

CONTENIDO

CAPITULO 1-----	4
GENERALIDADES -----	4
1.1 INTRODUCCION -----	5
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN-----	6
1.2.1 OBJETIVO GENERAL-----	6
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS -----	7
1.3 ASPECTOS IMPORTANTES -----	7
1.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA -----	8
1.3.2 TOPOGRAFÍA -----	9
1.3.3 CLIMA-----	9
1.3.4 VÍAS DE COMUNICACIÓN -----	10
1.3.5 ASPECTOS URBANISTICOS -----	10
1.3.6 AREA DEL PROYECTO -----	11
1.3.7 SERVICIOS PÚBLICOS-----	11
1.3.8 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE -----	11
1.4 JUSTIFICACION DEL PROYECTO -----	12
1.5 MARCO DE REFERENCIA-----	13
1.5.1 DEFINICIONES -----	13
1.5.2 MARCO LEGAL -----	23
 CAPITULO 2 -----	 27
SISTEMA DE ALCANTARILLADO-----	27
2.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN -----	28
2.1.1 POBLACION ACTUAL (P_{actual}) -----	28
2.1.2 POBLACION ADICIONAL ($P_{flotante}$) -----	29
2.1.3 POBLACION FUTURA (P_f) -----	30
2.2 DOTACION Y VARIACIÓN DE CONSUMO-----	31
2.2.1 CONSUMO DE AGUA -----	32
2.2.2 CONSUMO DOMESTICO -----	32
2.2.3 CONSUMO PÚBLICO -----	32
2.3 BASES DE DISEÑO-----	32
2.3.1 TIPO DE SISTEMA -----	33
2.3.2 PERIODO DE DISEÑO -----	33
2.3.3 AREAS DE APORTE -----	33
2.3.4 REDES DE RECOLECCION-----	34
2.3.5 CAUDALES DE DISEÑO -----	34
2.3.6 CALCULOS HIDRAULICOS DE LA RED -----	39
2.3.7 PROFUNDIDADES -----	43
2.3.8 POZOS DE REVISIÓN -----	44
2.3.9 SUMIDEROS-----	44

2.4 SISTEMA PROYECTADO-----	44
2.4.1 REDES DE RECOLECCION, TANQUE SEPTICO, FILTRO BIOLOGICO, Y DESCARGA AL CUERPO RECEPTOR -----	45
2.4.2 RED NUMERO UNO-----	45
2.4.3 RED NUMERO DOS-----	47
2.4.4 RED NUMERO TRES -----	47
2.4.5 RED NUMERO CUATRO-----	48
 CAPITULO 3 -----	 49
TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS-----	49
 3.1 ORIGENES DE LA CONTAMINACION HÍDRICA -----	 50
3.1.1 AGUAS SERVIDAS -----	52
3.2 DISPOSICION DE LAS AGUAS SERVIDAS -----	53
3.2.1 OD, DBO Y DQB-----	54
3.2.2 NECESIDAD DE TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES -----	56
3.3 TIPOS DE TRATAMIENTO-----	61
3.3.1 FISICOS-----	61
3.3.2 QUIMICOS-----	62
3.3.3 BIOLOGICOS-----	62
3.3 NIVELES DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES -----	63
3.3.1 TRATAMINETO PRELIMINAR O PRETRATAMIENTO-----	65
3.3.2 TRATAMIENTO PRIMARIO-----	65
3.3.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO-----	67
3.3.4 CLORACION-----	68
3.3.5 TRATAMIENTO DE LOS LODOS -----	68
3.3.6 TRATAMIENTOS ESPECIALES-----	69
 CAPITULO 4 -----	 71
PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA-----	71
 4.1 TRATAMIENTOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO -----	 72
4.1.1 CRITERIO DE SELECCIÓN -----	72
4.1.2 TRATAMIENTO MEDIANTE FOSA SEPTICA Y FILTRO ANAEROBIO -----	73
4.2 DISEÑO -----	74
4.2.1 TRATAMIENTO NUMERO UNO-----	74
4.2.2 TRATAMIENTO NUMERO DOS-----	77
4.2.3 TRATAMIENTO NUMERO CUATRO-----	81
4.3 CARACTERISTICAS DE LAS FOSAS SEPTICAS -----	84
4.4 CARACTERISTICAS DE LOS FILTROS ANAEROBIOS -----	86
4.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO -----	87
4.5.1 FILTRO ANAEROBIO -----	91
4.6 SEGURIDAD E HIGIENE -----	91

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	Análisis de impacto ambiental para el sistema de alcantarillado para el barrio La Armenia, parroquia Nanegalito, cantón Quito, Provincia de Pichincha.
ANEXO 2	Tabla de cantidades de los componentes de las plantas de tratamiento.
ANEXO 3	Registro Fotográfico del Proceso de Construcción.
ANEXO 4	Especificaciones técnicas EMAAP-Q.
ANEXO 5	Planos.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

Cavernas, fueron las primeras moradas utilizadas por el ser humano con el afán de tener un espacio en el cual pueda refugiarse, en una lucha incansable por sobrevivir; una lucha que hasta el día de hoy se lo lleva a cabo y muy probablemente así se lo seguirá haciendo. Con el transcurso del tiempo las moradas evolucionaron, cavernas, edificios, chozas, palacios, castillos son un ejemplo rápido de la gran variedad de modelos utilizados o que se utilizan como vivienda.

Es indiscutible que entre las primordiales necesidades del ser humano se encuentra la vivienda que al margen de la estética es el espacio que da un refugio seguro y donde el hombre desarrolla su vida cotidiana. En la actualidad muchos tipos de moradas son utilizadas alrededor del mundo, sin importar el modelo de vivienda esta se construye cada vez con más accesorios para dar comodidad al ser humano, elevando su calidad de vida e inherentemente colaborando con el progreso de la humanidad.

El sistema de alcantarillado y el sistema de abastecimiento de agua potable son los dos sistemas de infraestructura fundamentales que se requieren para la construcción de una vivienda, y la arqueología fue la disciplina que nos dio a conocer que incluso hace 10 000 años se utilizaban sistemas de eliminación de los residuos producidos por el ser humano, después de un tiempo se incorporaron sistemas de abastecimiento de agua, estos sistemas que en el Imperio romano se encontraban bastante desarrollados hoy en día son sistemas que se procuran instalarlos al mismo tiempo y son diseñadas con mucho cuidado e incluso se las toma muy en cuenta para el diseño de la misma vivienda.

El sistema de alcantarillado es un conjunto de conductos adecuadas de manera que ayuden a trasladar las aguas residuales hasta un lugar prudente para ser descargadas. El sistema de canales transporta las aguas de desperdicios a

gravedad, tratando de seguir las pendientes naturales del terreno; los sistemas de alcantarillado comúnmente usados son de tres tipos; el sistema de alcantarillado separado, que a su vez se divide en alcantarillado sanitario y en alcantarillado pluvial; el sistema de alcantarillado combinado y el tercer tipo es el sistema de alcantarillado mixto.

Ahora que ya tenemos la idea de un sistema de alcantarillado, podemos darnos cuenta de la gran importancia que tiene la construcción de estos sistemas en el progreso de una comunidad; pero así como la naturaleza nos brinda valiosos recursos para la construcción de las diferentes obras civiles, debemos detenernos en este punto a pensar en el impacto que causamos al medio ambiente con la construcción de una obra de estas características, y podremos visualizar que la construcción de un sistema de alcantarillado contamina enormemente a la naturaleza, tanto en el período de ejecución como en el de post-ejecución; recordemos que este sistema sirve para evacuar las aguas desechadas por el ser humano, y sabiendo que el sistema evacuara por varios años todas las aguas residuales veremos que contaminaremos peligrosamente el medio ambiente, y si esto no se controla repercutirá en nosotros mismos.

En el presente proyecto podremos conocer como se puede minimizar los efectos negativos que causa la construcción y posterior utilización de un sistema de alcantarillado en un determinado sector, implementando plantas de tratamiento de aguas servidas en la red de alcantarillado antes de su descarga; aquí se dará a conocer partes importantes del proceso de construcción y el funcionamiento de las plantas de tratamiento.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Dar a conocer las partes principales del proceso de estudio, diseño y construcción, así como informar sobre el funcionamiento del sistema de alcantarillado combinado para el Barrio La Armenia; con especial cuidado de las descargas al cuerpo receptor.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Realizar un estudio del sector, tanto en el aspecto geográfico como en el de impacto ambiental.

Hacer un análisis de las presentes infraestructuras de sistemas de alcantarillado que se encuentran en la zona.

Recopilar los estudios realizados de la población del sector, que sirvieron de base para el diseño del sistema de alcantarillado.

Analizar por que fue escogido este sistema de tratamiento de las aguas recolectadas por las redes de alcantarillado.

Informar sobre los inconvenientes que se presentaron en la construcción del sistema de alcantarillado si fuera ese el caso.

Informar sobre el funcionamiento de las cuatro plantas de tratamiento de las aguas servidas, que se encuentran ubicadas en las cuatro descargas del sistema de alcantarillado.

Recopilación de las especificaciones técnicas utilizadas por la EMAAP-Q para la construcción del sistema de alcantarillado.

1.3 ASPECTOS IMPORTANTES

El equilibrio de los ecosistemas naturales fue transformándose conforme iban creciendo los pueblos primitivos y la tecnología que manejaban; estos pueblos, que se transformarían en ciudades para después convertirse en grandes países fueron acompañados desde un principio por problemas ambientales. Con la Revolución Industrial se pudo observar claramente como el rápido crecimiento poblacional y el desarrollo tecnológico de la humanidad pudo someter al medio ambiente, de esta

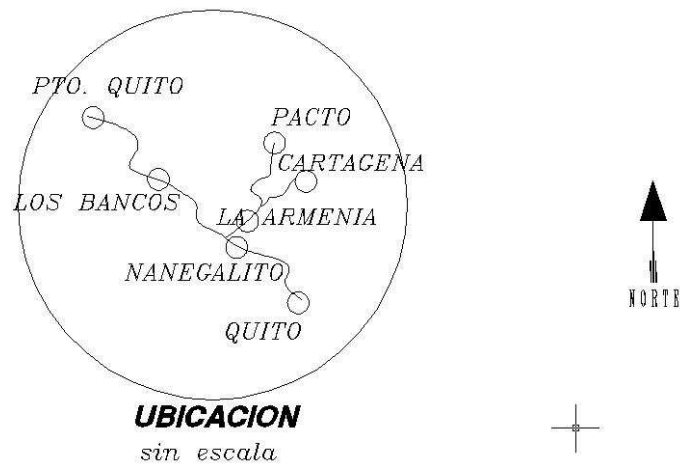
manera es como el hombre contamina los elementos indispensables para la vida, transformando negativamente la calidad del medio ambiente y su capacidad para sustentar la vida.

El agua, uno de los elementos más importantes del medio ambiente que podríamos de alguna manera ver como un sinónimo de vida, es también uno de los recursos naturales que contiene la parroquia de Nanegalito, ubicada al Noroccidente de la ciudad de Quito, al cuál se le dedicara interés en el presente proyecto; el agua sufre un creciente deterioro en su calidad y siendo por lo tanto también un recurso finito, contrario a lo que se creía hace siglos; debe ser cuidado para que pueda satisfacer las necesidades de los seres vivos tanto en la actualidad como para las futuras generaciones.

En la parroquia de Nanegalito considerada de importancia en nuestra provincia no solo por su gran contenido de riqueza en recursos naturales como lo habíamos mencionado, sino también porque contiene una amplia biodiversidad; se han incrementado problemas de salud en la población debido principalmente a las deficientes condiciones sanitarias que ocasionan una contaminación de los ríos del sector. La falta de soluciones integrales al problema sanitario de los barrios disminuye también la calidad de vida de la población del sector. Sobran razones para realizar la construcción de un sistema de alcantarillado para el barrio La Armenia, perteneciente a la parroquia de Nanegalito.

1.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El barrio La Armenia pertenece a la parroquia de Nanegalito, cantón Quito, Provincia de Pichincha, y, se encuentra ubicada al Nor-occidente del Distrito Metropolitano de Quito.



La Armenia se encuentra a tres kilómetros de su cabecera parroquial, el acceso se lo realiza desde el inicio de la Vía Armenia Pacto, en la vía Calacalí - La Independencia.

1.3.2 TOPOGRAFÍA

La topografía general del sector de La Armenia es irregular, con desniveles grandes, propios de una zona montañosa, con pendientes variables entre el 1 y 20 por ciento.

1.3.3 CLIMA



El clima general de este sector es tropical - húmedo, por estar en una zona montañosa y considerando la altitud de las localidades se tiene una temperatura promedio al rededor de los 21 grados centígrados.

Las estaciones climatológicas son bien definidas, se tiene verano todo el año a excepción del período entre el mes de enero y mayo, época lluviosa, con una alta humedad.

1.3.4 VÍAS DE COMUNICACIÓN

El barrio La Armenia tiene como vía de acceso la vía Calacalí - La Independencia, la calle principal donde se desarrolla la mayor parte de la población, es el inicio de la vía La Armenia – Pacto.

Las otras calles que tiene el barrio son en su mayoría de tierra aunque también existen algunas calles lastradas.

El estado de la vía desde la ciudad de Quito hasta La Armenia es bueno, 60 kilómetros de vía asfaltada de primer orden.

En general se puede manifestar que la vía de ingreso hacia el sector motivo del presente estudio, es de primer orden y en la actualidad el tramo de la Armenia se encuentra con la carpeta de sub-base.

Para llegar a esta localidad se puede utilizar buses de varias cooperativas de transporte, que se dirigen hacia Esmeraldas, Santo Domingo, Los Bancos, o los buses que se dirigen hacia Pacto o Urcutambo.

1.3.5 ASPECTOS URBANISTICOS

El asentamiento del barrio La Armenia se ha distribuido de una forma longitudinal, respetando las calles trazadas.

Se inicia a 2.5 Km de Nanegalito, en la margen derecha de la vía asfaltada Calacalí – Los Bancos, continua hacia el occidente por la vía que se dirige hacia Pacto, otra parte se desarrolla en la vía que sale hacia Cartagena.

La mayor parte de las viviendas, están ubicadas a las dos márgenes de la vía la Armenia – Pacto, que se encuentra en proceso de asfaltado.

1.3.6 AREA DEL PROYECTO

El área del proyecto para el barrio La Armenia es de nueve hectáreas aproximadamente.

El crecimiento futuro del barrio de La Armenia parece seguir los márgenes de la vía Calacalí - Los Bancos y la vía hacia Cartagena.

1.3.7 SERVICIOS PÚBLICOS

Los servicios públicos que tiene el sector son:

Energía eléctrica,

Retén policial,

Agua Entubada,

Canchas y áreas verdes,

Servicio de teléfonos,

Jardín de infantes,

Escuela, y

Colegio.

Los servicios que no tiene el barrio La Armenia, lo encuentran en su cabecera parroquial; Nanegalito, como son Centros médicos, otros centros educativos, etc.

1.3.8 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Respecto del Agua Potable el barrio cuenta con un sistema de agua entubada, actualmente La Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito se encuentra concluyendo los trabajos de perforación de un pozo para dotar de un sistema de agua potable eficiente para el sector.

