

UNIVERSIDAD “SAN FRANCISCO DE QUITO”

Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Tratamiento de  
Aguas Servidas de la Urbanización San Emilio

---

**Santiago Andrés Méndez Flores**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de  
Ingeniero Civil

Quito, enero de 2011

**Universidad San Francisco de Quito**  
**Colegio de Ciencias e Ingeniería “El Politécnico”**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**“Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Tratamiento de Aguas  
Servidas de la Urbanización San Emilio”**

**Santiago Andrés Méndez Flores**

Miguel Araque, Ing. -----

Director de Tesis

Miembro del Comité de Tesis

Fernando Romo, M.Sc. -----

Decano del Colegio de Ciencias e Ingeniería “El Politécnico”

Quito, enero de 2011

**© Derechos de Autor**

**Santiago Andrés Méndez Flores**

**2011**

## **DEDICATORIA**

A mi madre: María del Carmen Flores, por haberme dado la vida y por ser la fuente de mi inspiración y fuerzas, por ser siempre incondicional con su gran amor. A mi madre por haber formado un guerrero en mí, a mi madre que gracias a ella respiro cada día.

A mi familia: mi padre, mis tres hermanos, mis sobrinas queridas, por todo el apoyo, por el incansable esfuerzo y sacrificio que nunca han dejado de hacer para que todos mis sueños y metas sean alcanzadas. A toda mi familia que es el pilar fundamental en mi vida, que siempre ha estado junto a mí dándome palabras de aliento, y dándolo todo.

A mi Dios que me ha dado todo y que nunca ha dejado de ser mi principal guía.

Santiago...

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas e instituciones que hicieron posible este trabajo y me brindaron su ayuda desinteresada, en especial al Ing. Miguel Araque.

A InproConstrucciones por su ayuda al inicio de este trabajo.

A la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Alcantarillado de Quito, EMAAP-Q.

## **Resumen**

El presente proyecto contiene los Diseños de los Sistemas de Alcantarillado Pluvial y Sanitario de la Urbanización San Emilio, así como también el Tratamiento de las Aguas Servidas. Al contar con estos diseños se pretende recolectar todas las aguas servidas y aguas lluvias de la urbanización, empleando un nuevo diseño, con lo cual se evitara contaminación ambiental y se combatirá la insalubridad.

Cabe mencionar, que en este proyecto se hizo un estudio de impacto ambiental en la zona, para evitar graves daños en la naturaleza existente y tratar de contrarrestar los posibles efectos negativos.

Finalmente, usando el Programa SewerCad, software de Diseño, se obtuvieron los Diseños del Sistema de Alcantarillado Pluvial y Sanitario. Adicionalmente, se diseñó la Planta de Tratamiento de las Aguas Servidas y se creó un presupuesto referencial de la obra.

## **Abstract**

This project contains the Design of Storm Sewer System and the Treatment Plant of San Emilio Urbanization, as well as the treatment of wastewater. Having these designs is to collect all the sewage and storm water of urbanization, using a new design, thereby avoid combat environmental pollution and unsafe.

It is worth mentioning that this project did a study of environmental impact in the area, to avoid serious damage to existing nature and try to counteract the possible negative effects.

Finally, using the program SewerCAD, software design, designs were obtained Storm Sewer System and Health. Additionally, the plant was designed wastewater treatment and created a budget reference of the work.

## Índice de Contenido

|   |    |
|---|----|
| CAPÍTULO I .....  | 2  |
| 1. Presentación del Proyecto.....                       | 2  |
| 1.1 Introducción .....                                  | 2  |
| 1.2 Objetivo y Alcance .....                            | 3  |
| 1.3 Metodología general .....                           | 4  |
| 1.4 Descripción General De La Zona .....                | 5  |
| CAPÍTULO II.....  | 8  |
| 2. Trabajo de campo e investigación .....               | 8  |
| 2.1 Objetivo y Alcance .....                            | 8  |
| 2.2 Hidrología .....                                    | 8  |
| 2.3. Climatología .....                                 | 9  |
| 2.4 Topografía.....                                     | 9  |
| 2.5 Geología.....                                       | 10 |
| CAPITULO III.....                                       | 11 |
| 3. Diseño del Sistemas de Alcantarillado Sanitario..... | 11 |
| 3.1. Bases de Diseño Generales.....                     | 11 |
| 3.2. Hidráulica De Los Conductos.....                   | 18 |

|  |    |
|--|----|
| 3.3 Cálculos Hidráulicos.....  | 28 |
| 3.4 Tratamiento de aguas Residuales.....   | 32 |
| CAPÍTULO IV .....  | 49 |
| 4.1 Bases de Diseño.....   | 49 |
| 4.1.1. Periodo de Diseño.....  | 49 |
| 4.1.2. Áreas de Drenaje.....   | 49 |
| 4.1.3. Caudales de diseño para Aguas Lluvias. ....                                 | 50 |
| 4.1.4. Hidráulica del Sistema de Alcantarillado. ....                              | 55 |
| 4.1.5. Cálculos Hidráulicos.....   | 64 |
| CAPITULO V.....  | 66 |
| 5. Evaluacion de Impactos Ambientales.....   | 66 |
| 5.1 Introducción.....  | 66 |
| 5.2. Importancia de Evaluar los Impactos Ambientales. ....                         | 66 |
| 5.3. Marco Legal Ambiental.....  | 68 |
| 5.4. Identificación de las Causas de Impacto Ambiental.....                        | 70 |
| 5.5. Componentes Ambientales.....  | 72 |
| 5.6. Evaluación de los Impactos Ambientales de los Sistemas de Alcantarillado..... | 74 |
| CAPÍTULO VI .....  | 92 |
| 6. Especificaciones Técnicas.....  | 92 |

|  |            |
|--|------------|
| 6.1 Introducción.....  | 92         |
| 6.2. Alcance. ....   | 92         |
| 6.3. Generalidades. ....   | 93         |
| 6.4. Procesos Antes de Iniciar la Construcción. ....             | 93         |
| 6.5. Obligaciones del Contratista.....                           | 94         |
| 6.6. Especificaciones técnicas de Construcción y Materiales..... | 99         |
| <b>CAPITULO VII.....</b>   | <b>151</b> |
| 7. Presupuesto y Cronograma de Ejecucion de la Obra. ....        | 151        |
| 7.1Precios Unitarios.....  | 151        |
| 7.2. Análisis de Precios Unitarios. ....                         | 151        |
| 7.3. Presupuesto de la Obra. ....                                | 194        |
| 7.4. Cronograma de Ejecución de la Obra.....                     | 196        |
| <b>CAPÍTULO VIII.....</b>  | <b>198</b> |
| 8. Conclusiones y Recomendaciones.....                           | 198        |
| 8.1 Conclusiones.....  | 198        |
| 8.2.Recomendaciones. ....  | 199        |
| <b>CAPITULO IX.....</b>  | <b>200</b> |
| 9. Bibliografía. ....  | 200        |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>202</b> |

|  |     |
|--|-----|
| ANEXO 1. PLANO – PLANTA DE LA URBANIZACION SAN EMILIO .....  | 203 |
| ANEXO 2. PLANO BASE – SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO. . | 204 |
| ANEXO 3. PLANO BASE – SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL..... | 205 |
| ANEXO 4. PLANO – AREAS DE APORTACION.....                    | 206 |
| ANEXO 5. PLANO - PERFILES DE ALCANTARILLADO SANITARIO. ....  | 207 |
| ANEXO 6. PLANO – PERFILES DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL .....   | 208 |
| ANEXO 7. PLANO - PLANTA DE TRATAMIENTO.....                  | 209 |

## **CAPÍTULO I**

### **1. Presentación del Proyecto**

#### **1.1 Introducción**

La presente tesis tiene como propósito el contribuir al saneamiento básico de la Urbanización San Emilio, ubicada en el Valle de los Chillos, provincia de Pichincha. Este proyecto incluye el estudio, diseño, cálculos, presupuesto general y planos donde se detalla la obra civil.

El plan de Saneamiento Básico permite determinar las alternativas para la identificación y solución de los problemas de higiene en las comunidades, promoviendo un manejo adecuado de agua y una disposición correcta de los residuos sólidos y excretas.

Por tal razón, preocupados por los problemas debido a la falta de un sistema de alcantarillado eficiente, que sea solución a las condiciones de insalubridad y contaminación que podrían producirse en un futuro dentro de la urbanización San Emilio, se propone el diseño de un sistema separado de alcantarillado sanitario y pluvial.

El estudio y diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial está fundamentado en una responsabilidad profesional, por lo que es preciso llevar a cabo este tipo de obras civiles con una buena calidad y seguridad para que dentro de su vida útil, el proyecto no presente ningún problema, este aspecto siempre se realiza buscando el mínimo costo y el máximo beneficio para los pobladores como para las instituciones relacionadas con estos

proyectos. Obteniendo como resultado la solución más eficiente a las necesidades del sector.

El único responsable del diseño, construcción y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial es el ingeniero; por lo que se debe tener en cuenta, que una persona profesional debe estar presente en cada paso del desarrollo de este tipo de proyecto, ya que estos trabajos representan un gran beneficio que es la salud de los pobladores.

## **1.2 Objetivos y Alcance**

### **1.2.1 Objetivos**

#### **1.2.1.1 Objetivo General**

Diseñar el sistema de Alcantarillado Sanitario y Pluvial de la Urbanización San Emilio, teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos y ambientales.

#### **1.2.1.2 Objetivos Específicos**

Determinar la ubicación geográfica de la urbanización San Emilio

Recopilar la información topográfica de la zona donde se realizara el proyecto

Recopilar información climatológica e hidrológica de la zona donde está ubicado el conjunto San Emilio.

Realizar el estudio y diseño de las aguas servidas así como también de la descarga.

### **1.2.2 Alcance**

El proyecto de tesis dispondrá de un diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial para la Urbanización San Emilio, basándose en especificaciones técnicas, procedimientos y costos que se ajusten de la mejor manera a la necesidad actual y futura de la población, así como también basándonos en la naturaleza del área donde se realizará el proyecto.

### **1.3 Metodología General**

- Obtención y análisis de los datos generales del proyecto y su importancia.
- Investigación de campo
- Uso del programa SewerCAD para el cálculo de la red.
- Diseño del Sistema de Tratamiento
- Estudio de Impacto Ambiental
- Presupuesto General del Proyecto
- Conclusiones y Recomendaciones.

## **1.4 Descripción General De La Zona**

### **1.4.1 Situación Geográfica**

La Urbanización San Emilio, pertenece al valle de los chillos, al sur este de la provincia de Pichincha. Con una altitud desde el nivel del mar de 2500mts.

La urbanización San Emilio limita:

Al Norte: Antiguo carretero a Conocoto

Al Sur: Quebrada Moraschupa y Sector Balcón del Valle

Al Este: Urbanización Puertas del Sol

Al Oeste: Calles sin nombre

Su Ubicación basada en coordenadas geográficas<sup>1</sup>:

00°15'04,25'' de latitud Sur y 78°29'22,78'' de longitud Este.

La urbanización San Emilio se encuentra proyectada a lo largo de 2,4 hectáreas con un relieve regular.

---

<sup>1</sup>Google Earth 2010

## **1.4.2 Situación Socioeconómica**

### **1.4.2.1 Economía**

La principal fuente de producción de la zona es el comercio y el turismo. A más de esto, una buena parte de la población se desempeña en actividades artesanales. Por otro lado, se destaca la ganadería y la agricultura. Un conjunto de actividades que reflejan el progreso y desarrollo del sector.

### **1.4.2.2 Educación**

La población del valle de los chillos cuenta con varios centros educativos, entre los más prestigiosos se destacan: Colegio Educar 2000, Sociedad Educativa Futuro, liceo del Valle, Escuela Politécnica del Ejército, Colegio Ángel Polivio Chávez, Liceo Naval Quito, Colegio Particular Henry Dunant.

La única institución de educación Superior en el sector es la destacada Escuela Politécnica del Ejecito.

### **1.4.2.3 Salud<sup>2</sup>**

Todos los pobladores de la zona cuentan con un consultorio médico, ubicado en el Centro Cultural Villa Carmen, teniendo como prioridad a familias de escasos recursos.

A más de esto, los habitantes cuentan con Jornadas de Salud, en donde se promueve la prevención de enfermedades comunes, con esto se ha logrado mejorar las condiciones físicas de las familias radicadas en el Valle de los Chillós. Todos los trabajos aquí

---

<sup>2</sup>Ilustre Municipio del Cantón Rumiñahui

realizados son gratuitos así como los exámenes de papanicolaum, densitometrías óseas, endocrinológicas, y vacunación contra la influenza.

Existe también un Programa de Salud, encaminado a salvaguardar la salud y bienestar de todas las clases sociales. En esta área se han impulsado actividades como:

- Jornada de desparasitación
- Jornada de operación de cataratas y Pterigium
- Programa de apoyo a las personas discapacitadas.

Es importante destacar que todas las políticas vigentes en temas de salud son enfocadas en acciones preventivas y curativas.

#### **1.4.2.4 Obras de Infraestructura**

Se han desarrollado proyectos de alcantarillado sanitario y pluvial, lastrados, adoquinados, empedrados, aceras, bordillos y más. Sin embargo, debido al rápido desarrollo y crecimiento de la población, la infraestructura que posee está quedando como incompleta.

La mayoría del sector se encuentra lotizado; casi todos los lotes disponen de agua potable, cableado eléctrico, y servicio telefónico, sin embargo es necesario la apertura de calles en determinadas zonas para la correcta configuración de los predios.

Referente a obras futuras, es de carácter urgente la construcción de puentes carrozables sobre el río Pita que una los cantones Quito y Rumiñahui. En la actualidad existen solo dos pasos entre la avenida Ilaló y la Escuela Politécnica del Ejército, lo que genera congestión, malestar y pérdida de tiempo. También, es prioridad la creación de vías de evacuación en casos de erupción del volcán Cotopaxi.

## **CAPÍTULO II**

### **2. Trabajo de Campo e Investigación**

#### **2.1 Objetivo y Alcance**

El propósito del trabajo de campo es examinar la capacidad que tiene la población para asimilar la obra del sistema de alcantarillado, en cuanto a uso, capacidad de pago, variaciones a considerar por la clase de suelo y su configuración topográfica. Esencialmente el alcance que tengan estos dependerá de las necesidades y condiciones del sector que son considerados importantes en el trabajo de campo.

#### **2.2 Hidrología<sup>3</sup>**

La zona se encuentra bañada por algunos ríos y quebradas. Entre los importantes por su caudal y por recibir el aporte de afluentes pequeños tenemos: El Río San Pedro, Río Pita, Río Santa Clara.

El río San Pedro atraviesa el sector partiendo desde Machachi hasta que bordea por el Oeste al Ilaló, y dentro del Valle de los Chillos recibe las aguas del Capelo, por el lado izquierdo, y por el derecho, las de los pequeños ríos La Merced, Cachaco y Santa Clara. Además, en toda la zona pasan las aguas del Río Pita.

La situación de los ríos es crítica debido al alto grado de contaminación existente. Esto se debe a residuos sólidos, desperdicios plásticos, ropa vieja, y hasta restos de animales muertos, debido a la cercanía del Camal de Sangolquí, que son arrojados sin ningún tipo de control.

---

<sup>3</sup>Dirección de Alcantarillado y Agua Potable del Cantón Rumiñahui.

Nelson Salazar, director de Agua Potable y Alcantarillado del Ilustre Municipio del Cantón Rumiñahui manifiesta que la contaminación se inició con la explosión demográfica en 1970. La tasa de crecimiento es del 4,8 %, una de las cifras más altas del país. En la actualidad existen 100 mil habitantes en el Cantón Rumiñahui y solo hace 28 años eran 20 mil.

Las autoridades municipales han emprendido un programa de saneamiento de los ríos desde hace tres años. Este programa comprende la construcción de colectores, parques lineales, alcantarillas y plantas de tratamiento.

### **2.3. Climatología<sup>2</sup>**

El clima en el Valle de los Chillos es uno de los principales recursos naturales de esta zona. El clima varía desde los 16 grados hasta los 23 grados centígrados de temperatura, así como en las noches puede bajar la temperatura hasta los 8 grados.

Por otra parte, la mayor concentración de lluvias se desarrolla entre los meses de abril y octubre, teniendo una precipitación anual de 1000 mm<sup>3</sup>.

El clima es temperado y muy agradable, toda esta zona está sujeta a dos estaciones, verano e invierno.

### **2.4 Topografía**

Los estudios topográficos fueron realizados una vez que se reconoció el área perimetral de la urbanización San Emilio y luego de haber hecho una preselección de los sitios convenientes para la ubicación de plantas de tratamiento y descarga. De esta manera, se tiene una idea en conjunto y más detallada para la buena construcción del proyecto.

### **2.4.1 Estudios Planimétricos**

La ubicación actual posee un levantamiento planimétrico el cual dispone de un ordenamiento urbano en el que se delimitan las calles manzanas y lotes, determinado por el Ilustre Municipio del cantón Rumiñahui. Por otro lado, existen terrenos privados con los que poco a poco se va aumentando el asentamiento y expansión de la ciudad.

### **2.4.2 Estudios Altimétricos**

La urbanización San Emilio, se encuentra rodeado de grandes elevaciones como cerros, corrilleras, y una cadena montañosa, debido a su ubicación dentro del Valle de los Chillos. El sector es relativamente plano con ligeras ondulaciones.

El diseño se realizó tomando en cuenta el nivel de rasante de las vías. Ya que el diseño de alcantarillados está determinado por pendientes.

## **2.5 Geología**

Al realizar un reconocimiento de la zona, se pudo constatar de manera manual y visual, que en el lugar existen derivados de materiales piroclásticos. Sin embargo, el material predominante es la cangahua y limo-arenosos.

## **CAPITULO III**

### **3. Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario**

#### **3.1. Bases de Diseño Generales**

##### **3.1.1 Periodo de Diseño**

Las obras de alcantarillado sanitario se realizan con una proyección con capacidad para funcionar de manera eficiente durante un plazo que se determina de acuerdo al crecimiento apreciado de la población, junto con la vida útil de los elementos usados dentro del proyecto.

El periodo de diseño es el número de años durante los cuales una obra o estructura determinada ha de prestar sus servicios de manera satisfactoria para el cual fue diseñada, sin necesidad de ampliaciones, ni adecuaciones; es decir, el tiempo para el cual la obra trabaje al 100% de su capacidad y eficiencia.

Para poder elegir un periodo de diseño adecuado se debe tomar en cuenta factores como:

- Vida útil de las estructuras y equipo tomando en cuenta obsolescencia, desgaste y daños.
- Facilidad o dificultad para realizar ampliaciones y planeación de nuevas etapas de construcción dentro del proyecto.
- Crecimiento poblacional. Si la tasa de crecimiento es baja o promedio los periodos de diseño pueden ser máximos; caso contrario, los periodos de diseño pueden ser pequeños.
- Cambios en el desarrollo social y económico de la población.
- Características de financiamiento: nacional o extranjero, Público o privado.

- Costos de mantenimiento en general.
- Topografía del área de construcción.
- Comportamiento hidráulico de las obras cuando estas no estén funcionando a su plena capacidad.

Las normas nacionales recomiendan, que para obras como estaciones de bombeo, ramales laterales y secundarios de la red, plantas de tratamiento, que son de fácil ampliación se consideren periodos de diseño que comprenden entre 20 y 25 años.

En el caso de obras grandes o de mayor envergadura tales como: colectores principales, descargas submarinas, el periodo de diseño puede llegar hasta 50 años, pero nunca menores a 20 años.

Para determinar un periodo de diseño es trascendental tomar en cuenta el gasto que implica la inversión frente al beneficio que representa para la población a la cual se quiere servir.

Para el proyecto de alcantarillado de la urbanización San Emilio se selecciona un periodo de diseño de 20 años. Tomando en cuenta la capacidad de pago de la población y la densidad poblacional que es aproximadamente 160 hab/Ha. Y el tipo de material a emplearse en el proyecto, en este caso la tubería es de PVC por su facilidad y rapidez en la instalación, alta capacidad hidráulica, material económico, hermeticidad segura, variedad en accesorios, vida útil de 20 a 30 años.

