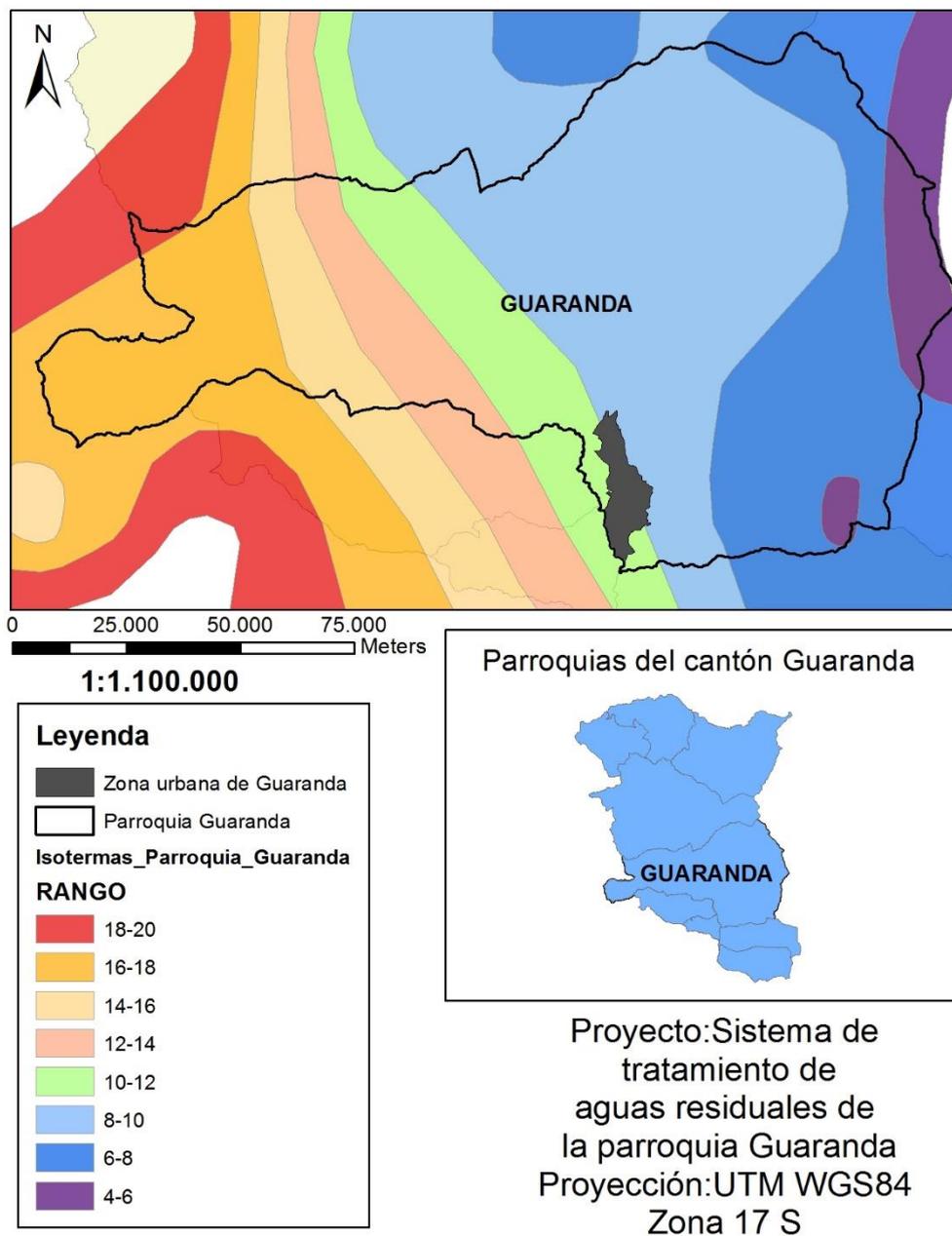


Figura 8. Mapa de Isotermas de Bolívar.

Precipitaciones anuales de la parroquia Guaranda (Isoyetas)

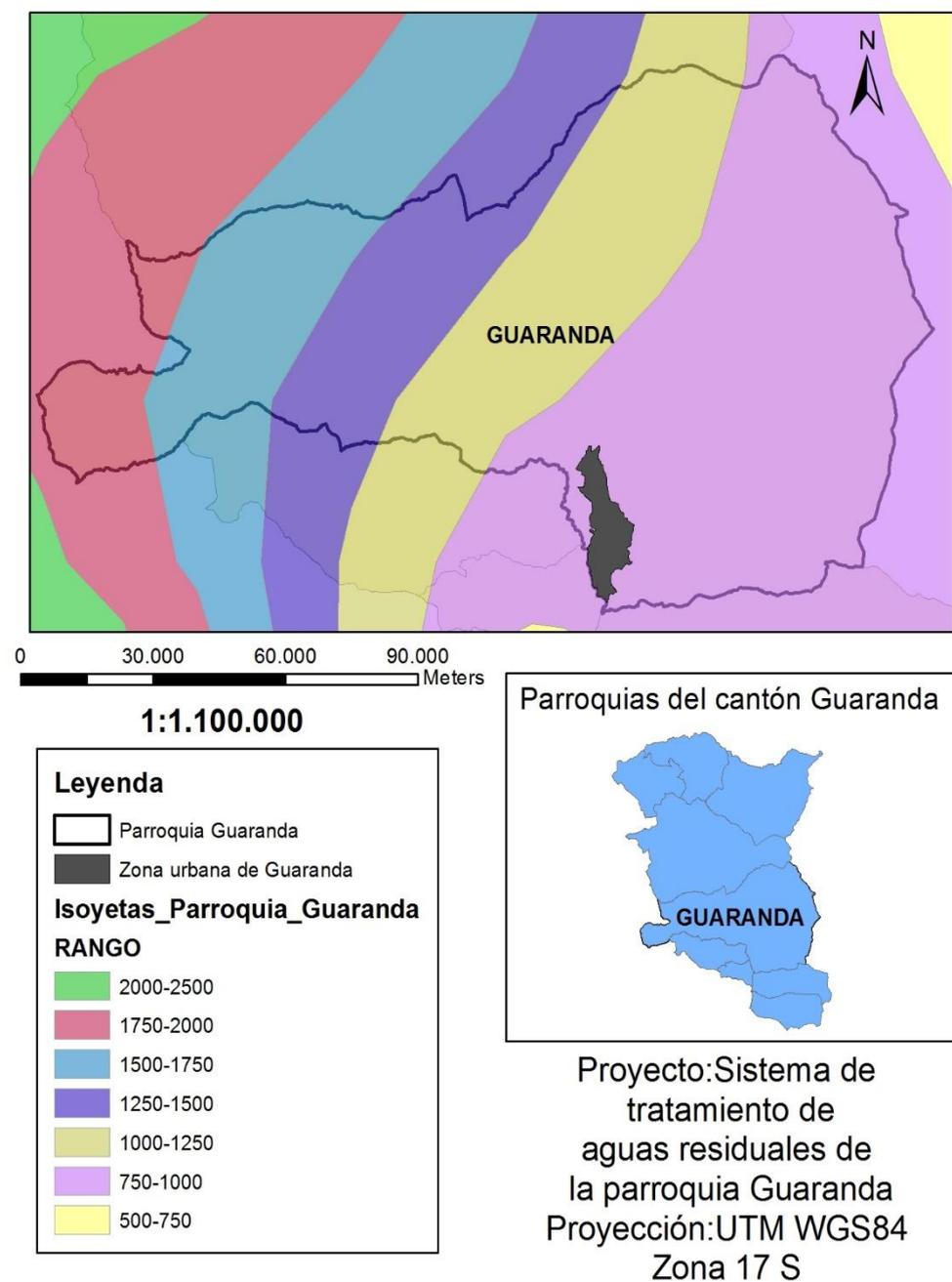


Figura 9. Mapa de precipitación anual (Isoyetas).

2.3.5. Agua

El agua es un recurso de gran importancia para la calidad de vida de los seres vivos. La provincia de Bolívar utiliza este recurso tanto para el riego de la agricultura, como para actividades turísticas, extractivas e industriales, generación de electricidad, incluso es utilizado como vehículo y sumidero de residuos. El sistema hidrográfico de Bolívar está formado por tres subcuencas, la del río Yaguachi, río Babahoyo y la del río Jujan. En la figura 10 se muestra las subcuencas y red hidrográficas del cantón Guaranda, con sus respectivas parroquias. (Secretaría Nacional de Riesgos, 2013)

La ciudad de Guaranda constituye la subcuenca del río Yaguachi, esta ocupa un 28.60% del territorio provincial tiene como principal curso de agua en la provincia al río Chimbo el cual se forma de la unión de los ríos Guaranda y Salinas en el cantón Guaranda y fluye de Norte a Sur sirviendo como límite natural con la provincia de Chimborazo. A lo largo de su recorrido se va alimentando de pequeños ríos y quebradas hasta recibir el aporte de un considerable afluente, el río Chanchán ya en territorio de la provincia del Guayas. Posteriormente se une con

el río Milagro para formar el río Yaguachi cuyas aguas fluyen al río Babahoyo. (GADPB, 2015)

En la figura 11 se muestra los ríos aledaños a la parroquia Guaranda y que se encuentran colindando a las parroquias del cantón Guaranda.

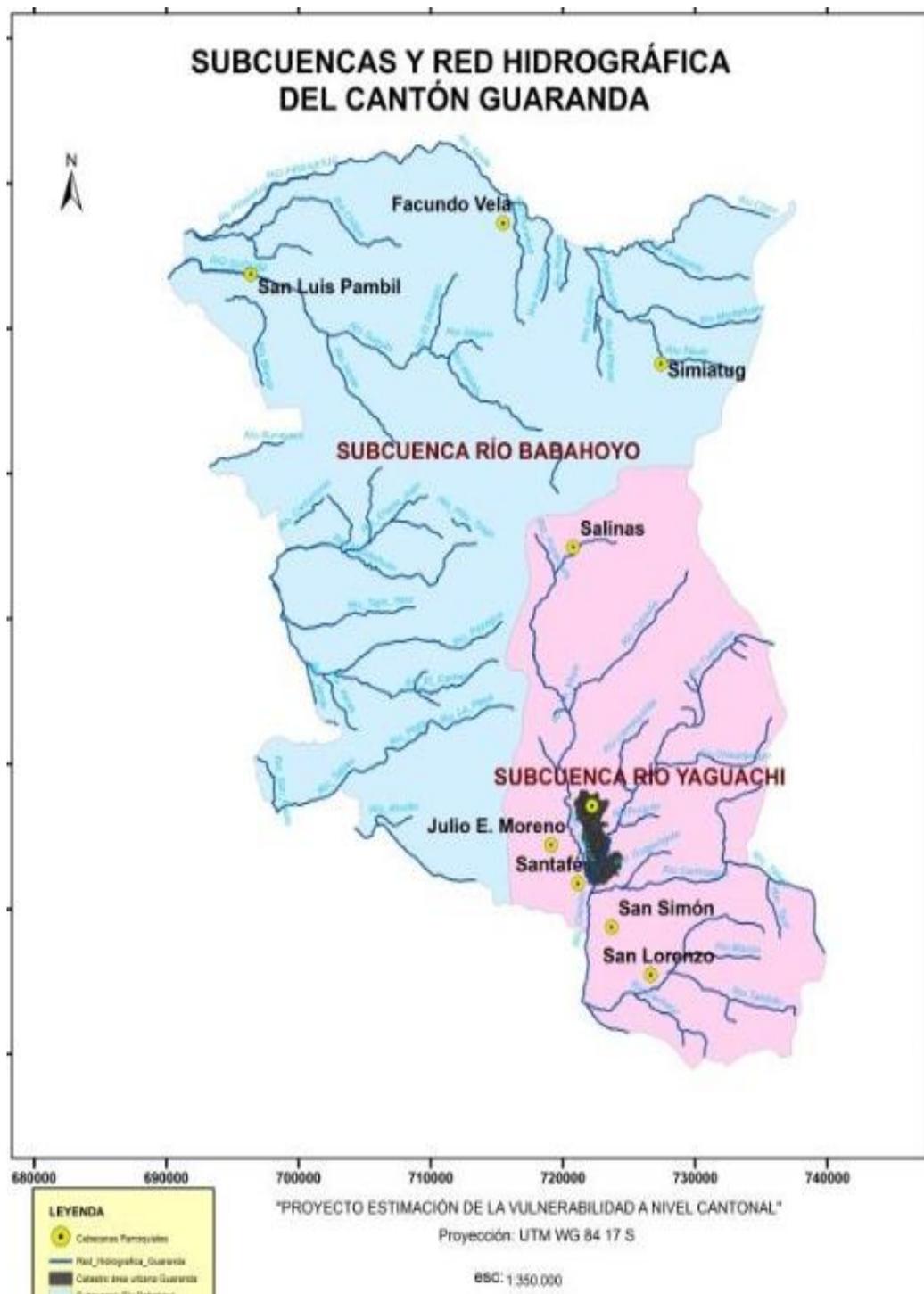
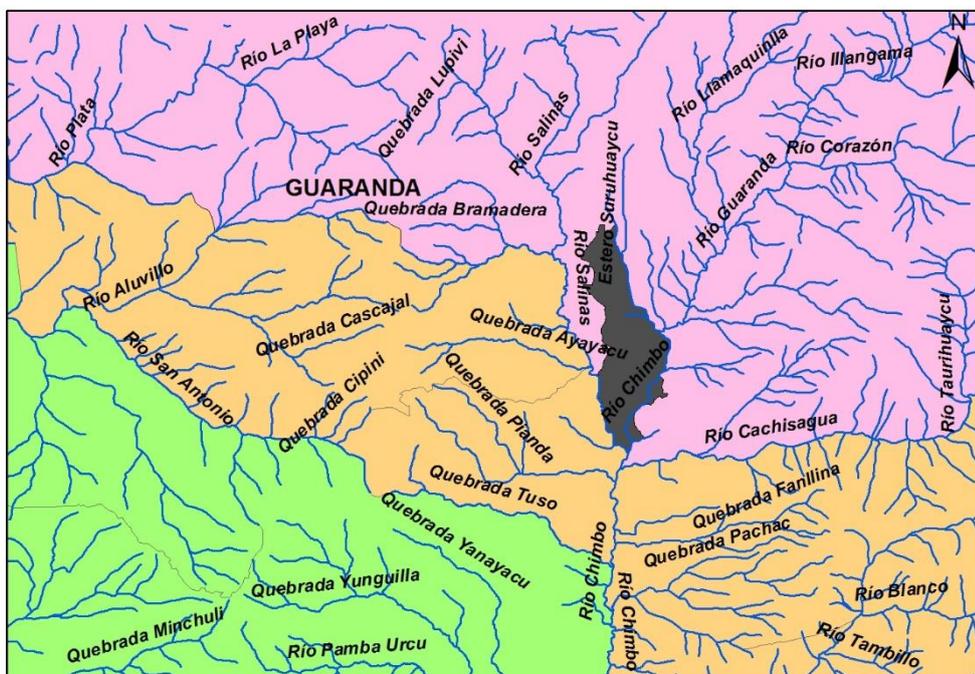


Figura 10. Red hidrográfica del cantón Guaranda.

Ríos de la parroquia Guaranda



0 25.000 50.000 75.000
Meters

1:150.000

Leyenda

- Ríos
- Zona urbana de Guaranda
- Parroquia Guaranda
- Parroquias de Guaranda
- Cantones de Guaranda



Proyecto: Sistema de
tratamiento de
aguas residuales de
la parroquia Guaranda
Proyección: UTM WGS84
Zona 17 S

Figura 11. Ríos de la parroquia Guaranda

El 30 de abril del 2015, SENAGUA concesionó a la provincia de Bolívar el caudal necesario para cada tipo de uso y a cada cantón respectivamente. Obteniendo el cantón de Guaranda 7367,485 litros por segundo, beneficiando a 209221 personas de dicho cantón. Estos valores representan 27,67 % del total concesionado y favorece a 51,45% del total de habitantes de Bolívar.