Y respecto del Sistema de Alcantarillado, el barrio La Armenia, no cuenta con la infraestructura necesaria para la recolección de aguas servidas y aguas lluvias, únicamente se ha construido un pequeño sistema de alcantarillado combinado, que sirve exclusivamente para la recolección de las aguas servidas de la escuela, y dos sumideros para la recolección de aguas lluvia en el tramo frente a la escuela. Una vez recogidas las mencionadas aguas, el sistema esta diseñado de manera que descarga las aguas servidas y de lluvia en una fosa a cielo abierto y posteriormente al cuerpo receptor.

Mientras que en las viviendas la disposición de excretas se las realiza mediante letrinas y pozo ciego, y las aguas residuales se las transporta hacia las partes bajas de los terrenos; y en un porcentaje minoritario no utilizan ningún método para el desalojo de las aguas servidas y de las excretas.

1.4 JUSTIFICACION DEL PROYECTO ¹

El Ecuador tiene una infinita riqueza en recursos naturales y una amplia biodiversidad que es admirada en el ámbito mundial; pero también sufre problemas ecológicos, como es el caso de la contaminación de uno de los recursos más importantes, los ríos en la región Sierra de nuestro país.

El 65% de las aguas de los ríos de la Sierra están contaminadas porque reciben las aguas servidas de las ciudades, lo que produce una innumerable cantidad de problemas; por esto y tratando de reducir el impacto que causamos en el medio ambiente, se incluyen construir plantas de tratamiento en el sistema de alcantarillado

¹ <http://www.hoy.com.ec/hoy>

para el barrio la Armenia, plantas de tratamiento que serán objeto principal de estudio.

El presente proyecto colabora en la protección del medio ambiente ya que da a conocer el impacto ambiental negativo que causa la construcción de una obra de alcantarillado, a todas las personas que trabajaron durante todos los procesos hasta obtener la obra construida y al servicio de la comunidad del sector de La Armenia.

1.5 MARCO DE REFERENCIA

1.5.1 DEFINICIONES ^{2 3}

Agua contaminada

Es el agua que presenta deterioro de sus características físicas, químicas o biológicas, debido a la influencia de cualquier elemento o materia sólida, líquida, gaseosa, radioactiva o cualquier otra sustancia y que limita total o parcialmente el uso de esta.

Aguas pluviales

Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.

Aguas residuales

² “Apuntes del curso Agua Potable”, Efrén Galárraga S., Escuela Politécnica Nacional, carrera de Administración de Proyectos de Construcción, Ecuador, 2004

³ “Reglamento para prevención y control de contaminación del agua” Acuerdo Ministerial No. 2144. RO/ 204 de 5 de Junio de 1989.

Llamadas también aguas negras o servidas, son los líquidos de composición variada que han sufrido degradación en su calidad original durante el empleo en actividades realizadas por el hombre.

Agua subterránea

Es toda agua del subsuelo, especialmente la que se encuentra en la zona de saturación. (Se encuentran debajo del nivel freático donde todos los espacios abiertos están llenos con agua, con una presión igual o mayor que la atmosférica). Se identifican básicamente dos tipos las aguas subterráneas freáticas y las confinadas.

Aguas superficiales

Son las masas de agua que fluyen o se almacenan sobre la superficie de la tierra. Es decir pueden ser corrientes o lagos.

Agua para uso público urbano

Es el agua que puede destinarse para el uso humano, previa potabilización.

Bioacumulación

Es la incapacidad que tiene el organismo de los seres vivos para eliminar ciertos metales pesados o sustancias orgánicas, ocasionando que con el tiempo estas sustancias tóxicas se vayan acumulando en el organismo.

Biomagnificación

Se relaciona al aumento de concentración de elementos bioacumulables a lo largo de la cadena trófica, de forma que un contaminante asimilado por una bacteria puede magnificarse en concentración en el ser humano hasta 100.000 veces.

Biodegradación

El proceso natural de descomposición para romper u oxidar los compuestos naturales o los compuestos biodegradables creados por el hombre, en constituyentes y compuestos elementales para que sean asimilados en los ciclos biológicos.

Biorremediación

Es la restauración del suelo contaminado mediante métodos biológicos, esto se lo realiza con el uso de bacterias.

Biosfera

Se define como el espacio que ocupan los seres vivos, constituye las regiones de la tierra y su atmósfera en donde se desarrolla la vida. La biosfera esta dentro del rango de 10.000 metros bajo y 6000 metros sobre el nivel del mar.

Bioensayo acuático

Es procedimiento mediante el cual se utilizan las respuestas de organismos acuáticos, para detectar o medir la presencia o efectos de una o más sustancias, compuestos, elementos, desechos o factores solos o en combinación que se encuentren en el ambiente.

Cadena Alimenticia

Es una serie de organismos a través de los cuales la energía es transferida. En esta cadena cada nivel se alimenta de la anterior y es comida por la siguiente.

Cancerígeno

Cualquier compuesto o elemento el cual puede inducir cáncer en los animales. Hoy en día se sabe que una gran proporción de los cánceres humanos están directamente asociados con agentes medioambientales, y en particular a los agentes químicos y físicos.

Capacidad asimilativa

Es la propiedad que tiene el medio abiótico, es decir; el agua, suelo y aire para recibir cargas de contaminantes sin llegar a un estado de contaminación. Se considera también como la capacidad de poluirse sin que ello afecte a los mejores usos del medio ambiente.

Si los contaminantes no sobrepasan la capacidad asimilativa se puede decir que el ecosistema no corre ningún peligro.

Para el caso de la presente monografía se estudiara la capacidad asimilativa del agua, así es que puede quedar definido de la siguiente manera. Capacidad asimilativa es la propiedad que tiene un cuerpo receptor para restablecer su calidad, en forma tal que no se viole en tiempo ni en espacio la norma de calidad establecida, referido a los usos para los que se destine.

Capacidad de dilución

Capacidad de dilución es la cantidad de cualquier elemento, sustancia o sustancia que puede recibir un cuerpo receptor, de forma que no sobrepase en ningún

momento, ni lugar la concentración máxima de dicho elemento, sustancia o compuesto establecida en la norma de calidad del cuerpo receptor correspondiente.

Caracterización de un agua residual

Es la determinación precisa de la calidad física - química y bacteriológica del agua residual, de modo que se pueda identificar la muestra de agua residual y claramente se pueda distinguir de las demás.

Carga

Carga es el producto de la concentración promedio por el caudal promedio del agua, determinados en el mismo sitio.

Carga máxima permisible

Es el límite de carga que puede ser aceptado en el agua para ser descargada en el cuerpo receptor o en el sistema de alcantarillado.

Contaminación de aguas subterráneas

Cualquier alteración de las propiedades físico, química, biológicas de las aguas subterráneas, que pueda ocasionar el deterioro de la salud, la seguridad y el bienestar de la población, comprometer su uso para fines de consumo humano, agropecuario, industriales, comerciales o recreativos, y/o causar daños a la flora, a la fauna o al ambiente en general.

Concentración en las disoluciones

Es el volumen, masa, o número de moles de soluto presentes, en proporción a la cantidad de disolvente o de disolución total.

Contaminación

Es la concentración de elementos en el medio ambiente en conjuntos tales que presenta un peligro, ya que son tóxicos y detrimentes para todas las cadenas tróficas. Así es que la contaminación es nociva para el medio ambiente y los seres vivos, mientras que la polución no lo es.

Cuerpo receptor

Se denomina cuerpo receptor a toda red colectora, cuenca, río, cauce o depósito de aguas que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas servidas.

CL 96/50

Se denomina a la concentración de un elemento, sustancia o compuesto, solos o en combinación y que produce la muerte al cincuenta por ciento de los organismos sometidos a bioensayos acuáticos, en un período de noventa y seis horas.

Depuración

Es la remoción de elemento, sustancia o compuestos objetables de las aguas negras para disminuir o eliminar su impacto ambiental.

Descargar

Es la acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas servidas a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado en forma continua, intermitente o fortuita.

Descarga no puntual

Es aquella en la cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo receptor, tal es el caso de descargas provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros medios similares. Las descargas no puntuales normalmente son intermitentes y están asociados con la ocurrencia de lluvias.

Efluente

Líquido que proviene de un proceso de tratamiento, proceso productivo o de una actividad.

Impacto ambiental

Es el conjunto de reacciones que se producen en el medio ambiente debido a una determinada acción humana.

Los efectos que esto produce pueden clasificarse en: ecológicos, sociales, económicos y tecnológico culturales.

Línea de base

Denota el estado inicial de un sistema en un momento en particular, antes de un cambio. Se define también como las condiciones iniciales en el momento de la investigación dentro de un área que puede estar influenciada por acciones del hombre.

Línea de fondo

Denota las condiciones ambientales imperantes, antes de cualquier cambio en el medio ambiente. Es decir, significa las condiciones que hubieran predominado con los procesos naturales en actividad, sin la influencia de las acciones humanas.

Medio ambiente

Se define como todo lo que rodea a un organismo, el conjunto de elementos abióticos y bióticos que integran la biosfera, donde se desarrollan y crecen los seres vivos.

Metales pesados

Son una de las fuentes más tóxicas de contaminación, son los metales de número atómico elevado, como cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo, zinc, entre otros, que son tóxicos para todos los niveles tróficos en concentraciones reducidas y son metales tienden a la bioacumulación.

Mutagénico

Cualquier elemento o compuesto que produce un cambio en el ácido desoxirribonucleico (ADN), dando como consecuencia que el organismo vivo no sea replicado de la misma forma original para esa y las siguientes generaciones.

Nicho Ecológico

Es la misión especial de cada especie dentro del ecosistema. Jamás dos especies de animales o plantas pueden ocupar el mismo nicho a largo plazo, la competencia asegura que una sola especie eventualmente se adapte a ocupar un nicho diferente de lo contrario tendrá que morir.

Patógeno

Un elemento biótico, generalmente es un microorganismo que produce enfermedades.

Polución

Es la concentración de elementos en el medio ambiente en proporciones mayores a las que exige el equilibrio ecológico. Esto nos indica que la polución esta relacionada a la denominada capacidad asimilativa del sistema y en ese sentido no es tóxica o nociva para ningún nivel trófico.

Pozo u obra de captación

Cualquier obra, proceso, sistema, artefacto o combinación de estos, construidos por el hombre con el fin principal de extraer agua subterránea.

Pozo artesiano

Pozo perforado, generalmente a gran profundidad, en un acuífero donde el agua subterránea es de tipo confinada lo cual hace que el nivel del agua en el pozo artesiano se eleve sobre la superficie del suelo.

Río

Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que fluye por un lecho y desemboca a otras corrientes, embalses naturales o artificiales, lagos, lagunas o al mar; aunque en algunos casos estas corrientes desaparecen debido a que sus aguas se evaporan en la atmósfera o se filtran en la tierra.

Teratogénico

Cualquier elemento o compuesto que produce un cambio en el ácido desoxirribonucleico (ADN), dando como consecuencia que el organismo vivo que está siendo generado no sea replicado de la misma forma original y le afecta solo a ese organismo y no a las generaciones futuras.

Tratamiento convencional para potabilizar el agua

Son las siguientes operaciones y procesos: Coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

UPS

Unidad práctica de salinidad y representa la cantidad de gramos de sales disueltas en un kilo de agua.

Usuario

Es toda persona natural o jurídica, que utilice agua tomada directamente de una fuente natural o red pública, o cuya actividad genere una descarga directa o indirecta.

Valores de línea de base

Parámetros o indicadores que representan cuantitativa o cualitativamente las condiciones de línea de base.

Valores de fondo

Parámetros o indicadores que representan cuantitativa o cualitativamente las condiciones de línea de fondo.

Zona de mezcla

Es el área técnicamente determinada a partir del sitio de descarga, zona indispensable para que se produzca una mezcla homogénea de ésta con el cuerpo receptor.

1.5.2 MARCO LEGAL ⁴

Ahora que sabemos que la acción humana produce una serie de efectos negativos en el medio ambiente, que afectan el funcionamiento natural de los ecosistemas, y que con el tiempo repercuten en la salud del hombre; es imprescindible evitar o minimizar tanto como nos sea posible los efectos que causa la construcción de un sistema de alcantarillado tratando de mantener el equilibrio natural.

El interés para proteger el medio ambiente, de los efectos negativos originados por la construcción de proyectos de infraestructura urbana, ha motivado que entidades nacionales e internacionales, establezcan normas y principios para la planificación de las obras a ejecutar y para la evaluación de los efectos que provocan al medio ambiente local, lo que ha determinado la necesidad de contar con un código ambiental que permita cumplir con los objetivos de conservación del medio ambiente y la biodiversidad.

Para el proyecto que tratamos se considera el cuerpo legal vigente poniendo especial atención a las nuevas leyes conservacionistas que entran progresivamente en vigencia. Este cuerpo legal, a más de regular las decisiones específicas que se tomen para el presente proyecto, constituye parte del marco de referencia que definirá la calidad ambiental a mantenerse en el área de influencia del proyecto tanto en la etapa de ejecución como en la de post-ejecución, partiendo de un análisis general del macro-ambiente hasta su particularización del micro-ambiente, dentro del área de influencia del mismo.

⁴ “Impacto Ambiental para el Sistema de Alcantarillado para el barrio La Armenia, parroquia de Nanegalito, cantón Quito, provincia de Pichincha”, Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito.

Para el presente proyecto se considera de importancia e injerencia directa los siguientes reglamentos y leyes:

La Constitución Política del Ecuador en el Artículo 19, numeral 2, garantiza el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación y especifica que es deber del Estado tutelar la preservación de la naturaleza.

La Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y de Vida Silvestre.

La ordenanza municipal 146 del Código para el Distrito Metropolitano de Quito, publicado en el registro oficial 78 del 09 de agosto de 2005.

La Ley de Transito y Transporte Terrestre, en su capítulo 2 " de los organismos y autoridades de Transito y Transportes terrestres", de la cual se toma en cuenta el Artículo 17, numeral 5, referido a la señalización de rutas alternas para el transporte público, especialmente durante etapas de construcción.

La Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y sus reglamentos que dictan normas para la prevención y control de la contaminación de los recursos Aire, Agua y Suelo y para la preservación, mejoramiento y restauración del medio ambiente.

La Ley de Aguas y su Reglamento, a partir del principio de que el agua y los cauces naturales de escurrimiento son bienes nacionales de uso público, por lo tanto, sujetos a acciones de conservación, preservación e incremento, prohíben la contaminación del agua que afecte a la salud humana, al desarrollo de la flora y fauna, posibilitando establecer como sanciones la suspensión de la concesión de las aguas y multas cuyo monto puede ascender hasta el 100% del daño ocasionado o del beneficio obtenido. Así como las normas escritas en el Título 4 "De los usos del Agua y su

Prelación” y en el título 5 “De las concesiones del derecho de aprovechamiento de aguas para uso doméstico y de saneamiento”.

La Ley de Régimen Municipal que en su Sección 2a "De las Funciones", en su Parágrafo 1ª "Planeamiento y urbanismo", Parágrafo 2ª "Obras publicas" y parágrafo 3ª "Servicios Públicos", dicta normas sobre la obligatoriedad que tienen las entidades municipales, en planificar, construir y administrar los servicios públicos urbanos y rurales de su jurisdicción, para un adecuado desenvolvimiento de sus habitantes, dentro de los cuales se enmarca el suministro de agua potable y la disposición de aguas residuales.