### **3.1.2 Población**

La determinación del número de habitantes, para los cuales se debe diseñar el sistema de alcantarillado, es un parámetro básico en el cálculo y diseño del proyecto.

El alcance del proyecto depende de la cantidad de la población la cual será beneficiada y de su distribución dentro del área de interés.

La base para cualquier tipo de proyección de población son los censos, que definen el análisis de crecimiento demográfico.

Sin embargo, para la urbanización San Emilio, no se realizara ningún cálculo con fórmulas de proyección futura, debido a que se estima que la urbanización estará completamente poblada en su limitada extensión.

Densidad neta estimada: 160 Hab/Ha

Área total del proyecto 2,36 Ha.

Población futura: 378 habitantes.

### **3.1.3 Aéreas de Aportación Sanitaria**

Las áreas de aportación sanitaria son la división en varias superficies del área original del sector. Estas áreas determinan la distribución de los caudales sanitarios en cada tramo de la red de alcantarillado.

Las áreas de aportación sanitaria deben ser calculadas a partir del levantamiento topográfico del terreno en donde se realizará el proyecto. Con la topografía y la densidad poblacional se puede determinar los caudales sanitarios en cada tramo de la red de alcantarillado.

### 3.1.4 Dotación

La dotación es la cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades de una persona por día y debe ser proporcionada por un sistema de abastecimiento público.

Para este proyecto se consideró la siguiente dotación de una vivienda en la urbanización San Emilio:

| <b>CONSUMO</b>                         | <b>DOTACION<br/>(l/h/d)</b> |
|--|-----------------------------|
| Aseo personal                          | 45                          |
| Descarga de sanitarios                 | 50                          |
| Lavado de ropa                         | 30                          |
| Cocina                                 | 30                          |
| Riego de jardines                      | 15                          |
| Lavado de piso                         | 5                           |
| Subtotal consumo                       | 175                         |
| 15% desperdicios y<br>perdidas         | 26,25                       |
| <b>Total aproximado de<br/>consumo</b> | <b>201,25</b>               |

Tabla 1. Consumo y dotación en una vivienda<sup>4</sup>

La dotación de la urbanización San Emilio será de 180 litros por habitante y por día.

### 3.1.5. Caudal de Diseño<sup>5</sup>

#### 3.1.5.1. Caudales de Aguas Servidas

Para determinar el caudal de aguas servidas y para diseñar cada uno de los elementos de un sistema de alcantarillado sanitario, se tiene que analizar los siguientes tipos de caudales de aguas servidas:

---

<sup>4</sup>Metcalf y Eddy

<sup>5</sup>Archivos personales.

1. Caudal medio inicial.
2. Caudal medio Final.
3. Caudal Máximo Instantáneo Final.
4. Caudal de Infiltración.
5. Caudal de Aguas Lluvias Ilícitas.

### 3.1.5.1.1. Caudal Medio Inicial

Verifica la capacidad de auto limpieza de la red de alcantarillado sanitario. Es el caudal con el cual el sistema puede funcionar correctamente a flujo libre.

$$Q_{MI} = \frac{Q_{MI} \cdot K \cdot 86400}{t}$$

$$* K = \text{coeficiente de limpieza}$$

### 3.1.5.1.2. Caudal Medio Final

Sirve como base de referencia en cuanto al dimensionamiento de estaciones de bombeo, plantas de tratamiento, etc., que alcance un desempeño eficiente a lo largo del periodo de diseño.

$$Q_{MF} = \frac{Q_{MI} \cdot K \cdot 86400}{t} \cdot A$$

El coeficiente  $A$ , representa el porcentaje de agua potable que ingreso como agua potable y regreso como aguas servidas. El coeficiente  $A$  varía entre 0,7 y 0,8. Para nuestro diseño el coeficiente  $A$  será de 0,8.

### 3.1.5.1.3. Caudal Máximo Instantáneo Final

Este caudal sirve para definir las dimensiones de la red de alcantarillado sanitario y sus respectivos elementos. Este caudal resulta de multiplicar el caudal medio final con un coeficiente de mayoración  $K$ . El coeficiente de mayoración representa el aporte simultáneo de aguas servidas por de los aparatos sanitarios.

$$Q_{\text{MIF}} = Q_{\text{MF}} \cdot K$$

Donde,  $k$  es un valor determinado por la siguiente expresión, solo para caudales que estén entre 4 y 5 litros por segundo:

$$k = 2,228Q_{\text{MF}}^{0,073325}$$

Si el caudal es menor a 4 lts/seg,  $k$  tiene el valor de 4.

### 3.1.5.1.4. Caudal de Infiltración

Este caudal se refiere a la cantidad de agua que ingresa a la red de alcantarillado desde el subsuelo. Esta filtración se debe a las tuberías defectuosas, o a las uniones de las mismas; así como también, por los pozos de revisión y conexiones, etc.

A continuación se presenta una serie de aspectos a considerar en la determinación del caudal de infiltración:

- Permeabilidad del suelo.
- Nivel freático.
- Precipitación anual.
- Tipo de alcantarilla.

- Estado de la red.

Según la junta, el nivel freático y el tipo de tubería, los valores de infiltración pueden ser:

| CAUDALES DE INFILTRACIÓN |                    |        |                    |        |                                |        |                   |        |
|--------------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------------------|--------|-------------------|--------|
| JUNTAS                   | Tubería de cemento |        | Tubería de arcilla |        | Tubería de Arcilla vitrificada |        | Tubería de P.V.C. |        |
|                          | Cemento            | Caucho | Cemento            | Caucho | Cemento                        | Caucho | Cemento           | Caucho |
| NIVEL FREÁTICO BAJO      | 0,5                | 0,2    | 0,5                | 0,1    | 0,2                            | 0,1    | 0,1               | 0,05   |
| NIVEL FREÁTICO ALTO      | 0,8                | 0,2    | 0,7                | 0,1    | 0,3                            | 0,1    | 0,15              | 0,5    |

Tabla 2. Caudales de infiltración.

Las normas ecuatorianas, establecen que para sistemas de alcantarillado con juntas resistentes a la infiltración, el caudal de infiltración será determinado por la expresión a continuación:

$$Q_{in} = 42,51 * A^{-0,3}$$

En donde,  $A$  representa el área de la población entre 40,5 y 5000 Ha.

El caudal de infiltración puede ser determinado por,  $Q_{in} = 14 * A^{0,3}$ , si  $A$  es menor que 40,5.

### 3.1.5.1.5. Caudal De Aguas Lluvias Ilícitas

El caudal de aguas lluvias Ilícitas es difícil determinar, ya que provienen de conexiones en patios, jardines, cubiertas, o a través de las tapas de los pozos o de las cajas de revisión.

Se recomienda tomar como valor de este caudal 80 lt/Hab\*día, en el caso de no contar con datos reales.

### **3.2. Hidráulica De Los Conductos**

Dentro de una alcantarilla, pueden existir varios flujos y pueden ser clasificados de muchas maneras, pero en general se los llama flujos en tubería llena o flujos en tubería parcialmente llena. En nuestro caso nos referiremos a los últimos.

Para evaluar todos los desechos producidos por hogares, industrias y comercios, el sistema de alcantarillado trata de usar energía natural, es decir, el uso de la gravedad, para transportar las aguas negras a su destino final, previamente tratadas y de esta manera evitar efectos negativos dentro del ecosistema del sector. La gravedad utiliza pendientes muy pequeñas siempre y cuando la disposición del terreno lo permita. Teniendo en cuenta aspectos económicos y técnicos.

A lo largo de un sistema de alcantarillado lo ideal sería que se mantenga un flujo en tubería parcialmente llena, ya que, esto permitirá el exceso de los caudales generados por los usuarios sin problemas a los conductos de la red.

Para nuestro caso, el sistema de alcantarillado será diseñado como flujo en canales abiertos, dejando una superficie libre y manteniendo la adecuada ventilación. Considerando que el flujo que circula por los conductos es del tipo uniforme y constante, eso no sucede en la realidad pero si se considera que las fuerzas de gravedad se equiparan con las fuerzas de rozamiento, el flujo no tendrá aceleración.

### 3.2.1 Relaciones Hidráulica Para Colectores Parcialmente Llenos

En los diseños de alcantarillado se usan las relaciones hidráulicas como una norma para evitar que los conductos trabajen a presión.

De las ecuaciones fundamentales de la hidráulica se tiene:

$$Q = V * A$$

$Q$ : caudal (m<sup>3</sup>/s)

$V$ : velocidad (m/s)

$A$ : Área de sección (m<sup>2</sup>)

Para colectores parcialmente llenos, es imprescindible relacionar este sistema con las condiciones del sistema a tubo lleno. Dichas condiciones, toman el nombre de elementos hidráulicos, basándose en la fórmula de Manning.

$$V = 1.49 * R^{2/3} * J^{1/2}$$

Donde,

$V$ : velocidad del flujo.

$R$ : radio hidráulico

$J$ : gradiente hidráulico

$N$ : coeficiente de rugosidad de Manning, depende de la rugosidad del material.

| <b>MATERIAL</b>    | <b>COEFICIENTE<br/>(n)</b> |
|--------------------|----------------------------|
| Hormigón           | 0,013                      |
| PVC                | 0,009                      |
| Polietileno        | 0,009                      |
| Asbesto Cemento    | 0,01                       |
| Hierro galvanizado | 0,014                      |
| Hierro fundido     | 0,012                      |
| Fibra de Vidrio    | 0,01                       |

Tabla 3. Coeficientes de Manning según el material.<sup>6</sup>

### **3.2.2 Recomendaciones De Diseño**

Las recomendaciones a continuación, buscan el diseño más eficiente en tuberías parcialmente llenas.

#### **3.2.2.1. Capacidad Admisible**

En general, los colectores que tienen un diámetro de hasta 300 mm, son diseñados para trabajar en un 60% de su capacidad total, el 40 % restante está destinado para el sistema de ventilación y a los imprevistos. En colectores que acogen a afluentes de redes extensas, su trabajo es permitido entre 70% y 80% de su diámetro, de su capacidad total. Por ningún motivo la tubería debe trabajar a presión.

El nivel mínimo de agua presente en una alcantarilla debe ser el 20% del diámetro de la tubería, con esto se garantiza una velocidad aproximada del 56% de la velocidad de la máxima capacidad permitida en la tubería.

---

<sup>6</sup> Computer Applications in hydraulic Engineering, 5ta Edition, Haestad Methods

### 3.2.2.2. Diámetro y Pérdidas por Transiciones en Tubería

Para alcantarillado sanitario, el diámetro mínimo debe ser de 200 mm, para garantizar la circulación de agua a gravedad.<sup>7</sup>

En casos excepcionales, se puede usar tubería de 150 mm en zonas accidentales o calles angostas, pero con fuertes pendientes y adecuadas condiciones hidráulicas<sup>8</sup>.

Cuando se tiene altas velocidades debido a condiciones topográficas abruptas, existen varias formas para disminuir la velocidad en la tubería de la red. Una forma de controlar las velocidades es la creación de saltos de transición, esto consiste en disminuir la pendiente de los conductos por medios de saltos, enlazando la tubería de tal manera que la turbulencia de las aguas sea mínima, para lo cual existen varios criterios:

- Cuando llega una tubería al pozo de revisión, se deja una caída de 3cm entre la cota de la tubería de entrada y la de salida.
- Cuando entran dos tuberías al pozo de revisión, se debe dejar 6 cm a partir de la cota a más baja de las tuberías que entran.
- Cuando llegan tres tuberías a un pozo de revisión, se debe dejar 9 cm a partir de la cota más baja de las tuberías que entran.

Si las tuberías que entran varían, la caída se efectúa empatando las claves de las tuberías.

---

<sup>7</sup>Normas IEOS Octava parte, Sistema de Alcantarillado.

<sup>8</sup>Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado OPS/CEPIS/05.169.

### **3.2.3 Velocidades de los Conductos**

#### **3.2.3.1 Velocidades Mínimas**

El cálculo de las velocidades mínimas, es con la finalidad de evitar que ocurra sedimentación en el fondo de las tuberías, es decir, evitar que se depositen materiales sólidos en los conductos, ya que esto provocaría una disminución en la sección transversal de la tubería y un menor tiempo de vida del sistema de alcantarillado.

Determinar las velocidades mínimas es de suma importancia, pues esto permite que existan condiciones de auto limpieza en la tubería.

La velocidad mínima en secciones llenas no deber ser menor que 0,60 m/s y para tuberías parcialmente llenas será de 0,30 m/s.

Sin embargo, en el caso en el que no se cumpla con la normativa de las velocidades mínimas de flujo, siempre y cuando la topografía del lugar lo permita, se puede incrementar la pendiente de la tubería para alcanzar condiciones de autolimpieza.

#### **3.2.3.2 Velocidades Máximas**

Las velocidades máximas deben ser controladas, puesto que a velocidades superiores a las máximas permisibles provocaría un deterioro de las paredes de la tubería, como también en la estructura de los pozos de revisión, debido a las acciones erosivas. Por lo que se debe considerar lo siguiente:

- Una velocidad de flujo entre 4,0 y 5,0 m/s causa menos erosión que velocidades entre 2,5 y 4,0 m/s.

- Se debe evitar la mezcla entre aguas negras y aire, limitando velocidades más de 5 m/s.<sup>9</sup>

Según las normas actuales, se presenta a continuación valores de velocidades máximas a tubo lleno en función de las rugosidades de los diferentes materiales:

| <b>MATERIAL</b>         | <b>VELOCIDAD<br/>(m/s)</b> | <b>Coef. De rugosidad<br/>(n)</b> |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| <b>Hormigón Simple</b>  |                            |                                   |
| con uniones de mortero  | 4                          | 0,013                             |
| con uniones de neopreno | 3,4-4                      | 0,013                             |
| <b>Asbesto Cemento</b>  | 4,5-5                      | 0,011                             |
| <b>Plástico</b>         | 5                          | 0,011                             |

Tabla 4. Velocidades máximas a tubo lleno según coeficientes de rugosidad del material.<sup>10</sup>

Para este diseño se utilizara tubería plástica, considerando la tabla 4, evitando sobrepasar una velocidad de 5m/s.

<sup>9</sup>Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado OPS-CEPIS.

<sup>10</sup>Normas IEOS Tabla VIII.1.

### 3.2.4. Pendiente y Ubicación de Tuberías

#### 3.2.4.1 Pendientes en Tuberías

En general es conveniente que las alcantarillas tengan pendientes suaves para no realizar grandes excavaciones, procurando que las tuberías sigan las pendientes naturales del terreno, de modo que la velocidad aumente progresivamente, sin sobrepasar los límites establecidos.

A continuación se presenta una tabla de pendientes mínimas adecuadas para conductos de tamaño pequeño en la red de alcantarillado:

| <b>Diámetro (mm)</b> | <b>Pendiente(m/m)</b> |
|----------------------|-----------------------|
| 200                  | 0,004                 |
| 250                  | 0,003                 |
| 300                  | 0,0022                |
| 375                  | 0,0015                |
| 450                  | 0,0012                |
| 525                  | 0,001                 |
| 600                  | 0,0009                |
| 675 y mayores        | 0,0008                |

Tabla 5. Pendientes mínimas para las alcantarillas de aguas residuales.<sup>11</sup>

#### 3.2.4.2. Ubicación de Tuberías.

La red de alcantarillado sanitario se diseñara considerando todos los servicios públicos existentes o a ejecutarse.

La red de alcantarillado deberá pasar por debajo de la red de agua potable, dejando una altura libre de 0,3 m si son paralelas y 0,2 m si se cruzan las dos redes.

<sup>11</sup>Metcalf& Eddy, Tratamiento y Depuración de las aguas residuales, Barcelona, 1977, pag. 115,116.

En las vías de circulación, las tuberías serán ubicadas en posición contraria a la ubicación de la red de agua potable, en el sentido sur y oeste de la línea central de la vía. Para vías de gran anchura, se colocaran dos líneas de tubería, una en cada banda de la vía de circulación.

La unión entre tuberías laterales y tuberías principales deben tener un ángulo de 45°, para que la velocidad del flujo continúe.

Adicionalmente, se debe considerar un relleno mínimo de 1,2 m. de altura sobre la clave del tubo, por temas de seguridad, cuando la tubería tenga que soportar tránsito vehicular.

### **3.2.5. Pozos de Revisión**

Los pozos de revisión son estructuras diseñadas y destinadas para permitir el acceso al interior de las tuberías o colectores para facilitar su limpieza y mantenimiento, evitando que la red de alcantarillado se obstruya debido a una gran acumulación de sedimentos.

Los pozos de revisión, según las normas de la EMAAP-Q, deben ser colocados en los siguientes casos:

- Al inicio de cabecera de la red.
- En todo cambio de pendiente.
- Si existe cambio de dirección.
- Si existe cambio en la sección de los conductos.
- En intersecciones de calle o si se definen futuras calles.
- Si la longitud de un tramo sobrepasa los 80 metros.

La distancia máxima entre pozos de revisión debe ser de 100 m. para tuberías menores de 300 mm.

La distancia máxima entre pozos de revisión debe ser de 150 m, para tuberías con diámetros entre 400 mm y 800 mm.

La distancia máxima entre pozos de revisión debe ser de 200 m, para tuberías con diámetros mayores a 800 mm.

El diámetro del pozo de revisión deberá estar en función del mayor diámetro de las tuberías que estén conectadas:

| <b>Diámetro de la tubería (mm)</b> | <b>Diámetro interior del pozo (m)</b> |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| menor de 550                       | 0,9                                   |
| 600 a 800                          | 1,2                                   |
| mayor de 800                       | diseño especial                       |

Tabla 6. Diámetros recomendados para pozos de revisión.<sup>12</sup>

Las tapas de cada pozo deben ser de forma circular y de hierro fundido, debidamente aseguradas contra robos.

Los pozos son de hormigón armado, cuyo espesor depende de la profundidad del mismo.

### **3.2.5.1 Pozos de Salto.**

---

<sup>12</sup>Normas I.E.O.S. tabal VIII.2

Los pozos de salto sirven para contrarrestar los efectos de la erosión sobre las paredes de los pozos de revisión, así como también para facilitar el ingreso del personal encargado del mantenimiento.

Los pozos de salto son estructuras especiales, construidas debido a una diferencia de altura mayor a los 0,6 m. entre la tubería de llegada y la tubería de salida; en este caso, se agrandara el diámetro del pozo y se colocara una tubería vertical para que conduzca el flujo hacia el fondo.

El diámetro máximo de la tubería de salto es de 300 mm. Para caudales excesivamente grandes y en casos necesarios, se diseñaran estructuras especiales de salto.

### **3.2.5.2 Conexiones Domiciliarias.**

Las conexiones domiciliarias tienen como finalidad la conducción de las aguas servidas de las viviendas hasta la red principal de alcantarillado, para ello se emplea las llamadas cajas de revisión de 0.60 x 0.60 x 0.80 m ubicada en cada vereda entre las casas y la línea de servicio. La tubería de conexión tiene un diámetro mínimo de 100 mm y una pendiente mínima también de 1%. La conexión a la red principal se hace usando un accesorio o codo, de tal manera que se garantice la entrada de las residuales domiciliarias. El empalme de la acometida con el tubería de servicio se debe realizar manteniendo un ángulo de 45°.

## **3.3 Cálculos Hidráulicos**

Los cálculos para el diseño de la red de alcantarillado sanitario fueron realizados manualmente, con base en archivos personales y normas de la EMAAP-Q. Adicionalmente, se utilizó programas computarizados como el SewerCad.

La Urbanización San Emilio tiene limitaciones de terreno, por lo que se puede estimar una población saturada en el futuro.

Para los cálculos de la red se utilizó el programa SewerCAD, el cual considera las condiciones más críticas.