Los factores que ponen en riesgo el recurso agua en el cantón Guaranda y están ocasionando cambios en las microcuencas de la provincia son los siguientes:

- Desechos industriales vertidos por algunas fábricas ubicadas en la cabecera parroquial de Salinas y Guaranda.
- Agua servida en las poblaciones más grandes, con alcantarillado pero sin un sistema de tratamiento de las aguas, las mismas se descargan en el Rio Guaranda.
- Basura arrojada en quebradas y ríos.

La falta de conciencia de la población produce gran contaminación al agua debido a la explotación irracional, deforestación, destrucción de la capa protectora vegetal y ampliación de la frontera agrícola. (GADPB, 2015)

2.3.6. Ecosistemas frágiles.

La importancia de estos ecosistemas naturales radica en sus funciones ecológicas como son la regulación del régimen hídrico y control del clima, el control de la sedimentación y erosión del

suelo; además de albergar gran biodiversidad de plantas y animales.

Dichos ecosistemas han sido afectados por el hombre por diferentes motivos tales como el avance de la frontera agrícola para el uso de actividades agropecuarias, pastoreo de ganado bovino, ovino, equino, camélidos, quema del pajonal, deforestación, la cacería.

En la ciudad de Guaranda se encuentra el Bosque Muy Húmedo Montano, en la figura 11 se muestra la zona ecológica de la provincia (GADPB, 2015). Datos obtenidos S.N.I-MAGAP.(Sistema Nacional De Información)



Figura 12. Zonas ecológicas de la provincia de Bolívar

2.3.7. Recursos naturales no renovables existentes de valor económico energético y/o ambiental

La provincia de Bolívar tiene recursos no renovables en gran proporción, 56% de materiales de construcción, 37% recursos metálicos y 7% recursos no metálicos. Datos obtenidos en la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM). En la tabla 5 se presenta los recursos no renovables del cantón Guaranda.

Tabla IV. Descripción de Recursos no renovables de la provincia.

Recursos	Nombre	Parroquia
Metálicos	Las Naves 1	San Luis de Pambil
Metálicos	Las Naves 2	San Luis de Pambil
Metálicos	Las Naves 4	Salinas
Materiales de Construcción	El Limón	Guanujo
Materiales de Construcción	La Quila	Guanujo
Materiales de Construcción	Laurel Ucu	Guanujo
Materiales de Construcción	Illuvi	Guanujo
Materiales de Construcción	Río Chazo	Salinas

Materiales de Construcción	Conventillo	San Simón
Materiales de Construcción	Pandullán	Santa Fe
Materiales de Construcción	Caluda	Guaranda, Cabera Cantonal de Guaranda
Materiales de Construcción	Mina Santa Ana	Guaranda, Cabera Cantonal de Guaranda
Materiales de Construcción	El Salado	San Simón (Yocoto)
Materiales de Construcción	Cachisagua	San Simón (Yocoto)
Materiales de Construcción	Gulumbea	Julio E. Moreno (Catanahuan)
Materiales de Construcción	Tablas Chico	Julio E. Moreno (Catanahuan)
Materiales de Construcción	Yacuyuyo	Julio E. Moreno (Catanahuan)
Materiales de Construcción	El Tope	Julio E. Moreno (Catanahuan)
Materiales de Construcción	Tiuguinal	Salinas

Materiales de Construcción	Talahua	Simiatug
Materiales de Construcción	Cochaloma	Simiatug
Materiales de Construcción	Arrayan	Simiatug
Materiales de Construcción	El Salto	Simiatug
Materiales de Construcción	El Camellón	Salinas
Materiales de Construcción	En el lecho del río San Pablo	Salinas
Materiales de Construcción	Predio Tambo Real	Guanujo
Materiales de Construcción	El Tingo	Guaranda, Cabera Cantonal de Guaranda
Materiales de Construcción	Apangora Chachahuayco 1	San Lorenzo
Materiales de Construcción	La Piedra	Guanujo
Materiales de Construcción	Mina Guayrapata	Julio E. Moreno (Catanahuan)

Materiales de Construcción	La Piedra 2	Guanujo
Materiales de Construcción	Río Payagua	Salinas

2.3.8. Desechos Sólidos

En la ciudad de Guaranda la calidad del servicio es buena, se lo efectúa diariamente y la disposición final se lo realiza al botadero existente ubicado en el sector Curgua. En la actualidad se encuentra en pleno proceso la implantación del sistema adecuado de manejo de desechos sólidos en los que interviene el cantón de Guaranda.

El 90% de las viviendas del sector urbano eliminan la basura de sus hogares en recipientes o en fundas plásticas para que los carros recolectores transporten los desechos a los botaderos; mientras que en el sector rural se arrojan a la calle, quebradas, ríos, se queman, reciclan o se entierran. (GADPB, 2015)

CAPITULO III
SUSTENTO TEORICO Y LEGAL

3.1 Características de las aguas residuales

Para diseñar una planta de tratamiento se necesita conocer los parámetros que disminuyen la calidad del agua, la misma que es generada por la población, con esto se puede determinar las características físicas, químicas y biológicas. Es importante conocer el caudal de agua residual que se produce para dimensionar sistemas eficientes que permitan reducir o eliminar los patógenos existentes en dicha agua contaminada.

3.1.1 Características físicas

Sólidos totales

La presencia de sólidos en el agua evidencia problemas de contaminación, estos pueden ser vistos a simple vista ya que se encuentran en suspensión. Contribuyen a la turbiedad, por lo general son removidos mediante filtración o sedimentación. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

Olores

El olor desagradable que emanan las aguas residuales es producto de los gases liberados por la degradación de la materia orgánica. El olor característico del agua residual séptica es debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se presentan

al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios.

Los olores de las aguas residuales generan diferentes efectos en los seres humanos tales como producir desequilibrio respiratorio, náuseas, vómitos, crear perturbaciones mentales, reducir el apetito. (Metcalf & Eddy, 1995)

Temperatura

La temperatura del agua residual suele ser más elevada que la potable debido al ingreso de agua caliente procedente de las viviendas. Dependiendo de la ubicación geográfica y del cambio de estaciones la temperatura varía con valores máximos en verano y mínimos en invierno.

La temperatura es un parámetro importante porque interviene en la velocidad de las reacciones químicas que degradan la materia orgánica.

Para que la actividad bacteriana se desarrolle, la temperatura debe estar entre 25 y 35°C. Los procesos de digestión aerobia y de nitrificación se detienen cuando se alcanza los 50°C.

Alrededor de 15°C las bacterias productoras de metano cesan su actividad, mientras que las bacterias nitrificantes autótrofas dejan de actuar cuando se encuentran valores cercanos a 5°C. Si la temperatura es de 2°C las bacterias quimioheterótrofas que consumen la materia carbonosa dejan de actuar. (OSMAN, 2014)

Color

El color característico del agua residual es grisáceo, pero al permanecer mucho tiempo en las redes de alcantarillado se desarrollan condiciones anóxida y por lo tanto el color cambia gradualmente a gris oscuro y finalmente adquirir color negro, esto se debe a la formación de sulfuros metálicos por la reacción de sulfuros liberados en condiciones anaerobias y por la presencia de metales en el agua residual. (Metcalf & Eddy, 1995)

3.1.2 Características químicas

Materia orgánica

Las medidas se clasifican en dos grupos, inorgánicas y orgánicas. Algunas de las inorgánicas son el nitrógeno, fósforo, pH, alcalinidad, metales y gases, las orgánicas son las demandas de oxígeno en el agua (química DQO y bioquímica DBO) así como el carbono orgánico total (COT).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Ensayo que mide el oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Sirve para dimensionar las instalaciones de la planta de tratamiento. Mide la eficiencia del proceso.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Mide el contenido de materia orgánica, empleando un químico en medio ácido para determinar el oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica. (Metcalf & Eddy, 1995)

Materia inorgánica

Determinan la calidad del agua residual, es decir el grado de contaminación que se presenta en las descargas. También da una caracterización de los lodos a tratarse. (Metcalf & Eddy, 1995)

3.2 Sistema de evacuación de aguas residuales

3.2.1 Sistema de alcantarillado

El sistema de alcantarillado de las parroquias urbanas de Guaranda es antiguo, según información proporcionada por la EMAPAG cuenta con embaulados de ladrillo y otros de hormigón. La tubería de conducción es de asbesto cemento, pozos de inspección de ladrillo. Posee un sistema combinado, de aguas lluvias y aguas residuales.

3.3 Tratamiento de aguas residuales

3.3.1 Factores para la selección del proceso.

Los parámetros importantes para realizar un adecuado tratamiento de aguas residuales son los siguientes: las características del agua a tratar, conocer los valores límites permitidos para descargar en cuerpos de agua, disponibilidad de

terreno, contar con los recursos necesarios para construir y operar el sistema, confiabilidad del sistema de tratamiento, garantizar viabilidad en el diseño para mejorar el sistema debido a demanda futura.

Para realizar un sistema de tratamiento se debe conocer cada caso en particular, con el fin de asegurar eficiencia en la remoción requerida y el costo requerido para las probables soluciones técnicas. (Romero Rojas, 2008)

3.3.2 Procesos aplicables en el tratamiento de aguas residuales

Para eliminar los contaminantes que contienen las aguas es necesario aplicar diferentes procesos al sistema. El procedimiento a utilizar depende de la clase de contaminante que se desea disminuir o quitar del agua residual. (Romero Rojas, 2008)

Tabla V. Procesos que utilizan para eliminar los contaminantes.

Contaminante	Proceso
DBO	Lodos activados, lagunas aireadas, filtros percoladores, unidades de contacto biológico rotatorio o biodiscos, lagunas facultativas aireadas o fotosintéticas, lagunas anaeróbicas, filtros anaeróbicos, proceso anaeróbicos de contacto, reactores anaeróbicos de flujo ascensional (PALMA o UASB).
Sólidos suspendidos	Sedimentación, flotación, cribado, filtración.
Compuestos orgánicos refractarios	Absorción con carbón, intercambio iónico, electrodiálisis, ósmosis inversa.

Nitrógeno	Nitrificación-desnitrificación, intercambio iónico.
Fósforo	Precipitación química, coprecipitación biológica, intercambio iónico
Metales pesados	Intercambio iónico, precipitación química.
Sólidos disueltos inorgánicos	Intercambio iónico, electrodiálisis, ósmosis inversa.

3.4 Tipos de Tratamientos

3.4.1 Pretratamiento

El pretratamiento tiene como objetivo retirar del agua residual los desechos de gran tamaño que pueden causar dificultades en la operación y mantenimiento de los procesos posteriores o que, en algunos casos, no pueden tratarse conjuntamente con los demás componentes del agua residual. Dentro de esto tenemos:

- Cribado
- Desarenador
- Igualamiento y almacenamiento
- Separación de grasas

En esta fase se tiene como objetivo la retención de sólidos gruesos y sólidos finos con densidad mayor al agua y arenas, con el fin de facilitar el tratamiento posterior. Son usuales el empleo de canales con rejas gruesas y finas, desarenadores, y en casos especiales se emplean tamices. (Romero Rojas, 2008)

3.4.2 Tratamiento primario

Se considera como unidad de tratamiento primario a todo sistema que permite remover material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua, este es un paso previo para preparar el agua a un tratamiento secundario. Para este proceso se utiliza tanque de Imhoff o tanques de sedimentación. Por lo regular, el tratamiento primario remueve alrededor del 60% de los sólidos suspendidos del agua residual cruda y un 35% a 40% de la DBO. (Metcalf & Eddy, 1995)

Los posibles tratamientos primarios son los siguientes:

- Químico
- Neutralización
- Coagulación
- Físico
- Flotación
- Sedimentación
- Filtración

Una reciente investigación en Brasil ha encontrado al Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) como un sistema que puede ser promovido como unidad primaria de tratamiento.

3.4.3 Tratamiento secundario

El tratamiento secundario convencional se usa principalmente para remoción de DBO soluble y sólidos suspendidos y disueltos que no fueron removidos en el proceso primario, la ventaja de

este proceso es la reducción de la materia orgánica e inorgánica por medio de los procesos biológicos.

Los principales procesos biológicos son los siguientes:

- Medio Fijo
- Filtro percolador
- Filtro y contactor anaerobio
- Biodiscos
- Medio suspendido
- Lodos activados
- Laguna anaerobia
- Laguna aireada
- Lagunas de estabilización
- Reactor UASB

Además se utiliza un sedimentador secundario para remoción de lodos.

3.4.4 Tratamiento terciario

La necesidad de implementar un tratamiento terciario depende de la disposición final que se pretenda dar a las aguas residuales tratadas.

El tratamiento de nivel terciario tiene como objetivo lograr fundamentalmente la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo. Usualmente, la finalidad del tratamiento de nivel terciario es evitar que la descarga del agua residual, tratada previamente,

ocasiona la eutrofización o crecimiento generalizado de algas en lagos, lagunas o cuerpos de agua de baja circulación, ya que ello desencadena el consumo de oxígeno disuelto con los consecuentes impactos sobre la vida acuática del cuerpo de agua receptor. El uso del efluente de plantas de tratamiento de nivel terciario puede aplicarse al riego de áreas agrícolas, la crianza de peces y otras actividades productivas. (Chow, 1994)

El efluente del tratamiento terciario también puede tener algunos usos especiales, como la recarga de acuíferos, agua para uso industrial, etc. Los procesos más usados son la precipitación química de nutrientes, procesos de filtración, destilación, flotación, ósmosis inversa, entre otros. (Tratamiento y reuso de aguas residuales)

3.4.5 Eficiencia de remoción

Con la siguiente tabla se determinarán los porcentajes de remoción de los contaminantes en cada etapa de tratamiento en el respectivo balance de masas.

Tabla Eficiencia de remoción de contaminantes con respecto a los tratamientos

Unidades de tratamiento	Eficiencia en la remoción de constituyentes, porcentaje						
	DBO	DQO	SS	P	N Org	NH ₃ -N	Patógenos
Rejillas	desp.	desp.	desp.	Desp.	desp.	desp.	Desp.
Desarenadores	0-5	0-5	0-10	Desp.	desp.	desp.	Desp.
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0	desp.
Lodos activados (convencional)	80-95	80-95	80-90	10-25	15-20	8-15	desp.
Filtros percoladores							desp.
Alta tasa, roca	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15	
Super tasa, plástico	65-85	65-85	65-85	8-12	15-50	8-15	
Cloración	desp.	desp.	desp.	Desp.	desp.	desp.	100
Reactores UASB	65-80	60-80	60-70	30-40	---	---	desp.
Reactores RAP	65-80	60-80	60-70	30-40	---	---	desp.
Filtros anaerobios	65-80	60-80	60-70	30-40	---	---	desp.
Lagunas de oxidación							
Lagunas anaerobias	50-70	---	20-60	---	---	---	90-99.99
Lagunas aireadas	80-95	---	85-95	---	---	---	90-99.99
Lagunas facultativas	80-90	---	63-75	30	---	---	90-99.99
Lagunas de maduración	60-80	---	85-95	---	---	---	90-99.99
Ultravioleta	desp.	desp.	desp.	Desp.	desp.	desp.	100

Fuente: Tomado de (RAS, 2000)

3.5 Disposición de lodos

El tratamiento de las aguas residuales genera una serie de residuos, resultantes de las operaciones y procesos. Los residuos sólidos son esencialmente los materiales retenidos en las cámaras de rejillas y desarenadores. Por su parte, en los sedimentadores, tanto primarios como secundarios, se produce lodos con alto contenido de material orgánico e inorgánico que se acumulan en las tolvas de sedimentadores y deben ser retirados periódicamente. La fracción de residuos sólidos retenidos en el pretratamiento puede ser dispuesto en forma apropiada en un relleno sanitario, oficialmente autorizado. Por su parte los lodos generados en los procesos de tratamiento, antes de su disposición final, deben ser acondicionados y tratados. Debido a su alto contenido de materia orgánica putrescible, los lodos suelen ser tratados por deshidratación y de ser posible se hace un tratamiento especial, empleando procesos biológicos de digestión: anaerobia, digestión

aerobia, oxidación procesos de compostaje e incineración. (Metcalf & Eddy, 1995)

De las opciones, antes descritas, se dispone de un procedimiento que puede ser destacado dentro de un enfoque de ecoeficiencia. El tratamiento de lodos mediante su deshidratación en lechos de secado y su inclusión progresiva en la producción de humus con lombrices, empleadas para dicho fin, permiten obtener productos de gran utilidad en el campo de la agricultura. Se han producido mediante sistemas controlados del manejo de lodos tratados, complementados con otros insumos naturales, materiales que son utilizados como mejoradores de suelos. (Chow, 1994)

Otro proceso muy apropiado para reducir el volumen de lodo y que favorece su manejo en cantidades menores, sobre todo en plantas de tipo aerobio, corresponde a la digestión de lodos mediante el reactor de tratamiento anaerobio. La alta concentración de materia orgánica, presente en el lodo, da condiciones apropiadas para su tratamiento mediante bacterias anaerobias, reduciendo el volumen del lodo y con producción de gas metano como resultado de dicho proceso. (Tratamiento y reuso de aguas residuales)

3.6 Disposición del efluente

El resultado final después de varias fases del tratamiento es el agua que cuenta con los parámetros adecuados para poder ser utilizada o a su vez descargada al efluente.