Esta ley en su artículo 163 sobre las obligaciones de la administración municipal, en materia de servicios públicos.

La Ley de Conservación del Patrimonio Histórico y Cultural.

El Reglamento para la Fabricación, Formulación, Importación, Comercialización y Empleo de Plaguicidas y Productos Afines de Uso Agrícola.

El Reglamento para prevención y contaminación del agua.

La resolución No. 741 del Consejo Superior del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, que expide el "Reglamento general del seguro de riesgos de trabajo", publicado en el Registro Oficial No. 579, del 10 de diciembre de 1990., tiene su aplicación en las etapas de construcción, operación y mantenimiento del proyecto

Normas ambientales contenidas en otras leyes, tales como:

Código Penal,

Ley de Régimen Provincial,

Código del Trabajo,

Código Civil,

Ley de Reforma Agraria,

Ley de Fomento Agropecuario,

Ley de Colonización de la Región Amazónica,

Otras leyes de reciente creación que tengan injerencia directa sobre el proyecto.

CAPITULO 2

SISTEMA DE ALCANTARILLADO

2.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

Respecto al barrio La Armenia, no se ha podido encontrar información demográfica puntual de los Censos Nacionales, por lo que se tomaron datos disponibles de las Encuestas Socio-Económicas realizadas por la EMAAP-Q.

De conformidad con las normas de diseño y las recomendaciones de la EMAAP-Q, para el presente estudio se ha tomado un índice de crecimiento igual a 3,00 %, con el que se calcula la población de diseño para un período de 25 años.

Población total actual

La población total actual esta dada por la siguiente fórmula:

$$P_{\text{total actual}} = P_{\text{actual}} + P_{\text{flotante}}$$

2.1.1 POBLACION ACTUAL (P_{actual})

Los datos de la población total actual del barrio La Armenia se ha obtenido en base a un recuento poblacional, utilizando un formulario de Encuesta Socioeconómica – Sanitaria.

La población actual de las comunidades se resume en el siguiente cuadro obtenido de la información preliminar:

BARRIO	LA ARMENIA
TIPO DE POBLACION	Número de habitantes
POBLACION ACTUAL	387

POBLACION ESCOLAR	264
-------------------	-----

La población escolar está conformado por alumnos y profesores que pertenecen al barrio la Armenia y a sitios de la periferia de éste sector.

Colegio, 80 alumnos + 5 docentes

Escuela José Joaquín de Olmedo: 150 alumno + 6 docentes.

Jardín de Infantes: 22 niños + 1 docente.

2.1.2 POBLACION ADICIONAL (P_{flotante})

La población flotante está dada por el 15% de la población escolar, misma que debe incrementarse a la población actual.

$$P_{\text{flotante}} = 15\% (\text{Población Escolar})$$

BARRIO	LA ARMENIA
TIPO DE POBLACION	Número de habitantes
POBLACION FLOTANTE	$264 * 0.15$
POBLACION FLOTANTE	55

De tal manera que la Población Total Actual ($P_{\text{total actual}}$) sería:

$$P_{\text{total actual}} = P_{\text{actual}} + P_{\text{flotante}}$$

BARRIO	LA ARMENIA
TIPO DE POBLACION	(Número de habitantes)
Población Total Actual P_{actual}	387
Población Flotante $P_{flotante}$	55
Población Total Actual ($P_{total actual}$)	442

Se obtiene una Población Total Actual ($P_{total actual}$) de:

$$P_{t.a.} = 442 \text{ habitantes}$$

2.1.3 POBLACION FUTURA (P_f)

Una manera aproximada de establecer la población que tendrá en el futuro un determinado pueblo, ciudad o barrio, es mediante el estudio de su desarrollo en épocas anteriores, para lo cual nos valemos de los datos de población arrojados por los censos nacionales y las encuestas efectuadas en las localidades.

Para el caso de la determinación de la población futura del barrio La Armenia, uno de los aspectos importantes a puntualizar, es el movimiento migratorio de la zona, por lo que al asumir cuantitativamente los parámetros de crecimiento y período de diseño acordes a la realidad encontrada, se está asegurando el diseño del abastecimiento.

Empleando el método geométrico, que es el más generalizado y con los parámetros ya determinados la población futura para nuestra población en estudio será:

$$P_f = P_a (1 + i)^n$$

Donde:

P_f = Población futura

P_{t_a} = Población total actual 442 hab.

I = Índice de crecimiento (%) 3.00 %

n = Período de diseño (años) 25 años

Reemplazando en la fórmula anterior, se tiene:

$$P_f = 442 (1 + 0.030)^{25}$$

$$P_f = 442 * 2.09377$$

$$P_f = 926 \text{ habitantes}$$

La Población Total de Diseño ($P_{\text{diseño}}$) del proyecto será:

$$P_f = 926 \text{ habitantes}$$

Esta población futura es una población saturación, con la cual se determinarán el resto de parámetros de diseño.

Densidad a futuro será:

$$\text{Densidad} = 926 / 9.00$$

$$\text{Densidad} = 102 \text{ hab/Ha.}$$

Valor similar al que recomienda la EMAAP-Q, que es de 100 hab / Ha.

De otro lado, como está señalado, la población futura determinada corresponderá a la de saturación. Cabe resaltar que esta población será la única que aportará aguas servidas y pluviales al alcantarillado proyectado, ya que su ubicación topográfica dentro de todo el sector así se lo puede considerar.

2.2 DOTACION Y VARIACIÓN DE CONSUMO

2.2.1 CONSUMO DE AGUA

Para determinar el consumo de agua en una población, la base más segura son los datos estadísticos arrojados sobre el consumo en cada localidad, tanto en el presente como en épocas anteriores, tomando en cuenta varios factores que pueden influir en el futuro; dichos factores son:

Tipo de población.

Factores económico-sociales.

Factores meteorológicos.

Tamaño de la población.

Otros Factores.

Entre los factores que influyen con gran notoriedad en los consumos, podemos mencionar a los siguientes: calidad de agua, eficiencia del servicio, empleo de sistemas de control y medición del agua, etc.

2.2.2 CONSUMO DOMESTICO

Está constituido por el consumo de agua para bebida, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina, limpieza, riego de jardines, y adecuado funcionamiento de las instalaciones sanitarias. Este consumo de agua es el que predomina generalmente en el diseño.

2.2.3 CONSUMO PÚBLICO

El consumo público está en función de la importancia política de la población, y es la cantidad de agua que se destina para los habitantes de una población sin pagar tarifa alguna y que van en beneficio de la comunidad, está constituido por el agua para baños públicos, puestos de salud, riego de espacios verdes, parques y jardines, así como limpieza.

2.3 BASES DE DISEÑO

2.3.1 TIPO DE SISTEMA

El caudal pluvial y de aguas servidas generado por le presente proyecto transportan las aguas hasta descargarlas en los ríos mas cercanos que circunda el sector y que hacen las veces de cuerpo receptor primario de toda el área donde se ubica el barrio. El sistema de alcantarillado a implementarse en este sector es de tipo combinado tomando en cuenta el criterio de descontaminación de aguas servidas mediante aliviaderos y separadores de caudal, que permiten evacuar los excesos de aguas en épocas de lluvias o crecidas, hacia los cuerpos receptores.

2.3.2 PERIODO DE DISEÑO

De conformidad con las Normas de Diseño y las recomendaciones de la EMAAP-Q se ha considerado adecuado tomar un período de diseño de 25 años. De esta forma se tendrá un período económico para cubrir los gastos de financiamiento que demandará la construcción de las obras, ajustándose por otra parte a la vida útil de las estructuras del sistema a ejecutarse.

El proyecto está conformado principalmente por los siguientes elementos:

Tuberías de hormigón.

Tubería y accesorios de PVC.

Pozos de revisión.

Fosas sépticas.

Filtros biológicos de flujo ascendente.

Estructuras de descarga

Conexiones domiciliarias.

Sumideros de calzada.

2.3.3 AREAS DE APORTE

Las áreas de aporte se ajustarán a las condiciones topográficas de este sector y límites reales de drenaje.

En general, las áreas consideradas corresponden a las zonas a poblarse, con las cuales se saturará el barrio.

El área aportante de aguas servidas corresponde al área próxima a los drenajes previstos para este tipo de aguas en cada bloque de viviendas.

Igualmente, el drenaje de aguas lluvias corresponde al área inmediatamente anterior al tramo de tubería calculada.

2.3.4 REDES DE RECOLECCION

Se ha diseñado la red de recolección en base al trazado de calles previstas para este barrio, aprovechando las pendientes naturales.

De ser posible, se hará la recolección en sentido norte - sur, para las calles transversales y oriente - occidente para las principales, las cuales recogen el flujo producido y la conducen a los tratamientos - descargas, en los cuerpos receptores correspondientes.

2.3.5 CAUDALES DE DISEÑO

El caudal de agua que transportarán los conductos de alcantarillado, está conformado sumatoria de los caudales de aguas servidas domésticas, aguas de infiltración y aguas ilícitas.

El dimensionamiento de la red correspondiente al presente proyecto, ha sido realizado en base al cálculo de los siguientes caudales de aportación:

Caudal de aguas servidas domésticas

Este caudal (medio) se determinará en función de la dotación de agua potable que para el sector es de 120 l/h/d, para el final del período de diseño, el mismo que será afectado por un coeficiente de aporte del 70%, para deducir el caudal medio de aguas negras; es decir, la cantidad de agua potable que ingresará a la red de alcantarillado se estima en ese porcentaje, considerando que el 30% restante se destinará en parte a riego de jardines, lavado de vehículos, y, otra se asume como fugas e infiltraciones de la red de agua potable.

Variaciones del caudal de aguas servidas

En toda red de alcantarillado en operación existe un instante, especialmente cuando las actividades económicas de la mayoría de la población son similares, en que la aportación de aguas servidas es máxima, generalmente coincidente con la curva de máximo consumo de agua potable. Este dato se lo puede establecer únicamente mediante la observación experimental, lo cual, por falta de información estadística en nuestro medio y en muchos países sudamericanos, es necesario recurrir a experiencias extranjeras, pero básicamente a las pequeñas experiencias sudamericanas, o bien hacer comparaciones con los coeficientes máximos horarios reales de los sistemas de agua potable.

El caudal medio de aguas servidas se utiliza siempre como parámetro para obtener el caudal máximo, afectándolo de un coeficiente. Este coeficiente (M) ha sido determinado en función del número de habitantes servidos, habiéndose establecido varias fórmulas experimentales y ábacos para su cálculo. Algunas de estas ecuaciones se han establecido para un rango de validez en base al número de habitantes.

Con lo indicado el caudal máximo se obtendrá afectando al caudal medio antes definido, por un coeficiente de variación (M), que puede tomar un valor igual a 4, cuando el caudal medio diario sea inferior a 4 lt/s.

Caudal de infiltración

En un sistema de alcantarillado siempre se incluye agua de infiltración, cuya cantidad depende de varios factores como: métodos constructivos del sistema, tipo de uniones de las tuberías, altura del nivel freático, tipo de suelo del sector, forma de unión de las conexiones domiciliarias, dimensiones del colector, entre otras.

Caudal de aguas ilícitas (lluvias)

El caudal de aguas ilícitas se produce por la eventual introducción al alcantarillado, a nivel domiciliario, de aguas lluvias, especialmente en las zonas que carecen de alcantarillado pluvial, cuya cuantificación se hace exclusivamente en base a:

Conexiones ilícitas de las aguas que se escurren por techos, patios y drenajes de sótanos con sumideros de agua lluvia conectados al alcantarillado, por desconocimiento, equivocación o necesidad.

Conexiones de viviendas abandonadas.

Falta de hermeticidad en los pozos de revisión, debido a fallas en la construcción de estos elementos.

El caudal de aguas lluvias que se introduce en las alcantarillas es muy variable, y, en muchos casos esta aportación debe ser tomada muy en cuenta dado su valor absoluto elevado, pudiendo ser uno de los factores debido al cual, la capacidad de las tuberías sea excedida a las calculadas y comience a fallar el sistema. La cuantificación de estas aguas se las efectúa relacionándolas con la población, es decir en unidades de litros por segundo por habitante.

Caudal de aguas lluvias

FRECUENCIA

Para este proyecto, conociendo la incidencia de lluvias en el sector, se ha adoptado una frecuencia de 10 años.

De conformidad con los datos disponibles en el sector de Quito, el INAMHI tiene curvas de retorno para 5, 10, 25, 50 y 100 años.

TIEMPO DE CONCENTRACION

Es el tiempo que requiere una partícula de agua lluvia, desde el sitio donde cae hasta el punto de localización de la tubería de recolección. Es igual al tiempo de desagüe o de escorrentía hasta la alcantarilla, más el tiempo de flujo dentro de dicha tubería.

Para el presente caso se ha adoptado un tiempo de concentración o de duración de la intensidad de 12 minutos, que se considera adecuado para este tipo de concentración de población. Normativamente se recomiendan tiempos entre 10 y 20 minutos.

INTENSIDAD DE LLUVIA

La fórmula para la intensidad es la que corresponde a IZOBAMBA, la misma que es recomendada para utilizarla en proyectos del sur de Quito, y considerando que la zona donde se encuentra el proyecto, tiene características similares en cuanto al régimen de lluvias, se utilizará en este proyecto.

$$I_{10 \text{ años}} = 74.7140 \times T^{0.0888} \times (\ln(t + 3))^{3.82.02} \times (\ln T)^{0.1892} \\ t^{1.6079}$$

En donde:

I = Intensidad en mm/H

T = Período de retorno 10 años.

t = Tiempo de concentración inicial 12 minutos.

Ln = Logaritmo natural

En la que:

t = tiempo de concentración (minutos)= (tc + tf)

tc=tiempo de concentración inicial o calculado con la fórmula.

tf=tiempo de recorrido.

$$tc = (0.0195 * L^{1.155}) / (\text{Dif.nivel})^{0.385}$$

$$tf = (1/60) * \sum (Li/Vi)$$

donde:

L=Li= Longitud del colector

Vi= Velocidad del colector.

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

El coeficiente de escurrimiento corresponde a un valor promedio, en consideración a las características urbanísticas actuales del barrio y de las que tendrá en el futuro

El valor de la variación de la escorrentía, en relación al tiempo de duración de la lluvia el valor "C" se ha considerado de 0.50.

$$C = 0.50$$

Los valores del coeficiente de escurrimiento, tiempo de concentración inicial, y curva de frecuencia de 25 años, corresponden a parámetros de las normas de diseño de la EMAAP-Q, y serán utilizados para el cálculo del caudal de aguas lluvia, mediante la fórmula del método racional.