#### CALCULOS HIDRAULICOS

|                      |  |            |
|----------------------|--|------------|
| Densidad Poblacional | 160                                      | hab/Ha     |
| Area del Proyecto    | 2,36                                     | Ha.        |
| Poblacion futura:    | Densidad Poblacional * Area del proyecto |            |
| Poblacion futura:    | 160 hab*2,36 Ha.                         |            |
| Poblacion futura:    | 377,6                                    | Habitantes |
| Poblacion futura:    | 378                                      | Habitantes |

#### CAUDAL MEDIO FINAL

$$Q_{mf} = \frac{\text{Población futura} * \text{Dotación}}{86400 \frac{\text{seg}}{\text{Día}} * \text{Área}} * \text{coeficiente A}$$

|                                 |      |            |
|---------------------------------|------|------------|
| Dotación:                       | 180  | lt/hab*día |
| poblacion futura:               | 378  | habitantes |
| Área                            | 2,36 | Ha.        |
| factor A                        | 0,8  |            |
| Caudal medio final ( $Q_{mf}$ ) | 0,27 | lt/seg*Ha. |

### CAUDAL SANITARIO TOTAL

$$Q_s = Q_{\text{max. inst final}} + Q_{\text{de infiltración}} + Q_{\text{de aguas lluvias ilícitas}}$$

#### a.- Caudal Maximo Instantaneo Final

$$Q_{\text{max. ins.}} = Q_{\text{mf}} * k$$

$$Q_{\text{max. Ins.}} = 1,4868 \text{ lt/seg} * \text{Ha} * 3,3722$$

$$Q_{\text{max. Ins.}} = 1,02 \text{ lt/seg} * \text{Ha.}$$

#### b.- caudal de Infiltración.

$$Q_{\text{inf.}} = 14 \frac{\text{m}^3}{\text{Ha} * \text{día}}$$

$$Q_{\text{inf.}} = 14 \frac{\text{m}^3}{\text{Ha} * \text{día}} * \frac{1000 \text{ lt}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ seg}}$$

$$Q_{\text{inf.}} = 0,16 \text{ lt/seg} * \text{Ha.}$$

#### c.- Caudal de Aguas Ilícitas

$$Q_{\text{aguas Ilic.}} = 80 \frac{\text{lt}}{\text{Ha} * \text{día}} * \text{habitantes futuros}$$

$$Q_{\text{aguas Ilic.}} = 80 \frac{\text{lt}}{\text{día}} * \frac{378 \text{ hab}}{2,36 \text{ Ha}} * \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ seg}}$$

$$Q_{\text{aguas Ilic.}} = 0,15 \text{ lt/Seg} * \text{Ha}$$

$$Q_s/\text{Ha.} = 0,267 + 0,1620 + 0,1483$$

$$Q_s/\text{Ha.} = 0,58$$

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| <b>Caudal Sanitario Total</b> | <b>1,36</b> |
| <b>(Qs) lt/seg.</b>           |             |

A continuación se presentan cuadros con los cálculos hidráulicos correspondientes al sistema de alcantarillado sanitario:

| <b>CALCULOS HIDRAULICOS</b> |   |  |   |  |                                     |
|-----------------------------|---|--|---|--|-------------------------------------|
| <b>POZOS (MH)</b>           |   |  |   |  |                                     |
| <b>POZOS (MH)</b>           | <b>Gradiente hidráulico de línea de entrada</b> | <b>Gradiente hidráulico de línea de salida</b> | <b>Gradiente de energía de línea de entrada</b> | <b>Gradiente de energía de línea de salida</b> | <b>Caudal Sanitario Total (l/s)</b> |
| MH-1                        | 798,61  | 798,61   | 798,62  | 798,62   | 0,31                                |
| MH-2                        | 792,43  | 792,43   | 792,44  | 792,44   | 0,33                                |
| MH-3                        | 787,59  | 787,59   | 787,60  | 787,60   | 0,75                                |
| MH-4                        | 800,11  | 800,11   | 800,11  | 800,11   | 0,17                                |
| MH-5                        | 797,58  | 797,58   | 797,59  | 797,59   | 0,31                                |
| MH-6                        | 777,91  | 777,91   | 777,92  | 777,92   | 0,83                                |
| MH-7                        | 772,21  | 772,21   | 772,22  | 772,22   | 0,86                                |
| MH-8                        | 766,07  | 766,07   | 766,08  | 766,08   | 1,08                                |
| MH-9                        | 777,64  | 777,64   | 777,65  | 777,65   | 0,06                                |
| MH-10                       | 771,93  | 771,93   | 771,93  | 771,93   | 0,20                                |
| MH-11                       | 777,92  | 777,92   | 777,92  | 777,92   | 0,04                                |
| MH-12                       | 771,95  | 771,95   | 771,96  | 771,96   | 0,10                                |
| MH-13                       | 769,10  | 769,10   | 769,10  | 769,10   | 0,13                                |
| MH-14                       | 775,80  | 775,80   | 775,80  | 775,80   | 0,02                                |
| MH-15                       | 766,67  | 766,67   | 766,67  | 766,67   | 0,20                                |

| TUBERIA (P) |                    |  |   |                  |                            |                          |  |   |
|-------------|--------------------|--|---|------------------|----------------------------|--------------------------|--|---|
| TUBERIA (P) | Caudal Total (l/s) | Gradiente hidráulico de línea de entrada | Gradiente hidráulico de línea de salida | Perdida de carga | Velocidad de entrada (m/s) | Velocidad Promedio (m/s) | Gradiente de energía de línea de entrada | Gradiente de energía de línea de salida |
| P-1         | 0,31               | 798,61                                   | 792,45                                  | 6,16             | 0,31                       | 0,56                     | 798,62                                   | 792,49                                  |
| P-2         | 0,33               | 792,43                                   | 787,60                                  | 4,83             | 0,31                       | 0,65                     | 792,44                                   | 787,65                                  |
| P-3         | 0,17               | 800,11                                   | 797,60                                  | 2,50             | 0,26                       | 0,40                     | 800,11                                   | 797,62                                  |
| P-4         | 0,33               | 797,58                                   | 787,60                                  | 9,98             | 0,31                       | 0,65                     | 797,59                                   | 787,65                                  |
| P-5         | 0,75               | 787,59                                   | 777,93                                  | 9,66             | 0,39                       | 0,86                     | 787,60                                   | 778,02                                  |
| P-6         | 0,83               | 777,91                                   | 772,23                                  | 5,68             | 0,40                       | 0,75                     | 777,92                                   | 772,29                                  |
| P-7         | 0,86               | 772,21                                   | 766,09                                  | 6,12             | 0,40                       | 0,91                     | 772,22                                   | 766,19                                  |
| P-8         | 0,06               | 777,64                                   | 771,95                                  | 5,69             | 0,20                       | 0,36                     | 777,65                                   | 771,96                                  |
| P-9         | 0,04               | 777,92                                   | 771,95                                  | 5,97             | 0,18                       | 0,36                     | 777,92                                   | 771,96                                  |
| P-10        | 0,20               | 771,93                                   | 766,08                                  | 5,85             | 0,27                       | 0,50                     | 771,93                                   | 766,11                                  |
| P-11        | 1,08               | 766,07                                   | 763,73                                  | 2,34             | 0,43                       | 0,76                     | 766,08                                   | 763,79                                  |
| P-12        | 0,10               | 771,95                                   | 769,12                                  | 2,83             | 0,23                       | 0,47                     | 771,96                                   | 769,15                                  |
| P-13        | 0,02               | 775,80                                   | 769,12                                  | 6,68             | 0,15                       | 0,25                     | 775,80                                   | 769,12                                  |
| P-14        | 0,13               | 769,10                                   | 766,69                                  | 2,40             | 0,24                       | 0,50                     | 769,10                                   | 766,72                                  |
| P-15        | 0,20               | 766,67                                   | 763,72                                  | 2,94             | 0,28                       | 0,43                     | 766,67                                   | 763,74                                  |

## **3.4 Tratamiento de aguas Residuales**

### **3.4.1. Aguas residuales**

#### **3.4.1.1 Introducción**

Las aguas residuales son todas las aguas que han sido contaminadas al ser usadas por las personas en sus actividades diarias.

Las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual. Estas aguas por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales.

#### **3.4.1.2. Reseña Histórica.**

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales remontan a la antigüedad. En lugares prehistóricos como Greta, en donde se descubrió un sistema de alcantarillado; así como también, en las antiguas ciudades de Asirias. Por otro lado, en la actualidad sigue en funcionamiento el sistema de desagüe (transportaba agua con materiales de desperdicio por la contaminación de la población). Poco después, al terminar la edad media, los europeos empezaron usando excavaciones subterráneas privadas, terminando con el uso letrinas.

Con el paso de los siglos, la costumbre de construir desagües tomo auge, creándose canales abiertos o zanjas en las calles, al aire libre. Partiendo de la idea de los desagües, se pensó

en que se podían usar canales para desalojar de manera rápida los desperdicios y beneficiar a la salud pública. Es así, que Joseph Bazalgette entre 1859 y 1875 con el objeto de desviar el agua de lluvia y las aguas residuales hacia la parte baja del Támesis, en Londres, crea uno de los primeros sistemas de aguas residuales. Con la introducción del abastecimiento municipal de agua y la instalación de cañerías en las casas llegaron los inodoros y los primeros sistemas sanitarios modernos. A pesar de que existían reservas respecto a éstos por el desperdicio de recursos que suponían, por los riesgos para la salud que planteaban y por su elevado precio, fueron muchas las ciudades que los construyeron.

Las primeras construcciones de estos sistemas de canalización de agua, no pensaban en la consecuencia de la descarga directa de las aguas contaminadas. Debido a esto, a comienzos del siglo XX, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios. Esto llevó a la construcción de instalaciones de depuración. Aproximadamente en aquellos mismos años se introdujo la fosa séptica como mecanismo para el tratamiento de las aguas residuales domésticas tanto en las áreas suburbanas como en las rurales. Poco después en Gran Bretaña se desarrolla el proceso del lodo activado. Y en la década de 1970, se inicia con procesos industrializados de cloración, un paso más significativo del tratamiento químico.

### **3.4.1.3. Orígenes de las Aguas Residuales**

A continuación se presenta los diferentes orígenes de las mismas:

a) El uso doméstico del agua, las actividades diarias dentro de una vivienda contaminan el agua, sobre todo, con residuos fecales y detergentes.

b) El uso industrial, los desechos industriales producen una contaminación orgánica que es de orden parecido a la originada por los procesos vitales de una población y que está constituida, en gran parte, por productos químicos que son más difíciles de degradar biológicamente que las sustancias presentes en las aguas residuales domésticas. Además, la industria produce grandes cantidades de contaminantes nocivos persistentes (fenol, sales metálicas disueltas, productos petrolíferos, metales pesados, elementos radioactivos, etc.) que se descargan en los cursos de agua en forma de solución y suspensión. Estas descargas, en mayor medida que las de origen doméstico, que son más “naturales”, vienen produciendo, esporádicamente, envenenamientos masivos de las aguas naturales.

c) El uso agrícola, con la utilización intensiva de pesticidas y de otros productos químicos, constituye otro factor contaminante, muchas veces menos controlado que los otros usos ya expresados (domésticos e industriales).

### **3.4.2. Proceso de Tratamiento de Aguas Residuales**

Las aguas residuales son transportadas desde su punto de origen hasta la planta de tratamiento mediante tuberías. Y al ser un sistema separado de las aguas lluvias, esto representa mayor eficiencia ya que permite mayor flexibilidad en el trabajo de la planta depuradora.

En nuestro país, las aguas negras procedentes de los sistemas de alcantarillado, (en la mayoría de los casos) se descargan en corrientes naturales, sin previo tratamiento.

Las aguas servidas están constituidas aproximadamente por un 99,0 % de agua y 1,0 % de materia extraña, material sólido suspendido. Este 1,0 % presenta una parte orgánica, medida por la DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno), y otra inorgánica. La DBO5 es la

cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos durante cinco días aproximadamente para descomponer la materia orgánica en el agua residual, con temperatura a 20°C. Adicionalmente, es un indicador de purificación del agua después de ser tratada.

El tratamiento de las aguas servidas, inicia con la separación de material sólido a través de rejillas o desarenadores; continuando con el proceso de conversión del material biológico disuelto en material sólido. Esto depende de las características del agua a tratar, la calidad que requiere el efluente, la disponibilidad de terreno, costos y de operación del sistema.

En nuestro proyecto, el área donde se requiere construir el sistema de recolección y disposición final de aguas servidas es atravesada por la quebrada de Moraschupa, en donde realizara la descarga, previo tratamiento.

La elección de un sistema de tratamiento se realiza en función de posibles soluciones técnicas y costos. Los tratamientos de aguas residuales se clasifican en:<sup>13</sup>

**Tratamiento Primario.-** Es el conjunto de procesos que permiten eliminar un gran porcentaje de sólidos en suspensión y materia inorgánica. Esta etapa se realiza expresamente con medios mecánicos y en la mayoría de los casos es el único tratamiento que se les da a las aguas residuales.

**Tratamiento Secundario.-** Es el conjunto de procesos que completan la eliminación de sólidos en suspensión y DBO5 realizada por medios físicos en el tratamiento primario. Permiten reducir el contenido en materia orgánica acelerando los procesos biológicos naturales.

---

<sup>13</sup>Manual de saneamiento, Vivienda, Agua y Desechos. Cap. Tratamiento de Aguas Negras.

**Procesos Complementarios.-** este tratamiento se lo realiza cuando se requiere un nivel más elevado de purificación, se puede eliminar hasta el 99 % de los sólidos suspendidos, usando métodos como: osmosis inversa, electrolisis. Son un grupo de métodos diversos que permiten el tratamiento de la materia sedimentada. Para eliminar los organismos patógenos existen procesos auxiliares que hacen uso de aparatos cloradores. Estos métodos garantizan la reutilización del agua.

|                                 | <b>SE UTILIZAN</b>  | <b>PARA</b>  |
|---------------------------------|---|--|
| <b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b>     | Rejillas<br>cribas<br>Trituradores mecánicos  | Remover materia gruesa flotante y en suspensión  |
|                                 | Tanques de flotación o<br>Desarenadores<br>tanques<br>sedimentadores                                    | Remover grasas y aceites   |
|                                 | Desarenadores<br>tanques sedimentadores de<br>acción simple, química<br>Tanque séptico<br>Tanque Imhoff | Remover materias sedimentables   |
| <b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>   | Bombas y tuberías para<br>irrigación superficial<br>Tanques con arena                                   | Remover y estabilizar materia por dispersión y filtración verdadera                            |
|                                 | Lechos de contacto sobre<br>piedra y madera<br>Filtros rociadores<br>Lodos activados                    | Remover y estabilizar materia en condiciones aerobias y mediante contacto con organismos vivos |
| <b>PROCESOS COMPLEMENTARIOS</b> | Digestores<br>Calentadores  | Acondicionar los lodos   |
|                                 | Precipitadores<br>Lechos de secado<br>Incineradores   | Disponer finalmente los lodos  |

Tabla 7. Proceso de Tratamiento de Aguas Negras.<sup>14</sup>

<sup>14</sup>Manual de saneamiento, Vivienda, Agua y Desechos. Cap. Tratamiento de Aguas Negras.

### **3.4.2.1. Selección del Proceso de Tratamiento de Aguas Residuales**

Para determinar el proceso más adecuado de tratamiento de las aguas residuales de la Urbanización San Emilio, se consideran ciertos parámetros, mencionados a continuación:

#### **3.4.2.1.1. Características de las Aguas Residuales.**

La Urbanización San Emilio es un lugar destinado para viviendas, por lo tanto las aguas a tratar son de origen doméstico, las cuales presentan 50% de carbohidratos, 40% de proteínas, 10% de grasas y un pH que va de 6,5 a 8.<sup>15</sup>

Estas aguas no requieren de un proceso de tratamiento avanzado o complementario. Por lo que, un sistema de tratamiento primario puede cumplir las necesidades del sector, ya que, se tiene caudales pequeños y domésticos.

Con un tratamiento primario, se reduce un 90% el material flotante, 65% en sólidos suspendidos y 35% en reducción de la DBO.

Para nuestro caso, usaremos sistemas de tratamiento de aguas servidas mediante Tanques Sépticos, puesto que, sus procedimientos son económicos, eficientes y se adapta a la situación de la población y del sector.

#### **3.4.2.1.2. Disponibilidad de Espacio.**

De acuerdo a las limitaciones de espacio y topografía del terreno, se construirá un tanque séptico cerca de la quebrada de Moraschupa; de esta manera, se pretende garantizar un correcto tratamiento de las aguas residuales sin ocasionar ningún malestar en la vida diaria

---

<sup>15</sup>[www.wikipedia.org.es](http://www.wikipedia.org.es)

de los habitantes de la urbanización, sin contaminación en el área circundante, y sin problemas de malos olores ni ruidos contaminantes.

### **3.4.2.1.3. Criterios para la Construcción del Tanque Séptico.**

Considerando la necesidad de plantas de tratamiento con bajos costos de construcción y operación, se llega a la idea de la construcción de un Tanque Séptico por su facilidad constructiva reduciendo la labor de personal calificado. En muchos casos, los tanques son prefabricados eliminando también compra de materiales, desechos e inspecciones técnicas.

En conclusión se dispondrá de una planta de tratamiento de Tipo: Tanque Séptico que satisfagan las necesidades del lugar.

### **3.4.2.2. Tanque Séptico<sup>16</sup>**

Es la obra sanitaria más utilizada para el tratamiento primario de las aguas negras. Una de las condiciones básicas que se debe considerar es que el sistema tiene que ser separado, es decir solo existen aguas negras. El tanque séptico tiene que ser diseñado y construido para cumplir las siguientes funciones:

- Separar los sólidos de la parte líquida, almacenando los mismos.
- Separar los compuestos que tiene menor densidad que el agua. Ejemplo: las grasas.
- Proveer digestión a la materia orgánica.
- Descarga líquidos clarificados y purificados.

La base del tratamiento de las aguas negras radica en el tiempo en que las mismas permanecen dentro de esta estructura.

---

<sup>16</sup>Manual de Fosas Sépticas.

- a) Con tiempos entre 9 y 12 horas se tiene un tratamiento satisfactorio, en donde se ha previsto que luego de ese periodo de tiempo estas aguas pasen a ser una solución BUFFER, la misma que se caracteriza porque no contiene ningún vacilo o bacteria peligrosa para la salud humana.
- b) Algunos tratadistas o autores de obras sanitarias recomiendan que el tiempo de retención llegue a las 15 horas, porque estiman que con este periodo de tiempo se tendrá mayor seguridad en este tipo de obras.

#### **3.4.2.2.1. Descripción de los Componentes del Tanque Séptico**

**1. Cámara de Pulimentos.-** En esta parte de la estructura sanitaria las aguas negras comienzan su descomposición dentro del agua y el primer efecto que tiene el agua sobre la materia es su disgregación. Se tendrá la presencia de metano que es la característica en la descomposición de las aguas negras.

**2. Cámara de aguas tratadas.-** En esta parte de la estructura no se tiene material disgregado y casi siempre existe un aumento en el tiempo de retención de las aguas servidas. Luego de lo cual se puede incorporar un poso absorbente para que dichas aguas ya tratadas sean conducidas a los estratos bajos del suelo.

#### **3.4.2.2.2. Funcionamiento del Tanque Séptico**

1. Ingresan las aguas residuales al tanque séptico.
2. Los sólidos sedimentados se acumulan en el fondo del tanque, mientras que una nata compuesta de grasas, jabones etc., se levanta y sale a la superficie.
3. El líquido clarificado y purificado sale por una tubería localizada por debajo de la nata para evitar que esta salga.

4. Los sólidos o líquidos en la fosa son sometidos a descomposición por procesos naturales y bacteriológicos. Las bacterias presentes son de la variedad llamada anaerobia, las cuales se desarrollan en ausencia de oxígeno libre. Esta descomposición o tratamiento de las aguas negras en condiciones anaerobias es llamada séptica, de aquí el nombre del tanque o fosa.
5. Durante la descomposición, se producirán, además de lodos y aguas, gas que ascenderá constantemente en forma de burbujas a la superficie. Este gas escapará por los tubos de ventilación que se deben colocar en la losa superior de la fosa.