Entre lo que se puede realizar con el agua es:

- Fuentes receptoras
- Descarga o transporte controlado
- Disposición en el mar
- Recarga de aguas subterráneas
- Inyección pozos profundos
- Evaporación e incineración

3.7 Sustento Legal

De acuerdo a los antecedentes que presenta la ciudad de Guaranda frente al manejo, conducción y disposición final de las aguas residuales, se pretende cumplir con las normas ambientales vigentes en el Ecuador según el Texto Unificado de Legislación Secundaria y Medio Ambiente (TULSMA).

Según el capítulo primero, sección segunda, artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, los gobiernos provinciales, cantonales y parroquiales deben garantizar el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Esta ley declara que es de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

3.7.1 Normas

En trabajo hará referencia y se seguirá la normativa del TULSMA (Principalmente al LIBRO VI / Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua / Anexo 1.

El objetivo principal de la presente es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

A continuación se presenta un fragmento tomado del TULSMA que hace referencia a las normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua.

Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento.

Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, o hacia un cuerpo de agua, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos,

recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

La norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Obtención de información

Con el fin de tener una mejor disposición de las aguas residuales en la zona urbana de Guaranda, se plantean varias alternativas de sistemas de tratamiento. Teniendo en cuenta que la ubicación de las descargas de aguas residuales en las parroquias urbanas se encuentra muy distantes para realizar una sola planta de tratamiento, se propone implantar en dos sitios estratégicos.

El primer sitio está localizado en la zona baja de Marcopamba, aquí se tratarán las aguas residuales las parroquias Gabriel Ignacio Veintimilla y Ángel Polibio Chávez. En el segundo sitio ubicado en el sector de Negroyaco se tratarán las aguas de Guanujo.

4.1.1 Datos poblacionales

Para conocer la población de las parroquias urbanas del cantón Guaranda se investigó en la base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Las cifras obtenidas de los diferentes registros, se utilizarán para el cálculo de la población futura.

A continuación se presenta la cantidad de habitantes de la zona urbana de Guaranda, siendo este un total de 55374 habitantes; considerando un 55% de la población urbana para las parroquias Gabriel Ignacio Veintimilla y Ángel Polibio Chávez, y el 45% restante representa la parroquia Guanujo.

Tabla VI. Datos censales de las parroquias Gabriel Ignacio Veintimilla y Ángel Polibio Chávez

Año del Censo	No. habitantes
2001	26065

2010	30456
------	-------

Tabla VII. Datos censales de la parroquia Guanujo

Año del Censo	No. habitantes
2001	21326
2010	24918

4.1.2 Cálculo de la población de diseño (Población objetivo del proyecto)

La población del proyecto o también llamada población futura se calcula en función del crecimiento histórico de la ciudad, y en base a los años que se proyectará. El periodo de diseño será de 25 años porque se trata de una planta de tratamiento, el tiempo considerado para que el sistema sea eficiente.

El valor representativo de la población futura será un promedio de las estimaciones que se obtengan de los métodos, aritmético y geométrico. Para realizar dichas proyecciones se requiere obtener como información mínima dos registros censales de la población, y de esta manera conocer la tasa de crecimiento de cada parroquia.

Proyección por crecimiento aritmético.

Proyección de población (Pf) al año 2041 (Tf) con datos de años 2001 y 2010.

$$K1 = \frac{Pu - Pi}{Tu - Ti} \quad [Ec. 1]$$

$$Pf = Pu + K * (Tf - Tu) \quad [Ec.2]$$

Población de parroquias Ángel Polibio Chávez y Gabriel Ignacio Veintimilla.

$$K1 = \frac{Pu - Pi}{Tu - Ti} \quad [Ec. 3]$$

$$K1 = \frac{30456 - 26065}{2010 - 2001}$$

$$K1 = 487,9$$

$$Pf = 30456 + 487,9 * (2041 - 2010)$$

$$Pf1 = 45581 \text{ habitantes}$$

Proyección de población (Pf) al año 2041 (Tf) con datos de años 2001 y 2010.

Población de la parroquia Guanujo.

$$K1 = \frac{24918 - 21326}{2010 - 2001}$$

$$K1 = 399,2$$

$$Pf = 24918 + 399,2 * (2041 - 2010)$$

$$Pf2 = 372934 \text{ habitantes}$$

Proyección por crecimiento geométrico.

Proyección de población (Pf) al año 2041 (Tf) con datos de años 2001 y 2010.

$$r = \left(\frac{Pu}{Pi}\right)^{\left(\frac{1}{Tu-Ti}\right)} - 1 \quad [Ec. 5]$$

$$Pf = Pu * (1 + r)^{(Tf-Tu)} \quad [Ec. 6]$$

Población de parroquias Ángel Polibio Chávez y Gabriel Ignacio Veintimilla.

$$r = \left(\frac{30456}{26065}\right)^{\left(\frac{1}{2010-2001}\right)} - 1$$

$$r = 0,017$$

$$Pf = 30456 * (1 + 0,017)^{(2041-2010)}$$

$$Pf3 = 52069 \text{ habitantes}$$

Proyección de población (Pf) al año 2041 (Tf) con datos de años 2001 y 2010.

Población de la parroquia Guanujo.

$$r = \left(\frac{24918}{21326} \right)^{\left(\frac{1}{2010-2001} \right)} - 1$$

$$r = 0,017$$

$$Pf = 24918 * (1 + 0,017)^{(2041-2010)}$$

$$Pf4 = 42602 \text{ habitantes}$$

Población futura promedio

Población de parroquias Ángel Polibio Chávez y Gabriel Ignacio Veintimilla.

$$Pf = \frac{Pf1 + Pf3}{2} \quad [Ec. 9]$$

$$Pf = \frac{45581 + 52069}{2}$$

$$Pf = 48825 \text{ habitantes}$$

Población de la parroquia Guanujo.

$$Pf = \frac{Pf2 + Pf4}{2} \quad [Ec. 11]$$

$$Pf = \frac{372934 + 42602}{2}$$

$$Pf = 39948 \text{ habitantes}$$

A continuación se presentan dos gráficos que contienen la población de los años censales junto con las proyecciones realizadas y el promedio para las parroquias antes nombradas.

Muestreo de aguas residuales

Para la toma de muestras, ubicadas en la ciudad de Guaranda, se consideró las normas ecuatorianas NTE INEN 2176:98 y NTE INEN 2169:98. El muestreo se realizó en dos días consecutivos, entre las 11:00 am y 1:00 pm, horario en el que se presenta las mayores descargas de agua en la ciudad, según observaciones anteriormente realizadas.

Se efectuó un muestreo puntual en 3 lugares establecidos como estratégicos para obtener resultados fidedignos y certeros. El procedimiento fue manual, bastó el equipo de protección personal básico como guantes, botas de caucho, mascarilla y gafas para evitar cualquier salpicadura de agua en la piel.

Luego de trasladarse al punto designado para la muestra 1, se ingresó con cuidado al canal de descarga para recoger el agua no superficial, sumergiendo el recipiente con el fin de obtener un ejemplar homogéneo. Posteriormente se recogió la muestra 2 a orillas del río Guaranda; finalmente para la muestra 3 y 4 obtenidas del sector Negroyaco donde se tomó directamente de la quebrada del mismo nombre, en la cual se concentra la mayor parte de las descargas de aguas residuales de la Parroquia Guanujo.

Las muestras fueron almacenadas en recipientes de polipropileno de alta densidad, previamente lavados para evitar alteración del agua recogida. La capacidad de los mismos fue de aproximadamente un litro. Inmediatamente después de colocar el agua en la botella se selló de manera hermética, se las colocó en un contenedor con hielo que aislaba las muestras del ambiente y las mantenía a temperaturas bajas. Realizado esto se garantizó que las muestras no se contaminen con algún agente externo.

Luego de recolectar las muestras de los sitios designados, se trasladó en un contenedor con tapa para evitar el contacto con la luz solar, al laboratorio de la EMAPAG-EP ubicado en la parroquia Guanujo vía a Las Cochas. Las mismas fueron entregadas y puestas en refrigeración para su posterior análisis.

4.1.3 Resultado de ensayos realizados

Las muestras de agua para este anteproyecto fueron ensayadas en el laboratorio de la EMAPAG – EP ubicado en el sector de

Chaquishca. Se realizaron varios ensayos a las cuatro muestras de agua. A continuación se muestran resultados de los resultados de los ensayos utilizados para el diseño.

Tabla VIII. Resultados de ensayos en laboratorio de EMAPAG – EP día 1

MUESTRA	LUGAR	HORA DE MUESTREO	SST mg/L	DBO5 mg/L	DQO mg/L
1.- 11 Ene. 2017	Descarga 4	11:00	164,5	2180	12740
2.- 11 Ene. 2017	Río Guaranda	11:05	138,59	270,64	1584,67
3.- 11 Ene. 2017	Descarga 1	11:40	173,24	280,67	1540,69
4.- 11 Ene. 2017	Descarga 1	11:45	146,08	386,43	1925,67

Fuente: Los autores

Se observo un valor aberrante en la muestra 1

Tabla IX. Resultados de ensayos en laboratorio de EMAPAG – EP día 2

MUESTRA	LUGAR	HORA DE MUESTREO	SST mg/L	DBO5 mg/L	DQO mg/L
1.- 12 Ene. 2017	Descarga 4	11:40	169,32	330,65	1660,28
2.- 12 Ene. 2017	Río Guaranda	11:40	176,80	304,13	1664,03
3.- 12 Ene. 2017	Descarga 1	12:20	162,28	356,27	1842,40
4.- 12 Ene. 2017	Descarga 1	13:00	145,96	367,16	1831,06

Fuente: Los autores

4.1.4 Cálculo del caudal de aguas residuales

El caudal de agua residual depende de la frecuencia de consumo y la forma de uso del agua potable. Para conocer dicho valor se considera la dotación de agua, cantidad de pobladores, factor de retorno y un factor de seguridad.

La dotación depende de la cantidad de habitantes y el clima del sector, el valor que se consideró para el diseño fue de 180 lt/hab*día. El factor de retorno es de 0,8 tomando en cuenta que es una zona urbana y no hay gran aporte de agua que se infiltre. El factor de seguridad es de 1,5.

El caudal de agua residual se obtendrá a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = \text{Dotación} * \text{población futura} * \text{factor de retorno} * \text{factor de seguridad}$$

Caudal de diseño de parroquias Ángel Polibio Chávez y Gabriel Ignacio Veintimilla

$$Q = 180 \frac{l}{\text{hab} * \text{día}} * 48825 \text{ hab} * 0,8 * 1,5$$

$$Q = 10546200 \frac{l}{\text{día}}$$

$$Q_d = 0,122 \frac{m^3}{s}$$

Caudal de diseño de parroquia Guanujo

$$Q = 180 \frac{l}{\text{hab} * \text{día}} * 39948 \text{ hab} * 0,8 * 1,5$$

$$Q = 8628768 \frac{l}{\text{día}}$$

$$Q_d = 0,099 \frac{m^3}{s}$$

4.1.5 Parámetros de diseño del efluente/parámetros para caracterización de agua residual

Se propone el uso de plantas de tratamiento para depurar el agua residual, de esta manera se recupera y conservan los ríos del sector. Y con ello se preserva la salud de las personas y el ambiente en general.

Para medir la remoción de contaminantes del agua residual se considera parámetros propuestos por la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de efluentes del recurso agua. Esta norma regulariza los parámetros en el Texto Unificado de Legislación Secundaria y Medio Ambiente (T.U.L.S.M.A). Estos valores se presentan en la tabla XII de la sección 4.2.3

En definitiva se obtiene un diseño eficaz, si el efluente cumple con los límites máximos permisibles para ser descargados en un cuerpo de agua dulce. A continuación se presentan los parámetros que serán utilizados para el tratamiento de agua residual.

Tabla X. Parámetros de caracterización del agua residual

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límites máximos permisibles
------------	-----------------	--------	-----------------------------

Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		¹ Remoción > al 99,9 %
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	15
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	100
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sólidos volátiles totales	SVT	mg/l	N/A

¹ Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

4.1.6 Sitios para implantar las alternativas

Zonas de implantación de plantas de tratamiento

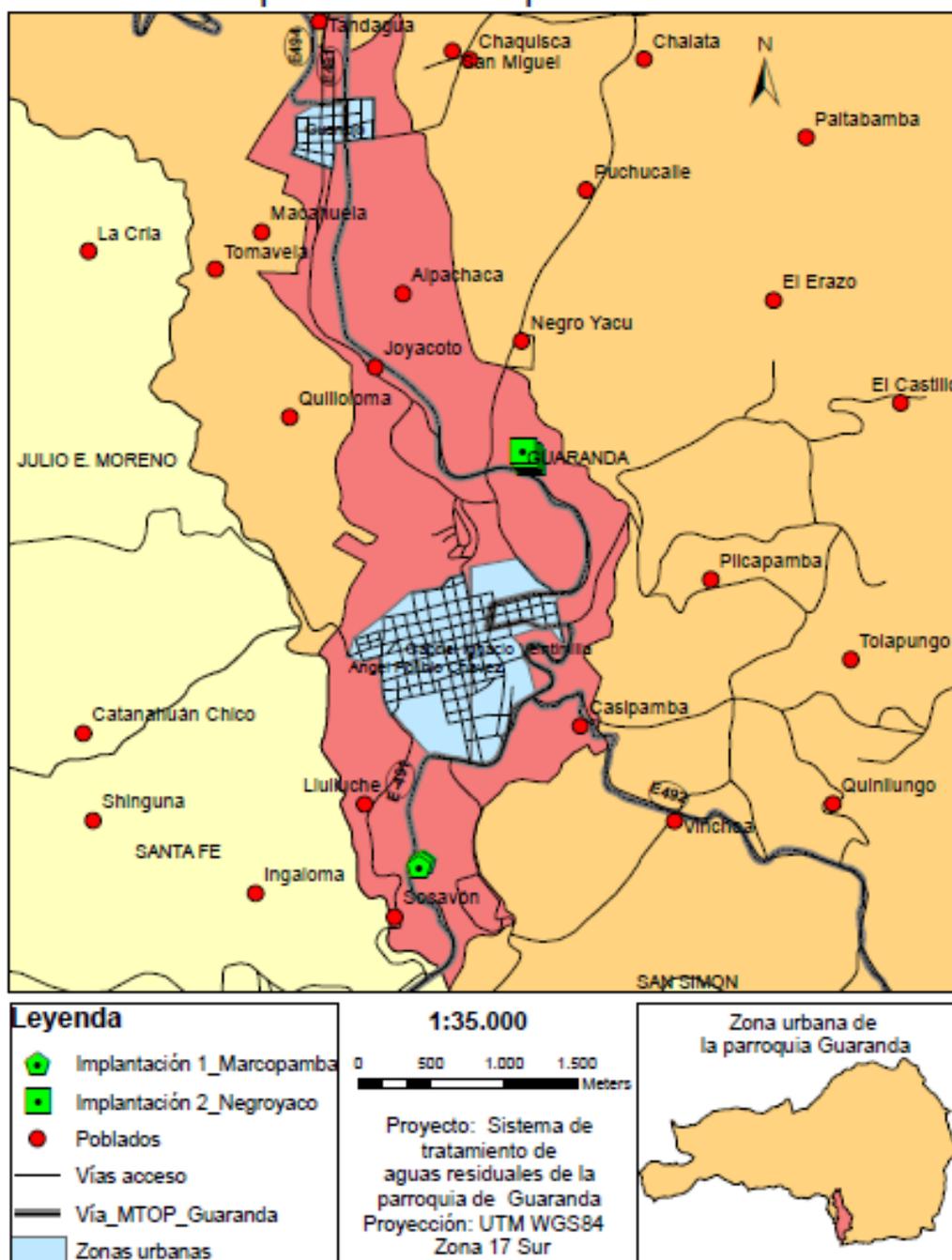


Figura 13. Zonas de implantación de las plantas de tratamiento.