El caudal de diseño de los conductos será igual a:

$$Q = (C * I * A)/0.36 \text{ (lt/s)}$$

Donde:

Q = caudal de aguas lluvias

C = coeficiente de escurrimiento

I = Intensidad de la lluvia (mm/Hora)

A = Área de drenaje (Ha)

2.3.6 CALCULOS HIDRAULICOS DE LA RED

Consideraciones de diseño

Las tuberías del sistema de alcantarillado han sido proyectadas como conductos abiertos con circulación de flujo a gravedad, esto significa que la tubería funcionará parcialmente llena, para poder garantizar la circulación del aire y con el objeto de que la línea de gradiente hidráulica coincida con la superficie de escurrimiento de las aguas negras. Además, la circulación del aire permitirá que este elemento se introduzca en las aguas servidas y se mantenga el proceso de descomposición aeróbica. De esta manera se evitará el proceso séptico con desprendimiento de malos olores en los pozos de revisión.

Debido a que en las aguas servidas, en la mayoría de los casos los conductos no fluyen bajo presión, el flujo es casi siempre inestable y frecuentemente no uniforme.

Se ha considerado que el flujo dentro de las alcantarillas, entre los pozos de revisión, es constante.

Además se asume que la velocidad media del flujo es igual en cualquier instante de tiempo. Por ello los tramos entre pozos de revisión tendrán pendientes uniformes e igual diámetro.

Caudales de diseño

El caudal que transportará cada una de las tuberías está conformado por la sumatoria de los caudales de aguas servidas domésticas, aguas de infiltración y aguas ilícitas, que generan la siguiente expresión:

$$Q_d = Q_{as} + Q_{a-inf} + Q_{a-ilíc}$$

Capacidad de las tuberías

El principio del flujo de agua en un conducto libre o a presión es básicamente el mismo, de tal manera que una misma expresión se puede aplicar para ambos casos. La más empleada es la de Manning para conductos abiertos:

$$v = 1/n R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

v = velocidad en m/s.

R = radio hidráulico

S = pendiente del tramo

n = coeficiente de rugosidad

$n = 0,013$ tuberías de H.S.

$n = 0,015$ colectores de H.A.

$n = 0,011$ tubería PVC o plástica

Caudal

Para flujo uniforme:

$$Q = A * v$$

Donde:

Q = caudal

A = área de la sección transversal

v = Velocidad

Aplicando la fórmula de Manning, tenemos:

$$Q = A * 1/n * R^{2/3} S^{1/2}$$

Expresión con la que calcularemos el caudal que pasa por las tuberías.

El comportamiento hidráulico de las secciones parcialmente llenas y de las llenas, tiene relación con el mantenimiento de las velocidades autolimpiantes.

Velocidad

La consideración de la velocidad en las aguas servidas tiene gran importancia en los proyectos de alcantarillado y debe controlarse por dos razones fundamentales:

Si es muy baja se deposita el material contenido en las aguas servidas, produciéndose sedimentación, taponamiento y destrucción en los conductos, para lo cual es necesario un mantenimiento continuo, con el consiguiente malestar para los usuarios y los costos que ello demanda.

Si es muy alta, las tuberías son erosionadas.

Velocidades máximas recomendables a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados:

Material	Velocidad máxima (m / seg.)	Coeficiente de rugosidad
1.- Hormigón Simple		
Con uniones de mortero	3.00	0.013
Con uniones mecánicas	3.50 – 6.00	0.013
2.- Fibrocemento	4.50 - 5.00	0.011
3. - PVC	9.00	0.011

Clases de tubería:

Tubería Clase 2 $V_d \leq 3.5 \text{ m/s}$

Tubería Clase 3 $3.5 \text{ m/s} \leq V_d \leq 6.0 \text{ m/s}$

V_d = Velocidad de diseño

Velocidad mínima en alcantarillas:

Calculada para el máximo caudal instantáneo, al final del período de diseño, y, para que la tubería funcione a sección llena será de 0.60 m/s. La velocidad mínima tolerable es de 0.30 m/s., para circulación parcial, que se registra cuando la tubería lleva aproximadamente el 17% de su capacidad total, con lo que se evita la sedimentación de material ligero y limo.

El caudal es directamente proporcional a la velocidad, luego, si se disminuye el caudal disminuye igualmente la velocidad, lo cual se presenta en los tramos iniciales o de cabeza.

Condiciones de Autolimpieza

En el programa de diseño hidráulico de la red está contemplada la condición de mínima velocidad para autolimpieza, ($V_{\text{mínima}} = 0,40 \text{ m/s}$ para caudal sanitario), sujeta a normas establecidas.

Diámetro mínimo

El diámetro mínimo a usarse en el presente caso será de 250 mm dado que se recolectarán aguas servidas y eventualmente pluviales, pero en algunos casos, de acuerdo al área de drenaje se empleará tubería de 200 mm., con lo que se logrará

mayor funcionabilidad y economía, garantizando que la circulación a gravedad del agua en las tuberías.

Pendientes

Teniendo variadas pendientes del terreno, y, en el tramo del colector una pendiente natural plana, se han adoptado pendientes mínimas entre 5 y 10 por mil (o/oo), con el objeto de tener profundidades adecuadas de las tuberías.

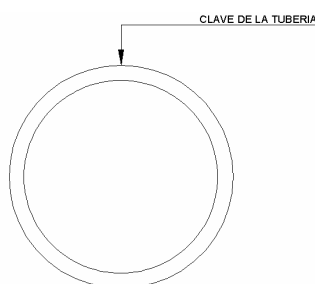
La mayor parte del proyecto se ha diseñado con pendientes similares a las del terreno, con el objeto de tener un proyecto económico, verificando que no se produzcan velocidades menores a 0.30 m/s.

Las pendientes máximas no sobrepasarán del 50 o/oo o 5 %.

2.3.7 PROFUNDIDADES

Se ha considerado que la tubería de alcantarillado debe ir a una profundidad suficiente que permita recoger las aguas servidas y lluvias de las viviendas más bajas a uno y otro lado de las calles, así como para evitar la rotura de los conductos por los esfuerzos dinámicos transmitidos por la circulación de vehículos o cualquier otra carga externa.

Sobre la clave de las tuberías se adoptaron profundidades mínimas a 1.20 m., de manera que permita desalojar a gravedad las aguas de las viviendas más desfavorables y asegurar también un relleno adecuado que garantice la protección de la tubería de cargas propias del relleno y sobrecargas vivas.



2.3.8 POZOS DE REVISIÓN

Los pozos de revisión se proyectaron en los siguientes casos:

Al inicio de tramos de cabecera.

Cambios de dirección.

Cambios de sección de tubería.

Confluencia de tuberías.

Tramos máximos a 80 metros.

Cambios de pendiente.

Conexiones Domiciliarias.

Las conexiones domiciliarias que accederán directamente a la red una vez concluida la obra tendrán un diámetro mínimo de 150 mm., y una pendiente que varía entre el 2 % y el 11 %, se iniciarán en una caja de revisión y deberán unirse a la alcantarilla matriz con un ángulo comprendido entre 45° y 60°, mediante un corte diagonal sobre el cuarto superior de la tubería o en la parte superior de la alcantarilla, si se trata de colector. La unión será hermética para impedir la entrada indebida de aguas subterráneas o de filtración.

2.3.9 SUMIDEROS

En el presente estudio se ha proyectado la colocación de sumideros de calzada, cuya ubicación precisa estará condicionada por las rasantes de las calles en la etapa de su construcción.

2.4 SISTEMA PROYECTADO

Para seleccionar la alternativa más adecuada, se ha tomado en cuenta criterios de orden técnico, económico y de impacto ambiental, de tal manera que se pueda obtener un proyecto óptimo.

Debido a las condiciones topográficas del área que cubre el proyecto, ubicación de las viviendas en niveles bajos respecto de las vías, pendientes de las vías y lotes, se ha optado por un proyecto que encaja con la alternativa seleccionada.

Además se plantea que algunas casas que no tienen acceso al alcantarillado, en las diferentes redes, se puede solucionar mediante un programa de letrización con arrastre de agua o con unidades básicas sanitarias que consta de baño, ducha y descarga a pozo ciego, o en otros casos las salidas de los baños se realicen a tanques sépticos individuales.

2.4.1 REDES DE RECOLECCION, TANQUE SEPTICO, FILTRO BIOLOGICO, Y DESCARGA AL CUERPO RECEPTOR

Todas las aguas negras producidas por la población, serán enviadas a las respectivas redes de recolección, hasta llegar a un tratamiento primario mediante la implementación de tanques sépticos, y luego un tratamiento secundario mediante un filtro anaerobio ascendente, cuyas dimensiones están en función de la población futura.

La planta de tratamiento esta conformada por la fosa séptica y el filtro anaerobio; en la planta el efluente líquido del tanque séptico, se enviará al filtro biológico para luego ser descargado en el respectivo cuerpo receptor.

Las plantas de tratamiento de este proyecto se encuentran localizadas cerca de las descargas del respectivo cuerpo receptor. Y serán descritas en el cuarto capítulo de este proyecto.

2.4.2 RED NUMERO UNO

La red N° 1, esta constituido por los colectores marginales No. 1 y No. 2, corresponde al sector donde las viviendas se encuentran ubicadas con un nivel más bajo de la vía, se ha considerado el desarrollo de la red de alcantarillado sanitario, por la parte posterior de las viviendas, al cual podrán tener acceso fácil la instalación de las conexiones domiciliarias.

El Colector marginal No. 1, inicia en el pozo P7, sigue paralelo a la vía principal, recorriendo por la parte posterior de la iglesia, donde inicia el colector marginal No. 2, para luego empatare con el emisario del alcantarillado existente, mismo que inicia desde la escuela, y sigue hacia el tratamiento y descarga final, este ramal se encuentra conformado por los siguientes pozos, P7, P37, P38, P39, P40, P11, P41, P42, P43, P44, P45, P46, D1, D2, D23, D4, D5, D6, y BM3,.

El sistema de alcantarillado existente es de tipo combinado, conformado por 6 pozos de revisión, 2 sumideros, un emisario con tubería de PVC, y un diámetro de 250 mm, y un tanque donde se descarga las aguas negras.

El tanque se encuentra al descubierto, por lo que se generan malos olores y la constante proliferación de mosquitos, que se convierte en un foco de infección para las personas que viven cerca de este lugar.

Se plantea utilizar el emisario del alcantarillado combinado actual, y realizar un empate en el pozo D1, y desde aquí continuar hasta el sitio de tratamiento y descarga final.

Para utilizar el alcantarillado actual, se ha verificado que el caudal de diseño no es significativo y las condiciones hidráulicas de la tubería son eficientes.

Las aguas negras serán descargadas en el tanque ubicado en la parte superior de una vertiente.

2.4.3 RED NUMERO DOS

La red N° 2, está conformada por el sector de la vía La Armenia - Pacto (calle principal), otras calles, y sector del estadio, con ramales conformados por los siguientes pozos: P1, P2, P3...P11, P12, en la calle principal; P14, P22, P23, P24, P25, P26 y P27, correspondientes a la calle que redirige al estadio, P19, P66, P67, P68, P69, P70, P71, P29, P27, a ramales localizados en la parte superior del estadio, que corresponde al colector marginal No. 5; y P27, BMP28, D1, correspondiente al emisario, tratamiento, y descarga .

En esta red se ha planteado efectuar un sistema de alcantarillado combinado, que recogerá en una misma tubería, tanto las aguas servidas producidas, así como el drenaje del agua lluvia que pueda ocurrir en el área de influencia inmediatamente próxima al alcantarillado proyectado, en la calle principal y el ramal que se dirige al estadio, mientras que en los ramales que se encuentran en la parte superior del estadio, se ha planteado diseñar únicamente alcantarillado sanitario.

El tratamiento, mencionado será ubicarlo en un sitio cerca al estadio, junto a el respectivo cuerpo receptor.

2.4.4 RED NUMERO TRES

La red N° 3, se encuentra conformado por el Colector marginal No.3, que inicia desde la parte posterior a la casa parroquial en el pozo P20, P48, P47, P48, P49...P59, P60, y de idéntica manera que la red N° 2, sigue paralelo a la vía principal, por la parte posterior de las viviendas, en sitios mas bajos que la vía, llega hasta el pozo BMP61, donde se une con el colector marginal No. 4, que inicia en el pozo P21, P65, P64, P63, y continúa por la parte baja de la vía hacia Cartagena, hasta el pozo P61, desde donde continúa hasta el sitio del tratamiento y descarga final en los pozos D1', y D2.

De igual forma a la red N° 2, el caudal que conducirá las tuberías es únicamente para las aguas servidas.

2.4.5 RED NUMERO CUATRO

Corresponde al sector de la vía asfaltada Calacalí – La Independencia, antes de la vía La Armenia – Pacto, está conformada por los pozos P32, P33 y P34, P35, P36, principalmente, para lo cual se ha planteado efectuar un sistema de recolección de aguas servidas mediante un sistema terciario, ya que las aguas lluvias especialmente de la vía asfaltada, caudal que es evacuado por medio de las respectivas cunetas.

El tratamiento, mencionado se plantea ubicarlo en un área al final de la bomba de gasolina, al final del pozo P36 y D1, lugar que se encuentra cerca de un estero, que es el cuerpo receptor de las descargas de viviendas, lavadora de autos y gasolinera.

CAPITULO 3

TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS

3.1 ORIGENES DE LA CONTAMINACION HÍDRICA ⁵

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o debido a actividades culturales que el hombre realiza; y de estas dos ahora podemos decir sin dudar que la fuente mas importante de contaminación es la provocada por el hombre el cuál se va agravando según el nivel de tecnología que este maneje. En forma general podemos clasificar los orígenes de la contaminación de las aguas como: naturales, agrícolas y ganaderos, urbanos e industriales.

Origen natural

Normalmente las fuentes de contaminación natural son incontrolables, muy dispersas y no provocan concentraciones altas de los agentes contaminantes, excepto en algunos sectores muy específicos. Los orígenes de contaminación naturales principalmente son debido a:

Las lluvias que arrastran a los ríos grandes cantidades de materia orgánica y vegetal procedente de la flora y fauna que se encontraba en descomposición, además material sólido proveniente de la erosión del suelo y del lavado del mismo.

Las infiltraciones de las aguas subterráneas, las que aportan una gran cantidad de compuestos químicos disueltos en los diferentes estratos del suelo a través de la cual han pasado las aguas subterráneas.

El drenaje de las aguas de las zonas pantanosas, las cuales contienen grandes cantidades de materia orgánica e inorgánica así como grandes concentraciones de calor, esta agua generalmente tienen un ph bajo así como un bajo contenido de oxígeno.

⁵ "Apuntes del curso Agua Potable", Efrén Galárraga S., Escuela Politécnica Nacional, carrera de Administración de Proyectos de Construcción, Ecuador, 2004.

Algunas de estas fuentes en determinados lugares contaminan más que las procedentes por actividad humana. Por ejemplo, el mercurio que se encuentra en la corteza de la Tierra y en los océanos contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar ocurre con los hidrocarburos y otros productos.

Origen agrícola y ganadero

Los trabajos agrícolas y ganaderos producen restos orgánicos de animales y plantas, así como vertidos de fertilizantes químicos, pesticidas y herbicidas debido a las prácticas modernas, utilizadas tanto en la agricultura como en la ganadería.

Las actividades agrícolas y ganaderas normalmente generan vertidos directos, esto significa que los vertidos no se los realiza a través de un sistema de alcantarillado por lo que pasarían a ser parte del grupo de orígenes incontrolables

Origen urbano

Resultan de los desechos evacuados desde las edificaciones a través de las redes de alcantarillado, normalmente son los residuos procedentes de las viviendas, edificios comerciales e instituciones, aunque en ocasiones provienen de las industrias, y las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que puedan agregarse.