#### 3.4.2.2.3. Bases de Diseño<sup>17</sup>

1. El volumen del Tanque Séptico se calcula considerando el caudal más crítico, el caudal máximo instantáneo. En realidad es casi imposible de que ocurra este caudal, sin embargo el dimensionamiento de la fosa usando este caudal, permite que con caudales menores, el tratamiento de las aguas residuales sea mucho más efectivo, ya que aumenta el tiempo de retención.
2. El tiempo de permanencia o de retención adoptado es de 9 horas, ya que los caudales sanitarios son considerables.
3. Se diseñara el tanque con dos compartimientos cada uno. Los tanques de dos compartimientos proporcionan una mejor eliminación de los sólidos suspendidos. El primer compartimiento se llama *cámara de digestión* la misma que poseerá  $2/3$  del volumen total del tanque y el segundo compartimiento adopta el nombre de *cámara de pulimento* y poseerá el volumen restante del volumen total del tanque.

---

<sup>17</sup>Ingeniería Sanitaria Aplicada al Saneamiento y Salud Pública. Pág. 352

4. La relación entre el largo y ancho del tanque estará en un rango de 2 a 7. Teniendo en cuenta que, mientras la relación se acerque más al valor de 7, la eficiencia de depuración del tanque será mayor.
5. La profundidad mínima del líquido será de 1,2 m.
6. El espacio libre sobre el líquido será mayor o igual al 20 % de la profundidad total del líquido.

#### **3.4.2.2.4. Diseño de Tanque Séptico**

Se tiene que considerar en primer lugar el caudal sanitario que aportara la red a la planta de tratamiento. El caudal es de 1,36 lt/seg.

Este tanque receptara y tratara las aguas residuales de la Urbanización San Emilio.

Caudal Sanitario  $Q_s=1,36\text{lt/seg}$

$$Q_s=4,90\text{m}^3/\text{h}$$

Tiempo de Retención (T) = 9 horas

$$V=Q_s*T$$

Dónde:

V= Volumen total del Tanque Séptico

$$V=4,90/\text{h}*9\text{h}$$

$$V=44,1 \text{ m}^3$$

Se asume una altura de 2.5 m.

$$h = 2,5 \text{ m}$$

a = Largo del tanque séptico

b = ancho del tanque séptico

$$V = a * b * h$$

Se asume  $a = 3b$ , se usa esta relación de 1:3, por no poseer más espacio para la construcción del tanque séptico.

$$V = 3b * b * h$$

$$V = 3b^2 * h$$

$$44,06 \text{ m}^3 = 3b^2 * 2,5$$

$$44,06 \text{ m}^3 = 7,5b^2$$

$$b^2 = 5,88$$

$$b = 2,42 \text{ m}$$

$$b \approx 2,5 \text{ m}$$

$$a = 7,5 \text{ m}$$

Espacio libre sobre el líquido = 20 % de la altura, entonces:

$$h_{\text{total}} = h + 0,2 * h$$

$$h_{\text{total}} = 2,5 + 0,2 * 2,5$$

$$h_{\text{total}} = 3,00 \text{ m}$$

Dimensiones finales de la Fosa Séptica.

Largo=7,5 m

Ancho=2,5 m

Altura total=3 m

La cámara de digestión posee los  $\frac{2}{3}$  del volumen total del tanque séptico:

acd= largo de la cámara de digestión

$$acd = 2 * a / 3$$

$$acd = 2 * 7,5 / 3$$

$$acd = 5,0 \text{ m}$$

Dimensiones de la cámara de digestión del tanque séptico.

$$acd = 5,0 \text{ m}$$

$$h \text{ total} = 3,0 \text{ m}$$

$$b = 2,5 \text{ m}$$

La cámara de pulimento posee  $\frac{1}{3}$  del volumen total del tanque séptico

acp=largo de la cámara de pulimento

$$acp = a / 3$$

$$acp = 7,5 / 3$$

$$acp \approx 2,5 \text{ m}$$

Dimensiones de la cámara de pulimento del tanque séptico

acp=2,5

h total=3,0 m

b=2,5 m

| <b>Dimensiones finales del Tanque Séptico</b> |          |
|---|----------|
| Largo   | 7,30 (m) |
| Ancho   | 2,45 (m) |
| Altura  | 3,00 (m) |

| <b>Dimensiones De La Cámara De Digestión Del Tanque Séptico</b> |          |
|---|----------|
| Largo   | 4,85 (m) |
| Altura  | 3,00 (m) |
| Ancho   | 2,45 (m) |

| <b>Dimensiones Finales de la Cámara de Pulimento del Tanque Séptico</b> |          |
|---|----------|
| Largo   | 2,45 (m) |
| Altura  | 3,00 (m) |
| Ancho   | 2,45 (m) |

Tablas 8. Dimensionamiento planta de tratamiento “Urbanización San Emilio”

### 3.4.2.2.5. Inspección de Tanques Sépticos

Las inspecciones de los Tanques Sépticos se realizan con el objetivo de determinar cuál es la cantidad de nata y lodo que se ha acumulado, su presencia en cantidades excesivas puede hacer que estas sean arrastradas a los dispositivos de salida provocando contaminación, también, su presencia en altas cantidades disminuye el tiempo de retención.

Un tanque séptico puede ser inspeccionado cada año si se trata de tanques locales o cada seis meses en el caso de tanques de recintos, colegios, comercios, etc.

Al inspeccionar una Fosa Séptica, es indispensable permitir un tiempo de ventilación, debido a los gases tóxicos presentes en las cámaras, estos gases pueden ocasionar asfixia al inspector o posibles explosiones al entrar en contacto con el aire.

La inspección tendrá por objetivo:

1. Verificar el nivel de natas flotantes: Se debe dar limpieza cuando el fondo de la capa de nata se encuentre a unos ocho centímetros por encima de la parte más baja del dispositivo de salida.

A continuación se presenta los pasos a seguir para determinar la profundidad de la nata:

- a. Se construirá una vara de 1,8 m de largo constituida por una aleta articulada con dimensiones de 15 cm x 15 cm
  - b. Se introducirá la vara a través de la capa de nata hasta el fondo del dispositivo de salida.
  - c. Se marcará la vara con tiza.
  - d. Se sacará la vara, y la aleta será colocada de manera horizontal, levantándose hasta que la resistencia a la nata se sienta.
  - e. Se marcará con tiza la vara.
  - f. La distancia entre las dos marcas de tiza mostrará la separación que existe entre la parte inferior de la nata y el fondo del dispositivo de salida.
2. Verificar la capa de lodos en el fondo: Se debe dar limpieza si la capa de lodos se encuentre a 0,30 m por debajo del dispositivo de salida.

A continuación se presenta los pasos a seguir para determinar la profundidad del lodo:

- a. Se construirá una vara de 4,50 m de longitud, tomando un metro de la misma para envolver una tela de toalla de color blanco.
- b. Se introducirá la vara hasta tocar el fondo del tanque.
- c. La vara será retirada detenidamente después de varios minutos.

Un indicador de si las natas y los lodos han sobrepasado los límites admisibles o no, es observar turbiedad en el efluente y pequeños sólidos sedimentables.

#### **3.4.2.2.6. Limpieza de Tanques Sépticos.**

Se recomienda limpiar los Tanques Sépticos al menos una vez por año,

Para limpiar la fosa séptica se utiliza, habitualmente, un carro cisterna. El carro cisterna bombea a su interior el contenido de la fosa. Después del bombeo las fosas no deben lavarse ni desinfectarse. Pequeñas cantidades de lodo deben dejarse en la fosa para propósitos de inoculación, es decir, el tanque no debe ser lavado por completo, se debe dejar una pequeña cantidad de lodo para facilitar el proceso bacteriano en futuros tratamientos.

Para limpiar las natas del Tanque Séptico, se esparce en su superficie poco antes de su retiro cal hidratada o ceniza vegetal y se mezcla, esto favorece a que gran parte de la espuma se precipite e integra al lodo para ser retirado. Lo sobrante podrá ser retirado con la ayuda de un cucharón a través de la tapa de inspección.

Es imprescindible considerar el alto nivel de toxicidad de los gases dentro de una fosa séptica, debido a esto se debe tomar respectivas medidas de seguridad como la ventilación previa y adecuada del tanque. Adicionalmente, la utilización de equipo adecuado, en el

caso de que una persona ingrese al tanque. Esta persona debe llevar consigo una cuerda, guantes y mascarilla.

El contenido desalojado de la fosa puede ser depositado en sitios no habitados, o en un sistema de alcantarillado sanitario, contando con los permisos correspondientes de las autoridades pertinentes. Indiscutiblemente, el contenido obtenido de la fosa nunca debe ser arrojado en drenes o descargado de manera directa en una corriente de agua. Las autoridades de salud son los agentes que se encargaran de aprobar los métodos de eliminación del contenido de la fosa.

#### **3.4.2.2.7. Diseño de los Filtros de Arena del Tanque Séptico.**

El caudal que sale de la planta de tratamiento es 4,90m<sup>3</sup>/h.

Tiempo de retención considerado: 15 minutos.

Tiempo de retención en horas = 0,25 h

$$V=4,90 \text{ m}^3/\text{h} * 0,25\text{h}$$

$$V=1,225 \text{ m}^3$$

La altura del tubo de salida de la fosa séptica es de 3,20 m, entonces se adopta una altura del filtro de arena de 3,00 m.

$$V=a*b*h$$

$$1,225=\square * \square * 3,00$$

$$0,41=a*b$$

Se asume una forma cuadrada por ende:

$$a=b$$

$$a*a=0,41$$

$$a=0,64\text{m}$$

Por seguridad se adiciona un 5 % de ancho:

$$a=0,672\text{ m}$$

$$a\approx 0,70\text{ m}$$

Se deberá elevar 20 cm de alto en la cámara de arena, para evitar que el efluente que sale de la fosa séptica al filtro salpique o se derrame fuera del mismo.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial**

#### **4.1 Bases de Diseño**

##### **4.1.1. Periodo de Diseño**

El período de diseño debe ser de 20 años, al igual que en el alcantarillado sanitario, puesto que los dos intervendrán en el mismo proyecto.

##### **4.1.2. Áreas de Drenaje<sup>18</sup>**

Para las áreas de drenaje, se procede de manera similar a como se determinaron las áreas de aportación para el diseño de alcantarillado sanitario, trazando diagonales o bisectrices por las manzanas y planimetrando las respectivas áreas aferentes a cada colector.

Para nuestro proyecto, las áreas de drenaje están establecidas por las áreas de aportación dentro del sistema de alcantarillado sanitario. Para esto, se consideró la topografía de la zona, lugares donde podrían existir inundaciones, y los espacios donde el agua lluvia puede ser escurrida.

Para la evacuación de las aguas se pretende diseñar un sistema que satisfaga las necesidades del sector de manera práctica y con los costos más bajos. Y de esta manera, evitar caudales excesivos en calzadas, invasión de aguas pluviales en propiedades, estancamiento en vías y principalmente interconexiones con el sistema de evacuación de aguas servidas.

---

<sup>18</sup>López Cualla Ricardo Alfredo. Elementos de Diseño Para Acueductos y Alcantarillados.

### 4.1.3. Caudales de diseño para Aguas Lluvias

Para el diseño de alcantarillado pluvial, partimos del caudal de aguas lluvias, el cual está basado en el método racional, para cuencas de tamaños menores a 200 Ha. y de características hidrológicas -hidráulicas simples, El método racional se basa en la siguiente ecuación:

$$Q = C * I * A * 360 * 1000 / 24$$

En donde:

Q = es el caudal de aguas lluvias

C = es el Coeficiente de escurrimiento

I = es la intensidad de lluvia

A = es el área de drenaje.

#### 4.1.3.1. Coeficiente de Escurrimiento (C)

No toda el agua lluvia precipitada, llega al sistema de alcantarillado; se pierde por factores tales como evaporación, detención superficial en cunetas intercepción vegetal y por infiltración. Debido a esto, se toma en cuenta la relación entre el caudal de agua precipitada sobre la superficie y el caudal de agua que se escurre superficialmente, esta relación se denomina coeficiente de Escurrimiento (C).

El coeficiente (C) puede variar severamente según donde precipiten las aguas lluvias como: suelos impermeables, obstrucción por vegetación, evaporación, retención por

depresiones, etc. Debido a esto, por ejemplo, la destrucción de bosques genera fuertes inundaciones.

El coeficiente de escurrimiento es un valor empírico experimental, el cual se basa en el tiempo que necesita la lluvia para humedecer el suelo. A continuación se presenta los valores de (C) más utilizados:

| <b>Tipo de Superficie</b>                   | <b>C</b>    |
|---|-------------|
| Cubierta Metálica o teja vidriada           | 0,95        |
| Cubierta con teja ordinaria                 | 0,90        |
| Pavimento asfáltico en buenas condiciones   | 0,85 a 0,90 |
| Pavimentos de hormigón                      | 0,80 a 0,85 |
| Empedrado con juntas pequeñas               | 0,75 a 0,80 |
| Empedrado con juntas ordinarias             | 0,40 a 0,50 |
| Superficies afirmadas (tierra compactada)   | 0,25 a 0,60 |
| Superficies no pavimentadas (suelo natural) | 0,10 a 0,30 |
| Parques y jardines                          | 0,05 a 0,25 |

Tabla 9. Valores de C para diversos tipos de superficie.<sup>19</sup>

Los valores de la tabla 8 son valores referenciales, pues expresan un valor de (C) para una superficie determinada. Por otro lado, existen valores de (C) basándose en una zonificación en cada poblado, a continuación se muestran estos valores:

<sup>19</sup>Normas IEOS Sistemas de Alcantarillado, Tabla VIII.4 Valores de C para diversos tipos de superficie.

| <b>Tipo de Zonificación</b>   | <b>C</b>    |
|---|-------------|
| Zonas centrales densamente construidas con vías y calzadas pavimentadas     | 0,70 a 0,90 |
| Adyacentes al centro, de menor densidad poblacional con calles pavimentadas | 0,70        |
| Zonas residenciales medianamente pobladas                                   | 0,55 a 0,65 |
| Zonas residenciales con baja densidad                                       | 0,35 a 0,55 |
| Parques, campos de deporte  | 0,10 a 0,20 |

Tabla10. Valores de coeficiente de escurrimiento<sup>20</sup>

Para la población de la Urbanización San Emilio se podría usar el tipo de zonificación como “Zonas centrales densamente construidas con vías y calzadas pavimentadas” cuyos factores para (C) de acuerdo a la tabla anterior son de 0,7 a 0,90, para el proyecto se tomara un valor de 0,90.

#### **4.1.3.2. Intensidad de la Lluvia <sup>21</sup>**

Este valor es obtenido a través de un estudio meteorológico de la zona. Según la DAC (Dirección General de Aviación Civil) la intensidad de la lluvia es de 69,9 mm/hora.

#### **4.1.3.4. Frecuencia de la lluvia.**

La determinación del período de retorno de diseño de un sistema de aguas lluvias es un tema relativamente complejo, puesto que depende del grado de seguridad ante las inundaciones que requiera la ciudadanía, del comportamiento de las precipitaciones (intensidades y recurrencia anual), caudales involucrados, consecuencias de que los caudales excedan la capacidad de las obras y el costo de inversión asociado a las mismas.

<sup>20</sup>Normas IEOS Sistemas de Alcantarillado, Tabla VIII.3 Valores de coeficiente de escurrimiento.

<sup>21</sup>Dirección General de Aviación Civil. (DAC)

La frecuencia de la lluvia o el periodo de retorno, es el número de años en los que se espera que un cierto caudal producido por precipitaciones se repita o se supere.

Se tiene como límite inferior para un período de retorno, 2 años y un máximo de 15 dependiendo de la importancia de la obra y de intereses económicos, sociales, turísticos, del criterio y experiencia del ingeniero. A continuación se presenta tablas para determinar la frecuencia de las lluvias:

| <b>Descripción de la Zona</b> | <b>frecuencia (años)</b> |
|-------------------------------|--------------------------|
| zona residencial              | 3-10                     |
| zona comercial e industrial   | 10-50                    |
| colectores principales        | 10-100                   |

Tabla 11. Frecuencia de diseño en función del tipo de zona<sup>22</sup>

| <b>Frecuencias de Diseño Para Los Canales de Aguas Lluvias</b> |          |
|--|----------|
| 1.- canales que drenen áreas menores a 1000 Ha                 |          |
| sección revestida en concreto                                  | 10 años  |
| capacidad total  | 25 años  |
| 2.- canales que drenen áreas mayores a 1000 Ha                 |          |
| sección revestida en concreto                                  | 10 años  |
| capacidad total  | 25 años  |
| Borde libre  | 100 años |

Tabla 12. Frecuencia de diseño para canales de agua lluvia<sup>22</sup>.

Para nuestro diseño, adoptaremos una frecuencia de lluvias de 10 años, basándonos en las tablas anteriores.

<sup>22</sup>López Cualla Ricardo Alfredo. Elementos de Diseño Para Acueductos y Alcantarillados.

#### 4.1.3.5. Tiempo de Concentración.

Es el tiempo que tarda una gota de agua en recorrer desde el punto más alejado de una superficie hasta el punto final de recolección considerado. Este tiempo está compuesto por dos periodos  $t_1$  y  $t_2$ , donde  $t_1$  es el tiempo que se necesita para que el agua llegue a un cuerpo de recolección como una tubería y  $t_2$  es el tiempo que transcurre dentro de la tubería hasta su descarga final.

Según las normas nacionales se recomienda un tiempo de recorrido superficial de entre 10 y 30 min,  $t_1$ , en áreas urbanas.

Mientras que el  $t_2$  se obtiene de la siguiente relación:

$$t_2 = \frac{l}{v}$$

En donde:

$l$  = Longitud del tramo del alcantarillado

$v$  = Velocidad de circulación del área en el tramo respectivo

En nuestro estudio,  $t_1$  será de =15min, considerando que el valor de  $t_2$  tiene una variación pequeña en cada tramo entre 1 y 5 min., por lo que no serán comprobados, también se considera una distancia entre pozos inferior a 100 metros y una cantidad considerable de sumideros en el diseño razón por la cual el agua en esorrentía recorrerá pequeñas distancias también.

#### **4.1.4. Hidráulica del Sistema de Alcantarillado**

La red de alcantarillado pluvial es un conjunto de tuberías, ubicadas en sentido paralelo a la red sanitaria, la red trabaja a gravedad con pendientes en función a la configuración y condiciones del terreno, tratando de que la posición sea lo más horizontal posible. Tratando de que la red trabaje como canal abierto y en contacto con la atmósfera, sin que exista presión.

La descarga se la realiza en sitios idóneos como quebradas, ríos, esteros, de manera directa.

##### **4.1.4.1. Recomendaciones Para el Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial**

Durante el diseño de una red de alcantarillado, se pretende que los costos de construcción no sean elevados y, por otra parte, que la red sea funcional en aspectos relacionados con la operación y el mantenimiento de la misma.

Conviene que antes de abordar el procedimiento de diseño de una red de alcantarillado, se revisen las recomendaciones prácticas para lograr un diseño económico y eficiente. En general, puede afirmarse que una red de alcantarillado ha sido bien diseñada cuando:

- Se han trazado atarjeas, colectores y emisores reduciendo las distancias de recorrido hacia los sitios de vertido.
- Existe el menor número posible de descargas por bombeo, tratando de que el sistema trabaje exclusivamente por gravedad.

- Las pendientes de las tuberías dan al flujo velocidades aceptables en un rango específico donde se evita por una parte, la sedimentación y azolve de las tuberías, y por otra, la erosión en las paredes de los conductos.
- Se tienen volúmenes de excavación reducidos, procurando dar a las tuberías la profundidad mínima indispensable para resistir cargas vivas y evitar su ruptura.
- Es sencillo inspeccionar y dar un mantenimiento adecuado a la red de tuberías.