4.2 RESTRICCIONES DEL ANTEPROYECTO

De acuerdo a la investigación de campo y de información proporcionada por organismos municipales, se han analizado restricciones de diferente índole. A continuación se presenta un listado de ellas:

- Físicas.
- Económicas.
- Sociales.
- Sísmicas.
- Técnicas.

4.2.1 RESTRICCIONES FÍSICAS

El espacio físico ha sido un factor decisivo y limitante para el desarrollo de las alternativas, ya que el terreno de la ciudad está formada por zonas montañosas que no permiten ubicar las plantas en cualquier sitio.

4.2.2 RESTRICCIONES ECONÓMICAS

Los recursos económicos que necesita el GAD de Guaranda para la implementación del diseño propuesto son cuantiosos. La situación económica que atraviesa el país pone en riesgo la aplicación de esta solución medioambiental.

4.2.3 RESTRICCIONES SOCIALES

Se tendrá que realizar expropiaciones de terreno a los pobladores dentro del área prevista para la construcción, por este motivo los dueños y moradores de las zonas de Negroyaco y zona baja de Marcopamba serán afectados.

4.2.4 ALTA SISMICIDAD

Antes de la implementación de cualquier alternativa es necesario realizar un estudio sísmico de las zonas designadas para ser implantadas, dado que la ciudad de Guaranda se encuentra dentro de la falla geológica activa denominada "Río Chimbo".

4.2.5 RESTRICCIONES TÉCNICAS

Dentro de la fase de construcción puede presentarse dificultades en varios aspectos, tales como el acceso a la zona de implementación; y en la fase de operación al momento de la disposición final de los lodos generados en las etapas de tratamiento, junto con los olores.

4.3 Alternativas para tratamiento

4.3.1 Pretratamiento

Canal de entrada:

Se diseña un canal abierto de sección rectangular, para ello es necesario relacionar el caudal de aguas residuales con la velocidad de flujo del canal. A continuación se presentan las ecuaciones para obtener las dimensiones del mismo.

$$A = \frac{Q_d}{V_c}$$

$$A = B * H$$

La base y la altura serán de igual dimensión, sin incluir el borde libre. Por lo tanto el área queda expresada de la siguiente manera.

$$B = H$$

$$A = H^2$$

La altura de la lámina de agua deberá ser mayor a 0,3 metros para evitar colmatar el canal con sólidos.

La velocidad de entrada no debe ser tan baja que promueva la sedimentación de sólidos en el canal ni tan alta que genere arrastre de los mismos. Dicha velocidad se encuentra en un rango de 0,6 m/s a 1 m/s. (Lozano-Rivas, 2012)

Con la teoría de flujo de canales abiertos y la ecuación de Manning se determina la pendiente del canal. Donde el radio hidráulico se calcula con la relación del área y el perímetro mojado.

$$V_c = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$R_h = \frac{A}{P_m}$$

A continuación se presenta una tabla con los valores de rugosidad para varios materiales.

Tabla XI. Coeficientes de rugosidad. (CEC, 1992)

Material	Intervalo
Hormigón	0,012-0,017
Hierro Galvanizado	0,015-0,017
Acero	0,015-0,017
Vitrocerámica	0,013-0,015
Plástico	0,011-0,015

El coeficiente que se utilizara en el cálculo es de 0,014 porque es un dato representativo para el hormigón, material que será utilizado.

Se calcula la sección del canal para el paso de agua residual de las en la zona baja de Marcopamba. La velocidad que es de 1,0 m/s.

$$A = \frac{0,122}{1,0}$$

$$A = 0,122 \text{ m}^2$$

$$H = \sqrt{0,122}$$

$$H = 0,35 \text{ m}$$

$$B = 0,35 \text{ m}$$

Para trabajar con medidas conocidas se determina que el ancho y la altura sean de 0,5 metros.

Se utiliza la ecuación de Manning para obtener la pendiente dado que se tiene todos los datos necesarios.

$$R_h = \frac{0,5^2}{3 * 0,5}$$

$$R_h = 0,17 \text{ m}$$

$$S = \left(\frac{1,0 * 0,014}{0,17^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S = 0,00214 \frac{m}{m}$$

$$S = 0,21 \%$$

Se vuelve a calcular la velocidad con la ecuación de Manning pero cambiando el valor de la pendiente a 0,25% dado que el obtenido es relativamente bajo.

$$V_c = \frac{1}{0,014} * 0,17^{\frac{2}{3}} * 0,0025^{1/2}$$

$$V_c = 1,08 \text{ m/s}$$

Tabla XII. Dimensiones del canal de entrada.

Dimensiones del canal de entrada	Zona baja de Marcopamba	Zona de Negroyaco
Ancho(m)	0,5	0,5
Alto(m)	0,5	0,5
Velocidad de flujo(m/s)	1,08	1,08
Pendiente (%)	0,25	0,25

Fuente: Los autores

Desbaste de gruesos:

Con el fin de eliminar los elementos gruesos que contiene el agua residual se diseñará rejas para evitar obstrucciones y daños en los equipos posteriores.

Tabla XIII. Tipos de rejas (Lozano-Rivas, 2012)

Según separación útil	
Desbaste de finos	5- 20 mm
Desbaste medio	15 – 50 mm
Desbaste de gruesos	Más de 50 mm
Según inclinación	
Rejas verticales	90° respecto a la horizontal
Rejas inclinadas	60° - 80 ° respecto a la horizontal

Las rejas serán de limpieza manual y se colocaran a 60° con respecto a la horizontal.

Los criterios de diseño se basan en la pérdida de carga y en las velocidades de paso y aproximación, las mismas que no deben ser tan elevadas que generen arrastre ni tan bajas que promuevan la sedimentación.

Se deben tomar en consideración los siguientes parámetros para el diseño.

Tabla XIV. Parámetros para diseño del cribado (Lozano-Rivas, 2012)

Parámetro	Rango
Velocidad mínima de paso a Qmd	0,6 m/s
Velocidad de paso a Qmd	< 1,0 m/s
Velocidad de paso a QMH	< 1,4 m/s
Perdida de carga admisible a Qmd	< 150 mm
Grado de colmatación estimado entre intervalos de limpieza	30%

Ya obtenidas las dimensiones del canal se calculará el área útil en la zona de la rejilla, la misma depende del ancho del canal, la distancia entre los barrotes y el diámetro de estos. También se debe conocer el grado de colmatación.

$$A_R = B_c * \frac{L}{L+b} * \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

$$A_R = 0,5 * \frac{0,02}{0,02+0,012} * \left(1 - \frac{30}{100}\right)$$

$$A_R = 0,219 \text{ m}^2$$

Dado que las rejillas restan área útil al canal la velocidad del flujo aumenta al pasar por ellas, por eso es necesario incrementar el ancho del canal en la zona donde está ubicada la criba o aumentar la profundidad.

En este caso se aumentará la profundidad en la zona de la rejilla. La velocidad de paso es mayor dado que el área del canal se reduce por el espacio ocupado los barrotes.

$$P = Q * \frac{b + L}{\left(1 - \frac{G}{100}\right) * V_p * L * B_c}$$

$$P = 0,122 * \frac{0,012 + 0,02}{\left(1 - \frac{30}{100}\right) * 1,1 * 0,02 * 0,5}$$

$$P = 0,51 \text{ m}$$

La pérdida de carga generada por la rejilla se calcula con la expresión propuesta por Lozano-Rivas. Está en función de la velocidad de paso del agua a través de la rejilla.

$$\Delta H = \frac{V_p^2}{9,1}$$

$$\Delta H = \frac{1,1^2}{9,1}$$

$$\Delta H = 0,13 \text{ m}$$

La pérdida de carga se encuentra por debajo de la admisible, ya que es menor a 0,15m.

La cantidad de barrotes se calcula con la siguiente ecuación, que depende del ancho del canal en la zona de la rejilla, la distancia entre los barrotes y el diámetro de las rejillas.

$$N = \frac{B_R - L}{b + L}$$

$$N = \frac{0,5 - 0,02}{0,012 + 0,02}$$

$$N = 15 \text{ barrotes}$$

La cantidad de sólidos retenidos es de aproximadamente 12ml/hab/d.

De la misma manera se calcula la profundidad y el número de barrotes para la parroquia Guanujo, esta tiene las mismas características de la anterior calculada.

Tabla de resultados del diseño de la reja.

Dimensiones de la reja	Zona baja de Marcopamba	Zona de Negroyaco
Espacio entre barrotes(m)	0,02	0,02
Ancho de barrotes(m)	0,012	0,012
Velocidad en rejas(m/s)	1,1	1,1
Grado de colmatación (%)	30	30
Profundidad en zona de la reja (m)	0,51	0,42
Número de barrotes	15	15
Ángulo de inclinación (°)	60	60

De acuerdo al balance de masas los parámetros de DBO_5 y SST los valores permanecen constantes porque solo remueven materiales de gran tamaño.

Desarenador

Tabla XV. Resultado de diseño del desarenador para zona baja de Marcopamba.

desarenador	Zona baja de Marcopamba	
	Alternativa 1	Alternativa 2

TRH(s)	48	51
Profundidad(sin borde libre)(m)	0,75	0,8
Ancho(m)	0,75	0,8
Largo(m)	2,60	2,43
Velocidad horizontal(m/s)	0,05	0,047

A la salida del desarenador se remueve un 5 %de DBO_5 y un 30% de SST. Por lo tanto el balance de masa da como resultado:

$$DBO_5 = 330,65(1 - 0,05) = 314,12 \text{ mg/l}$$

$$SST = 169,32(1 - 0,1) = 152,39 \text{ mg/l}$$

$$DQO = 1660,28(1 - 0,05) = 1577,27 \text{ mg/l}$$

Tabla XVI. Resultado de diseño del desarenador para zona de Negroyaco

desarenador	Zona de Negroyaco	
	Alternativa 1	Alternativa 2
TRH(s)	45	46
Profundidad(sin borde libre)(m)	0,70	0,74
Ancho(m)	0,7	0,74
Largo(m)	2,24	2,24
Velocidad horizontal(m/s)	0,051	0,046

A la salida del desarenador se remueve un 5 %de DBO_5 y un 30% de SST. Por lo tanto el balance de masa da como resultado.

$$DBO_5 = 386,43(1 - 0,05) = 367,11 \text{ mg/l}$$

$$SST = 173,24(1 - 0,1) = 155,92 \text{ mg/l}$$

$$DQO = 1925,67(1 - 0,05) = 1829,39 \text{ mg/l}$$

4.3.2 Tratamiento Primario

Sedimentador primario

Para el diseño del tratamiento primario se optó por un tanque de sección rectangular, el cual se forma de 4 zonas tales como entrada, sedimentación, salida y recolección de lodos.

La entrada sirve para evitar zonas muertas y distribuir el flujo de agua de manera uniforme. En el área de sedimentación las partículas con mayor o igual diámetro de diseño se asientan en el fondo del tanque, el fluido tiene una dirección horizontal y el tanque trabaja como flujo a pistón. En la zona de salida el flujo de agua evacua evitando resuspender el material sedimentado. En la zona de lodos se acumulan los lodos sedimentados y se retiran cada cierto tiempo de forma que no colmate el tanque. (Organización Panamericana de la Salud , 2005)

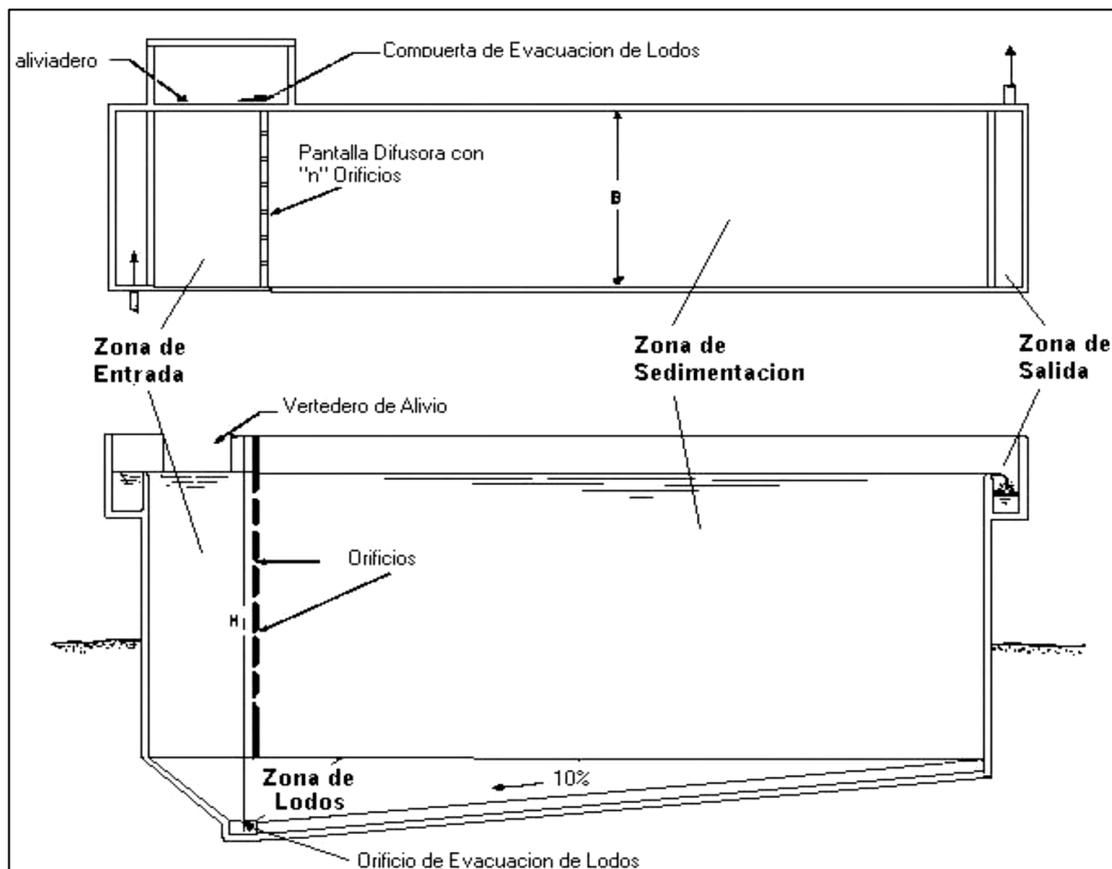


Figura 14. Sedimentador en planta y corte longitudinal.