Estos desechos líquidos generalmente contienen gran cantidad de residuos orgánicos, y es considerado también como de origen controlable o puntual doméstico.

Origen industrial

Los residuos producidos por las industrias, que varían en su composición según el tipo de industria que las produzca; y pueden ser de origen no puntual e incontrolable

cuando las industrias están conectadas con el sistema de alcantarillado y las aguas industriales se mezclan con las aguas negras haciéndose difícil identificar su procedencia; pero generalmente son de origen puntual y controlable, y estas son provenientes de industrias que tienen un sistema privado de conductos que conducen los desechos hasta descargarlas en el cuerpo receptor, por lo tanto también se vuelven fácil de identificarlos y controlarlos.

3.1.1 AGUAS SERVIDAS ⁶

Son los líquidos turbios de origen urbano que contienen material sólido en suspensión, que en un principio son de color gris y tienen un olor a moho, y luego se tornan de color negro con un olor bastante desagradable. El vertido de las aguas residuales es una de las causas importantes en la contaminación de las aguas en los países en vías de desarrollo, ya que el 95% de las aguas residuales en estos países se descargan sin ser tratadas, y los cuerpos receptores muchas veces son fuentes de agua potable.

Las aguas residuales están compuestas por: los sólidos disueltos y por los sólidos suspendidos en la misma; estos sólidos se encuentran en cantidades muy pequeñas pero son las que presentan mayor problemas en su tratamiento y disposición adecuado.

Las aguas residuales son generalmente originadas por: los desechos animales y humanos, los desperdicios caseros, las corrientes pluviales, la infiltración de aguas subterráneas y los desechos industriales. En esta agua se pueden encontrar concentraciones de gases disueltos como: el oxígeno considerado como un componente importante de esta agua, el bióxido de carbono, el nitrógeno, el ácido sulfhídrico y ciertos componentes inorgánicos del azufre. Aunque los gases disueltos

⁶ "Tratamiento y Postratamiento de aguas residuales", Rodrigo Correal Cuervo, Centro de Investigación para el Desarrollo, Uniboyacá, Colombia, 2002.

en las aguas servidas generalmente se encuentran en pequeñas concentraciones, su función es importante en la descomposición y tratamiento de los sólidos de esta agua e indican significativamente el progreso de tales procedimientos de tratamiento.

Las aguas residuales contienen también organismos vivos, los cuales son demasiado pequeños para ser vistos excepto bajo el microscopio. Son la parte viva de la materia orgánica que se encuentra en las aguas servidas y su presencia es uno de los motivos para el tratamiento de esta agua, y su éxito, incluyendo la degradación y descomposición, depende de sus actividades.

3.2 DISPOSICION DE LAS AGUAS SERVIDAS ⁷

Se pueden seguir tres procedimientos para llevar a cabo la disposición final de las aguas residuales: disposición por irrigación, disposición bajo la superficie y disposición por dilución; de estas la última es el método utilizado en mayor porcentaje, consiste en descargar las aguas residuales en aguas superficiales como ríos, lagos o el mar, dando lugar a la contaminación de las mismas.

El grado de contaminación que tendrá el cuerpo receptor dependerá del volumen descargado de aguas servidas y de su composición, si el volumen de las aguas servidas y su contenido orgánico es pequeño en comparación con el volumen del agua receptora, entonces el oxígeno disuelto presente en el cuerpo receptor será suficiente para que se produzca la descomposición aerobia de los sólidos orgánicos de las aguas residuales. En los casos en que el oxígeno disuelto del cuerpo receptor no sea suficiente para mantener la descomposición aerobia, tendrá lugar la descomposición anaerobia y la putrefacción, generándose condiciones indeseables.

El factor determinante para la descomposición de los sólidos orgánicos de las aguas residuales, desarrollando o no condiciones molestas, es el oxígeno disuelto que

⁷ "Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras", Harold E. Babbitt, E. Robert Baumann, Compañía Editorial Continental S. A., México, 1962.

contenga el cuerpo receptor. Sin embargo, aunque el cuerpo receptor mantenga su condición aerobia en la descomposición, la contaminación bacteriana sigue siendo nociva para la salud, y si no se eliminan de las aguas negras los sólidos en suspensión, éstos serán una evidencia clara de la contaminación del cuerpo receptor.

El oxígeno disuelto en los cuerpos receptores determina la vida de las bacterias y microorganismos presentes tanto en las aguas receptoras como en las aguas residuales, y estos pueden ser; aerobios si existiera suficiente oxígeno o anaerobios en el caso contrario. De la misma manera se dan las reacciones en el cuerpo receptor cuando se descargan los sólidos de las aguas residuales, descomposición aerobia o descomposición anaerobia, donde el oxígeno es necesario para verificar todas esas reacciones biológicas y bioquímicas. Por consiguiente, cuando se descarguen aguas servidas en una corriente, las reacciones resultantes dependerán del oxígeno disuelto que contengan esas aguas, la cual es importante para la descomposición bioquímica de los sólidos putrescibles.

3.2.1 OD, DBO Y DQB

Oxígeno disuelto (DO)

Es un parámetro físico que nos da la idea del estado en que se encuentran las corrientes de agua que serán cuerpos receptores, y como mencionamos anteriormente la cantidad de oxígeno presente en el agua determinara la cantidad de vida acuática que este presente.

Cuando una masa de agua presenta grandes cantidades de materia orgánica debido a las descargas de aguas residuales, la materia orgánica es oxidada por las bacterias y microorganismos, los cuales necesitan una mayor cantidad de oxígeno de la que normalmente genera el río; y si no se diera esto el río puede volverse

anaerobio, generando malos olores ya que no se daría la oxidación de las materias suspendidas.

El oxígeno disuelto define y controla la calidad de agua, y su disminución o incremento puede darse por las siguientes razones:

Incremento:

- Capta oxígeno de la superficie

- Se da fotosíntesis por medio de algas

Hay un descenso de la temperatura, una dilución con aguas más oxigenadas o las dos a la vez.

Disminución:

- Hay elevación de la temperatura

- Hay una respiración de microorganismos

De lo anterior lo más común es que al contacto de la superficie del agua con el aire, el oxígeno se disuelva en el agua hasta alcanzar el punto de saturación a una temperatura determinada. El punto de saturación del oxígeno disuelto es de 14,6 ppm cuando el agua se encuentra a una temperatura de 0°C, y esta concentración disminuye al aumentar la temperatura del agua, de manera que a 15°C la concentración de saturación del oxígeno disuelto es de 10 ppm, y en el caso de que la concentración de oxígeno disuelto disminuye a menos del punto de saturación, el oxígeno se disuelve más.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La DBO es un parámetro que indica la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación aerobia biológica de los sólidos orgánicos biodegradables, proceso que ejecutan los microorganismos saprofitos.

“En la práctica la DBO permite tener una idea de la carga de contaminación orgánica del agua microbiológicamente biodegradable, se debe tomar en cuenta que la oxidación de las materias orgánicas no es el único fenómeno que se da en la biodegradación, existiendo el fenómeno de biodegradación nitrogenada”.⁸

Demanda química de oxígeno (DQB)

La DQB es un parámetro que nos permite analizar la composición de las aguas residuales. Es la suma de la materia orgánica biodegradable y la no biodegradable. El valor de este parámetro debe ser siempre superior al de la DBO porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

La DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. Nos indica que en el agua, a más de los elementos biodegradables, existen sustancias orgánicas recalcitrantes o no biodegradables por microorganismos y que para oxidarse requieren de oxígeno. Es decir, comprueba la carga orgánica de aguas residuales que no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

3.2.2 NECESIDAD DE TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES

Hagamos nuevamente un recuento rápido del desarrollo de un sistema de alcantarillado, y los problemas que con ello fueron creciendo, y veremos cuan imperativo es en la actualidad utilizar mejores métodos de disposición de las aguas descargadas por estas redes de alcantarillado. El problema de disponer de las aguas servidas fue imponiéndose debido al uso del agua para recoger y arrastrar los productos de desecho originados por las actividades humanas.

⁸ “Apuntes del curso Agua Potable”, Efrén Galárraga S., Escuela Politécnica Nacional, carrera de Administración de Proyectos de Construcción, Ecuador, 2004.

Antes de que el uso de un sistema cloacal para disponer de las aguas residuales fuera común, los volúmenes de desecho, sin que el agua sirviese como transporte, eran muy pequeños y su eliminación se limitaba a los excrementos individuales o máximo de una familia. El primer procedimiento consistía en dejar los desechos corporales y las basuras en la superficie de la tierra, en donde eran gradualmente degradados por las bacterias y microorganismos. Esto generaba a su vez olores ofensivos. Después, la experiencia nos enseñó que si estos desechos eran enterrados prontamente, se prevenía el desarrollo de tales olores. La siguiente fase consistió en el desarrollo de las letrinas, que es un método de eliminación de los desechos de excrementos que todavía se emplean en muchas provincias de nuestro país.

Con el perfeccionamiento de los sistemas de suministro de agua para los pueblos y el uso del agua para transportar los desechos generados por las actividades domésticas, se hizo necesario encontrar métodos para disponer de estas aguas turbias que contienen material sólido en suspensión. Se emplearon para ello los tres métodos posibles; la irrigación, la disposición sub-superficial y la dilución.

A medida que fue creciendo la población urbana, con ello el volumen de aguas residuales y desechos orgánicos, resultó que todos los métodos de disposición eran tan poco satisfactorios que se hizo imperativo tomar medidas básicas para remediarlos y se inició el desarrollo de los métodos de tratamiento de aguas residuales.

En el proyecto de alcantarillado sanitario para el barrio la Armenia, causa como tal, mínimos impactos ambientales negativos, que se presentaran especialmente durante el período de construcción y por lo tanto con ciertas recomendaciones durante ésta época pueden contrarrestarse debidamente o en otros casos son inevitables como la apertura de zanjas, acoplamiento de materiales.

En el período de operación del sistema se producirán algunas acciones negativas que se contrarrestarían con adecuados cursos y un sistema de difusión y promoción del proyecto a los usuarios.

A pesar de que la alternativa puede producir efectos ambientales negativos originados por las cuatro descargas incluidas dentro del proyecto, éstos serán mitigados con el tratamiento de las aguas servidas, por lo tanto, se utilizara como alternativa, plantas de tratamiento antes de cada una de las descargas respectivamente.

Los objetivos que hay que tomar en consideración en el tratamiento de las aguas residuales incluyen:

La conservación de las fuentes de abastecimiento de agua para uso doméstico.

La prevención de molestias.

La prevención de enfermedades.

El mantenimiento de aguas limpias para el baño y otros propósitos recreativos.

Conservación del agua para usos industriales y agrícolas.

Mantener limpias las aguas que se usan para la propagación y supervivencia de la vida acuática.

Una planta de tratamiento de aguas servidas se diseña para retirar de las aguas residuales las cantidades suficientes de sólidos orgánicos e inorgánicos que permiten su disposición, sin quebrantar los objetivos planteados.

Los diversos procesos que se utilizan para el tratamiento de las aguas residuales siguen estrechamente los lineamientos de los procesos de auto-purificación de una corriente contaminada. Los dispositivos que conforman la planta de tratamiento solamente localizan y limitan estos procesos en un área adecuada, restringida y controlada, y proporcionan las condiciones favorables para la aceleración de las reacciones físicas y bioquímicas.

El grado hasta el cual sea necesario llevar un tratamiento determinado varía mucho de un lugar a otro; y para el efecto existen los siguientes factores básicos determinantes que deben ser considerados:

Los objetivos que se propongan en el tratamiento.

Las características y la cantidad de sólidos acarreados por las aguas servidas.

La capacidad o aptitud que tenga el terreno, o el cuerpo receptor, para verificar la auto-purificación o dilución necesaria de los sólidos de las aguas servidas.

La eliminación de los sólidos en suspensión por medio de filtros, es aconsejable en los casos en que las aguas residuales se descarguen en las aguas costeras del mar. Sin embargo, si se van a descargar a un río el cual probablemente sirva como fuente de abastecimiento de agua, puede ser necesario eliminar una alta proporción de sólidos suspendidos, llevar a cabo la descomposición de los sólidos orgánicos disueltos y destruir organismos patógenos.

Después de evacuar el efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales, quedan aún en ella los sólidos y el agua contenidos en los lodos, que han sido separados de las aguas residuales, de los cuales tiene que disponerse también en forma segura y sin producir molestias.

Auto-purificación

Cuando se descargan aguas residuales en un cuerpo receptor, continúa la degradación y la descomposición. Una corriente contaminada en un punto dado tenderá a volver a un estado similar al de antes de la contaminación, como resultado de la descomposición de la materia orgánica contaminante. A esto se le designa generalmente como proceso de auto-purificación. Se lleva a cabo por medios físicos, químicos y biológicos.

Las reacciones físicas son esencialmente: la de sedimentación de los sólidos suspendidos, formándose depósitos que se conocen como bancos de lodo; la de clarificación y otros efectos de la luz del sol y la reaeración.

Las reacciones químicas y biológicas son más complejas. Los organismos vivos se alimentan de sólidos orgánicos, produciendo desechos que pueden destruirlos y que al mismo tiempo sirven como alimento para los tipos que los suceden, los cuales continúan el proceso de descomposición, hasta que los complejos sólidos orgánicos quedan finalmente reducidos a sales inorgánicas estables como son nitratos, fosfatos, sulfatos, etc. Estos sirven a su vez de alimento a otras formas biológicas, como las algas, que durante su proceso de desarrollo y metabolismo producen oxígeno como producto de desecho. Entonces éste se disuelve en el agua, agregándose al que se obtiene por la reaeración. Estas reacciones hacen que el agua vuelva a una condición de relativa limpieza y puede considerarse que se ha completado la auto-purificación de una corriente contaminada. El progreso de la auto-purificación depende del tiempo, de la temperatura, del abastecimiento de oxígeno y de otros factores ambientales que regulan los desarrollos biológicos.

Se admite que la auto-purificación de una corriente tiene lugar en cuatro etapas, dividiéndose la corriente en cuatro zonas sin delimitación definida que son las siguientes:

Zona de degradación

Zona de descomposición

Zona de recuperación

Zona de agua limpia

El tiempo necesario para la auto-purificación de una corriente contaminada, o la distancia que tiene que recorrerse para atravesar por las cuatro zonas, depende de la fuerza y volumen relativos de la contaminación, del caudal de la corriente, de la turbulencia del flujo, de la temperatura del agua y, principalmente, de si se descarga o no contaminantes adicionales durante el progreso de la auto-purificación.

El proceso de auto-purificación afecta principalmente a la materia putrescible de las aguas negras. Pueden sobrevivir algunos organismos patógenos y virus. Otras sustancias contaminantes, especialmente los compuestos metálicos, y otros de naturaleza no enteramente orgánica, provenientes de procesos industriales y de manufactura, no se alteran por los procesos bioquímicos. Si estas sustancias están presentes en concentración suficiente, interfieren e inhiben la descomposición biológica y pueden permanecer como contaminación residual que puede cambiar a tal grado la calidad del agua de la corriente receptora que la hagan impropia para ser usada como fuente de abastecimiento, o para propósitos recreativos, industriales o agrícolas.