Las características anteriores permiten un diseño económico y funcional de la red en aspectos relacionados con la construcción y operación de la misma.

#### **4.1.4.2. Hidráulicas para las Tuberías Parcialmente Llenas**

La fórmula empírica de Manning es la más práctica para el diseño de canales abiertos, actualmente se utiliza para conductos cerrados y tiene la siguiente expresión:

$$V = 1.49 R^{2/3} S^{1/2} / n$$

Dónde:

$V$  = Velocidad (m/s)

$n$  = Coeficiente de rugosidad (adimensional)

$R$  = Radio hidráulico (m)

$S$  = Pendiente (m/m)

El Radio hidráulico se define como:

$$R = \frac{A_m}{P_m}$$

Dónde:

$A_m$  = Área de la sección Mojada (m<sup>2</sup>)

$P_m$  = Perímetro de la sección Mojada (m)

#### **4.1.4.3. Especificanos para el Diseño de la Red de Alcantarillado Pluvial**

El dimensionamiento de las tuberías depende principalmente del tamaño del área por servir y de su coeficiente de escurrimiento, de la intensidad de la lluvia de diseño, y del periodo económico de diseño.

A continuación se presentarán algunos criterios para Alcantarillado Pluvial.

### **Capacidad a Utilizarse<sup>23</sup>:**

Para que las tuberías funcionen a sección parcialmente llena se debe cumplir con ciertos criterios, tales como:

- La capacidad de las tuberías puede llegar al 100%.
- Para el alcantarillado pluvial, las tuberías pueden trabajar bajo cierta presión interior, no mayor a 5 m. de carga, debido a que no se necesita ventilación y las precipitaciones duran un tiempo limitado.

### **Transiciones:**

Son los procesos en donde el flujo de agua experimente pérdida de energía, debido a: cambio de pendiente, dirección, velocidad o caudal. Estas pérdidas de carga generan turbulencia, lo cual tiene que ser eliminado consiguiendo caída en la solera del conducto.

### **Velocidades Admisibles:**

Durante el funcionamiento del sistema de alcantarillado, se debe cumplir la condición de autolimpieza para limitar la sedimentación de arena y otras sustancias sedimentables en los colectores. La eliminación continua de sedimentos es costosa y en caso de falta de mantenimiento se pueden generar problemas de obstrucción y taponamiento.

En el caso de flujo en canales abiertos la condición de autolimpieza está determinada por la pendiente del conducto.

---

<sup>23</sup>Ing. Burbano Guillermo. Criterios Básicos Para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado.

*Velocidad Mínima:* El cálculo de la velocidad mínima, es para evitar la deposición excesiva de materiales sólidos. Tomando en cuenta, que las tuberías en alcantarillado pluvial conducirán aguas a toda su capacidad, se recomienda una velocidad mínima de  $0.9\text{m/s}^{24}$ .

*Velocidades Máximas<sup>25</sup>:* La velocidad máxima, es para evitar que ocurra la acción abrasiva de las partículas sólidas transportadas por las aguas. Adicionalmente, la velocidad máxima está en función del material de la tubería.

Como ya se mencionó, la acción erosiva sobre la tubería es el factor más importante a efecto de la determinación de la velocidad máxima de las aguas residuales.

Considerando los valores máximos de velocidad hay dos condiciones que observar. De los resultados de una amplia investigación hecha en Holanda se desprende que:

- Una velocidad de flujo entre 4,0 y 5,0 m/s causa menos erosión que las velocidades entre 2,5 y 4,0 m/s.
- Se debe evitar la mezcla de aguas residuales y aire, limitando velocidades más de 5 m/s.

Por tanto, es recomendable calcular la máxima pendiente admisible para una velocidad final  $V_f = 5\text{ m/s}$ .

A continuación se presenta el cuadro de las velocidades máximas de flujo:

| <b>Tipo de Tubería.</b>                  | <b>Velocidad Máxima (m/s)</b> |
|--|-------------------------------|
| Concreto simple hasta 45 cm de diámetro. | 3,0                           |

<sup>24</sup>Normas IEOS Octava Parte (VIII). Sistemas de Alcantarillado pág.: 263.

<sup>25</sup>Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado OPS/CEPIS/05.169.

|  |     |
|--|-----|
| Concreto reforzado de 61 cm de diámetro mayores. | 3,5 |
| Fibro cemento.                                   | 5,0 |
| Poli (cloruro de vinilo) P V c                   | 5,0 |
| Polietileno de alta densidad.                    | 5,0 |

Tabla 13. Sistema de alcantarillado y agua potable Jalisco México. Cap. 3.2.<sup>26</sup>

### **Pendientes Admisibles:**

La pendiente de las tuberías debe ser lo más semejante, como sea posible, a las del terreno natural con objeto de tener excavaciones mínimas, pero tomando en cuenta lo siguiente:

a) Pendientes mínimas: Casos normales. Son en las que se dispone del desnivel topográfico necesario. Se acepta como pendiente mínima la que produce una velocidad de 90 cm/s a tubo lleno. Casos excepcionales. Se consideran aquellas pendientes en que debido a un desnivel pequeño, con el objeto de evitar la construcción de una planta de bombeo, es preciso sacrificar la eficiencia de la atarjea. Se acepta como pendiente mínima aquella que produce una velocidad de 60 cm/s, con un tirante igualo mayor de 3.00 cm.

b) Pendientes máximas: Son aquellas pendientes que producen velocidades máximas de 3 a 5 m/s, trabajando normalmente. Debido a que la topografía en ocasiones es muy abrupta.

### **Ubicación:**

<sup>26</sup><http://www.siap.gob.mx/capitulos/Capitulo3.2.htm>

Para la ubicación de las tuberías, se respetara la localización de todos los servicios públicos de electricidad, teléfonos, agua, desagüe, etc. A continuación se describen los criterios más importantes para la ubicación de las tuberías:

- En las calles de 20 m de ancho o menos se proyectará una línea de alcantarillado de preferencia en el eje de la calle.
- En las calles o avenidas de más de 20 m. de ancho, se proyectarán dos líneas de alcantarillado, una a cada lado de la vía, salvo el caso de que se justifique la instalación de una sola línea.
- Si el ancho de la vereda lo permite y no hay interferencia con otros servicios públicos, la tubería de alcantarillado podrá ubicarse en ella, pero la distancia entre la línea de propiedad y el plano vertical tangente al tubo, deberá ser como mínimo 2,0 m.
- La distancia mínima a cables eléctricos, telefónicos u otras instalaciones, será de 1,0 m. Medido entre planos verticales tangentes.

#### **Diámetros Permisibles:**

El diámetro mínimo de la sección de alcantarillas pluviales es de 10 pulg, es decir 250mm.

La sección de elementos especiales como conexiones domiciliarias puede ser de 150mm.

#### **Profundidad:**

La profundidad de la tubería, se determina considerando el diámetro de la sesión. A continuación se presenta una tabla que relaciona el diámetro de la tubería con la profundidad.

| Profundidad Mínima |       |
|--------------------|-------|
| Diámetro           | h     |
| φ200mm             | 1,50m |
| φ250mm             | 1,55m |
| φ300mm             | 1,60m |
| φ350mm             | 1,65m |
| φ400mm             | 1,70m |
| φ450mm             | 1,75m |
| φ500mm             | 1,80m |
| φ600mm             | 1,90m |
| φ700mm             | 2,00m |
| φ800mm             | 2,10m |
| φ900mm             | 2,20m |
| φ1000mm            | 2,35m |

Tabla 14. Profundidad mínima de tuberías para alcantarillado pluvial, según diámetro de sección.<sup>27</sup>

#### 4.1.4.4. Pozos de Revisión y Pozos de Salto

De igual manera que alcantarillado sanitario, los pozos se colocarán al inicio de los tramos de cabecera, en los cambios de pendiente, dirección y sección. La máxima distancia entre pozos será de 100 m, excepto cuando la pendiente sea mayor al 10% en cuyo caso la máxima distancia entre pozos será de 80 m. Las especificaciones sobre el dimensionamiento y proyección de pozos están descritas en el capítulo correspondiente a Pozos de Revisión de alcantarillado sanitario. Las especificaciones son semejantes.

Por otro lado, los pozos de salto son creados para evitar la erosión de las paredes de un pozo al cual asisten dos o más tuberías y los desniveles entre ellas son mayores a 0,9 mts.

---

<sup>27</sup> Archivos Personales.

También facilita el ingreso del personal técnico y de limpieza, estos pozos también son similares a los pozos de salto en la red de alcantarillado sanitario.

#### **4.1.4.5. Sumideros**

Los sumideros son estructuras que permiten el ingreso de la escorrentía superficial de las aguas lluvias, se localizan en aquellos sitios de las calzadas, tales como: zonas bajas de acumulación, pasos peatonales, curvas cóncavas en las rasantes de las calles y acceso a puentes, es decir, en aquellos sitios donde por su configuración se prevea acumulación de las aguas. Estas estructuras se conectarán directamente a los pozos de revisión más cercanos con una tubería de 200 mm de diámetro.

Según el proceso de construcción y según la capacidad de captar las aguas de escorrentía, los sumideros se clasifican en:

*Sumideros de Ventana:* este tipo de sumideros consisten en una abertura en la acera con forma de ventana, esta ventana está diseñada para el flujo de las aguas que se desplazan por cunetas. Presenta el problema de que los escombros o material sólido pueden introducirse a la red. Debido a esto no se recomiendan estos sumideros.

*Sumideros de Rejilla:* se caracterizan por tener rejillas construidas en el sentido paralelo o diagonal al sentido del flujo con el fin de minimizar las obstrucciones y optimizar el área de captación de las aguas lluvias.

*Sumideros Mixtos:* son la mezcla o combinan de los dos tipos de sumideros mencionados anteriormente.

Teniendo en cuenta, costo, dificultades de construcción e intensidad de lluvia, el tipo de sumidero adoptado será el de rejillas.

#### **4.1.4.6. Las Conexiones de los Domicilios**

Para las conexiones domiciliarias se usaran diámetros mínimos de 150 mm, con una profundidad mínima de 0,80 m.

La pendiente de cada tramo a la tubería central debe ser mínimo de 1%. Los empates de las tuberías se harán a 45 grados. Los elementos a emplearse para las conexiones deben garantizar hermeticidad y estabilidad.

#### 4.1.5. Cálculos Hidráulicos.

##### DATOS PARA EL CAUDAL PLUVIAL

I= Intensidad de llluvias

C= coeficiente de escorrentia

A= Area de aportacion en Ha.

I= 69,9 mm/hora

C= 0,9

$Q_p = C * I * A * 1000 / 360$  [lt/seg]

| Urbanizacion San Emilio   |             |                |
|---------------------------|-------------|----------------|
| Areas de Aportacion (Hec) | Habitantes  | Caudal Pluvial |
| 0,29                      | 46,4        | 50,68          |
| 0,25                      | 40          | 43,69          |
| 0,55                      | 88          | 96,11          |
| 0,04                      | 6,56        | 7,16           |
| 0,19                      | 30,8        | 33,64          |
| 0,11                      | 17,728      | 19,36          |
| 0,27                      | 43,504      | 47,51          |
| 0,08                      | 12          | 13,11          |
| 0,02                      | 2,976       | 3,25           |
| 0,02                      | 2,56        | 2,80           |
| 0,15                      | 23,84       | 26,04          |
| 0,18                      | 29,472      | 32,19          |
| 0,12                      | 19,136      | 20,90          |
| 0,06                      | 8,864       | 9,68           |
| 0,04                      | 6,9008      | 7,54           |
| <b>TOTAL</b>              | <b>2,36</b> | <b>378,74</b>  |

A continuación se presentan cuadros con los cálculos hidráulicos correspondientes al sistema de alcantarillado sanitario:

**CÁLCULOS HIDRÁULICOS**

**POZOS (MH)**

| <b>POZOS (MH)</b> | <b>Gradiente hidráulico de línea de entrada</b> | <b>Gradiente hidráulico de línea de salida</b> | <b>Gradiente de energía de línea de entrada</b> | <b>Gradiente de energía de línea de salida</b> | <b>Caudal Sanitario Total (l/s)</b> |
|-------------------|---|--|---|--|-------------------------------------|
| MH-1              | 798,80  | 798,80   | 799,25  | 799,25   | 96,11                               |
| MH-2              | 792,62  | 792,62   | 793,14  | 793,14   | 103,27                              |
| MH-3              | 787,80  | 787,80   | 788,86  | 788,86   | 231,37                              |
| MH-4              | 800,28  | 800,28   | 800,42  | 800,42   | 50,70                               |
| MH-5              | 797,77  | 797,77   | 798,20  | 798,20   | 94,40                               |
| MH-6              | 778,12  | 778,12   | 778,72  | 778,72   | 250,57                              |
| MH-7              | 772,39  | 772,39   | 773,04  | 773,04   | 260,17                              |
| MH-8              | 766,25  | 766,25   | 767,31  | 767,31   | 332,17                              |
| MH-9              | 777,76  | 777,76   | 777,80  | 777,80   | 19,20                               |
| MH-10             | 772,11  | 772,11   | 772,32  | 772,32   | 64,50                               |
| MH-11             | 778,01  | 778,01   | 778,05  | 778,05   | 13,10                               |
| MH-12             | 771,99  | 771,99   | 772,01  | 772,01   | 3,20                                |
| MH-13             | 769,28  | 769,28   | 769,42  | 769,42   | 53,50                               |
| MH-14             | 775,98  | 775,98   | 776,10  | 776,10   | 47,50                               |
| MH-15             | 766,86  | 766,86   | 767,13  | 767,13   | 74,30                               |

**TUBERIA (P)**

| <b>TUBERIA (P)</b> | <b>Caudal Total (l/s)</b> | <b>Gradiente hidráulico de línea de entrada</b> | <b>Gradiente hidráulico de línea de salida</b> | <b>Perdida de carga</b> | <b>Velocidad de entrada (m/s)</b> | <b>Velocidad Promedio (m/s)</b> | <b>Gradiente de energía de línea de entrada</b> | <b>Gradiente de energía de línea de salida</b> |
|--------------------|---------------------------|---|--|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---|--|
| P-1                | 96,11                     | 798,80  | 792,58   | 6,22                    | 2,97                              | 3,61                            | 799,25  | 793,51   |
| P-2                | 103,27                    | 792,62  | 787,80   | 4,82                    | 3,19                              | 3,19                            | 793,14  | 788,32   |
| P-3                | 50,70                     | 800,28  | 797,71   | 2,57                    | 2,20                              | 2,20                            | 800,42  | 798,10   |
| P-4                | 94,40                     | 797,77  | 787,80   | 9,97                    | 2,91                              | 2,91                            | 798,20  | 788,23   |
| P-5                | 231,37                    | 787,80  | 778,12   | 9,68                    | 4,57                              | 4,57                            | 788,86  | 779,18   |
| P-6                | 250,57                    | 778,12  | 772,30   | 5,82                    | 5,45                              | 4,45                            | 778,72  | 773,82   |
| P-7                | 260,17                    | 772,39  | 766,13   | 6,26                    | 7,21                              | 5,39                            | 773,04  | 768,78   |
| P-8                | 19,20                     | 777,76  | 772,11   | 5,64                    | 0,68                              | 0,83                            | 777,80  | 772,14   |
| P-9                | 13,10                     | 778,01  | 772,11   | 5,90                    | 0,46                              | 0,66                            | 778,05  | 772,12   |
| P-10               | 64,50                     | 772,11  | 766,25   | 5,86                    | 1,99                              | 2,00                            | 772,32  | 766,45   |
| P-11               | 332,17                    | 766,25  | 761,68   | 4,57                    | 6,67                              | 5,61                            | 767,31  | 763,95   |
| P-12               | 3,20                      | 771,99  | 769,28   | 2,72                    | 0,12                              | 0,34                            | 772,01  | 769,28   |
| P-13               | 47,50                     | 775,98  | 769,20   | 6,78                    | 3,76                              | 2,66                            | 776,10  | 769,92   |
| P-14               | 53,50                     | 769,28  | 766,77   | 2,51                    | 4,56                              | 3,13                            | 769,42  | 767,83   |
| P-15               | 74,30                     | 766,86  | 761,59   | 5,26                    | 4,01                              | 3,16                            | 767,13  | 762,41   |

## **CAPITULO V**

### **5. Evaluación de Impactos Ambientales**

#### **5.1 Introducción**

La evaluación de impacto ambiental (EIA), es un análisis, previo a su ejecución, de las posibles consecuencias de un proyecto sobre la salud ambiental y la integridad de los ecosistemas. Este análisis es un conjunto de técnicas que pretenden el desarrollo del hombre en armonía con la naturaleza. Con lo que se pretende reducir al máximo nuestras intrusiones en los diversos ecosistemas.

El presente capítulo tiene como objetivo, identificar y evaluar los impactos ambientales primordiales dentro del área, donde se llevara a cabo la ejecución del sistema de recolección y disposición final de aguas servidas de la Urbanización San Emilio. Adicionalmente, se establecerán alternativas para solucionar los posibles impactos que pueden ser ocasionados al medio ambiente.

#### **5.2. Importancia de Evaluar los Impactos Ambientales**

Desde la mitad del siglo XVIII y hasta hace pocos años atrás, el mundo entero creía en las doctrinas del crecimiento económico exponencial, pensando que los recursos naturales y la posibilidades de la Tierra eran ilimitados para respaldar el crecimiento económico.

Actualmente, se sabe que el planeta no puede soportar indefinidamente el actual orden económico, y que los residuos sólidos, líquidos o gaseosos fruto de las actividades del hombre conllevan un tremendo riesgo para la salud del planeta y sus habitantes.

Debido a esto, hoy en día, se elaboran acciones y estudios encaminados a determinar la viabilidad de ejecutar los proyectos que facilitan la actividad humana, marcando cuales son los aspectos positivos o negativos para el medio ambiente que dejara el proyecto.

El Ecuador posee una riqueza potencial de recursos naturales, por lo que es imprescindible elaborar políticas que garanticen la protección del medio ambiente y que aseguren un desarrollo sustentable para los futuros habitantes de nuestro país.

La ejecución de proyectos civiles, es uno de los procesos constructivos que más impactos ambientales producen, aumentando la responsabilidad al momento de evaluar los impactos que produce la creación de un sistema de alcantarillado y más aún, si la obra civil va a ser dentro de un hermoso valle.

### **5.3. Marco Legal Ambiental<sup>28</sup>**

#### **5.3.1. Antecedentes**

El Ecuador se encuentra en un proceso de desarrollo en el ámbito de políticas ambientales, tanto en el campo conceptual como en el de diseño; sin embargo, este desarrollo se ve contrarrestado debido a las falencias al momento de implementarlas.

Seguramente, las falencias se deben a lo siguiente:

1. Falta de compromiso y decisión política.
2. Carencia de diseños eficientes.
3. Procesos de aplicación deficientes.

---

<sup>28</sup>[www.ambiente.gob.ec](http://www.ambiente.gob.ec).

Adicionalmente, la creación del Ministerio del Medio Ambiente se debió a la falta de una entidad que sistematice la gestión del Medio Ambiente. Teniendo algunos inconvenientes como:

- Poseer un perfil poco participativo, centralista, pese a la serie de jornadas que realizan ciertas instituciones preocupadas por el medio ambiente, tales como: SENPLADES, CONCOPE, MAE y EcoCiencia.
- Carencia de los recursos primordiales, tales como: recursos humanos, financieros y físicos.
- Carencia de facultades para la toma de decisiones.

### **5.3.2. Principales Cuerpos Legales**

Los principales cuerpos legales a los cuales debe regirse el Estudio de Impacto Ambiental serán:

- Constitución Política de la República del Ecuador. Registro Oficial N° 1 del 11 de agosto de 1998.
- Ley de Gestión Ambiental. Registro Oficial N° 245 del 30 de julio de 1999.
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Decreto Supremo N° 374, RO N° 97 del 31 de mayo de 1976.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) del Ministerio del Ambiente. Decreto Ejecutivo 3516 del Registro Oficial E 2 del 30 de marzo de 2003.
- Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre. Registro Oficial 64 del 24 de agosto de 1981.