Fuente: Tomado de (Organización Panamericana de la Salud , 2005)

A continuación se diseña el tanque de sedimentación para la zona baja de Marcopamba. El caudal de diseño será dividido para el número de sedimentadores en uso, y se obtendrá el caudal unitario.

$$Q_d = 0,122 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_u = \frac{0,122}{2}$$

$$Q_u = 0,061 \frac{m^3}{s}$$

Para el cálculo del volumen de sedimentación se multiplica el caudal por un factor multiplicador dependiente de la temperatura. (Olivos, 2010)

$$F = 1,82 * e^{-0,03*T}$$

$$F = 1,82 * e^{-0,03*15}$$

$$F = 1,16$$

El volumen para la zona de sedimentación depende del factor multiplicador de temperatura, tiempo de retención hidráulica y del caudal unitario.

$$V_s = (Q_u * 3600) * TRH * F$$

$$V_s = (0,061 * 3600) * 1,5 * 1,16$$

$$V_s = 382,46 m^3$$

El área superficial se calculará con respecto a la carga superficial, esta determina la tasa con la que el flujo de agua para a través del tanque.

$$A_s = \frac{(Q_u * 86400)}{C_s}$$

$$A_s = \frac{(0,061 * 86400)}{50}$$

$$A_s = 105,46 \text{ m}^2$$

La altura se obtiene multiplicando la carga superficial de $50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ con el tiempo de retención hidráulica de 1,5 h.

$$H = \frac{C_s * TRH}{24}$$

$$H = \frac{50 * 1,5}{24}$$

$$H = 3,2 \text{ m}$$

La longitud de sedimentación debe ser 3 a 6 veces el ancho del tanque y la profundidad puede ser de 5 a 20 veces la profundidad. (Organización Panamericana de la Salud , 2005)

$$L_s = B * 3$$

$$A_s = B * L_s$$

$$A_s = B * 3B$$

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{3}}$$

$$B = \sqrt{\frac{105,46}{3}}$$

$$B = 6 \text{ m}$$

$$L_s = 6 * 3$$

$$L_s = 18 \text{ m}$$

Se revisa si se cumplen las relaciones de L_s/B y L_s/H

$$3 \leq \frac{L_s}{B} \leq 6$$

$$3 \leq \frac{18}{6} \leq 6$$

$$3 \leq 3 \leq 6 \text{ Cumple}$$

$$5 \leq \frac{L_s}{B} \leq 20$$

$$5 \leq \frac{18}{3,2} \leq 20$$

$$5 \leq 5,62 \leq 20 \text{ Cumple}$$

Para la zona de entrada se determina una longitud entre 0,7 a 1,0 metro. Por lo tanto la longitud total del sedimentador es la siguiente.

$$L_{sd} = L_e + L_s$$

$$L_{sd} = 0,7 + 18$$

$$L_{sd} = 18,7 \text{ m}$$

Para calcular la profundidad total se debe adicionar una pendiente de 10% para que los lodos puedan acumularse con mayor facilidad.

$$H_T = H * \left(1 + \frac{P_d}{100}\right)$$

$$H_T = 3,2 * \left(1 + \frac{P_d}{100}\right)$$

$$H_T = 3,6 \text{ m}$$

La partícula de diseño es de 0,07 milímetros y la velocidad de sedimentación es de 0,27 centímetros por segundo según el Código Ecuatoriano de la Construcción. (CEC, 1992)

Se debe considerar para el cálculo de la velocidad horizontal la siguiente expresión, la misma que depende de la velocidad de sedimentación, la altura y la longitud.

$$\frac{L_s}{H} = \frac{V_H}{V_s}$$

$$V_H = \frac{L_s * V_s}{H}$$

$$V_H = \frac{18 * 0,27}{3,2 * 100}$$

$$V_H = 0,015 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

A continuación se calcula la velocidad de arrastre para comparar con la velocidad horizontal.

La velocidad de arrastre depende de k constante del material arrastrado, el peso específico de la partícula en este caso 2,7, el diámetro de la partícula en metros y el factor de Darcy-Weisbach siendo de 0,03.

$$V_a = \sqrt{\frac{8 * k * (s - 1) * g * d}{f}}$$

$$V_a = \sqrt{\frac{8 * 0,06 * (2,7 - 1) * 9,81 * 0,00007}{0,03}}$$

$$V_a = 0,137 \frac{m}{s}$$

Por lo tanto debe cumplirse la relación:

$$V_H < V_a$$

$$0,015 < 0,137 \text{ Cumple}$$

Para la pantalla difusora se calcula el área y número de orificios. Se asume una velocidad de flujo que pase a través del orificio menor a 0,15 metros por segundo. (Olivos, 2010)

Se asume una velocidad en los orificios de 0,1 m/s y se calcula el área total de los orificios.

$$A_o = \frac{Q_u}{V_o}$$

$$A_o = \frac{0,061}{0,1}$$

$$A_o = 0,61 \text{ m}^2$$

El diámetro del orificio debe estar entre 7,5 a 10 centímetros. Se obtiene el área de cada orificio.

$$a_o = \frac{\pi * (0,1^2)}{4}$$

$$a_o = 0,0079 \text{ m}^2$$

Relacionando el área total con la de cada orificio se obtiene el número de orificios.

$$n = \frac{A_o}{a_o}$$

$$n = \frac{0,61}{0,0079}$$

$$n = 78 \text{ orificios}$$

Para calcular la altura de la pantalla difusora se debe tener en cuenta que la misma está ubicada a H/5 de la parte superior y H/5 de la parte inferior.

$$h = \frac{3}{5} * H$$

$$h = \frac{3}{5} * 3,2$$

$$h = 1,92 \text{ m}$$

Por lo tanto el número de filas de orificios $n_f = 6$

Y el número de columnas de orificios $nc= 13$

El espaciamiento entre filas af:

$$af = \frac{h}{nf}$$

$$af = \frac{1,92}{6}$$

$$af = 0,32 \text{ m}$$

$$ac = \frac{B - af(nc - 1)}{2}$$

$$ac = \frac{6 - 0,32(13 - 1)}{2}$$

$$ac = 1,08 \text{ m}$$

La altura del vertedero de salida se calcula con la siguiente ecuación:

$$H_v = \left[\frac{Q}{1,84 * B} \right]^{2/3}$$

$$H_v = \left[\frac{0,061}{1,84 * 6} \right]^{2/3}$$

$$H_v = 0,031 \text{ m}$$

La eficiencia del tratamiento de sedimentación según (Crites & Tchobanoglous, 2000) depende de unas constantes a, b y el tiempo de retención.

$$E_{DBO} = \frac{TRH}{a + b * TRH}$$

$$E_{DBO} = \frac{1,5}{0,018 + 0,02 * 1,5}$$

$$E_{DBO} = 31,25 \%$$

$$E_{SST} = \frac{TRH}{a + b * TRH}$$

$$E_{SST} = \frac{1,5}{0,0075 + 0,014 * 1,5}$$

$$E_{SST} = 52,63 \%$$

Tabla . Diseño de sedimentador primario para la zona baja de Marcopamba.

Parámetros	Alternativa
Caudal unitario(m³/s)	0,061
Tanques en uso	2
TRH(h)	1,5
T (°C)	15
DBO5 (ingreso)(mg/l)	314,12
% remoción DBO5	31,25

SST (ingreso)(mg/l)	118,52
% remoción SST	52,63
Ancho(m)	6
Profundidad total(m)	3,6
Longitud total(m)	19
Velocidad horizontal(m/s)	0,015
Velocidad de arrastre(m/s)	0,137
Velocidad de sedimentación(cm/s)	0,27
Número de filas de orificios	6
Número de columnas de orificios	13
Espaciamiento entre filas(m)	0,32
Espaciamiento entre columnas(m)	1,08
Altura del vertedero de salida(m)	0,031

Fuente: Los autores

Para obtener los valores de DBO_5 y SST luego del proceso de sedimentación primaria se realiza el siguiente balance de masas:

Zona baja de Marcopamba

$$DBO_5 = 314,12(1 - 0,3125) = 215,96 \text{ mg/l}$$

$$SST = 152,39(1 - 0,5263) = 72,19 \text{ mg/l}$$

$$DQO = 1577,27(1 - 0,3) = 1104,09 \text{ mg/l}$$

Tabla XVII. Diseño de sedimentador primario para la Zona de Negroyaco

Parámetros	Alternativa
Caudal unitario(m³/s)	0,050
Tanques en uso	2
TRH(h)	2,5
T (°C)	13
DBO5 (ingreso)(mg/l)	367,11
% remoción DBO5	36,76
SST (ingreso)(mg/l)	121,27
% remoción SST	58,82
Ancho(m)	6
Profundidad total(m)	4,7
Longitud total(m)	19
Velocidad horizontal(m/s)	0,012
Velocidad de arrastre(m/s)	0,137
Velocidad de sedimentación(cm/s)	0,27
Número de filas de orificios	6
Número de columnas de orificios	11
Espaciamiento entre filas(m)	0,42
Espaciamiento entre columnas(m)	0,9
Altura del vertedero de salida(m)	0,027

Fuente: Los autores

Se realiza el balance de masas para la zona de Negroyaco:

$$DBO_5 = 367,11(1 - 0,3676) = 232,16 \text{ mg/l}$$

$$SST = 155,92(1 - 0,5882) = 64,21 \text{ mg/l}$$

$$DQO = 1829,39(1 - 0,3) = 1280,57 \text{ mg/l}$$

4.4 Desarrollo de Alternativas

4.4.1 Alternativa 1: Biodiscos rotatorios

Un sistema de biodiscos está formado por un eje que sirve de soporte al medio, los ejes pueden estar orientados paralelos al flujo de agua .El medio se fabrica con polietileno de alta densidad y tiene corrugaciones para aumentar la superficie. Se utiliza un tanque para ubicar los biodiscos y almacenar el agua residual, estos pueden ser de hormigón o de acero. Cada etapa está separada por deflectores.

La gran mayoría de los sistemas rotan por la acción directa sobre el eje central de mecanismos de transmisión mecánica.

Es necesario que los biodiscos estén protegidos de los rayos del sol, las bajas temperaturas y se puede controlar la proliferación de algas.

La división por etapas en el sistema de biodiscos es de gran importancia dado que la distribución favorece el desarrollo de diferentes organismos a distintos niveles. Esta depende de la

concentración de la materia orgánica soluble que pasa en cada biodiscos.

Cada vez que el agua residual pasa por una de las etapas se va reduciendo la materia orgánica. La cantidad de etapas depende de la concentración de sustrato que pueda recibir el efluente. (Metcalf & Eddy, 1995)

El eje se instala por encima del nivel del agua, sumergiendo entre un 40 a 50% de la superficie del disco, asegurando que este se encuentre en el agua residual y posteriormente en el aire. Así la película biológica que se forma sobre ellos queda sumergida y expuesta al aire alternadamente, permitiendo a los microorganismos tomar el oxígeno del aire y los nutrientes del agua. (Ambientum, 2002)

Para el diseño de los biodiscos se utilizará el modelo Wu. La velocidad máxima de rotación será de 4 revoluciones por minuto (rpm), la cual se tomara en consideración para el tratamiento. Los biodiscos estarán sumergidos un 40%. (Romero Rojas, 2008)

El caudal se redistribuir en 8 partes de tal manera que se trabaje en paralelo. Se realizará el diseño para la zona baja de Marcopamba, luego se determinaran los resultados para el sector de Negroyaco de forma tabular.

El caudal unitario se calcula de la siguiente manera:

$$Q_u = \frac{0,122}{4}$$

$$Q_u = 0,030 \frac{m^3}{s}$$

El caudal de agua residual tiene una concentración de DBO igual a 215,96 mg/l. Los discos rotatorios se diseñarán de tal manera que el efluente tenga una concentración de DBO de 25mg/l

La siguiente ecuación determina la eficiencia del proceso.

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0}$$

$$E = \frac{215,96 - 25}{215,96}$$

$$E = 88,42\%$$

A continuación se presenta el modelo Wu que relaciona los sustratos, la carga hidráulica, temperatura y el número de etapas.

$$S = \frac{84,7 * q^{0,5579} * S_0^{0,3163}}{e^{0,32N} * T^{0,2477}}$$

La carga hidráulica será despejada de la ecuación y queda expresada de la siguiente manera:

$$q = \left(\frac{S * e^{0,32N} * T^{0,2477}}{84,7 * S_0^{0,3163}} \right)^{\frac{1}{0,5579}}$$

El número de etapas será de 8 que se ubicaran en serie, y una temperatura de 15°C.

$$q = \left(\frac{25 * e^{0,32*16} * 15^{0,2477}}{84,7 * 215,96^{0,3163}} \right)^{\frac{1}{0,5579}}$$

$$q = 171,57 \frac{m}{\text{día}}$$

El área superficial de los discos se obtiene relacionando el caudal y la carga hidráulica anteriormente calculada.

$$As = \frac{Q}{q}$$

$$As = \frac{0,030 \frac{m^3}{s} * \frac{86400 s}{1 \text{ día}}}{171,57 \frac{m}{\text{día}}}$$

$$As = 15,37 m^2$$

Por lo tanto el área superficial de los discos en cada etapa es de 15,37 m².

La carga orgánica en los biodiscos se calcula de la siguiente forma:

$$CO = S_0 * Q$$

$$CO = 215,96 \frac{mg \text{ DBO}}{lt} * 0,030 \frac{m^3}{s} * \frac{1000lt}{1 m^3} * \frac{86400 s}{1 \text{ día}} * \frac{1 g}{1000 mg}$$

$$CO = 569389,34 \frac{g \text{ DBO}}{m^2 * \text{día}}$$

La carga orgánica superficial que se estima para el diseño será de $20 \frac{g\ DBO}{m^2 \cdot dia}$

El área total de los discos se obtiene relacionando la carga orgánica calculada con la de diseño.

$$A_{td} = \frac{CO}{CO_d}$$

$$A_{td} = \frac{569389,34}{20}$$

$$A_{td} = 28469,47\ m^2$$

Utilizando discos de diámetro igual a 3 metros, se calcula primero el área para un disco y se multiplica por 2 para tomar en cuenta los dos lados.

$$\# Total\ Discos = \frac{A_{td}}{2 * A_{1d}}$$

$$\# Total\ Discos = \frac{28469,47}{2 * 7,069}$$

$$\# Total\ Discos = 2013,80\ discos$$

El número de discos por etapa se obtiene de la siguiente forma:

$$\frac{\# \text{ Discos}}{\text{Etapa}} = \frac{\# \text{ Total Discos}}{N}$$

$$\frac{\# \text{ Discos}}{\text{Etapa}} = \frac{2013,80}{16}$$

$$\frac{\# \text{ Discos}}{\text{Etapa}} = 125,86 = 126 \text{ discos por etapa}$$

Se tiene para el diseño 2016 discos para el tratamiento de discos rotatorios.

La longitud de los discos en cada etapa es la siguiente:

$$L_d = \frac{A_s}{\pi * D}$$

$$L_d = \frac{15,37}{\pi * 3}$$

$$L_d = 1,63 \text{ m}$$

El espesor de los discos se calcula de la siguiente manera.

$$e = \frac{L_d}{\# \text{ Discos}/\text{Etapa}}$$

$$e = \frac{1,63}{126}$$

$$e = 0,015 \text{ m}$$

Por lo tanto la longitud de los biodiscos para cada etapa será:

$$L = e * \# \text{ discos}$$

$$L = 0,015 * 126$$

$$L = 1,89 \text{ m}$$

La longitud total del tanque para los biodiscos será la anteriormente calculada más 1 metro.

$$L_t = L + 1$$

$$L_t = 1,89 + 1$$

$$L_t = 2,89 \text{ m (en cada etapa)}$$

La longitud total incluyendo todas las etapas será:

$$L_{total} = N * L_t$$

$$L_{total} = 16 * 2,89$$

$$L_{total} = 46,24 \text{ m}$$

Cada biodiscos estará sumergido una fracción del 40%.

$$\frac{a}{A} = 0,40$$

La relación entre las áreas corresponde a una relación de radios de $r/R = 0,89$ en los biodiscos.

$$r = 0,89 * R$$

$$r = 0,89 * 1,5$$

$$r = 1,335 \text{ m}$$

Para que los biodiscos no topen el suelo es necesario dejar un espacio suficiente, de tal manera que el tanque tenga una profundidad de 1,5 metros. El ancho de este será de 3,5 metros ya que se deja 25 centímetros para cada lado de los biodiscos.