El avance de la auto-purificación de una corriente puede medirse mediante pruebas adecuadas de laboratorio, las cuales incluyen pruebas físicas, químicas y biológicas. Mediante pruebas similares se mide y controla también el avance o desarrollo de los procesos en una planta de tratamiento de aguas residuales.

3.3 TIPOS DE TRATAMIENTO

Existen varios tipos de tratamiento que se aplican a las aguas residuales para retirar contaminantes de estas. Se pueden usar procesos sencillos, como la sedimentación, en la que se deja que la gravedad influya para que los contaminantes se depositen en el fondo, y se pueden también utilizar procesos químicos, biológicos o térmicos. De estos podemos distinguirlos y clasificarlos como procesos físicos, químicos y biológicos.

3.3.1 FISICOS

Sedimentación.

Flotación natural o provocada con aire.

Filtración mediante arena, carbón, cerámicas, etc.

Evaporación.

Adsorción con carbón activo, zeolitas, etc.

Despojo mediante el cual se transfiere el contaminante al aire.

Extracción mediante líquidos disolventes que no se mezclan con el agua.

3.3.2 QUIMICOS

Coagulación – floculación, realizada mediante la agregación de pequeñas partículas usando coagulantes y floculantes.

Precipitación química, que nos permite la eliminación de metales pesados haciéndolos insolubles con la adición de lechada de cal, hidróxido sódico u otros que suben el PH.

Oxidación, que se la realiza mediante oxidantes como el peróxido de hidrógeno, ozono, cloro, permanganatos potásicos o reductores como el sulfito sódico.

Reducción electrolítica, que provoca la deposición en el electrodo del contaminante, usado normalmente para recuperar elementos valiosos.

Intercambio iónico, mediante resinas que intercambian iones, esto es utilizado para quitar dureza al agua.

Osmosis inversa, que haciendo pasar al agua a través de membranas semipermanentes retienen los contaminantes disueltos.

3.3.3 BIOLÓGICOS

En este proceso se utilizan microorganismos que se nutren con diversos compuestos de los que contaminan las aguas. Los floculos que se forman por agregación de microorganismos son separados en forma de lodos.

Lodos activos, los cuales son agua con microorganismos que se agregan a las aguas servidas en condición aerobias.

Filtros bacterianos, donde los microorganismos están fijos en un soporte sobre el que fluyen las aguas a depurar. Se debe introducir suficiente oxígeno para asegurar que el proceso sea aerobio.

Biodiscos, que podría clasificarse como un proceso intermedio entre las dos anteriores; que con la ayuda de grandes discos dentro de una mezcla de agua servida, facilitan la fijación y el trabajo de los microorganismos.

Lagunas aireadas, que es un proceso biológico que se realiza en grandes extensiones.

Degradación anaerobia, proceso en el cual se utilizan microorganismos que no necesitan el oxígeno para su metabolismo.

3.3 NIVELES DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES ⁹

La mayor parte de los vertidos de aguas servidas que se hacen alrededor del mundo no son tratados; simplemente se descargan en el mar, río, lago o corriente más cercano dejando que los sistemas naturales con mayor o menor eficacia y riesgo, degraden los desechos de forma natural, y esto se ve comúnmente en países subdesarrollados.

En los países desarrollados una proporción, cada vez mayor, de los vertidos de aguas residuales previo a su disposición por dilución, es tratada antes de que se descarguen en el cuerpo receptor. El objetivo de estos tratamientos es, en general, reducir la carga de contaminantes del vertido y convertirlo en inofensivo para el medio ambiente. Para cumplir estos fines se usan distintos tipos de tratamiento dependiendo de los contaminantes que contenga el agua y de otros factores más generales, como localización de la planta de tratamiento, ecosistemas afectados, clima, etc.

⁹ "Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas y de aguas residuales", Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales, Gordon Fair/John Geyer/Daniel Okun, Editorial Limusa, México, 1879.

Siempre es necesario de algún tratamiento para evitar el crear condiciones ofensivas, incluso cuando el cuerpo receptor no tenga otra aplicación que la disposición de aguas residuales o desechos industriales. El tratamiento de las aguas residuales es el conjunto de recursos por medio de los cuales es posible verificar las diferentes etapas que tienen lugar en la auto-purificación de una corriente, dentro de un área limitada y apartada y bajo condiciones controladas.

El propósito del tratamiento de las aguas residuales, previo a su descarga en el cuerpo receptor, consiste en separar de ellas la cantidad suficiente de sólidos que permita que los que queden al ser descargados a las aguas receptoras no interfieran con el uso de éstas, tomando en cuenta la capacidad del cuerpo receptoras para asimilar la carga que se agregue. Los sólidos que se eliminan son principalmente orgánicos, pero se incluyen también sólidos inorgánicos. Como el uso de las aguas del cuerpo receptor puede variar desde ser un agua para beber, la cantidad o grado de tratamiento que se dé a las aguas servidas o a los desechos debe variar de acuerdo con ello. Debe procurarse un tratamiento para los sólidos y líquidos que se eliminan como lodos, y puede también necesitarse un tratamiento para controlar los olores, para retardar las actividades biológicas o destruir los organismos patógenos.

A pesar de que son muchos los niveles usados para el tratamiento de las aguas residuales, y aunque la separación entre estos no es suficientemente clara se pueden distinguir los cinco niveles de tratamiento siguientes:

Tratamiento preliminar o pretratamiento

Tratamiento primario

Tratamiento secundario

Cloración

Tratamiento de los lodos

Tratamientos especiales

3.3.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR O PRETRATAMIENTO

En la mayoría de las plantas, el tratamiento preliminar sirve para proteger el equipo de bombeo y hacer más fáciles los procesos subsecuentes del tratamiento. Los dispositivos para el tratamiento preliminar están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, a eliminar los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas. En algunos casos como, por ejemplo en la disposición por dilución en aguas marinas, pueden ser suficientes los resultados que se logren por el tratamiento preliminar.

Para alcanzar los objetivos de pretratamiento se emplean comúnmente los siguientes dispositivos que requieren un diseño y operación cuidadosos:

Rejas de barras o rejillas más finas

Desmenuzadores, ya sea molinos, trituradoras o cortadoras

Desarenadores

Tanques de preaeración

Además de los anteriores, en casos determinados se hace la cloración en el tratamiento preliminar, ya que la cloración puede usarse en cualquier etapa de un tratamiento, se considera como un método independiente.

3.3.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

En este nivel de tratamiento se separan o eliminan la mayoría de sólidos suspendidos en las aguas servidas, o sea aproximadamente de 90 a 60 por ciento, mediante el proceso físico de asentamiento mediante tanques de sedimentación. Cuando se agregan ciertos productos químicos en los tanques primarios, se eliminan casi todos los sólidos coloidales, así como los sedimentables, o sea aproximadamente un 85 por ciento de los sólidos suspendidos. La actividad biológica en las aguas residuales durante este proceso, tiene escasa importancia.

El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario, consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas negras para que puedan sedimentarse los sólidos. Por lo siguiente, a estos dispositivos se les puede distinguir bajo el nombre de tanques de sedimentación. Debido a la diversidad de diseños y operación, los tanques de sedimentación pueden dividirse en cuatro grupos generales, que son:

Tanques sépticos

Tanques de doble acción, como son los de Imhoff y algunas otras unidades patentadas

Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos

Clarificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos

Cuando se usan productos químicos, se emplean otras unidades auxiliares, que son:

Unidades alimentadoras de reactivos

Mezcladores

Floculadores

Son de tal naturaleza los resultados que se logran mediante el tratamiento primario, junto con los que se logran por la digestión anaeróbica de los lodos, que pueden ser comparados con la zona de degradación de la auto-purificación de una corriente. El uso del cloro en el tratamiento primario en algunos casos puede ser necesario, y para esto se explicara mas adelante en la sección de Cloración.

En muchos casos el tratamiento primario es suficiente como para descargar las aguas residuales en las aguas receptoras, sin que estas afecten el uso de las aguas receptoras para otros propósitos. Las operaciones que se incluyen en este nivel de tratamiento son el desaceitado y desengrase, la sedimentación primaria, la filtración, neutralización y el despojo; que sirven para la eliminación de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual.

3.3.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Este nivel de tratamiento debe hacerse cuando las aguas servidas todavía contienen, después del tratamiento primario, más sólidos orgánicos en suspensión o solución que los que puedan ser asimilados por las aguas receptoras sin oponerse a su uso normal adecuado. El tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios, para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables. Este tratamiento es comparable a la zona de recuperación de la auto-purificación de una corriente.

Los dispositivos que se usan para el tratamiento secundario los cuales nos permiten eliminar partículas coloidales y similares, pueden dividirse en los cuatro grupos siguientes:

Filtros goteadores con tanques de sedimentación secundaria

Tanques de aeración:

Lodos activados con tanques de sedimentación simple y

Aeración por contacto

Filtros de arena intermitentes

Estanques de estabilización

De igual manera que en tratamiento primario, el cloro puede ser usado en este nivel, y de eso se hablará en el siguiente capítulo.

Este proceso generalmente suele hacerse llevando el efluente que sale del tratamiento primario a tanques en los que se mezcla con agua cargada de lodos activos. Estos tanques tienen sistemas de agitación o burbujeo que garantizan condiciones aerobias para el crecimiento de los organismos.

Posteriormente se conduce este líquido a tanques cilíndricos, con sección en forma de tronco de cono, en los que se realiza la decantación de los lodos. Y una vez separados los lodos, el agua que sale contiene muchas menos impurezas.

3.3.4 CLORACION

Este es un método de tratamiento que puede emplearse para muy diversos propósitos, en todos los niveles de tratamiento de las aguas residuales y aún antes del pre-tratamiento. Normalmente el cloro es aplicado a las aguas residuales para los siguientes propósitos:

Desinfección o destrucción de organismos patógenos

Prevención de la descomposición de las aguas negras para:

Controlar el olor, y para

Protección de las estructuras de la planta de tratamiento

Como auxiliar en la operación de la planta para:

La sedimentación,

En los filtros goteadores,

El abultamiento de los lodos activados.

Ajuste o abatimiento de la demanda bioquímica de oxígeno

3.3.5 TRATAMIENTO DE LOS LODOS

Los lodos de las aguas residuales están constituidos por los sólidos que se eliminan en las unidades de tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se separa con ellos. Mientras que en algunos cuantos casos es satisfactoria la disposición de ellos sin someterlos a tratamiento, generalmente es necesario tratarlos en alguna forma para prepararlos o acondicionarlos para disponer de ellos sin originar condiciones inconvenientes. Este tratamiento tiene dos objetivos, siendo el primero de éstos eliminar parcial o totalmente el agua que contienen los lodos, para disminuir su volumen en fuerte proporción y, en segundo lugar, para que se

descompongan todos los sólidos orgánicos putrescibles transformándose en sólidos minerales o sólidos orgánicos relativamente estables. Esto se logra con la combinación de dos o más de los métodos siguientes:

Espesamiento

Digestión, con o sin aplicación de calor

Secado en lechos de arena, cubiertos o descubiertos

Acondicionamiento con productos químicos

Filtración al vacío

Secado aplicando calor

Incineración

Oxidación húmeda

Flotación con productos químicos y aire

Centrifugación

3.3.6 TRATAMIENTOS ESPECIALES

Los procesos más avanzados consisten en procesos químicos y físicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes específicos como son el caso del: fósforo, nitrógeno, metales pesados, minerales, compuestos orgánicos, virus, etc.

Este tipo de tratamiento es más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como para:

Purificar desechos de algunas industrias, especialmente en los países mas desarrollados.

Las zonas con escasez de agua en las que las aguas receptoras van a ser utilizadas nuevamente como fuente de agua potable.

Las zonas declaradas sensibles en las que los vertidos deben ser bajos en fósforo, nitrógeno, etc.

Este nivel de tratamiento de las aguas residuales se aplica para eliminar de estas aguas algunos contaminantes bien determinados, dependiendo también de la calidad que deseamos obtener en las aguas receptoras.

CAPITULO 4

PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA

4.1 TRATAMIENTOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Una vez descritos en capítulos anteriores el diseñado el sistema de alcantarillado, orígenes de la contaminación de las aguas que sirven como cuerpo receptor, los tipos de tratamientos que existen para las aguas residuales, los diferentes niveles de tratamiento que se pueden aplicar a las mencionadas aguas servidas; en este capítulo nos enfocaremos en las plantas de tratamiento elaborados para el sistema de alcantarillado para el barrio La Armenia.

Con el conocimiento del grave impacto negativo que causa la humanidad en el medio ambiente, el hombre debe desarrollar sus actividades y solucionar sus necesidades en un medio restringido tanto por las normas de convivencia social como por los espacios limitados en los que habita, y mas aún como es el caso de este sector que es rico en recursos naturales y contiene una amplia biodiversidad. Entre los principales problemas por resolver en una población está la eliminación sanitaria de aguas servidas, es por eso que se ha optado por construir plantas de tratamiento de aguas servidas para todas las descargas generadas por la construcción del alcantarillado para el barrio La Armenia.

4.1.1 CRITERIO DE SELECCIÓN

La mayoría de los procesos de tratamiento son factibles de ser diseñadas para diversos grados de efectividad. El grado de tratamiento requerido limita las posibles aplicaciones. En general, un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, se compone de operaciones y procesos unitarios conocidos bajo el nombre de tratamientos primarios, secundarios y terciarios.

Los tratamientos primarios que reciben las aguas residuales domésticas, consisten principalmente en la remoción de sólidos suspendidos floculentos bien mediante sedimentación o floculación. Es preciso enfatizar la importancia que los tratamientos

primarios tienen para los sistemas de tratamiento de aguas residuales, pues de su adecuada y eficiente operación depende en muy buena parte que todo el sistema reduzca efectivamente la carga contaminante que tienen las aguas residuales.

El proceso de tratamiento propiamente dicho es el secundario, el cual es un proceso biológico en el que el agua residual que contiene materia orgánica en solución o en suspensión se pone en contacto con una población de microorganismos. Estos microorganismos derivan de la materia orgánica la energía necesaria para sus procesos vivos y para asegurar la conservación de la especie con la generación de más microorganismos.