### **5.3.3. Ley de Gestión Ambiental**

La Ley de Gestión Ambiental (publicada en el R.O. No. 245 del 30 de julio de 1999) establece normas básicas para la aplicación de políticas ambientales, además considera y regula la participación de sectores públicos y privados en temas relacionados al medio ambiente.

En el artículo 19 sobre la Evaluación de Impacto Ambiental y del Control Ambiental, las obras públicas, privadas o mixtas y los proyectos de inversión públicos o privados que pueden causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

El artículo 20 establece que toda actividad que suponga riesgo ambiental debe obtener una licencia ambiental.

El artículo 21 establece que los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base, evaluación del impacto ambiental, evaluación de riesgos, planes de manejo, planes de manejo de riesgo, sistemas de monitoreo, planes de contingencia y mitigación, auditorías ambientales y planes de abandono.

El artículo 23 define los componentes de la evaluación de impacto ambiental en los siguientes aspectos: “1. La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada; 2. Las condiciones de tranquilidad pública tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución; y, 3. La incidencia que el proyecto, obra o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico escénico y cultural”.

## 5.4. Identificación de las Causas de Impacto Ambiental<sup>29</sup>

Para determinar impactos ambientales en la ejecución del sistema de alcantarillado para la Urbanización, demanda la identificación de las posibles acciones que pueden causar impactos. A continuación se presentan los procesos gravemente impactantes:

Acciones que modifiquen el uso del suelo:

- Por nuevas ocupaciones.
- Por desplazamiento o movimiento de la población.

Acciones que implican emisión de contaminantes:

- A la atmosfera
- Al suelo
- A las aguas de océanos, ríos, quebradas, cascadas
- En forma de residuos sólidos

Acciones derivadas del almacenamiento de residuos:

- Dentro del núcleo de la actividad
- Transporte
- Vertederos
- Almacenes especiales

Acciones que impliquen explotación inconsciente de recursos:

- Consumo de agua
- Materias Primas

---

<sup>29</sup> Vicente Conesa, Auditorias Medioambientales – Guía Metodológica.

- Consumos energéticos

Acciones que impliquen subexplotación de recursos:

- Agropecuarios
- Faunísticos

Acciones que alteren el medio biótico:

- Emigración
- Disminución
- Aniquilación

Acciones que destruyen el paisaje:

- Topografía y configuración del suelo
- Naturalidad
- Vegetación
- Agua
- Singularidad

Acciones que repercuten sobre la infraestructura:

- Obra civil.

Acciones que modifican el entorno:

- Entorno social.
- Entorno económico.
- Entorno cultural

Acciones que incumplan la normativa medioambiental vigente:

- Especificaciones Técnicas
- Normas y Leyes.

A continuación se presenta la clasificación de proyectos según el grado de impacto ambiental que producen:

| TIPOS DE PROYECTO.  |  |   |  |
|---|--|---|--|
| A   | B  | C   | D  |
| Producen impactos ambientales importantes, y requieren la realización de un estudio completo de impacto ambiental | Producen impactos ambientales moderados o mínimos, requieren un estudio de impacto ambiental preliminar, para determinar es necesario un estudio completo. | No producen impactos ambientales y no requieren de estudios de impacto ambiental. | Son proyectos de mejoramiento ambiental, podría o no requerir de un estudio de impacto ambiental |

Tabla 15. Tipos de Proyectos según el nivel de impacto ambiental.

Para nuestro caso, el alcantarillado pluvial y sanitario de la Urbanización San Emilio, encaja en los requerimientos de un proyecto tipo B; en donde, no se requiere de estudios completos de impacto ambiental.

## 5.5. Componentes Ambientales

Se identifica las condiciones actuales del lugar y se determinan los aspectos que podrían ser alterados con la ejecución de nuestro proyecto.

### 5.5.1. Clima

El clima es uno de los principales recursos naturales de esta zona. El clima varía desde los 16 grados hasta los 23 grados centígrados de temperatura, así como en las noches puede bajar la temperatura hasta los 8 grados. Considerando al clima como templado y agradable.

### 5.5.2. Hidrología

La zona se encuentra bañada por algunos ríos y quebradas. Entre los importantes por su caudal y por recibir el aporte de afluentes pequeños tenemos: El Río San Pedro, Río Pita, Río Santa Clara.

### **5.5.3. Aire**

La calidad del aire depende de los factores que se establecen a continuación:

- Control de la disposición final de aguas servidas y desechos sólidos en la quebrada de Moraschupa.
- Crecimiento del parque automotor.
- Aumento de la densidad población del sector.
- Manejo Ambiental y control adecuado de las industrias aledañas al sector.

### **5.5.4. SUELO<sup>30</sup>**

El suelo de la zona posee un gran potencial agrícola y es idóneo para el desarrollo de vida silvestre. Es por eso, que los efectos negativos serían, destrucción y pérdida de vegetación, variación en el uso de suelo y daño en los paisajes.

Adicionalmente, en la zona se observaron tres tipos de suelo, según el mapa de suelos de Quito escala. 1:200.000.

- Suelos poco profundos, erosionados, sobre una capa dura cementada de cangahua, a menos de un metro de profundidad.
- Los suelos arenosos derivados de materiales piroclásticos poco meteorizados sin evidencia de limo, con una baja retención de humedad.

---

<sup>30</sup>Terrambiente Consultores Cía. Ltda.(TE006-18)

- Los suelos negros, profundos, limosos a limo - arenosos, derivados de materiales piroclásticos, con menos de 30% de arcilla en el primer metro y con una saturación de bases mayor al 50%.

### **5.5.5. Flora y Fauna**

La flora está constituida por especies características del callejón interandino, como son los cultivos de maíz, arveja, hortalizas, árboles frutales: tomate, aguacate, y de una gran variedad de cítricos, etc. En terrenos más altos se cultiva trigo, cebada, choclos, papas, habas, mellocos, ocas, etc.

La fauna presentada por especies como: el ganado vacuno, bovino, porcino, caballo, mular, caprino y asnal. Además de una infinidad de aves voladoras como: la tórtola, mirlo, gallinazo negro.

## **5.6. Evaluación de los Impactos Ambientales de los Sistemas de Alcantarillado**

### **5.6.1. Introducción**

Partiendo de que un estudio de impacto ambiental, consiste en una serie de procesos sistemático, y reiterados que ayudan a prevenir las posibles variaciones positivas o negativas que las obras civiles o actividad humana pueden producir en el medio natural. También permite identificar, evaluar, corregir, intervenir y controlar estas variaciones.

Para el estudio de impacto ambiental, dentro de nuestro proyecto, es necesario identificar el área directa e indirecta en donde el sistema de alcantarillado intervendrá, esto en las

etapas de construcción, operación y abandono. Determinando los componentes ambientales y las acciones que puedan ocasionar impactos en el medio natural.

### **5.6.2. Áreas de Influencia del Proyecto**

Son el espacio físico en donde se desarrollan las acciones de una obra civil o proyecto sobre los componentes del ambiente.

Se pueden identificar dos tipos de áreas de influencia: una directa y otra indirecta, teniendo en cuenta que cada una de estas áreas están relacionadas con los componentes ambientales.

### **5.6.3. Área de Influencia Directa**

El área de influencia directa de las actividades que involucran el Sistema de Recolección y Disposición Final de Aguas Servidas de la Urbanización San Emilio, involucra de manera general al sector del Valle de los Chillos, donde se implementaran las redes de recolección y su descarga.

### **5.6.4. Área de Influencia Indirecta**

Área en que se producen impactos debidos a las actividades inducidas por el proyecto. Definida por las acciones que se necesitan para la obtención de materiales agregados de construcción de las obras, también corresponden a lugar donde serán depositados todos los materiales y desperdicios después de la construcción.

La fuente de abastecimiento de materiales es la mina de Pintag.

Los desechos de construcción serán depositados en el botadero de Cashapamba, ubicado exactamente sobre la orilla izquierda del Río Pita, en el que actualmente se disponen todos los desechos sólidos.

El sistema de agua potable del sector abastecerá del recurso agua que será usado en el proceso de construcción.

### **5.6.5. Metodología de Evaluación de impactos Ambientales**<sup>31</sup>

Numerosos tipos de métodos han sido desarrollados y usados en el proceso de evaluación del impacto ambiental (EIA) de proyectos, debido a su ejecución, operación y mantenimiento. Sin embargo, el tema clave está en seleccionar de manera correcta el método apropiado para las necesidades específicas de cada estudio de impacto. Dichas metodologías se nombran a continuación:

- *Metodologías de Impactos ambientales.*
  - a. Métodos cualitativos.
  - b. Métodos gráficos.
  - c. Técnicas específicas.
- *Métodos cuantitativos.*
- *Métodos de valoración económicas de la calidad ambiental.*

La evaluación está basada en el uso del método cualitativo de la matriz de Leopold. Este método es uno de los más usados ya que con él se identifican las relaciones de causa y efecto de los impactos en el medio natural. El método consiste en dividir el proyecto en fases, componentes y actividades, lo que hace de este método uno de los más fáciles e intuitivos.

La base de este método es una matriz en donde las entradas (en columnas) representan las actividades o acciones del hombre que pueden altera el medio natural; mientras, que las

---

<sup>31</sup> Gómez Orea, Domingo. Evaluación del Impacto Ambiental.

entradas en las filas son los factores o características del ambiente que pueden ser alteradas. Estas filas y columnas marcan las relaciones existentes.

El primer paso, consiste en identificar las interacciones que existen, para esto se toma en cuenta las acciones que involucran al proyecto y se consideran los factores ambientales de importancia.

Dentro de estas columnas y filas se marcan las acciones que representen impactos posibles, para luego hacer una evaluación de manera individual.

Para elaborar la matriz de impacto ambiental Causa-efecto, se aplicaron los siguientes procedimientos:

1. Determinación de las acciones del proyecto en las etapas de construcción, operación y mantenimiento.
2. Análisis de las actividades y sus posibles efectos.
3. Identificación de los factores ambientales que serán alterados por la ejecución del proyecto.
4. Analizar las posibles consecuencias que se generen en el medio ambiente.
5. Definición de los criterios de calificación y los valores de la magnitud e importancia.
6. Determinación de la magnitud e importancia de cada acción sobre el respectivo componente ambiental.
7. Conteo del número de afectaciones.
8. Medición cuantitativa o cualitativa de los impactos sobre cada componente ambiental.
9. Inclusión de los resultados del producto de magnitud e importancia.

10. Suma de los resultados y obtención de una valor final.

### 5.6.6. Acciones del Proyecto en la Fase de Construcción, Operación y Mantenimiento

Aquí se analizan los impactos según los procesos de construcción, operación y mantenimiento, que afecten a los factores ambientales más importantes.

| <b>ETAPA DE CONSTRUCCION</b>                  |                                      |                      |
|---|--------------------------------------|----------------------|
| <b><i>Acción</i></b>                          | <b><i>Impacto</i></b>                | <b><i>Factor</i></b> |
| Limpieza y desbroce                           | Perdida del suelo y vegetación       | Suelo, vegetación    |
|   | Deterioro del Paisaje                | Suelo Paisaje        |
|   | Fuentes de empleo                    | Humano               |
| Transporte, acarreo y acumulación de material | Aumento de los niveles de ruido      | Atmosfera            |
|   | Aumento en la contaminación del aire | Atmosfera            |

|                             |   |                   |
|-----------------------------|---|-------------------|
|                             | Riesgo de contaminación                   | Suelo, agua       |
|                             | Desplazamiento temporal de animales       | Fauna             |
|                             | Fuentes de empleo                         | Humano            |
| Movimiento de Tierras       | Aumento de los niveles de ruido           | Atmosfera         |
|                             | Aumento en la contaminación del aire      | Atmosfera         |
|                             | Incremento de la erosión                  | Suelo             |
|                             | Perdida del suelo y vegetación            | Suelo, vegetación |
|                             | Variación de la topografía                | Paisaje           |
| Actividades de construcción | Disturbios en las actividades típicas     | Atmosfera         |
|                             | Dispersión y transporte de partículas     | Atmosfera         |
|                             | Variación en el uso del suelo             | Suelo             |
|                             | Alteración de la capa vegetal             | Vegetación        |
|                             | Variación de la topografía                | Paisaje           |
|                             | Desplazamiento temporal de especies vivas | Fauna             |
|                             | Daños a la salud de trabajadores          | Humano            |
|                             | Tala de bosques                           | Vegetación        |
| Desalojo de Escombros       | Fuentes de empleo                         | Humano            |
|                             | Disturbios en las actividades típicas     | Atmosfera         |
|                             | Perturbación del eco acuático y terrestre | vegetación, fauna |
|                             | Deterioro del Paisaje                     | Suelo, paisaje    |
|                             | Disminución del valor del suelo           | Suelo             |
|                             | Contaminación de acuíferos                | Agua              |
|                             | Obstrucción de corrientes                 | Agua              |

| ETAPA DE OPERACIÓN                  |   |               |
|-------------------------------------|---|---------------|
| <i>Acción</i>                       | <i>Impacto</i>  | <i>Factor</i> |
| Tratamiento de las aguas residuales | Aumento de los niveles de ruido                               | Atmosfera     |
|                                     | aumento de gases  | Atmosfera     |
|                                     | Afectación a los habitantes                                   | Humano        |
|                                     | Fuentes de empleo   | Humano        |
| Descarga de las aguas residuales    | Alteración de la calidad del agua superficial                 | Agua          |
|                                     | Riesgo de contaminación y alteración de los Recursos hídricos | Agua          |

| ETAPA DE MANTENIMIENTO |  |               |
|------------------------|--|---------------|
| <i>Acción</i>          | <i>Impacto</i>                                   | <i>Factor</i> |
| Limpieza de la red     | Aumento de los niveles de ruido                  | Atmosfera     |
|                        | Dificultad y molestias en la accesibilidad.      | Humano        |
|                        | Suspensión momentánea y restitución de servicios | Humano        |

|                                       |  |           |
|---------------------------------------|--|-----------|
|                                       | Fuentes de empleo                                | Humano    |
| Limpieza de la planta de tratamiento. | Aumento de los niveles de ruido                  | Atmosfera |
|                                       | Dificultad y molestias en la accesibilidad.      | Humano    |
|                                       | Suspensión momentánea y restitución de servicios | Humano    |
|                                       | Fuentes de empleo                                | Humano    |

Tabla 16. Acciones del Proyecto en la Fase de Construcción, Operación y Mantenimiento.

### 5.6.7. Definición de los Elementos de Calificación para los Impactos Ambientales

A continuación se presenta el significado de los elementos que miden los diferentes niveles de impacto de una acción o actividad:

*Signo (S).*

Se refiere al carácter negativo (-) o positivo (+) de las acciones que intervienen en los factores ambientales considerados.

*Intensidad (IN).*

Representa la capacidad de destrucción de un impacto, los valores van de 1 a 12. En donde 1 representa un efecto mínimo y 12 una destrucción total del factor ambiental.

*Momento (MO).*

Se refiere al tiempo en el que ocurre la aparición de la acción y el comienzo del efecto.

Teniendo la valoración de la siguiente manera:

- Para tiempo nulo: momento Inmediato (4).
- Inferior a un año: Corto Plazo (4).
- De uno a cinco años: Mediano Plazo (2).
- Más de cinco años: Largo Plazo (1).

*Persistencia (PE).*

Se refiere al tiempo que duraría el efecto hasta que el factor adquiriera sus condiciones iniciales. Teniendo la valoración de la siguiente manera:

- Duración menor a un año: se considera efecto Fugaz (1).
- Si dura entre uno y diez años: Temporal (2).
- Si dura más de 10 años: Permanente (4).

*Extensión (EX).*

Define el área de influencia del impacto relacionándola con el entorno de la actividad.

La valoración va desde 1 a 8; teniendo en cuenta que, si el efecto es puntual su valor será 1, y tendrá un valor de 8 se dispersa en el entorno de la actividad.

*Reversibilidad (RV).*

Se refiere a la capacidad de reconstrucción del componente ambiental afectado para alcanzar nuevamente su estado inicial de manera natural. Teniendo la valoración de la siguiente manera:

- Si es a corto plazo se valora con (1).
- Si es a Mediano Plazo (2).
- Si es irreversible (4).

*Recuperabilidad (MC).*

Define la capacidad de reconstrucción a las condiciones iniciales del factor afectado por acciones correctivas. Teniendo la valoración de la siguiente manera:

- Si es a corto plazo tiene un valor de (1).

- Si es a Mediano Plazo su valor es (2)
- Si es irreversible, u valor de (4).

#### *Sinergia (SI).*

Es cuando el efecto de dos acciones diferentes y simultáneas es más significativo que el efecto de las dos mismas acciones de manera separadas. Teniendo la valoración de la siguiente manera:

- Acción no es sinérgica con otras acciones, su valor es (1).
- Si se presenta sinergia se tiene un valor de (2).

#### *Acumulación (AC).*

Es el incremento progresivo del efecto cuando persiste de forma continuada o de manera reiterada la acción o actividad. Teniendo la valoración de la siguiente manera:

- Si la acción no produce efectos acumulativos, su valor es (1).
- Si el efecto producido es acumulativo su valor es (4).

#### *Efecto (EF)*

Se define como la relación causa-efecto de una acción sobre su componente ambiental. Puede ser directo, o indirecto.

#### *Periodicidad (PR).*

Es la regularidad con la que se manifiesta el efecto. Teniendo la valoración de la siguiente manera:

- Si el efecto es continuo su valor es (4).

- Si el efecto es periódico, su valor es (2).
- Si el efecto es irregular, su valor es (1).

### *Importancia del Impacto (I).*

El impacto o valor real del efecto que el proyecto produce sobre un factor determinado, además de la cuantificación de la cantidad de factor alterado, es función del grado de manifestación en base a otras variables tales como intensidad de la acción, extensión, persistencia, etc., es decir, de la importancia del impacto.

La importancia del impacto está determinada por la intervención de los demás elementos de manera conjunta, se determina usando la siguiente ecuación:

$$I = \pm 3PE + 2RV + AC + IN$$

| <b>PERSISTENCIA (PE)<br/>(permanencia del efecto)</b> |   | <b>REVERSIBILIDAD (RV)</b> |   |
|---|---|----------------------------|---|
| fugaz   | 1 | corto plazo                | 1 |
| Temporal  | 2 | mediano plazo              | 2 |
| permanente  | 4 | largo plazo                | 3 |
|   |   | Irreversible               | 4 |
| <b>Efecto acumulativo (AC)</b>                        |   |                            |   |
| No acumulativo  | 1 |                            |   |
| Máximo acumulativo                                    | 4 |                            |   |

| <b>NATURALEZA</b>   |   | <b>INTENSIDAD (IN)<br/>(grado de coincidencia)</b> |   |
|---------------------|---|--|---|
| Impacto beneficioso | + | Baja   | 1 |
| Impacto perjudicial | - | Media  | 2 |
|                     |   | Alta   | 4 |
|                     |   | Muy Alta   | 8 |

|                       |   |   |    |
|-----------------------|---|---|----|
|                       |   | Total   | 12 |
| <b>EXTENSION (EX)</b> |   | <b>MOMENTO (MO)</b><br>(plazo de Manifestación) |    |
| puntal                | 1 | Largo plazo                                     | 1  |
| parcial               | 2 | Medio plazo                                     | 2  |
| Extenso               | 4 | Inmediato                                       | 4  |
| Total                 | 8 |   |    |

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <b>SINERGIA (SI)</b>   |   | <b>EFFECTO (EF)</b><br>(Relación Causa-Efecto) |   |
| No sinérgico   | 1 | Indirecto                                      | 1 |
| Sinérgico  | 2 | Directo  | 4 |
| <b>RECUPERABILIDAD (MC)</b><br>(reconstrucción por medios humanos) |   | <b>PERIODICIDAD (PR)</b>                       |   |
| inmediata  | 1 | Continuo                                       | 4 |
| medio plazo  | 2 | Periódico                                      | 2 |
| mitigable  | 4 | Irregular                                      | 1 |
| irrecuperable  | 8 |  |   |

Tabla 17. Valoración de los impactos ambientales.<sup>32</sup>

### 5.6.8. Rango de valores para la Evaluación para los Impactos Ambientales

| Rango  | Simbología | Significado                |
|--------|------------|----------------------------|
| 0-20   | NS         | No significativo           |
| 21-40  | PS         | Poco significativo         |
| 41-60  | MDS        | Medianamente significativo |
| 61-80  | S          | Significativo              |
| 81-100 | MS         | Muy significativo          |

Tabla 18. Rango de valores para calificar los Impactos Ambientales<sup>32</sup>.