El tiempo de retención hidráulico para cada etapa se calcula de la siguiente manera:

$$\theta = \frac{H * T * L}{Q}$$

$$\theta = \frac{1,5 * 3,5 * 2,89}{0,030}$$

$$\theta = 497,20 \text{ s}$$

$$\theta = 8,29 \text{ min}$$

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

Se realiza el balance de masas luego del tratamiento con biodiscos para la zona baja de Marcopamba.

$$DBO_5 = 215,96(1 - 0,88) = 25,92 \text{ mg/l}$$

$$DQO = 1104,09(1 - 0,80) = 220,82 \text{ mg/l}$$

Se realiza el balance de masas luego del tratamiento con biodiscos para la zona de Negroyaco.

$$DBO_5 = 232,16(1 - 0,89) = 25,54 \text{ mg/l}$$

$$DQO = 1280,57(1 - 0,80) = 256,11 \text{ mg/l}$$

El sedimentador secundario se diseñara en función a la carga superficial de 150 m/día que equivale a 0,0017 m/s y el volumen.

$$A_s = \frac{Q}{CS}$$

$$A_s = \frac{0,030}{0,0017}$$

$$A_s = 17,58 \text{ m}^2$$

Las dimensiones del sedimentador serán de 4,2 m de ancho y 4,2 m de largo, de esta manera el área total es de 17,58 m². Para el volumen del sedimentador se considera el área total y altura de 3,5 metros.

$$V = A * H$$

$$V = 17,58 * 3,5$$

$$V = 61,74 \text{ m}^3$$

El tiempo de retención hidráulico se muestra en la siguiente ecuación:

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

$$\theta = \frac{61,74}{0,030}$$

$$\theta = 2023,23 \text{ s}$$

$$\theta = 33,72 \text{ min}$$

$$\theta = 0,56 \text{ h}$$

Se realiza el balance de masas luego del sedimentador secundario para la zona baja de Marcopamba.

$$DBO_5 = 25,92(1 - 0,3) = 18,14 \text{ mg/l}$$

$$SST = 72,19(1 - 0,5) = 36,10 \text{ mg/l}$$

$$DQO = 220,82(1 - 0,3) = 154,57 \text{ mg/l}$$

Se realiza el balance de masas luego del sedimentador secundario para la zona de Negroyaco.

$$DBO_5 = 25,54(1 - 0,3) = 17,89 \text{ mg/l}$$

$$SST = 64,21(1 - 0,5) = 32,10 \text{ mg/l}$$

$$DQO = 256,11(1 - 0,3) = 179,28 \text{ mg/l}$$

Tabla Diseño biodiscos y sedimentador secundario de la zona baja de Marcopamba

Alternativas de diseño	1	2
Caudal de diseño (m³/s)	0,122	0,122
Número de discos en paralelo	4	5
Número de etapas	16	15
Carga Hidráulica (m/d)	171,57	97,68
Área superficial de discos por etapa (m²)	15,37	21,82
Diámetro de discos(m)	3	3
Discos por etapa	126	108
Espesor del disco(m)	0,015	0,025
Longitud de cada etapa(m)	2,89	3,70
Longitud total del tratamiento(m)	46,24	55,50
Ancho del tanque en cada etapa(m)	3,5	3,5
Profundidad del tanque de etapas(m)	1,38	1,38

Área superficial de tanque de biodiscos (m²)	161,84	194,25
Tiempo de retención hidráulica de biodiscos por etapa (min)	8,29	13,26
Ancho de sedimentador secundario (m)	4,2	4,2
Largo de sedimentador secundario (m)	4,2	4,2
Profundidad de sedimentador secundario (m)	3,5	3,5
Área superficial de tanque sedimentador (m²)	17,64	17,64
Tiempo de retención hidráulica de sedimentador secundario (min)	33,72	37,38
Área superficial total por biodiscos (m²)	647,36	971,25
Área superficial total por sedimentador secundario (m²)	70,56	88,2

Fuente: Los autores

Tabla Diseño biodiscos y sedimentador secundario de la zona de Negroyaco

Alternativas de diseño	1	2
Caudal de diseño (m³/s)	0,09	0,09
Número de discos en paralelo	4	5
Número de etapas	16	15
Carga Hidráulica (m/d)	164,68	92,80
Área superficial de discos por etapa (m²)	13,10	18,60
Diámetro de discos(m)	3	3
Discos por etapa	111	95
Espesor del disco(m)	0,015	0,025

Longitud de cada etapa(m)	2,66	3,37
Longitud total del tratamiento(m)	42,64	50,62
Ancho del tanque en cada etapa(m)	3,5	3,5
Profundidad del tanque de etapas(m)	1,38	1,38
Área superficial de tanque de biodiscos (m2)	149,24	177,17
Tiempo de retención hidráulica de biodiscos por etapa (min)	9,34	14,78
Ancho de sedimentador secundario (m)	4	4
Largo de sedimentador secundario (m)	4	4
Profundidad de sedimentador secundario (m)	3,5	3,5
Área superficial de tanque sedimentador (m2)	16,0	16,0
Tiempo de retención hidráulica de sedimentador secundario (min)	37,38	37,38
Área superficial total por biodiscos (m2)	596,96	885,85
Área superficial total por sedimentador secundario (m2)	64	80

Fuente: Los autores

4.4.2 Alternativa 2: Filtros percoladores

La mayoría de los filtros son circulares vistos en planta y utilizan distribuidores rotatorios que giran como resultado de la acción de chorro mientras el agua residual es rociada horizontalmente sobre el lecho. Los filtros de 6,1 metros o menos, son accionados por motores eléctricos.

A medida que el agua residual pasa a través de un lecho de filtro, los microorganismos crecen y consumen una cantidad apreciable de los materiales orgánicos, como sustancias alimenticias principalmente por biooxidación aerobia.

La figura 15 es una ilustración en corte de un filtro de goteo del distribuidor rotatorio, el lecho filtrante, el sistema de drenaje y el tubo del influente. El clarificador final, que esta inmediatamente aguas abajo del filtro, sirve para eliminar los crecimientos microbianos que se separan periódicamente del medio filtrante.

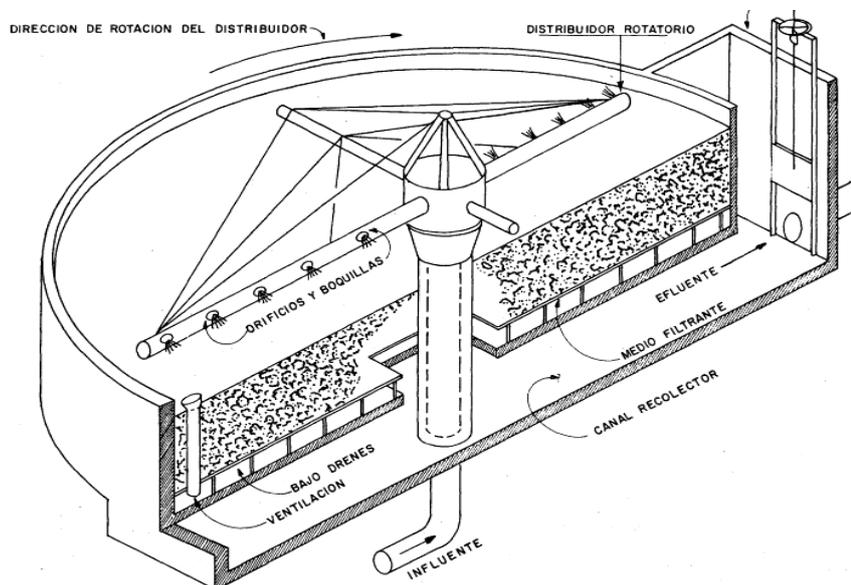


Figura 15. Sección de filtro percolador

Fuente: Tomado de (Romero Rojas, 2008)

Hay filtros de tasa baja, estándar, velocidad intermedia, de alta velocidad y de sobrevaloración de acuerdo con la carga orgánica, la carga hidráulica del flujo y el reciclado empleado. La grava es un medio comúnmente utilizado, pero también se conoce de los plásticos sintéticos. El proceso de filtración por goteo se ha utilizado comúnmente en las ciudades pequeñas y medianas, principalmente debido a su simplicidad y fiabilidad.

Para las ciudades pequeñas, una planta de filtración requiere a un operador por solo unas pocas horas cada día. (Reynolds & Richards, 1996)

El filtro percolador trabaja como un reactor de flujo a pistón. Los filtros con recirculación diluyen el caudal y reducen el estancamiento de lodos en el medio inerte. Evita que se acumulen insectos, en este caso moscas dado que la dosificación del caudal es continuo. La biomasa no se reducirá dado que la dosificación es continua. (Romero Rojas, 2008)

En la siguiente figura se muestra los procesos de tratamiento incluyendo la recirculación del filtro percolador en solo una etapa.

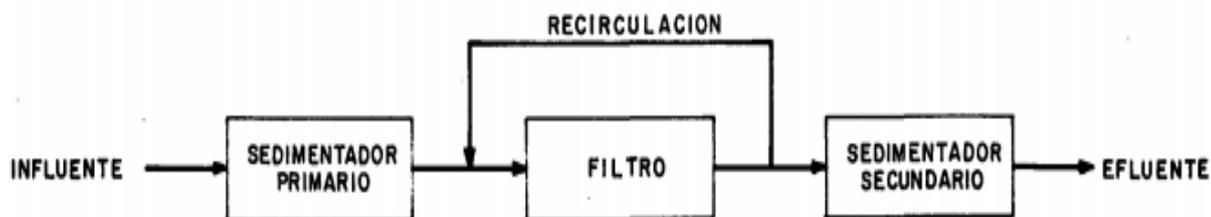


Figura Sistema de una etapa en filtros percoladores.

Fuente: Tomado de (Instituto Nacional de Ecología, 1985)

Para el anteproyecto se utilizara piedra triturada como medio filtrante, de tamaño 1 ½ “, con un área superficial especifica de 60 (m²/m³). Se diseñará variando la temperatura de 13°C y 15°C

A continuación se utiliza la ecuación de Arrhenius para determinar la constante de remoción a 13°C y 15°C, la cual depende de las constantes de remoción K que tiene un valor de 0,1 m/d a 25°C y del coeficiente de corrección de temperatura θ , que comúnmente tiene un valor de 1,08 (Eckenfelder, 1989)

$$K_{T_2} = K_{T_1} * \theta^{(T_2 - T_1)}$$

$$K_{25^\circ C} = 0,1 \frac{m}{d}$$

$$K_{15^\circ C} = 0,1 * 1,08^{(15 - 25)}$$

$$K_{15^\circ C} = 0,046 \frac{m}{d}$$

$$K_{13^\circ C} = 0,040 \frac{m}{d}$$

La relación de recirculación depende del DBO₅ soluble que ingresa al filtro luego de los tratamientos anteriores, DBO₅ soluble del afluente y del efluente, a continuación se presenta esta relación.

$$\alpha = \frac{S_0 - S_a}{S_a - S_e}$$

$$\alpha = \frac{215,96 - 110}{110 - 50}$$

$$\alpha = 1,77$$

Luego de obtener el valor de recirculación, se calcula el caudal que será recirculado.

$$\alpha = \frac{Q_R}{Q}$$

$$Q_R = \alpha * Q$$

$$Q_R = 1,77 * 10546,20$$

$$Q_R = 18624,59 \frac{m^3}{día}$$

Dado que el filtro es de dosificación continua las dimensiones se calculan de tal manera que la recirculación sea cero.

Para dimensionar el sistema se utiliza el modelo Eckenfelder. La ecuación relaciona la concentración de sustrato soluble del efluente con el sustrato soluble de entrada al filtro. Se considera la constante de remoción, el área superficial específica del medio, la profundidad del filtro y la carga hidráulica superficial.

$$\frac{S_e}{S_0} = e^{-KSD/q^n}$$

$$-Ln\left(\frac{S_e}{S_0}\right) = \frac{K * S * D}{q^n}$$

$$q = \left(\frac{K * S * D}{Ln \left(\frac{S_0}{S_e} \right)} \right)^{1/n}$$

Si $\alpha = 0$, $K_{15^\circ C} = 0,046 \frac{m}{d}$ y $D = 3m$

$$q = \left(\frac{0,046 * 60 * 3}{Ln \left(\frac{215,96}{50} \right)} \right)^{1/1}$$

$$q = 5,69 \frac{m^3}{m^2 * dia}$$

Luego de haber calculado la carga hidráulica se obtiene el área superficial del filtro con la siguiente ecuación:

$$q = \frac{Q}{A_t}$$

$$A_t = \frac{10546,20}{5,69}$$

$$A_t = 1850,66 m^2$$

Se calcula el área unitaria dividiendo el área total para 6 unidades.

$$A_u = \frac{At}{6}$$

$$A_u = \frac{1850,66}{6}$$

$$A_u = 308,44 \text{ m}^2$$

Ahora se deben calcular el diámetro de los filtros dependiendo del área unitaria.

$$d = \sqrt{\frac{A_u * 4}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{308,44 * 4}{\pi}}$$

$$d = 19,82 \text{ m}$$

Se usa un diámetro 20 metros para volver a calcular el área unitaria.

$$A_u = \frac{\pi * 20^2}{4}$$

$$A_u = 314,16 \text{ m}^2$$

Para la carga hidráulica se relaciona el caudal unitario para el área unitaria.

$$q_u = \frac{Q_u}{A_u}$$

$$q_u = \frac{1757,70}{314,16}$$

$$q_u = 5,60 \frac{m^3}{m^2 * día}$$

La carga orgánica de cada filtro se determina de la siguiente manera:

$$CO = \frac{Q_u * S_o}{V}$$

$$V = D * A_u$$

$$V = 3 * 314,16$$

$$V = 942,48 m^3$$

$$CO = \frac{1757,70 * 215,96}{942,48} * \frac{1}{1000}$$

$$CO = 0,40 \frac{Kg DBO}{m^3 * día}$$

Se calcula la intensidad de arrastre con respecto al número de brazos del distribuidor y el número de vueltas que realiza en rpm,

también depende de la carga hidráulica del filtro. Se obtienen unidades de milímetros de agua depositada con respecto al paso del brazo.

$$SK = \frac{1000 * q_u}{60 * n_b * n_r}$$

$$SK = \frac{1000 * 0,22}{60 * 4 * 2}$$

$$SK = 0,47 \frac{mm}{paso \ de \ un \ brazo}$$

Se realiza el balance de masas luego del tratamiento con filtros percoladores para la zona baja de Marcopamba.

$$DBO_5 = 215,96(1 - 0,7) = 64,79 \text{ mg/l}$$

$$SST = 72,19(1 - 0,7) = 21,66 \text{ mg/l}$$

$$DQO = 1104,09(1 - 0,8) = 220,82 \text{ mg/l}$$

Se realiza el balance de masas luego del tratamiento con filtros percoladores para la zona de Negroyaco.

$$DBO_5 = 232,16(1 - 0,7) = 69,65 \text{ mg/l}$$

$$SST = 64,21(1 - 0,7) = 19,26 \text{ mg/l}$$

$$DQO = 1280,57(1 - 0,8) = 256,11 \text{ mg/l}$$

El sedimentador secundario se diseñara en función a la carga superficial de 50 m/d que equivale a 0,00058 m/s y el volumen.

$$A_s = \frac{Q_u}{CS}$$

$$A_s = \frac{0,020}{0,00058}$$

$$A_s = 35,15 \text{ m}^2$$

Las dimensiones del sedimentador serán de 6 metros de ancho y 6 metros de largo, de esta manera el área total será de 36 m².