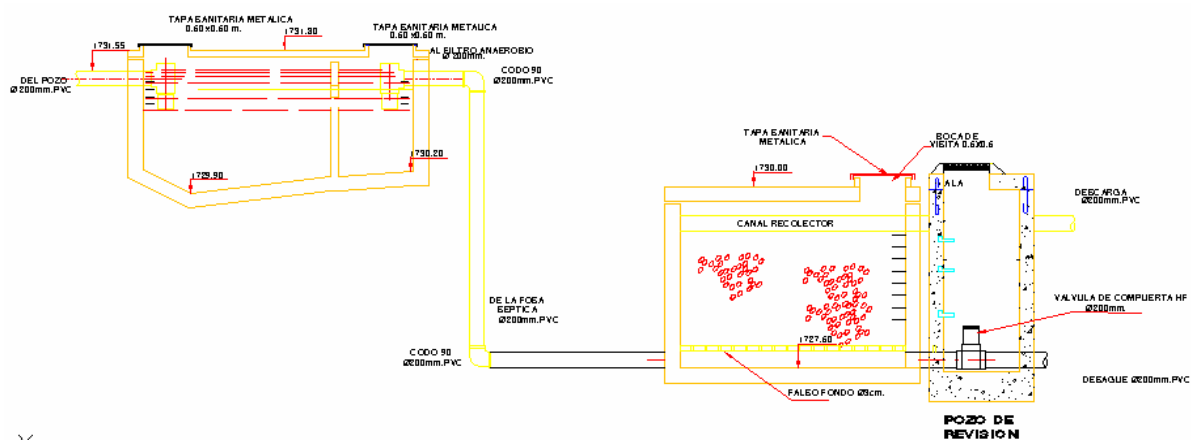
La realización de este fenómeno tiene dos caminos dependiendo en que el ambiente acuático permita la utilización de oxígeno molecular, o de oxígeno enlazado a compuestos químicos para que sirvan como receptores finales de hidrógeno. En ambos casos, la materia orgánica medida en términos de DBO, DQO, u otros parámetros, es removida por los microorganismos mediante varios mecanismos.

Con los procesos mencionados y aplicados en el orden descrito anteriormente, se logra la reducción de compuestos orgánicos y sólidos en suspensión.

4.1.2 TRATAMIENTO MEDIANTE FOSA SEPTICA Y FILTRO ANAEROBIO

Para evitar las descargas directas de las aguas residuales del barrio La Armenia a las quebradas adyacentes, que provocarían su contaminación y deterioro, se han planteado las unidades de tratamiento para mejorar la calidad de las aguas antes de la descarga.

Los tratamientos se harán en base a un tanque séptico y un filtro biológico de flujo ascendente de material granular con el que se logra un efluente de buenas condiciones físico-químicas y bacteriológicas.



4.2 DISEÑO¹⁰

Para cada una de las cuatro descargas del sistema se han diseñado tanques sépticos convencionales compuestos cada uno de ellos por 2 cámaras interconectadas entre sí, y un filtro anaerobio.

4.2.1 TRATAMIENTO NUMERO UNO

Parámetros de diseño

Población futura	=	122	hab.
Dotación Agua potable	=	120	l/hab/dia
Caudal medio Aguas Servid.	=	84	l/hab/dia (70% dot. agua potable)
Caudal de Infiltración	=	40	l/hab/día

¹⁰ "Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes", IEOS, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (SSA), Ecuador, 1993.

Caudal de aguas ilícitas = 40 l/hab/dia

Contribución per cápita de diseño (Qd):

Para el presente proyecto estableceremos como tal el caudal medio de aguas servidas más un 25% del caudal de infiltración y más un 25% del caudal de aguas ilícitas.

$$Q_d = Q_{as} + 0.25 Q_{inf} + 0.25 Q_{ili}$$

$$Q_d = 70 + 0.25 (40) + 0.25 (40)$$

$$Q_d = 104 \text{ l/hab/dia}$$

Tratamiento primario

Cálculo de volumen útil (V):

$$V = N \times (C \times T + L_f)$$

Donde:

N = número de contribuyentes en la red.

C = contribución per cápita

T = tiempo de retención en días 0.5 día

L_f = producción de lodo 5 l/hab/dia

$$V = 6.95 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento:

h = altura útil

b = ancho (0.7 < b < 2h)

$$L = \text{largo} \quad (2 < L/b < 4)$$

$$h = 1.50 \text{ m}$$

$$b = 1.50 \text{ m}$$

$$L = 3.09 \text{ m} \quad L = 3,10 \text{ m}$$

$$L/b = 2.06$$

Tratamiento secundario

Cálculo de volumen útil (V):

$$V = 1.6 \times N \times C \times T$$

Donde:

N = número de contribuyentes en la red.

C = contribución per cápita

T = tiempo de retención en días 0.5 día

$$V = 10.15 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento:

h = altura útil

D = diámetro

A = área

$$V = h \times A$$

$$A = p \times D \times 2/4$$

$$A = V/h$$

$$D = ((4 V/h)/p)^{1/2}$$

$$h = 1.80 \text{ m}$$

$$D (\text{calc}) = 2.68 \text{ m}$$

$$D (\text{adopt.}) = 2.70 \text{ m}$$

4.2.2 TRATAMIENTO NUMERO DOS

Parámetros de diseño

Población futura	=	154	hab.
Dotación Agua potable	=	120	l/hab.*dia
Caudal medio Aguas Servidas	=	84	l/hab/dia (70% dot. agua potable)
Caudal de Infiltración	=	40	l/hab/día
Caudal de aguas ilícitas	=	40	l/hab/dia

Contribución per cápita de diseño (Qd):

Para el presente proyecto estableceremos como tal el caudal medio de aguas servidas más un 25% del caudal de infiltración y más un 25% del caudal de aguas ilícitas.

$$Qd = Qas + 0.25 Qinf + 0.25 Qili$$

$$Qd = 70 + 0.25 (40) + 0.25 (40)$$

$$Qd = 104 \quad \text{l/hab/dia}$$

Tratamiento primario

Cálculo de volumen útil (V):

$$V = N \times (C \times T + L_f)$$

Donde:

N = número de contribuyentes en la red.

C = contribución per cápita

T = tiempo de retención en días 0.5 día

L_f = producción de lodo 5 l/hab/día

$$V = 8.78 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento:

h = altura útil

b = ancho ($0.7 < b < 2h$)

L = largo ($2 < L/b < 4$)

$$h = 1.50 \text{ m}$$

$$b = 1.70 \text{ m}$$

$$L = 3.44 \text{ m} \qquad L = 3,50 \text{ m}$$

$$L/b = 2.02$$

Tratamiento secundario

Cálculo de volumen útil (V):

$$V = 1.6 \times N \times C \times T$$

Donde:

N = número de contribuyentes en la red.

C = contribución per cápita

T = tiempo de retención en días 0.5 día

$$V = 12.81 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento:

h = altura útil

D = diámetro

A = área

$$V = h \times A$$

$$A = \pi \times D^2 / 4$$

$$A = V/h$$

$$D = \left(\frac{4V}{\pi h} \right)^{1/2}$$

$$h = 1.80 \text{ m}$$

$$D \text{ (calc)} = 3.01 \text{ m}$$

$$D \text{ (adopt)} = 3.00 \text{ m}$$

4.2.3 TRATAMIENTO NUMERO TRES

Parámetros de diseño

Población futura = 240 hab

Dotación Agua potable = 120 l/hab/día

Caudal medio Aguas Servid. = 84 l/hab/día (70% dot agua potable)

Caudal de Infiltración = 40 l/hab/día

Caudal de aguas ilícitas = 40 l/hab/día

Contribución per cápita de diseño (Qd):

Para el presente proyecto estableceremos como tal el caudal medio de aguas servidas más un 25% del caudal de infiltración y más un 25% del caudal de aguas ilícitas.

$$Q_d = Q_{as} + 0.25 Q_{inf} + 0.25 Q_{ili}$$

$$Q_d = 70 + 0.25(40) + 0.25(40)$$

$$Q_d = 104 \text{ l/hab/día}$$

Tratamiento primario

Cálculo de volumen útil (V):

$$V = N * (C * T + L_f)$$

Donde:

N = número de contribuyentes en la red.

C = contribución per cápita

T = tiempo de retención en días 0.5 día

L_f = producción de lodo 5 l/hab.*día

$$V = 13.68 \text{ m}^3.$$

Dimensionamiento:

h = altura útil

b = ancho ($0.7 < b < 2h$)

L = largo ($2 < L/b < 4$)

$$h = 1.50 \text{ m.}$$

$$b = 2.00 \text{ m.}$$

$$L = 4.56 \text{ m.} \quad L = 4,60 \text{ m.}$$

$$L/b = 2.28$$

Tratamiento secundario

Cálculo de volumen útil (V):

$$V = 1.6 \times N \times C \times T$$

Donde:

N = Número de contribuyentes en la red.

C = Contribución per cápita

T = tiempo de retención en días 0.5 día

$$V = 19.97 \text{ m}^3.$$

Dimensionamiento:

h = altura útil

D = diámetro

A = área

$$V = h \times A$$

$$A = p \times D \times 2/4$$

$$A = V/h$$

$$D = ((4 V/h)/p)^{1/2}$$

$$h = 1.80 \text{ m}$$

$$D (\text{calc}) = 3.76 \text{ m}$$

$$D (\text{adopt}) = 3.80 \text{ m}$$

4.2.3 TRATAMIENTO NUMERO CUATRO

Parámetros de diseño

Población futura	=	410	hab
Dotación Agua potable	=	120	l/hab/día
Caudal medio Aguas Servidas	=	84	l/hab/día (70% dot agua potable)
Caudal de Infiltración	=	40	l/hab/día
Caudal de aguas ilícitas	=	100	l/hab/día

Contribución per cápita de diseño (Qd):

Para el presente proyecto estableceremos como tal el caudal medio de aguas servidas más un 25% del caudal de infiltración y más un 25% del caudal de aguas ilícitas.

$$Qd = Qas + 0.25 Qinf + 0.25 Qili$$

$$Qd = 70 + 0.25(40) + 0.25(40)$$

$$Qd = 119 \text{ l/hab.*día}$$

Tratamiento primario

Cálculo de volumen útil (V):

$$V = N \times (C \times T + Lf)$$

Donde:

N = número de contribuyentes en la red.

C = contribución per cápita

T = tiempo de retención en días	0.5	día
Lf= producción de lodo	5	l/hab/dia

$$V = 26.45 \text{ m}^3.$$

Dimensionamiento:

h = altura útil

b = ancho ($0.7 < b < 2h$)

L = largo ($2 < L/b < 4$)

$$h = 1.80 \text{ m}$$

$$b = 2.50 \text{ m}$$

$$L = 5.88 \text{ m} \quad L = 5,20 \text{ m.}$$

$$L/b = 2.35$$

Tratamiento secundario

Cálculo de volumen útil (V):

$$V = 1.6 \times N \times C \times T$$

Donde:

N = número de contribuyentes en la red.

C = contribución per cápita

T = tiempo de retención en días 0.5 día

$$V = 39.03 \text{ m}^3.$$

Dimensionamiento:

h = altura útil

D = diámetro

A = área

$$V = h \times A$$

$$A = \pi \times D \times 2/4$$

$$A = V/h$$

$$D = ((4 V/h)/\pi)^{1/2}$$

$$h = 1.80 \text{ m}$$

$$D (\text{calc}) = 5.25 \text{ m}$$

$$D (\text{adopt}) = 5.00 \text{ m}$$

4.3 CARACTERISTICAS DE LAS FOSAS SEPTICAS

TUBO DE ENTRADA

Para la fosa diseñada el tubo de entrada y salida se ubican al mismo nivel. Para fosas de mayores dimensiones es recomendable que la generatriz inferior del tubo de entrada del desecho líquido se localice, por lo menos a 0.05 m por encima de la generatriz superior de la tubería de salida.

DISPOSITIVOS DE ENTRADA Y SALIDA

Las fosas sépticas deben poseer dispositivos de entrada y salida, los mismos que deben ser colocados según lo que se indican en los planos y si es el caso, siguiendo también lo que indican las especificaciones técnicas, ya que la mala ubicación de estos accesorios afectara el correcto funcionamiento de la fosa séptica.

Para este caso, en el tubo de entrada y de salida de diámetros de 200 mm se debe colocar una Tee, y un lado de la tee se debe extenderlo con un pedazo de tubo de aproximadamente 0.30m la misma que quedara sumergida en el agua. La generatriz superior de los tubos debe situarse aproximadamente a 0.20m debajo de la losa de la fosa. (Ver planos anexos)

REMOSION DE LODOS DIGERIDOS

Para la remoción de forma rápida los lodos digeridos, la fosa séptica debe estar prevista en su construcción de lo siguiente:

Para remoción mediante bomba

Es recomendable de un tubo de limpieza fijo, con un diámetro mínimo de 150 mm, fijando su extremo inferior a 0.20 m del fondo y su parte superior a 0.10 m debajo de la tapa de inspección de la fosa, por donde se introducirá la tubería de succión de la bomba.

Para la remoción por presión hidrostática

Cuando las condiciones locales lo permitiesen, puede ser instalado, en sustitución a lo especificado en:

Un sifón hidráulico con carga hidrostática mínima de 1.20 m y un diámetro mínimo de 100 mm.

En fosas sépticas con capacidad superior a 6000 litros donde se pretenda remover solamente el lodo digerido por presión hidrostática o por bombas, la inclinación del fondo debe ser superior a 45 grados con respecto a la horizontal.

TAPONES DE INSPECCION

Para fines de inspección o eventual remoción de lodo digerido, las fosas sépticas deben poseer entradas dotadas de tapas de sellado hermético, comúnmente conocidas como bocas de visita, cuya dimensión mínima debe ser de 0.60 x 0.60 m.

Las bocas de visita deben precisar el nivel del terreno, cuando la losa superior de la fosa séptica está abajo del nivel del terreno, deben ser construidas chimeneas de acceso, con una sección transversal de dimensión mínima de 0.60 x 0.60 m, las fosas sépticas con compartimiento cuya profundidad sea superior a 2 m o de dimensiones considerables deben tener por lo menos 2 aberturas para inspección.

La parte superior de la tubería de descarga o tubo de limpieza de lodo debe fijarse en posición coincidente con la boca de visita.

Para evitar los inconvenientes de malos olores que suelen ocurrir en el inicio de la operación de las fosas sépticas es recomendable la introducción de 50 a 100 litros de lodo proveniente de fosas antiguas y a ausencia de este, la misma cantidad de suelo rico en humus.

Cuando la fosa séptica en funcionamiento produzca malos olores es conveniente introducir sustancias alcalinizantes, por ejemplo la cal.

4.4 CARACTERISTICAS DE LOS FILTROS ANAEROBIOS

El filtro anaerobio es una unidad de tratamiento biológico del efluente que resulta del tanque séptico, de flujo ascendente, que funciona en condiciones anaerobias, cuyo medio filtrante se permanece sumergido, de acuerdo con las siguientes condiciones:

El filtro anaerobio es de forma cilíndrica con un fondo falso perforado.

El medio filtrante debe tener una altura igual a 0.90 m que es constante para volumen. El material filtrante debe colocarse de acuerdo al detalle del lecho filtrante indicado en planos.

La profundidad recomendable del filtro anaerobio es de 1.80 m para cualquier volumen de agua.

El diámetro máximo no debe exceder a tres veces la profundidad útil.

El volumen útil mínimo es de 1250 litros.

La carga hidrostática mínima del filtro es de 0.10 m, por lo tanto el nivel de salida del efluente del filtro debe estar a 0.10 m abajo del nivel del tanque séptico.

El fondo falso debe tener aberturas de 0.03 m, espaciadas 0.15 m entre si.

El dispositivo de salida debe consistir de vertedor tipo canal, con 0.10 m bajo el nivel superior del líquido en la fosa, debe pasar por el centro de la sección o situarse en una cota que mantenga el nivel del efluente a 0.30 m del lecho filtrante.

Si fuera necesario pueden ser construidos tantos filtros cuantos sean necesarios, colocados para que funcionen en paralelo.