### 5.6.9. Matriz de Identificación de Impactos Ambientales.

<sup>32</sup> EIA. del proyecto básico de las nuevas instalaciones del puerto de A. Coruña. María Louzao Gato.

#### **5.6.10. Matriz de Calificación de los Impactos Ambientales.**

### **5.6.11. Matriz de Evaluación de la de los Impactos Ambientales.**

### **5.6.12. Análisis de los Resultados de la Matriz de Impacto**

Al analizar las matrices anteriores, podemos mostrar el siguiente cuadro con los factores ambientales más perjudicados y las etapas del proyecto:

| <b>Factores Ambientales<br/>mayormente perjudicados</b> | <b>Etapas</b>                 |
|---|-------------------------------|
| Suelo<br>vegetación<br>Atmósfera                        | Construcción<br>Mantenimiento |

Tabla 19. Factores del ambiente mayormente perjudicados.

Adicionalmente, podemos ver en las matrices que debido al aumento de Ruido y contaminación del aire, la atmosfera es el factor más afectado. Por otro lado, durante la etapa de construcción, el suelo y la vegetación se ven afectados debido a la variación del uso del suelo, esto implica directamente perdida de vegetación, erosión y modificación de la configuración del suelo.

También, en la etapa de construcción los impactos son medianamente significativos, poco menos del 50% del total de factores son MDS. En la etapa de Operación y mantenimiento, la mayoría de los factores ambientales presentan un impacto Poco significativo. Sin embargo, pueden ser impactos más graves si no se tiene un uso adecuado de las instalaciones.

Las matrices nos muestran, en las tres etapas, efectos positivos, por ejemplo: el sector tendría un ingreso económico debido a la fuente de empleo, disminución de enfermedades originadas por residuos y aguas negras, aumento de la plusvalía, un mejor nivel de vida para los habitantes.

Indiscutiblemente, este proyecto satisface las necesidades de muchas personas en el sector, y pese a los efectos negativos en el medio ambiente, el proyecto es beneficioso y presenta

un lado positivo dentro de las matrices que justifican la realización de este sistema de alcantarillado. Teniendo en cuenta que se realizara un estudio de mitigación ambiental.

### **5.6.13. Medidas de Mitigación Ambiental**

Una vez realizado el análisis de los impactos ambientales, se debe mencionar las medidas de mitigación, las cuales tienen como objeto disminuir o atenuar los impactos significativos generados por las actividades del proyecto, los que por sus características pueden ser aceptados y enfrentados. La orientación es de convertir impactos inaceptables en aceptables o llevarlos a un nivel de impacto de menor intensidad. Las medidas de mitigación, pueden llegar a casi nulificar el impacto mediante la aplicación de la reducción de la generación desde en fuente. Con esto, se pretende crear políticas orientadas a la conservación del Medio Ambiente.

A continuación se presentan medidas de mitigación según los siguientes factores ambientales: Aire, Agua, Suelo.

#### *Aire.*

El aire está afectado especialmente por la emisión de gases, aumento de ruido y la suspensión de partículas. El aumento del parque automotor en la zona y el funcionamiento de las maquinaria, generarán ruido y gases de combustión, con contenidos de azufre (vehículos y maquinas a diesel). Así también, el paso de las maquinarias, la excavación de zanjas y el relleno de las zanjas, levantará polvos finos, aumentando los niveles de concentración de partículas.

Medidas de mitigación:

- Los sitios de construcción deben ser limpiados y despejados al finalizar las actividades.
- Se establecerán rutas de tráfico provisional, con el objetivo de reducir las emisiones de gases y disminuir los atascamientos y tiempos de circulación.
- En las actividades que impliquen movimientos de tierra, se deberá realizar el riego de las áreas involucradas para que no se generen partículas en el medio.
- Para el transporte de material, se usaran plásticos o lonas que cubran el material, para evitar el derrame de material y desperdicios en la zona.
- Las maquinarias que emitan gases al ambiente deberán estar en buen funcionamiento y deberán tener mantenimientos rutinarios, con esto se evitara emanaciones inaceptables.
- En cuanto al ruido, en las áreas de construcción, la vibración excesiva de la maquinaria pesada deberá ser evitada para reducir cualquier daño en los alrededores.
- Se ejecutaran controles de rutina para los equipos usados durante la construcción y transporte para prevenir niveles de ruido aceptables.
- No se permitirá el uso de equipos que produzcan ruidos inusuales, éstos deberán ser ingresados a mantenimiento.

#### *Agua.*

El agua no se verá afectada, siempre y cuando se respete las especificaciones técnicas del diseño para evitar errores en la etapa de construcción.

En la etapa de construcción no se considera significativa la generación de efluentes líquidos residuales, se considera que los desechos sólidos domésticos producidos por las deposiciones de los trabajadores, serán retirados por la entidad o personal encargado de la limpieza de las letrinas provisionales que sean instaladas en el campamento del proyecto.

*Suelo.*

El suelo se ve afectado principalmente en la etapa de construcción.

- El uso de excavación manual debe ser considerado en áreas sensibles.
- En la preparación del terreno o apertura de zanjas, se deberá proceder con las respectivas autorizaciones de las entidades encargadas de controlar los impactos ambientales, para la supresión de arbustos, plantas o arboles existentes.
- El material de excavación que será reutilizado deberá ser almacenado apropiadamente, preferible en tanques o montículos tapados y protegido de la erosión por escorrentía o viento.
- El suelo fértil de superficie y el suelo mineral excavado deben ser almacenados separadamente, para los trabajos de zanjas.
- Se colocaran tanques de almacenamiento de desechos sólidos, para el control de la disposición final de dichos desechos.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. Especificaciones Técnicas**

#### **6.1 Introducción**

A continuación se presentan las especificaciones técnicas para la ejecución de las obras que comprenden el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de la Urbanización San Emilio.

Las especificaciones técnicas están basadas en la documentación base de la Empresa Municipal de Alcantarillado y Agua Potable de Quito (EMAAP-Q), cuya información está esta libremente disponible en su departamento técnico.

La ejecución de las obras de alcantarillado deberá realizarse de acuerdo con los planos aprobados del proyecto. Todo cambio en los mismos, deberá ser consultado cuando éste modifique la concepción base del proyecto dándose las razones que puedan motivar tales cambios. Las pequeñas modificaciones deberán figurar en los planos de construcción indicando la ubicación definitiva de las obras.

#### **6.2. Alcance**

Cada rubro de construcción toma en cuenta el tipo, la calidad, y los materiales requeridos, así como los equipos y maquinaria que se necesitan para la ejecución del proyecto, lo cual está contemplado dentro de las especificaciones constructivas.

Si por alguna razón no se cubre el alcance de alguna especificación dentro de un rubro cualquiera para la ejecución de la obra. Se procederá a un acuerdo entre el contratista y la parte encargada de fiscalización, para ejecutar los trabajos de acuerdo a las técnicas,

normas y prácticas aceptadas por profesionales, instituciones en la rama de ingeniería y construcción del país.

### **6.3. Generalidades**

En acuerdo mutuo, la fiscalización y el contratista, deberán elegir las zonas adecuadas para levantar las instalaciones y campamentos dentro del sitio en que se ejecutara el proyecto. Dichas instalaciones y campamentos deben comprender de una oficina donde se realizará el control de la ejecución y de la fiscalización de la obra, bodegas para guardar herramientas, equipo y materiales, debe contar con instalaciones sanitarias provisionales para todo el personal del proyecto. Estas construcciones temporales deberán cumplir con todas las condiciones de seguridad, confort e higiene para las personas involucradas en la obra. Los gastos relacionados a estos trabajos deben ser cubiertos por el contratista, adicionalmente, las instalaciones deberán ser desmontadas como parte de la limpieza final antes de la recepción de la obra.

Todos los trabajos y materiales de construcción deberán regirse a las normas y especificaciones de las instituciones nacionales e internacionales reconocidas.

### **6.4. Procesos Antes de Iniciar la Construcción**

Antes de indicar la construcción del proyecto, el contratista y la parte encargada de fiscalización deberán llevar a cabo una reunión en el lugar y fecha de conveniencia para ambas partes. En el encuentro deberán estar presentes directivos y técnicos, aquí se establecerán los lazos de trabajo, la comunicación entre los involucrados, así como los procesos de control y evaluación de los avances de obra. Algo sumamente importante que deben acordar es el tipo y la forma de la documentación que se va a manejar a lo largo del

proyecto, tales como libros de obra, planillas, planos del proyecto, avances e inconvenientes, y cualquier notificación necesaria. Así se definirán los puntos de partida del proyecto, y se evitaran futuros mal entendidos.

## **6.5. Obligaciones del Contratista**

### *Servicios e Instalaciones.*

El contratista será responsable de la construcción de los campamentos e instalaciones temporales, así como también deberá encargarse de la construcción de oficinas, talleres, bodegas, baños y servicios higiénicos, servicios de telecomunicación, servicios eléctricos, agua potable, etc. Los costos que implican los servicios e instalaciones serán considerados gastos generales del contrato y correrán como responsabilidad del contratista.

Además, para la subscripción del acta de entrega-recepción definitiva, el contratista deberá retirar las instalaciones provisionales al terminar los trabajos.

De las instalaciones permanentes, serán construidas de acuerdo a los instructivos en conjunto con las especificaciones técnicas establecidas en el contrato.

### *Limpieza del Lugar.*

Es obligación del contratista mantener el lugar de trabajo libre de escombros, acumulación de partículas insalubres, basura y objetos que pongan en riesgo la integridad de todo el personal. Como complemento, es responsabilidad del contratista retirar los equipos y maquinaria de construcción, residuos de materiales, así como también todos los instrumentos u objetos de su propiedad usados para la ejecución del proyecto.

### *Equipos.*

El contratista deberá contar en el área del proyecto con todos los equipos, máquinas y su personal tal como lo específico en el formulario de su propuesta y que consta como anexo del contrato. También deberá hacer uso de estos recursos en conformidad al cronograma establecido para el uso de los mismos.

En caso de existir algún cambio relacionado con los equipos mencionados, el contratista junto con el fiscalizador deberán acordar de la mejor manera dichas variables. Teniendo en cuenta que el contratista no puede retirar ningún equipo o maquinaria de la obra sin previo consentimiento, caso contrario será sancionado de acuerdo al contrato.

### *Personal del Contratista.*

Es responsabilidad del contratista contar con el número suficiente de personal técnico para la mejor ejecución del proyecto, se podrán realizar jornadas de trabajo en tiempos extraordinarios, tareas nocturnas o labores en días festivos, para lo cual la fiscalización recibirá un informe con anticipación, teniendo en cuenta que no existirán reajustes en precios por estos motivos.

Cada persona involucrada en el proyecto deberá tener la suficiente experiencia en el área de su asignación. El personal técnico deberá ser constituido por el listado que se mencionó en la propuesta. En el caso necesario de reemplazos, se procederá en mutuo acuerdo con la parte fiscalizadora, adicionando el Curriculum Vitae del profesional reemplazante, quien deberá poseer una superior capacidad técnica y experimental a las de quien reemplaza.

### *Materiales.*

Todos los materiales, herramientas, suministros o instalaciones, así como cualquier dispositivos o aparato a usarse en la construcción del proyecto, cumplirán con todo lo acordado en las especificaciones técnicas mencionadas en la propuesta del contratista, en ausencia de alguna especificación técnica, deberán seguirse las instrucciones emitidas por la parte encargada de fiscalizar.

Adicionalmente, los materiales que serán definitivos para la obra, serán nuevos de paquete, y de la más alta calidad; el transporte de los mismos, su cuidado y responsabilidad por los mismos será a cargo del contratista. Todos los materiales deberán ser revisados antes de su utilización, para cerciorarse del cumplimiento de las especificaciones concordadas.

### *Ejecución de las Obras.*

La ejecución de las obras procederá de manera que cada rubro se genere paulatinamente, de manera ordenada y progresiva, teniendo en cuenta que no deben ser ejecutados trabajos que puedan ser afectados posteriormente por otros. También se debe proteger los trabajos ya terminados, de agentes ambientales o demás aspectos negativos que puedan afectar lo ya realizado. En efecto, la ejecución de las obras estará guiada de tal manera que cualquier trabajo proceda de acuerdo a las técnicas y experiencias que la ingeniería recomienda.

En determinadas etapas de la construcción será necesario tomar muestras, hacer inspecciones especiales o pruebas, en acuerdo mutuo con fiscalización. Las partes de la obra que hayan sido construidas sin consentimiento de la parte fiscalizadora, se verá sometida a investigaciones y estudios pertinentes, teniendo en cuenta que la remoción parcial o total de trabajos ya ejecutados, si es el caso, correrán a cuenta del contratista.

Los procedimientos de la ejecución de la obra serán aprobados por fiscalización, y serán indicados en el libro de obra correspondiente, cumpliendo con lo marcado en el contrato.

*Seguridad del Proyecto.*

El contratista es responsable de la custodia del proyecto que le ha sido encomendado, será responsable hasta la recepción definitiva de la obra.

Para las tareas de vigilancia y custodia el contratista deberá tener personal capacitado e instalaciones idóneas para la factibilidad de estas labores.

*Trabajos no Autorizados o Fallidos.*

La parte encargada de fiscalizar el proyecto puede determinar la falencia o los defectos de los trabajos ya realizados o en proceso de ejecución, ya sea por negligencia del contratista, por no regirse a especificaciones técnicas, por el uso de materiales en condiciones no adecuadas o de mala calidad, o en efecto, por hacer caso omiso a las instrucciones del fiscalizador; en este caso, el fiscalizador tiene el poder para ordenar las demoliciones correspondientes y el reemplazo de dichos trabajos, teniendo en cuenta que todos los gastos son responsabilidad del contratista.

De los trabajos no autorizados, si el contratista realiza trabajos sin la previa recepción de los planos convenientes, o trabajos que se ejecuten sin la presencia o control del superintendente de obra o residente, o más aun, trabajos que contradicen las indicaciones de la parte fiscalizadora, serán marcados como no autorizados o no acreditados. Debido a estos trabajos, el contratista está en la obligación de realizar las rectificaciones pertinentes o reajustes que den lugar a lo establecido en las especificaciones técnicas del contrato. Estos costos deberán ser cubiertos por el contratista.

### *Interrupción de Trabajos.*

La parte encargada de fiscalizar el proyecto, puede disponer de la suspensión total o parcial de la obra, en cualquier momento y por lapsos de tiempo que considere necesarios.

Las suspensiones se dan por los siguientes motivos de seguridad, si el contratista no brinda las medidas de seguridad apropiadas y suficientes, en aras de la protección de la vida e integridad del personal. En el caso de negligencia, si el contratista da muestras de irresponsabilidad, falta de organización en el manejo de los trabajos, o no se rige a los sistemas apropiados para la ejecución de la obra. También, en desacato, si el contratista hace caso omiso a las instrucciones de la parte fiscalizadora; sino cuenta con personal y equipo en cantidad y calidad requeridas, si se opone al despido de personal que no cumple con los requerimientos necesarios. Si el contratista no obedece los métodos de construcción establecidos.

Las suspensiones de obra dispuestas por fiscalización debido a los motivos antes mencionados, no procederán con pagos adicionales o indemnizaciones, ni con ampliación de plazos al contratista.

Los trabajos en la obra serán interrumpidos por el contratista, en el caso de que no se proceda con el pago del anticipo contractual, por razones de causa mayor comprobadas, por falencias del contratante por no proporcionar lo establecido en el contrato, como planos, diseños, terrenos etc. Debido a estas interrupciones el contratista podrá solicitar una prórroga de tiempo.

Si por algún motivo, el contratista incumple frecuentemente lo establecido en el contrato, el contratante podrá dar por finalizado el contrato.

### *De la Seguridad En La Obra.*

El contratista deberá proporcionar las medidas adecuadas de seguridad a los pobladores del sector adyacente al sitio del proyecto. Adicionalmente, el contratista deberá cumplir con las medidas de mitigación ambiental dentro de los procesos constructivos del proyecto.

El contratista deberá velar por la seguridad de todas y cada una de las personas involucradas en las obras, tomando las precauciones necesarias para garantizar su seguridad.

En lo que respecta a instrumentos, herramientas, equipos y maquinaria, deberán llevar los anuncios, dispositivos y advertencias de precaución y seguridad suministradas o aconsejadas por los fabricantes.

## **6.6. Especificaciones Técnicas de Construcción y Materiales**

### **6.6.1. Replanteo y Nivelación**

Es la ubicación de un proyecto en el terreno, en base de los datos que constan en los planos respectivos y/o las órdenes del ingeniero Fiscalizador; como paso previo a la construcción.

Todos los trabajos de replanteo y nivelación deben ser realizados con aparatos de precisión y por personal técnico capacitado y experimentado. Se recomienda usar aparatos de precisión como la estación Total, con un buen nivel de precisión y facilidad de manejo de datos con programas de computación.

Se deberán colocar mojones de hormigón perfectamente identificados con la cota y abscisa correspondiente. Los mojones serán ubicados en cada punto de intersección de la red y en puntos donde se localicen los posos de revisión.

*Forma de Pago.*

El replanteo se medirá en metros lineales, con aproximación a dos decimales en el caso de zanjas y por metro cuadrado en el caso de estructuras. El pago se realizará en acuerdo con el proyecto y la cantidad real ejecutada medida en el terreno y aprobada por el ingeniero fiscalizador.

**6.6.2. Limpieza y Desbroce**

Es la preparación del terreno, es despejar el área de trabajo para proceder con la obra. Se procederá a cortar, desenraizar y retirar de los sitios de construcción los árboles, incluidas sus raíces, arbustos, hierbas, etc., en mutuo acuerdo con el fiscalizador, o siguiendo lo establecido en los planos. Los trabajos pueden ser realizados de forma manual o usando de equipos mecánicos. Las operaciones de desbroce y limpieza deberán efectuarse invariablemente en forma previa a los trabajos de construcción.

Es importante proceder de una manera consciente con la disposición final, en forma satisfactoria para el fiscalizador, de todo el material proveniente del desbroce y limpieza.

El material obtenido en este trabajo deberá colocarse fuera de las zonas destinadas a la construcción, en los sitios donde señale el fiscalizador o los planos de la obra.

Será de propiedad del contratante todo el material obtenido de la limpieza y desbroce, el material no podrá ser utilizado por ninguna persona sin el consentimiento del dueño.

El constructor será responsable de los daños y perjuicios a propiedad privada producidos por trabajos de desbroce efectuados indebidamente dentro de las zonas de construcción.

### *Forma de Pago.*

El pago se efectuara de acuerdo a un metro cuadrado con aproximación de dos decimales.

No se toma en cuenta, dentro del pago, los trabajos realizados por el constructor en zonas fuera de las áreas que se indiquen en el proyecto, o las áreas que disponga el ingeniero fiscalizador de la obra.

### **6.6.3. Excavaciones**

Un excavación es remover y quitar la tierra u otros materiales con el fin de conformar espacios para alojar elementos estructurales, la planta de tratamiento, las tuberías y colectores, incluyendo las operaciones necesarias para compactar o limpiar el replantillo y los taludes, el retiro del material producto de las excavaciones, y conservar éstas por el tiempo que se requiera hasta culminar satisfactoriamente la actividad planificada.