Para el volumen del sedimentador se considera el área total y altura de 3,5 metros.

$$V = A_s * H$$

$$V = 35,15 * 3,5$$

$$V = 126 \text{ m}^3$$

El tiempo de retención hidráulico se muestra en la siguiente ecuación:

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

$$\theta = \frac{126}{0,020}$$

$$\theta = 6193,55 \text{ s}$$

$$\theta = 103,22 \text{ min}$$

$$\theta = 1,72 \text{ h}$$

Se realiza el balance de masas luego del sedimentador secundario para la zona baja de Marcopamba.

$$DBO_5 = 64,79(1 - 0,3) = 45,35 \text{ mg/l}$$

$$SST = 21,66(1 - 0,5) = 10,83 \text{ mg/l}$$

$$DQO = 220,82(1 - 0,3) = 154,57 \text{ mg/l}$$

Se realiza el balance de masas luego del sedimentador secundario para la zona de Negroyaco.

$$DBO_5 = 69,65(1 - 0,3) = 48,75 \text{ mg/l}$$

$$SST = 19,26(1 - 0,5) = 9,63 \text{ mg/l}$$

$$DQO = 256,11(1 - 0,3) = 179,28 \text{ mg/l}$$

Tabla . Diseño de filtro percolador para la zona baja de Marcopamba

Parámetros	Alternativa 1	Alternativa 2
Tipo de tasa Medio	Intermedia Piedra triturada	Intermedia Piedra triturada
Tamaño(pulgada)	1 1/2	1 1/2
Área superficial específica (m ² /m ³)	60	60
% de vacíos	60	60
Temperatura °C	15	13
Constante de remoción con respecto a la temperatura. (m/d)	0,046	0,040
Caudal ingresa (m ³ /d)	2932,51	2932,51
DBO ₅ soluble sin recirculación (mg/l)	215,96	215,96
DBO ₅ soluble del efluente (mg/l)	60	60
DBO ₅ soluble del afluente (mg/l)	115	115
Relación de recirculación	1,84	1,84
Caudal recirculado (m ³ /d)	5383,03	5383,03
Número de filtros	6	6
Área unitaria del filtro percolador (m ²)	78,54	95,03
Caudal unitario (m ³ /d)	488,75	488,75
Profundidad (m)	3	3
Diámetro(m)	10	11
Volumen unitario(m ³)	235,61	285,10
Carga hidráulica unitaria (m ³ /m ² *d)	6,22	5,14
Carga orgánica volumétrica (Kg DBO/ m*d)	0,45	0,37
Número de brazos del distribuidor	4	4
Velocidad de giro del brazo (rpm)	2	2
Intensidad de arrastre (mm/paso de un brazo)	0,54	0,45
Ancho de sedimentador secundario (m)	3,20	3,20
Largo de sedimentador secundario (m)	3,20	3,20
Profundidad de sedimentador secundario (m)	3,50	3,50
Área superficial de tanque sedimentador (m ²)	35,84	35,84
Tiempo de retención hidráulica de sedimentador secundario (h)	1,76	1,76
Área total de filtros percoladores (m ²)	471,24	570,20
Área total de sedimentadores secundarios(m ²)	61,44	61,44

Fuente: Los autores

Tabla XVIII . Diseño de filtro percolador para la zona de Negroyaco.

Parámetros	Alternativa 1	Alternativa 2
Tipo de tasa	Intermedia	Intermedia
Medio	Piedra triturada	Piedra triturada
Tamaño(pulgada)	1 1/2	1 1/2
Área superficial específica (m ² /m ³)	60	60
% de vacíos	60	60
Temperatura °C	15	13
Constante de remoción con respecto a la temperatura (m/d)	0,046	0,040
Caudal ingresa (m ³ /d)	2932,51	2932,51
DBO ₅ soluble sin recirculación (mg/l)	232,16	232,16
DBO ₅ soluble del efluente (mg/l)	60	60
DBO ₅ soluble del afluente (mg/l)	120	120
Relación de recirculación	1,87	1,87
Caudal recirculado (m ³ /d)	5481,85	5481,85
Número de filtros	6	6
Área unitaria del filtro percolador (m ²)	78,54	95,03
Caudal unitario (m ³ /d)	488,75	488,75
Profundidad (m)	3	3
Diámetro(m)	10	11
Volumen unitario(m ³)	235,61	285,10
Carga hidráulica unitaria (m ³ /m ² *d)	6,22	5,14
Carga orgánica volumétrica (Kg DBO/ m*d)	0,48	0,40
Número de brazos del distribuidor	4	4
Velocidad de giro del brazo (rpm)	2	2
Intensidad de arrastre (mm/paso de un brazo)	0,54	0,45
Ancho de sedimentador secundario (m)	3,20	3,20
Largo de sedimentador secundario (m)	3,20	3,20
Profundidad de sedimentador secundario (m)	3,50	3,50
Área superficial de tanque sedimentador (m ²)	35,84	35,84

Tiempo de retención hidráulica de sedimentador secundario (h)	1,76	1,76
Área total de filtros percoladores (m ²)	471,24	570,20
Área total de sedimentadores secundarios(m ²)	61,44	61,44

Fuente: Los autores

4.4.3 Alternativa 3: Reactor UASB y Filtros Anaerobios de flujo ascendente.

Según el RAS – 2000 los tratamientos más utilizados para aguas residuales de origen doméstico son:

- Reactor UASB (RAFA)
- Reactor anaerobio de flujo a pistón (RAP)
- Filtros anaerobios.
- Reactor UASB (RAFA)

Para el cálculo se consideró un diseño basado en el tiempo de retención hidráulico (TRH).

En el diseño se adoptó un TRH igual a 12 horas de acuerdo a la tabla del RAS – 2000 para un rango de temperatura entre 16°C a 19°C para el cálculo del volumen del reactor.

$$V = Q_u * TRH$$

$$V = 73,24 * 12$$

$$V = 878,85 \text{ m}^3$$

La altura del reactor esta limitada por la velocidad de flujo, la cual no debe superar a 1 m/s por lo tanto se asume un valor de 0,5 m/s para el diseño.

$$H = V_s * TRH$$

$$H = 0,5 * 12$$

$$H = 6 \text{ m}$$

El valor de altura entra en el valor máximo aceptable para reactores UASB según van Haandel (1998).

Al ser un proceso que genera gases se considera necesario el diseño del separador GSL de acuerdo a lo propuesto por Lettinga (1995), para lo cual se asume un 20% del volumen con el fin de obtener la altura del separador que no debe exceder 2 m de acuerdo al RAS – 2000.

$$H_{GSL} = \frac{20\%V_{UASB}}{A}$$

$$H_{GSL} = \frac{175,77}{146,48}$$

$$H_{GSL} = 1,2 \text{ m}$$

De acuerdo a Lettinga et. al. (1983) y al RAS – 2000 para un rango de temperaturas de entre 15°C y 20°C la carga volumétrica debe estar entre 2 a 10 Kg DQO/m³.d

$$COV = \frac{Q_u * 1104,09 \text{ mgDQO/l}}{V_{UASB}}$$

$$COV = \frac{73,24 * 1104,09 \text{ mgDQO/l}}{878,85}$$

$$COV = 2,21 \text{ KgDQO/m}^3 \cdot \text{d}$$

Filtros Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Este tipo de reactor complementa la alternativa 3 del presente anteproyecto. Se toma consideraciones del RAS – 2000 y el diseño se basó en los tiempos de retención hidráulica de acuerdo a la concentración de DBO5 del afluente.

$$TRH = \frac{t_{d1} + t_{d2}}{2}$$

$$TRH = \frac{4 + 6,5}{2}$$

$$TRH = 5,25 \text{ h}$$

Con un caudal unitario de 439,43 m³/h se y una relación largo ancho igual a 2 se obtiene las dimensiones del tanque.

$$V = Q_u * TRH$$

$$V = 439,43 * 5,25$$

$$V = 384,5 \text{ m}^3$$

$$\frac{L}{B} = 2$$

Si $B = 8 \text{ m}$, entonces $L = 16 \text{ m}$

Se considera una altura útil del filtro de 4 m.

El mismo procedimiento se realiza para la zona de implantación 2 correspondiente al sector de Negroyaco, donde se descargan las aguas de la parroquia Guanujo.

A continuación se presenta los resultados tabulados de las alternativas correspondientes para cada sector.

Tabla XIX. Diseño reactor UASB para la zona baja de Marcopamba

	ALTERNATIVA
DQO (mg/l)	1104,09
Qu (m ³ /h)	73,24
H (m)	6
D (m)	13,65
COV (kg DQO/m ³ d)	2,20

Tabla XX. Diseño de filtro de flujo ascendente para las parroquias Angel Polibio Chávez y Gabriel Ignacio Vintimilla

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
So DBO (mg/l)	107,98	107,98

Tiempo de retención hidráulica (h)	5,25	5,35
Relación largo/ancho	1,5	2
Ancho (m)	8	8
Largo (m)	12	16
Altura (m)	4	3
Volumen (m3)	384	384

Tabla XXI. Diseño reactor UASB para la parroquia Guanujo

	ALTERNATIVA
DQO (mg/l)	1280,57
Qu (m3/h)	59,92
H (m)	6
D (m)	12,35
COV (kg DQO/m3d)	2,56

Tabla XXII. Diseño de filtro de flujo ascendente para la parroquia Guanujo

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
So DBO (mg/l)	116,08	116,08
Tiempo de retención hidráulica (h)	5,25	5,25
Relación largo/ancho	2	2
Ancho (m)	6,5	7,5
Largo (m)	13	15
Altura (m)	4	3
Volumen (m3)	338	337,5

4.5 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Para el proyecto se tienen tres alternativas de implantación para dos sitios diferentes, es por tal motivo que se realizará dos evaluaciones a dichas alternativas. El criterio para la selección será el que tenga mayor ponderación en empleo de materiales

Tabla XXIII. Criterios para selección de alternativas de la zona baja de Marcopamba.

Criterio	Valor Ponderado	Alternativas		
		1.Biodiscos	2.Filtros percoladores	3.Reactores UASB
Longitud de conducción	20	5	5	5
Área requerida para el tratamiento	20	16	18	14
Tiempo de construcción	10	7	8	6
Empleo de materiales locales	20	13	18	16
Manejo ambiental	20	17	16	13
Costo de la obra	10	7	8	8
Sumatoria	100	65	73	62

Fuente: Los autores

Tal como se observa en la tabla XXIV , la alternativa 2 tiene el más alto puntaje por lo cual se elije.

Tabla XXIV. Criterios para selección de alternativas de la zona de Negroyaco

Criterio	Valor Ponderado	Alternativas		
		1.Biodiscos	2.Filtros percoladores	3.Reactores UASB
Longitud de conducción	20	11	11	11
Área requerida para el tratamiento	20	17	18	15
Tiempo de construcción	10	7	8	6
Empleo de materiales locales	20	13	18	16
Manejo ambiental	20	17	16	13
Costo de la obra	10	7	8	8
Sumatoria	100	72	79	69

Fuente: Los autores

4.6 Presupuesto alternativa.

El presupuesto para la realización se basa en una investigación de mercado, se han incluido valores de los rubros más representativos dentro de la etapa de construcción. Por lo tanto no presenta un valor total de la solución.

CAPITULO V

ANALISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL

5.1 Descripción de línea base

El anteproyecto que se presenta como solución, trata de evitar que las descargas de las aguas residuales contaminen al río Guaranda, para ello se implementarán los sistemas de tratamiento en dos zonas diferentes. La zona de Negroyaco está ubicada en el sector nororiental de la parroquia urbana y la zona de Marcopamba está situada al sur de la ciudad. El área de Negroyaco tiene una topografía un poco regular, con variaciones de alturas que van entre 1 y 2 metros. En el área de Marcopamba la topografía es regular porque tiene una planicie de aproximadamente 500 metros de longitud, no presenta variaciones de altura considerables.

Existe la presencia de pastizales y poca presencia de árboles en las zonas de implantación, además por observación se determinó que son zonas dedicadas al pastoreo, no presenta flora que pueda ser afectada por los trabajos de construcción. No se observó presencia de fauna endémica del lugar.

Debido a la construcción de las pantas de tratamiento, algunos de los moradores de las zonas aledañas y usuarios de la vía Guaranda-Ambato se verán afectadas.

5.2 Identificación de los impactos ambientales

Para lograr identificar los impactos ambientales producidos por la ejecución del proyecto se consideran las fases de construcción, operación y mantenimiento.

Impactos positivos

Los impactos positivos generados por este anteproyecto se presentan a continuación:

- Generación de fuentes de empleo para habitantes de la zona.
- Mejoramiento del río Guaranda.

- Agua apta para el riego de tierras agrícolas aguas abajo de la zona de descarga.

Impactos negativos

Los principales impactos negativos que generados por la ejecución de este anteproyecto se pueden nombrar las siguientes:

- Generación de ruido y polvo en el sector durante la fase de construcción por parte de maquinarias.
- Expropiación de terrenos en el lugar de la implantación.
- Contaminación de aguas subterráneas.
- Generación de desechos sólidos durante la construcción.

5.3 Evaluación de impacto ambiental

Para ejecutar la obra se necesita realizar una serie de actividades en las diferentes fases del proyecto.

Etapa de construcción

- Limpieza y desbroce
- Movimiento de tierras
- Compactación de suelo.
- Transporte de material
- Excavación de zanjas para canales
- Colocación de encofrado
- Corte y doblado de hierro
- Elaboración y colocación del hormigón
- Desencofrado
- Limpieza final

Etapa de operación y mantenimiento

- Generación de olores
- Generación de moscas

- Generación de lodos
- Generación de desechos sólidos.
- Disposición final del medio filtrante.

Etapa de abandono

- Retiro de residuos dentro del sistema de tratamiento.
- Retiro de rejillas de cribado.
- Demolición de estructuras de hormigón de la PTAR.
- Disposición final del material de demolición.
- Adecuación de la zona de oficina.
- Limpieza del terreno.

5.4 Metodología

Se realiza una valoración de las actividades en cada uno de los procesos con respecto a los ambientes físicos, biológicos y socioeconómicos. Se determina el carácter del impacto con la ejecución de diferentes matrices para obtener el índice integral de impacto ambiental. A continuación se describen cada una de las matrices para obtener la matriz VIA.

Matriz intensidad

Esta matriz califica a las actividades dependiendo el grado de afectación al ecosistema. El valor numérico que se atribuye se encuentra en el intervalo de 0 a 10.

M Intensidad

10 ___Alto

1____Bajo

0____Leves

Matriz extensión

En la matriz extensión se da un puntaje determinando con respecto al daño sectorial. Y las valoraciones son las siguientes.

10_____Regionales
 5_____Locales
 1_____Puntuales

Matriz duración

Lapso de tiempo durante las actividades realizadas generan alteraciones en el ambiente.

M. Duración

10_____+10 años
 5_____ (5-10) años
 1_____menos de 5 años

Matriz magnitud

Esta matriz está relacionada con la intensidad, extensión y duración que tienen cada una de las actividades con respecto al estado del ambiente.

Para obtener la matriz magnitud se multiplica cada casilla de las matrices de intensidad, extensión y duración por un factor que representa a cada matriz anteriormente nombrada. Los factores deben sumar uno y se eligen dependiendo del criterio de la persona.

La expresión que representa la matriz es la siguiente:

$$M_i = \sum [(I_i * FI) + (E_i * FE) + (D_i * FD)]$$

$$FI+FE+FD=1$$

Donde

M_i= Magnitud para cada actividad

FI= Factor de intensidad

FE= Factor de extensión

FD= Factor de duración

Matriz de reversibilidad

Representa la variabilidad que pueden tener las diferentes actividades en cada uno de los procesos con respecto al entorno.

10_____No reversible
 8_____Reversible a largo plazo
 5_____Parcialmente reversible

1 _____ Muy reversible

Matriz de riesgo

Esta matriz representa la posibilidad de tener inestabilidad en el medio ambiente por realizar un proyecto.

10 ___ Alto

5 _____ Medio

1 _____ Bajo

Matriz VIA

Esta matriz se la obtiene multiplicando por la matriz magnitud elevado con un factor que se lo otorga, por la matriz reversibilidad elevado a un factor correspondiente, por la matriz riesgo también elevado a su factor. Los valores de los factores son ponderaciones y deben sumar 1, son criterio personal. La ecuación se presenta de la siguiente manera.

$$VIA_i = \sum [(R_i^{FR}) * (RV_i^{FRV}) * (M_i^{FM})]$$

Donde

VIA_i= Impacto para cada actividad

FRV = Factor de reversibilidad

FR = Factor de riesgo

FM= Factor de magnitud

Para tener una referencia de los resultados obtenidos en la matriz VIA, se utiliza la matriz significancia que clasifica los valores en categorías. La misma que muestra el impacto que se obtiene por realizar dicha actividad.

0 _____ Neutro

1-4 _____ Bajo

5-7 _____ Medio

8-10 _____ Alto

5.5 Estructura del Plan de Manejo Ambiental

Para este anteproyecto se propone la siguiente estructura para el plan de manejo ambiental:

1. Programa de socialización a la comunidad.
2. Programa de capacitación sobre prevención de la contaminación.
3. Programa de manejo de desechos.
4. Programa de riesgos y contingencias.
5. Programa de seguridad industrial y laboral.
6. Programa de monitoreo y control.

Programa de socialización a la comunidad

El plan de socialización a la comunidad presenta las actividades que se deben implementar para dar a conocer los aspectos positivos de la implementación de este anteproyecto, principalmente a los habitantes dentro del área de influencia.