Material

Las fosas sépticas y los filtros anaerobios serán construidos en hormigón armado u otro material que nos de las condiciones necesarias de seguridad, durabilidad, estanqueidad y resistencia a agresiones químicas de los desechos.

Las tuberías serán preferentemente de PVC.

El material filtrante será limpio y exento de materias extrañas.

Deben estar ubicados en sitios que en el futuro puedan conectarse fácilmente a un colector público.

Debe existir facilidad de acceso, a fin de dar facilidades a la remoción periódica de lodo digerido.

4.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO^{11 12}

¹¹ "Tratamiento y Postratamiento de aguas residuales", Rodrigo Correal Cuervo, Centro de Investigación para el Desarrollo, Uniboyacá, Colombia, 2002.

¹² "Manual de operación y mantenimiento de sistemas de disposición de excretas", Componente de Operación y Mantenimiento del Convenio 518-0081, Proyecto Washed convenio SSA-USAID N° 518 0081, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), Subsecretaria de Saneamiento Ambiental (SSA), Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Ecuador, 1995.

En general cualquiera que sea el tipo de fosa séptica, está no deberá producir malos olores a niveles que causen molestia y el agua de salida no debe acarrear natas ni espuma.

Las aguas que salen de cualquier fosa séptica son todavía peligrosas, por lo que deben desalojarse con mucho cuidado.

OPERACIÓN

Para que este nivel de tratamiento funcione bien, se recomienda seguir los siguientes pasos:

Antes de iniciar el uso de la fosa séptica, llenarla con agua y anotar la fecha de inicio de funcionamiento.

Cuidar que las tapas de las bocas de inspección estén bien colocadas.

No arrojar basuras ni directamente por las bocas de inspección, ni por la tubería que conduce las aguas servidas a la fosa séptica.

No conectar ni los bajantes, ni los desagües de las aguas lluvias, a la red que transporta las aguas hasta la fosa séptica.

No arrojar manteca derretida en los desagües que llevan las aguas servidas a la fosa séptica.

No conectar desagües de tanques elevados o de tanques de lavanderías.

MANTENIMIENTO

Antes de iniciar cualquier actividad de mantenimiento el operador deberá tener por lo menos botas de caucho, guantes de caucho, ropa de trabajo y mascarilla simple.

CUANDO Y COMO SACAR LA ESPUMA DE LAS FOSAS SEPTICAS

Cada cuatro meses se debe realizar las siguientes actividades:

Destapar la boca de inspección y dejar que se ventile por unos 30 minutos. No encender fósforos ó cigarrillos, ya que el gas de la fosa séptica es explosivo.

Retirar la espuma o natas que estén flotando sobre el agua con un cernidero de malla fina de plástico, la que debe estar provista de un mango largo para facilitar el trabajo.

La espuma retirada enterrarlo, por lo menos a una profundidad de 30 cm.

Tapar la boca de inspección.

Lavar la tapa, zonas vecinas, las herramientas utilizadas.

Realizar un buen aseo personal.

CUANDO Y COMO SACAR EL LODO

Después del primer año de funcionamiento ó después de que haya pasado un año desde la última limpieza de lodo, medir la profundidad de la capa de lodo por lo menos cada 4 meses y cuando se tenga las siguientes condiciones, se procederá a sacar el lodo de acuerdo a los siguientes pasos:

Escoger un día preferentemente en época de verano y en que no haya entrada de aguas servidas ó estas sean mínimas, ó si existe desvío, utilizarlo para independizar la fosa séptica.

En fosas sépticas cerradas, destapar las bocas de inspección y dejar que se ventile por lo menos 30 minutos. No encender fósforos ó cigarrillos, ya que el gas de la fosa séptica es explosivo.

En fosas sépticas pequeñas, excavar una zanja que de un volumen un poco mayor a la mitad del tamaño de la fosa séptica, está zanja servirá para colocar el lodo que se va a sacar de la fosa séptica.

Sacar el lodo de preferencia usando una bomba para lodo manual ó eléctrico, en el último de los casos se realizará la extracción manual.

Para la extracción manual puede utilizarse un recipiente metálico de dimensiones adecuadas que ayuden al trabajo.

Se dejará de seguir sacando el lodo cuando se vea que el lodo está muy diluido ó si el nivel del agua en la fosa ha bajado a la mitad.

La zanja utilizada para depositar los lodos debe ser tapada con la misma tierra resultante de la excavación, y esta zanja puede ser nuevamente excavada y reutilizada después que haya pasado por lo menos un año del último uso.

El material extraído de esta zanja luego de un año de enterramiento puede ser utilizado en la agricultura.

Terminada la extracción del lodo, tapar la fosa, lavar la tapa y áreas vecinas, lavar la herramienta y equipo y hacer un buen aseo personal.

CONTROL DE OLORES

Cuando se presente un fuerte olor se procederá a hacer lo siguiente:

Preparar agua con cal, colocando en un recipiente, por cada 10 litros de agua media libra de cal, mezclar y luego dejar reposar por unos 5 minutos.

Arrojar lo suficiente cantidad de esta agua con cal, poco a poco (más o menos un balde de 20 litros en media hora), en la entrada, hasta que un papel indicador de pH sumergido en la parte media de la fosa tenga un color verde azulado. (Que indica un valor de $\text{ph} > 7.0$)

4.5.1 FILTRO ANAEROBIO

Para la operación y mantenimiento del filtro biológico se debe seguir procesos similares a los anotados anteriormente, y además se debe realizar las siguientes actividades.

Revisar las cajas de revisión cada 6 meses. Si no se observa acumulación de agua, el sistema está funcionando bien.

Si se observa acumulación de agua, el sistema está fallando y deberá tomarse las siguientes medidas:

Observar si hay aumento de la cantidad de agua que sale de la fosa séptica y descubrir las causas, para cortar ese aumento de la cantidad de agua.

Si luego de las correcciones anteriores el acumulación de agua continúa, habrá que sacar el material pétreo del filtro anaerobio y lavar las piedras a presión o con una solución de hipoclorito de calcio, a fin de desprender los crecimientos biológicos.

4.6 SEGURIDAD E HIGIENE

En general los peligros de accidente son prácticamente los mismos en los pozos de inspección, en las estaciones de bombeo o en las plantas de tratamiento, estos riesgos son:

Daños físicos

Infecciones corporales

Peligros ocasionados por gases nocivos o gases venenosos y Falta de oxígeno

Riesgos radiológicos

Estos riesgos son en algunos casos inherentes al diseño, una vez reconocidos pueden corregirse fácilmente o, al menos, protegerse al menos advertencias y procedimientos adecuados de seguridad.

La prevención de los daños físicos empieza por el orden. Las herramientas, y otros objetos, no deben dejarse dondequiera.

En este punto debemos tomar en cuenta que es conveniente colocar señales de advertencia, barandales cubiertas, entre otras seguridades que nos ayudaran a evitar accidentes, a veces basta saber cuando se debe doblar las rodillas y hacer fuerza con los músculos de las piernas, para salvarse de un relajamiento o fractura de la espalda. Cuando dos hombres trabajen en equipo, deben coordinar cuidadosamente sus movimientos y esfuerzos para evitar posibles lesiones.

Siempre que sea posible se debe reflejar la luz solar hacia dentro de los pozos de inspección o de cualquier otro espacio cerrado, se debe procurar un alumbrado excelente y seguro. En otro caso, aun en ausencia de gases inflamables la practica de seguridad aconseja el empleo de lámparas a prueba de explosión, de las cuales existen varios tipos en el mercado.

Para evitar riesgos por descargas eléctricas, al utilizar equipos eléctricos, un tapete de hule sobre el piso es un factor más de seguridad. Es esencial conectar a tierra todo el equipo, las herramientas eléctricas portátiles deben ir conectadas con un cable a tierra y una toma especial con su enchufe. Los accidentes pueden ser y han sido ocasionados por equipos sin conexión a tierra.

INFECCIONES CORPORALES

Los operarios que manejan aguas negras, están expuestos a todos los peligros de las enfermedades de origen hídrico, incluyendo la fiebre tifoidea, la paratifoidea, la

disentería amibiana, ictericia infecciosa y otras infecciones intestinales, también deben protegerse contra tétanos e infecciones de la piel.

A excepción de lesiones leves, deberá ser un médico el encargado de tratar las heridas. Se debe contar con un botiquín de primeros auxilios, y se debe procurar que el o los operarios reciban instrucción de primeros auxilios en la Cruz Roja. Por pequeño que parezca un rasguño o cortadura deberá recibir atención médica.

Debe tenerse un equipo mínimo de seguridad para realizar el mantenimiento de los componentes de la planta de tratamiento como son los guantes de algodón recubiertos de hule, botas de hule, mascarillas, ropa adecuada, casco, gafas protectoras, entre otros.

No debe fumar en las alcantarillas ni en otro lugar peligroso. Es prácticamente imposible evitar la contaminación por aguas negras en las boquillas de los cigarrillos. El fumar constituye una causa potencial de ignición en presencia de un vapor inflamable.

Mantener las manos por debajo del cuello, es una regla excelente cuando se realiza en los trabajos de operación de mantenimiento. La mayoría de las infecciones llega al cuerpo por vía bucal, nasal o por los ojos y oídos. Es por eso que los operarios deben lavarse las manos antes de fumar o comer.

Las herramientas utilizadas, deben ser lavadas, no se deben guardar sucias. Los equipos de seguridad utilizados no deben ser usados al trasladarse en el bus ó en la casa; los hábitos personales de limpieza nos ayudaran a evitar infecciones.

GASES O VAPORES NOCIVOS

Un gas o vapor nocivo es el que indirecta o directamente destruye o perjudica la salud de los seres humanos. Estos vapores o gases pueden producir quemaduras asfixia o envenenamiento. Los gases no venenosos pueden asfixiar sencillamente por excluir mecánicamente al oxígeno.

Los operarios que entren hacia las alcantarillas o las cámaras que ayudan ha depurar las aguas hervidas deben llevar cinturones de seguridad y dejar por lo menos 2 hombres disponibles arriba. A aunque las pruebas demuestran que no hay peligro la situación puede cambiar y accidentarse le trabajador. Nadie puede fumar cerca de la fosa séptica o el filtro biológico y hay que evitar las chispas producidas por las herramientas, normalmente el empleo de herramientas de aleación de cobre y berilio no producen chispas Deben usarse zapatos de hule y solo alumbrado de seguridad ya probado. Si el trabajo se prolonga debe procurarse salir esporádicamente.

Antes de entrar ha realizar los trabajos se deben retirar todas la tapas de los pozos de revisión para que exista una ventilación adecuada, esto debe procurar hacerse media hora antes de proceder con los trabajos. Si aún existe peligro evidente por presencia de gases nocivos pero existe la emergencia debido que ha un operario se ha accidentado o hay inundación. Los operarios deben equiparse con aparatos de respiración adecuados, a demás de tomar todas las medidas ya indicadas, y evitando cualquier causa que pueda causar ignición. Trabajar atmósferas de gases inflamables es extremadamente peligroso y nunca debe intentarse si no por aquellos que conocen afondo los peligros.

Los operarios que estén encargados de la operación de operación y mantenimiento deben inmunizarse periódicamente, con la indicación del medico del centro de salud mas cercano. Por lo menos una vez al año los operarios deben realizarse análisis de sangre, orina, eses fecales y la respectiva revisión medica.

CONCLUSIONES

Durante el diseño se debe tener mucho cuidado al escoger los parámetros de diseño, principalmente en el diseño de las plantas de tratamiento, ya que de lo contrario estas plantas no cumplirán con su objetivo de depurar las aguas servidas.

Debido al clima tropical-húmedo que se tiene en el sector del proyecto, las lluvias generalmente impedían los trabajos en la tarde, por lo que la jornada de trabajo promedio fue desde muy temprano hasta el medio día.

Debido a que los puntos de referencia dejados en el levantamiento topográfico realizado para el estudio y diseño del proyecto, se perdieron en su mayoría, retraso el inicio de los trabajos hasta realizar un nuevo levantamiento topográfico.

La implementación de las plantas de tratamiento minimizó la contaminación que generaba la utilización del deficiente sistema de alcantarillado existente.

La construcción de las cuatro redes de recolección tanto de aguas lluvias como servidas, las cuatro plantas de tratamiento conformadas por tanques sépticos y filtros biológicos, y la implementación de las respectivas descargas a los cuerpos receptores, no originaron efectos ambientales negativos de importancia, ya que se implantaron en áreas que ya han sido intervenidas por asentamientos humanos dispersos.

RECOMENDACIONES

Durante el diseño y construcción de las plantas de tratamiento, se deben tomar las debidas precauciones para evitar accidentes durante la operación y construcción respectivamente.

Durante la construcción de las fosas sépticas y filtros anaerobios, no se debe realizar ningún cambio en el diseño de estas sin previa autorización del diseñador, ya que de lo contrario la planta de tratamiento podría quedar inservible en el peor de los casos.

En la etapa de construcción, se deben tomar todas las medidas de precaución, para garantizar la seguridad laboral y de las obras, teniendo cuidado especial durante los periodos lluviosos. De la misma forma se deben evitar daños y molestias a la comunidad.

La operación y mantenimiento de una planta de tratamiento se las debe realizar por personas que tengan un conocimiento profundo de lo que eso implica, y durante estos procesos, el orden y el aseo deben ser una de las prioridades del personal a más de las notadas en los puntos 4.5 y 4.6.

Hay que realizar un adecuado mantenimiento de las plantas de tratamiento para que esta cumpla adecuadamente su función, la de depurar los efluentes de la red de alcantarillado.

BIBLIOGRAFIA

“Especificaciones Técnicas”, Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, Ecuador, 2004.

“Impacto Ambiental para el Sistema de Alcantarillado para el barrio La Armenia, parroquia de Nanegalito, cantón Quito, provincia de Pichincha”, Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, Ecuador, 2004.

“Apuntes del curso Agua Potable”, Ing. Efrén Galárraga S., Escuela Politécnica Nacional, carrera de Administración de Proyectos de Construcción, Ecuador, 2004.

“Apuntes de la materia Alcantarillado”, Ing. José Luís Carrera, Escuela Politécnica Nacional, carrera de Administración de Proyectos de Construcción, Ecuador, 2004.

“Tratamiento y Postratamiento de aguas residuales”, Rodrigo Correal Cuervo, Centro de Investigación para el Desarrollo, Uniboyacá, Colombia, 2002.

“Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras”, Harold E. Babbitt, E. Robert Baumann, Compañía Editorial Continental S. A., México, 1962.

“Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas y de aguas residuales”, Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales, Gordon Fair/John Geyer/Daniel Okun, Editorial Limusa, México, 1879.

“Estudio y diseño de la red de alcantarillado combinado para la cooperativa de vivienda “Luz y Vida””, Ing. Ramiro Murillo Álvarez, Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, Ecuador, 2002.

“Reglamento para prevención y control de contaminación del agua” Acuerdo Ministerial No. 2144. RO/ 204 de 5 de Junio de 1989.

“Manual de operación y mantenimiento de sistemas de disposición de excretas”, Componente de Operación y Mantenimiento del Convenio 518-0081, Proyecto Washed convenio SSA-USAID N° 518 0081, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), Subsecretaria de Saneamiento Ambiental (SSA), Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Ecuador, 1995.