Objetivos

Implementar una campaña de comunicación mediante medios escritos, de radiodifusión y televisión acerca de los beneficios que brinda la implementación de este anteproyecto.

Convocar a los habitantes del sector a charlas de información sobre las diferentes etapas del proyecto en el Coliseo de la Unidad Educativa Guaranda y en las instalaciones de la Unidad Educativa Roberto Arregui.

Alcance

Este programa se aplicará antes de dar inicio a la construcción, principalmente a la población más cercana a las zonas de implantación.

Actividades

A continuación se presentan las actividades que se deben realizar para dar cumplimiento a los objetivos del programa.

- Elaborar volantes y pancartas para ser repartidos en las parroquias urbanas. Deben contener la dirección, fecha y hora exacta donde se realizarán las charlas informativas.
- Contratar un equipo de perifoneo para recorrer las diferentes calles, dando a conocer la fecha, hora y el lugar exacto de realización de las charlas.
- Colocar los implementos necesarios para la realización de las charlas.
- Elaborar una presentación clara, precisa y real de las diferentes etapas de la construcción.

- Realizar un listado con todas las inquietudes de los asistentes a la charla y buscar soluciones inmediatas.
- Recorrer las calles de las ciudadelas y barrios más cercanos al lugar de implantación, dando a conocer los aspectos de la construcción.

Programa de capacitación sobre prevención de la contaminación

El programa de prevención de la contaminación presenta en conjunto las medidas y acciones que se deben cumplir para prevenir, corregir y eliminar los impactos negativos que se presenten durante la fase de construcción.

Objetivos

Optimizar procesos en las diferentes etapas de ejecución del proyecto con el fin de reducir la contaminación que pueden afectar al recurso agua, suelo y aire.

Implementar un adecuado sistema de recolección de residuos que permitan eliminar fuentes de riesgo ambiental durante la construcción.

Alcance

Este programa se aplicará a los principales recursos que se ven afectados en el transcurso de ejecución del proyecto.

Actividades

- Establecer una zona única dentro de la zona de construcción para el almacenaje temporal de los residuos sólidos putrescibles y plásticos para posteriormente el organismo encargado traslade hacia el lugar destinado para la disposición final de los mismos.
- Tener disponible un tanquero rociador para el riego en las zonas de mayor tránsito de maquinaria pesada, con el fin de evitar la contaminación del recurso aire con partículas de polvo.
- Cubrir las tolvas de las volquetas con plásticos o a su vez lonas para evitar que el viento levante las partículas finas del material.

- Colocar baños portátiles en puntos accesibles para los trabajadores y obreros que permanecerán en el sitio de construcción.
- Contratar un organismo para brindar charlas y realizar talleres al personal, sobre la importancia de evitar la contaminación en los procesos constructivos.
- Para el tratamiento de aguas residuales se contará con un vacumm de capacidad de 1500 galones, con esto se evita la contaminación del recurso agua.
- Los vehículos no podrán realizar mantenimiento en ningún campamento, excepto maquinaria extra pesada y de movimiento de tierras, para lo cual se dispondrá una zona exclusiva con protecciones al suelo.

Programa de manejo de desechos

El programa de manejo de desechos presenta las medidas que se deben adoptar para recoger, clasificar, reciclar y reutilizar los diferentes desechos originados por las actividades dentro de la obra de construcción.

Objetivo

Establecer las estrategias y directrices para el manejo, almacenamiento y disposición final tanto de los desechos comunes como de los desechos peligrosos que pueden tener afectación en el personal que labora, además de impactos ambientales severos.

Alcance

Este programa se aplica durante todas las etapas constructivas, con la finalidad de que se realice un adecuado manejo de los residuos generados.

Actividades

- Ubicación y construcción de un galpón para el almacenamiento provisional de desechos sólidos y peligrosos, contará con suelo

de hormigón resistente a sulfatos y el suelo será impermeabilizado.

- Contar con contenedores correctamente señalados de 3 m³ de capacidad, se ubicarán en los galpones a una distancia cercana a la entrada para facilitar la recolección.
- Se ubicará en sitios estratégicos, lugares concurridos y oficinas, un grupo de tres tachos de 55 galones de capacidad.
- En la zona de almacenamiento provisional se clasificarán los desechos de acuerdo a lo reciclable y reutilizable.

COLOR	DESECHOS	TIPOS DE DESECHOS
VERDE	MATERIALES, MATERIA PRIMA	PAPEL, CARTÓN
AMARILLO	RECICLABLES	PLASTICOS
ROJO	PELIGROSOS	LODOS

Programa de riesgos y contingencias

Los riesgos se encuentran presentes en todos los procesos constructivos, pueden ser de origen natural o causados por la intervención en el área.

Afectan tanto a la construcción como a sus actividades y a la seguridad de las personas presentes en la etapa constructiva. A su vez afectan a personas externas a la construcción y al ambiente de la zona circundante.

Objetivos

Prevenir, controlar, monitorear e investigar los posibles riesgos dentro la obra con el fin de contar con la disponibilidad tanto humana como operativa para brindar una respuesta inmediata de una manera efectiva y eficaz a cualquier eventualidad.

Alcance

Programa aplicado a todas las fases constructivas, principalmente en presencia de una emergencia.

Programa de seguridad industrial y laboral

Objetivo

El principal objetivo de este programa es mantener la seguridad y salud del personal que labora en el campamento, así como también de los visitantes, contando con un sistema de prevención, control y monitoreo constante de las actividades recomendadas como necesarias para evitar incidentes y accidentes.

Alcance

Los actores principales de este programa es todo el personal que se encuentre dentro de los lugares constructivos, es decir, todo el campamento para que realicen sus actividades con seguridad.

Actividades

- Se detallan a continuación varias actividades que se realizarán para dar cumplimiento a los objetivos propuestos:
- Se otorgará a cada trabajador el equipo mínimo de seguridad, el mismo cuenta de : casco, botas de seguridad, ropa de trabajo, gafas, guantes de cuero, chaleco reflectivo, mascarilla desechable y protectores auditivos.
- A los obreros responsables del manejo del equipo de soldadura: careta de soldador, mangas de soldador, mandiles de soldador, capuchas de soldador, guantes api soldador y botas de cuero punta de acero soldador.
- La norma ecuatoriana de la construcción hace referencia a trabajos en altura a los que sobrepasan el 1.80m de altura, para lo cual se otorgará el siguiente equipo: arnés y líneas de vida.
- Para la prevención se dictaminará el uso obligatorio del equipo mínimo a trabajadores que se movilicen tanto a pie como en vehículos y operarios especializados.

- Periódicamente se realizará una evaluación y valoración de los equipos, andamios, maquinaria y extintores para asegurar su buen funcionamiento ante una posible emergencia.

Programa de monitoreo y control

Este programa realizará la evaluación de los factores ambientales con respecto a su grado de afectación, son actividades principalmente a la fase de la construcción pero también tiene incidencia en la fase de operación porque es donde se genera más riesgo de contaminación.

El control se tomará en cuenta en el mantenimiento preventivo a los filtros y los lugares de acumulación de lodos.

Objetivos

Mantener el cumplimiento de los estándares ambientales propuestos y vigentes dentro del territorio ecuatoriano.

Aplicar el programa de mitigación de riesgos.

Actividades

Las principales actividades que se realizarán es realizar un monitoreo y control exhaustivo al cumplimiento de todos los programas que se consideran para este anteproyecto. Además del control a las actividades que generan mayor impacto negativo dentro de la fase de construcción.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La ciudad de Guaranda no dispone actualmente de un sistema técnicamente sustentable del manejo de las aguas servidas tal como lo estipulan las leyes y normas ambientales vigentes.

Tanto la conducción como el tratamiento del agua servidas de la ciudad son caóticos y no brindan seguridad a los habitantes.

No se han destinado recursos especiales a resolver la problemática de las aguas servidas.

En el presente trabajo se han estudiado 3 alternativas que son las siguientes:

- Tratamiento secundario con biodiscos
- Tratamiento secundario con filtros percoladores
- Tratamiento secundario con reactores UASB

Debido a las características topográficas de la zona y condiciones medioambientales se ha elegido la alternativa de filtros percoladores como mejor solución ante la contaminación actual.

El proyecto que se propone incluye los siguientes trabajos a ejecutar.

- Tratamiento primario.
- Tratamiento secundario.
- Tratamiento terciario

Debido a que indudablemente se trata de una mejora del medio ambiente que actualmente está muy afectado, este proyecto debe declararse como prioritario.

RECOMENDACIONES

Realizar un levantamiento topográfico detallado de las redes de conducción, para determinar las aportaciones reales al sistema de tratamiento.

Evaluar las condiciones actuales del suelo y su capacidad, por medio de estudios respectivos, antes de implementar los diseños definitivos. Determinar la calidad del funcionamiento de los actuales colectores para definir su capacidad ante la proyección de la población planteada.

BIBLIOGRAFIA

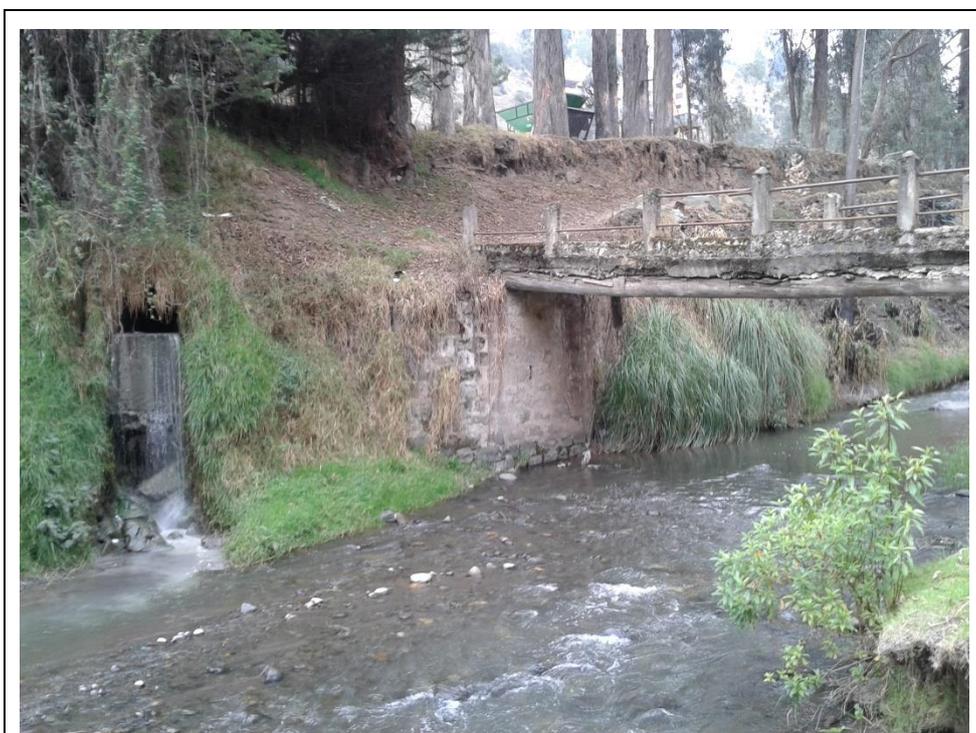
- Ambientum. (Febrero de 2002). Depuración de aguas en biodiscos.
- CEC. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Quito: CPE INEN 5.
- Crites & Tchobanoglous. (2000). *Sistema de Manejo de Aguas Residuales para núcleos pequeños y descentralizados*. Bogotá: McGraw Hill.
- Eckenfelder, W. (1989). *Industrial Water Pollution Control*. New York: McGraw-Hill.
- GADG. (2016). *La cantón*. Guaranda: Copiright@2016. Obtenido de <http://www.guaranda.gob.ec/web/el-canton/la-ciudad>
- GADPB. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Bolívar*. Guaranda: Prefectura de Bolívar.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Bolívar. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Bolívar*. Guaranda: Prefectura de Bolívar.
- INEC. (2010). *VII Censo de Población y VI Vienda*. Instituto Nacional de Estadística y Censo.
- INEC-GEOESTADÍSTICA. (2010). *División Política Administrativa*. Instituto Nacional Estadístico del Ecuador.
- Instituto Nacional de Ecología. (1985). *Programa de capacitación para operadores de plantas de tratamiento. Operación y mantenimiento de sistema de lodos*. SEDUE.
- Lozano-Rivas, W. (2012). *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales*. España: McGraw-Hill.
- Olivos, O. (2010). *Tratamiento primario*. Lima: Universidad Alas Peruanas Facultad de Ingeniería Ambiental.
- Organización Panamericana de la Salud . (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente .
- RAS. (2000). *Tratamiento de aguas residuales*. Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico.
- Reynolds, T., & Richards, P. (1996). *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. Boston: PWS Publishing Company.
- Romero Rojas, J. A. (2008). *Tratamiento de Aguas Residuales- Teoría y Principios de Diseño*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Secretaría Nacional de Riesgos. (2013). *Estimación de la Vulnerabilidad a nivel cantonal, Perfil Territorial y Análisis del cantón Guaranda*. Guaranda: Universidad Estatal de Bolívar.
- (s.f.). *Tratamiento y reuso de aguas residuales*. Lima.

ANEXOS

ANEXO 1



Descarga 1, quebrada Negroyaco.



Descarga 2, vivero forestal municipal.



Descarga 3, puente vía a Riobamba.



Descarga 4, Zona baja de Marcopamba.



Sitio propuesto para implantación 1, zona baja de Marcopamba.



Sitio propuesto para implantación 2, en sector de Negroyaco.



Toma de muestra 1 en canal de descarga, con equipo de protección básico.



Sellado hermético con tapa luego de colocada la muestra en el recipiente.



Traslado de muestras en contenedor con hielo para mantener condiciones aptas para los ensayos respectivos.



Muestra #2 tomada del río Guaranda. Primer día.



Muestra #4 obtenida de quebrada de Negroyaco. Segundo día.

ANEXO 2

Características	Tasa baja o estándar	Tasa intermedia	Tasa alta	Torres biológicas	Desbaste
Carga hidráulica m³/m².d	1-4	4-9*	9 – 37*	14 – 240*	57 – 171*
m³/ m².d	0,5 – 2,5	-	-		
Carga orgánica kg DBO/ m³.d	0,08 – 0,32	0,24 – 0,48*	0,32 – 1,8+	≤ 4,8+	> 2+
Profundidad, m Medio	1,5 – 3	1 – 2,5	0,9 – 2,5	≤ 12	0,9 – 6
	Piedra, escoria	Piedra, escoria	Piedra, escoria, sintético	Sintético	Piedra o sintético
Relación de circulación	0	0,5 – 2	0,5 – 4,0	1 – 4	0
Dosificación	Intermitente	Continua	Continua	Continua	Continua
Moscas de filtros	Muchas	Pocas	Pocas	Pocas	Pocas
Requerimientos de potencia, W/ m³	2 – 4	2 – 8	6 – 10	10 – 20	-
Calidad del efluente	Nitrificado	Nitrificación parcial	No nitrificado	Nitrificación baja	No nitrificado
% de remoción de DBO	80-85	50-70	40-80	65-85	40-85

*Incluye recirculación

+ Excluye recirculación

Medio	Tamaño nominal cm	Unidades por metro cúbico	Densidad Kg / m³	Área superficial específica m²/m³	% de vacíos
Plastico	61x61x122	71 – 106	32 – 96	82 – 115	94 – 97
Convencional	60x60x120	-	30 – 100	80 – 100	94 – 97
Alta área	60x60x120	-	30 – 100	100 – 200	94 – 97
Pino californiano	120x120x90	-	165	46	76
	120x120x50	-	150 – 175	40 – 50	70 – 80
Granito	2,5 – 7,5	-	1442	62	46
	10	-	-	43	60
Escoria					
Alto horno	5 – 7,5	1.766 – 2.119	1.089	66	49
Pequeña	5 – 8	-	900 – 1.200	55 – 70	40 – 50
	7,5 – 12,5	-	800 – 1.000	45 – 60	50 – 60
Grande	7,5 – 12,5	-	800 – 1.000	45 – 60	50 – 60
Piedra de río					
Pequeña	2,5 – 6,5	-	1.250 – 1.450	55 – 70	40 – 50
Grande	10 – 12	-	800 – 1.000	40 – 50	50 – 60