Los trabajos de excavación serán realizados en acuerdo con lo estipulado en los planos, en cuanto a alineaciones pendientes y niveles, teniendo excepciones cuando se encuentren imprevistos, para ello, podrán realizarse las modificaciones correspondientes de conformidad con el criterio del ingeniero fiscalizador.

En cuanto a las dimensiones de la zanja. El fondo de la zanja será lo suficientemente ancho para permitir el trabajo de los obreros y para ejecutar un buen relleno. En ningún motivo, el ancho interior de la zanja será menor que el diámetro exterior del tubo más 0,50 m, sin entibados; con entibamiento se considerará un ancho de la zanja no mayor que el diámetro exterior del tubo más 0,80 m; la profundidad mínima para zanjas de alcantarillado será

0,75 m más el diámetro exterior del tubo más 0,10 m al fondo que corresponderán al espacio necesario para conformar la cama de arena de apoyo para la tubería.

En ningún motivo se excavará, tan profundo que la tierra de base de los tubos sea aflojada o removida.

Las excavaciones deberán ser afinadas de tal forma que cualquier punto de las paredes no difiera en más de 5 cm de la sección del proyecto, cuidándose de que esta desviación no se haga en forma sistemática.

La ejecución de los últimos 10 cm de la excavación se deberá efectuar con la menor anticipación posible a la colocación de la tubería o fundición del elemento estructural. Si por exceso de tiempo transcurrido entre la conformación final de la zanja y el tendido de las tuberías, se requiere un nuevo trabajo antes de tender la tubería, éste será por cuenta del constructor.

Se debe controlar que desde el momento en que se inicie la excavación, hasta que termine el relleno, incluyendo la instalación y prueba de la tubería, no transcurra un lapso mayor de siete días calendario, salvo en las condiciones especiales que serán absueltas por el ingeniero fiscalizador.

El fiscalizador puede determinar una sobre excavación si el terreno que constituya el fondo de las zanjas sea poco resistente o inestable, esto se realizara hasta encontrar terreno conveniente; este material inaceptable se desalojará, y se procederá a reponer hasta el nivel de diseño, con tierra buena, replantillo de grava, piedra triturada o cualquier otro material según el fiscalizador lo considere conveniente..

Si los materiales de fundación natural son aflojados y alterados por culpa del constructor, más de lo indicado en los planos, dicho material será removido, reemplazado, compactado,

usando un material conveniente aprobado por el ingeniero fiscalizador y a costo del contratista.

*De los tipos de Excavación.*

- Se entenderá por excavación a mano sin clasificar la que se realice en materiales que pueden ser aflojados por los métodos ordinarios, aceptando presencia de fragmentos rocosos cuya dimensión máxima no supere los 5cm, y el 40% del volumen excavado.
- Se entenderá por excavación a mano en conglomerado y roca, el trabajo de remover y desalojar fuera de la zanja los materiales que no pueden ser aflojados por los métodos ordinarios.
- Se entenderá por conglomerado la mezcla natural formada de un esqueleto mineral de áridos de diferente granulometría y un ligante, dotada de características de resistencia y cohesión, aceptando la presencia de bloques rocosos cuya dimensión se encuentre entre 5cm y 60cm.
- Se entenderá por roca todo material mineral sólido que se encuentre en estado natural en grandes masas o fragmentos con un volumen mayor de 200dm<sup>3</sup>, y que requieren el uso de explosivos y/o equipo especial para su excavación y desalojo.
- Se entiende por excavación con presencia de agua (fango), cuando la excavación en zanja se ocasiona por la presencia de aguas cuyo origen puede ser por diversas causas, como el agua dificulta el trabajo y disminuye la seguridad de personas y de la obra misma, es necesario tomar las debidas precauciones y protecciones. Los métodos y formas de eliminar el agua de las excavaciones pueden ser bombeo, drenaje, cunetas y otros.

En los lugares sujetos a inundaciones de aguas lluvias se debe limitar efectuar excavaciones en tiempo lluvioso. Todas las excavaciones deberán estar libres de agua antes de colocar las tuberías y colectores; bajo ningún concepto se colocarán bajo agua.

- Se entiende como excavación a máquina en tierra cuando se realicen excavaciones de zanjas usando maquinas, según el proyecto para la fundición de elementos estructurales, alojar la tubería o colectores, incluyendo las operaciones necesarias para compactar, limpiar el replantillo y taludes de las mismas, la remoción del material producto de las excavaciones y conservación de las excavaciones por el tiempo que se requiera hasta una satisfactoria colocación de la tubería. Excavación a máquina en tierra, comprenderá la remoción de todo tipo de material (sin clasificar) no incluido en las definiciones de roca, conglomerado y fango.
- Se entiende por excavación a máquina en conglomerado y roca, el trabajo de romper y desalojar con máquina fuera de la zanja los materiales mencionados. Se entenderá por conglomerado la mezcla natural formada de un esqueleto mineral de áridos de diferente granulometría y un ligante, dotada de características de resistencia y cohesión, con la presencia de bloques rocosos cuya dimensión se encuentre entre 5cm y 60cm. Se entenderá por roca todo material mineral sólido que se encuentre en estado natural en grandes masas o fragmentos con un volumen mayor de 200 dm<sup>3</sup> y, que requieren el uso de explosivos y/o equipo especial para su excavación y desalojo.

Cuando haya que extraer de la zanja fragmentos de rocas o de mamposterías, que en sitio formen parte de macizos que no tengan que ser extraídos totalmente para erigir las estructuras, los pedazos que se excaven dentro de los límites presumidos, serán considerados como roca, aunque su volumen sea menor de 200 dm<sup>3</sup>. Cuando

el fondo de la excavación, o plano de fundación tenga roca, se sobre excavará una altura conveniente y se colocará replantillo adecuado de conformidad con el criterio del ingeniero fiscalizador.

- Se entiende por excavación a máquina con presencia de agua (en fango) a la realización de zanjas usando maquinas con presencia de agua, donde la aparición de aguas pueden ser de diversos orígenes o causas. Como el agua dificulta el trabajo y disminuye la seguridad de personas y de la obra misma, es necesario tomar las debidas precauciones y protecciones. Los métodos y formas de eliminar el agua de las excavaciones pueden ser bombeo, drenaje, cunetas y otros.

En los lugares sujetos a inundaciones de aguas lluvias se debe limitar efectuar excavaciones en tiempo lluvioso. Todas las excavaciones deberán estar libres de agua antes de colocar las tuberías y colectores, bajo ningún concepto se colocarán bajo agua. Las zanjas se mantendrán secas hasta que las tuberías hayan sido completamente acopladas y en ese estado se conservarán por lo menos seis horas después de colocado el mortero y hormigón.

#### *Forma de Pago.*

El pago de la excavación, a mano o a máquina, se efectuara con la unidad de medida en metros cúbicos, con aproximación a la décima. Según los volúmenes en la obra del proyecto y las disposiciones del fiscalizador.

No se considerarán las excavaciones hechas fuera del proyecto sin la autorización debida, ni la remoción de derrumbes originados por causas imputables al constructor.

El pago se realizará por el volumen realmente excavado. Adicionalmente, se considerara las sobre excavaciones cuando éstas sean debidamente aprobadas por el fiscalizador.

#### **6.6.4. Rasanteo De Zanjas**

Es la excavación manual del fondo de la zanja para adecuar la estructura de tal manera que esta quede asentada sobre una superficie consistente y que tenga características resistentes.

El arreglo del fondo de la zanja se realizará a mano, con una profundidad mínima de 10cm, apoyando la estructura de manera adecuada, para resistir los esfuerzos exteriores,

El rasanteo se realizará de acuerdo a lo especificado en los planos de la obra.

*Forma de Pago.*

El pago se efectuara basándose en metro cuadrado con dos decimales de aproximación y se pagará de acuerdo al precio unitario estipulado en el contrato.

#### **6.6.5. Rellenos**

Es el conjunto de operaciones que deben realizarse para cerrar con materiales y técnicas apropiadas las excavaciones que se hayan realizado para alojar tuberías o estructuras auxiliares, hasta el nivel original del terreno o la calzada a nivel de subrasante sin considerar el espesor de la estructura del pavimento si existiera, o hasta los niveles determinados en el proyecto y/o las órdenes del ingeniero fiscalizador. Se incluye además los terraplenes que deben realizarse.

*Relleno:*

No se deberá proceder a efectuar ningún relleno de excavaciones sin antes obtener la aprobación del ingeniero fiscalizador, pues en caso contrario, éste podrá ordenar la total extracción del material utilizado en rellenos no aprobados por él, sin que el constructor

tenga derecho a ninguna retribución por ello. El ingeniero fiscalizador debe comprobar la pendiente y alineación del tramo.

El material y el procedimiento de relleno deben tener la aprobación del ingeniero fiscalizador. El constructor será responsable por cualquier desplazamiento de la tubería u otras estructuras, así como de los daños o inestabilidad de los mismos causados por el inadecuado procedimiento de relleno.

Las estructuras fundidas en sitio no serán cubiertas de relleno hasta que el hormigón haya adquirido la suficiente resistencia para soportar las cargas impuestas. El material de relleno no se dejará caer directamente sobre las tuberías o estructuras. Las operaciones de relleno en cada tramo de zanja serán terminadas sin demora y ninguna parte de los tramos de tubería se dejará parcialmente rellena por un largo período.

La primera parte del relleno, que debe incluir una sección de 0,10 m de espesor con el fin de ser utilizada como cama de apoyo para la tubería, se hará invariablemente empleando en ella tierra fina seleccionada, exenta de piedras, ladrillos, tejas y otros materiales duros; los espacios entre la tubería o estructuras y el talud de la zanja deberán rellenarse cuidadosamente con pala y apisonamiento suficiente hasta alcanzar un nivel de 30 cm sobre la superficie superior del tubo o estructuras; en caso de trabajos de jardinería, el relleno se hará en su totalidad con el material indicado. Como norma general, el apisonado hasta los 60 cm sobre la tubería o estructura será ejecutado cuidadosamente y con pisón de mano; de allí en adelante se podrán emplear otros elementos mecánicos, como rodillos o compactadores neumáticos.

Se debe tener el cuidado de no transitar ni ejecutar trabajos innecesarios sobre la tubería hasta que el relleno tenga un mínimo de 30 cm sobre ella o cualquier otra estructura.

Los rellenos que se hagan en zanjas ubicadas en terrenos de fuerte pendiente se terminarán en la capa superficial empleando material que contenga piedras lo suficientemente grandes para evitar el deslave del relleno motivado por el escurrimiento de las aguas pluviales, o cualquier otra protección que el fiscalizador considere conveniente. En cada caso particular el ingeniero fiscalizador dictará las disposiciones pertinentes.

La construcción de las estructuras de los pozos de revisión requeridos en la calles, incluyendo la instalación de sus cercos y tapas metálicas, deberá realizarse simultáneamente con la terminación del relleno y capa de rodadura para restablecer el servicio del tránsito lo antes posible en cada tramo.

*Compactación:*

El grado de compactación que se debe dar a un relleno, varía de acuerdo a la ubicación de la zanja; así en las calles importantes o en aquellas que van a ser pavimentadas, se requiere el 95 % del ASSHTO- T180; en calles de poca importancia o de tráfico menor y, en zonas donde no existen calles ni posibilidad de expansión de la población se requerirá el 90 % de compactación del ASSHTO-T180.

Para material cohesivo, esto es, material arcilloso, se usarán compactadores neumáticos, si el ancho de la zanja lo permite, se pueden utilizar rodillos pata de cabra. Cualquiera que sea el equipo, se pondrá especial cuidado para no producir daños en las tuberías. Con el propósito de obtener una densidad cercana a la máxima, el contenido de humedad del material de relleno debe ser similar al óptimo; con ese objeto, si el material se encuentra demasiado seco se añadirá la cantidad necesaria de agua; en caso contrario, si existiera exceso de humedad es necesario secar el material extendiéndole en capas delgadas para permitir la evaporación del exceso de agua.

En el caso de material no cohesivo se utilizará el método de inundación con agua para obtener el grado deseado de compactación; en este caso se tendrá cuidado de impedir que el agua fluya sobre la parte superior del relleno. El material no cohesivo también puede ser compactado utilizando vibradores mecánicos o chorros de agua a presión.

Una vez que la zanja haya sido rellena y compactada, el constructor deberá limpiar la calle de todo sobrante de material de relleno o cualquier otra clase de material. Si así no se procediera, el ingeniero fiscalizador podrá ordenar la paralización de todos los demás trabajos hasta que la mencionada limpieza se haya efectuado y el constructor no podrá hacer reclamos por extensión del tiempo o demora ocasionada.

*Material para relleno: excavado, de préstamo:*

En el relleno se empleará preferentemente el producto de la propia excavación, cuando éste no sea apropiado se seleccionará otro material de préstamo, con el que, previo el visto bueno del ingeniero fiscalizador, se procederá a realizar el relleno. En ningún caso el material de relleno deberá tener un peso específico en seco menor de 1600 kg/m<sup>3</sup>. El material seleccionado puede ser cohesivo, pero en todo caso cumplirá con los siguientes requisitos:

- No debe contener material orgánico.
- En el caso de ser material granular, el tamaño del agregado será menor o a lo más igual que 5cm.
- Deberá ser aprobado por el ingeniero fiscalizador.

*Forma de Pago:*

El pago se efectuara a través de la unidad de medida en metros cúbicos con dos decimales de aproximación. Para esto se cuantificaran los volúmenes colocados en las excavaciones.

Adicionalmente, El material empleado en el relleno de sobre excavación o derrumbes imputables al constructor, no será cuantificado para fines de estimación y pago.

#### **6.6.6. Acarreo y Transporte de Materiales**

##### *Acarreo de material:*

Es la operación de cargar y transportar material proveniente de las excavaciones, hasta los bancos de desperdicio o almacenamiento que se encuentren en la zona de libre colocación, que señale el proyecto y/o el ingeniero fiscalizador.

La actividad de movilizar el material producto de las excavaciones, de un sitio a otro, dentro del área de construcción de la obra y a una distancia mayor de 100m, medida desde la ubicación original del material, en el caso de que se requiera utilizar dicho material para reposición o relleno. Si el acarreo se realiza en una distancia menor a 100 m, su costo se deberá incluir en el rubro que ocasione dicho acarreo.

El acarreo se podrá realizar con carretillas, al hombro o mediante cualquier otra forma aceptable para su cabal cumplimiento.

Si existiesen zonas en el proyecto a las que no se puede llegar hasta el sitio mismo de construcción de la obra con materiales pétreos y otros, sino que deben ser descargados cerca de ésta debido a que no existen vías de acceso carrozables, el acarreo de estos materiales será considerado dentro del análisis del rubro.

El acarreo de materiales producto de las excavaciones o determinado por documentos de la obra, autorizados por la fiscalización, se deberá realizar por medio de equipo mecánico

adecuado en buenas condiciones, sin ocasionar la interrupción de tráfico de vehículos, ni causar molestias a los habitantes. Incluyen las actividades de carga, transporte y volteo.

*Forma De Pago:*

La forma de pago se efectuara de acuerdo a lo siguiente:

- El acarreo del material producto de la excavación en una distancia dentro de la zona de libre colocación se medirá para fines de pago en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) con dos decimales de aproximación, de acuerdo a los precios estipulados en el contrato, para el concepto de trabajo correspondiente.
- Por zona de libre colocación se entenderá la zona comprendida entre el área de construcción de la obra y 1 (uno) kilómetro alrededor de la misma.

*Transporte:*

Son todas las tareas que permiten llevar al sitio de obra todos los materiales necesarios la ejecución del proyecto, para los que en los planos y documentos de la obra se indicará cuales son; y el desalojo desde el sitio de obra a los lugares terminados por el fiscalizador, de todos los materiales producto de las excavaciones, que no serán aprovechados en los rellenos y deben ser retirados. Este rubro incluye: carga, transporte y volteo final.

El transporte se realizará del material autorizado por el fiscalizador y a los sitios dispuestos por la fiscalización, este trabajo se ejecutará con los equipos adecuados, y de tal forma que no cause molestias a los usuarios de las vías ni a los moradores de los sitios de acopio.

El transporte deberá hacerse a los sitios señalados y por las rutas de recorrido fijadas por el fiscalizador, si el contratista decidiera otra ruta u otro sitio de recepción de los materiales desalojados o transportados, la distancia para el pago será aquella determinada por el fiscalizador.

### *Forma de Pago.*

El pago se efectuara calculando el volumen realmente transportado, por la distancia desde el centro de gravedad del lugar de las excavaciones hasta el sitio de descarga señalado por el fiscalizador.

Para el cálculo del transporte, el volumen transportado será el realmente excavado, medido en metros cúbicos en el sitio de obra, y la distancia en kilómetros y fracción de kilómetro será la determinada por el fiscalizador en la ruta definida desde la obra al sitio de depósito.

### **6.6.7. Protección Y Entibamiento**

Protección y entibamiento son los trabajos que tienen por objeto evitar la socavación o derrumbamiento de las paredes de la excavación, e impedir o retardar la penetración del agua subterránea, sea en zanjas u otros.

El constructor deberá realizar obras de entibado, soporte provisional, bombeo, en aquellos sitios donde se encuentren estratos aluviales sueltos, permeables o deleznales, que no garanticen las condiciones de seguridad en el trabajo. Donde se localizarán viviendas cercanas, se deberán considerar las separaciones y las medidas de soporte provisionales que aseguren la estabilidad de las estructuras.

#### *Protección apuntalada:*

El objeto de colocar las tablas contra la pared es sostener la tierra e impedir que el puntal transversal se hunda en ella. El espesor y dimensiones de las tablas, así como el espaciamiento entre los puntales dependerá de las condiciones de la excavación y del

criterio de la fiscalización. Las tablas se colocan verticalmente contra las paredes de la excavación y se sostienen en esta posición mediante puntales transversales, que son ajustados en el propio lugar.

Este sistema apuntalado es una medida de precaución, útil en las zanjas relativamente estrechas, con paredes de cangahua, arcilla compacta y otro material cohesivo. No debe usarse cuando la tendencia a la socavación sea pronunciada.

Esta protección es peligrosa en zanjas donde se hayan iniciado deslizamientos, pues da una falsa sensación de seguridad.

#### *Protección en esqueleto:*

Consiste en tablas verticales, como en el anterior sistema, largueros horizontales que van de tabla a tabla y que sostienen en su posición por travesaños apretados con cuñas, si es que no se dispone de puntales extensibles, roscados y metálicos.

Esta forma de protección se usa en los suelos inseguros que al parecer solo necesitan un ligero sostén, pero que pueden mostrar una cierta tendencia a sufrir socavaciones de imprevisto.

Cuando se advierta el peligro, puede colocarse rápidamente una tabla detrás de los largueros y poner puntales transversales si es necesario. El tamaño de las piezas de madera, espaciamiento y modo de colocación, deben ser idénticos a los de una protección vertical completa, a fin de poder establecer ésta si fuera necesario.

#### *Protección en caja:*

Esta protección está formada por tablas horizontales sostenidas contra las paredes de la zanja por piezas verticales, sujetas a su vez por puntales que no se extienden a través de la

zanja. Este tipo de protección se usa en el caso de materiales que no sean suficientemente cohesivos para permitir el uso de tablonces y en condiciones que no hagan aconsejable el uso de protección vertical, que sobresale sobre el borde de la zanja mientras se está colocando. La protección en caja se va colocando a medida que avanzan las excavaciones. La longitud no protegida en cualquier momento no debe ser mayor que la anchura de tres o cuatro tablas.

*Protección vertical:*

Esta protección es el método más completo y seguro de revestimiento con madera. Consiste en un sistema de largueros y puntales transversales dispuestos de tal modo que sostengan una pared sólida y continua de planchas o tablas verticales, contra los lados de la zanja. Este revestimiento puede hacerse así completamente impermeable al agua, usando tablas machiembradas, láminas de acero, etc.

La armadura de protección debe llevar un puntal transversal en el extremo de cada larguero y otro en el centro.

Si los extremos de los largueros están sujetos por el mismo puntal transversal, cualquier accidente que desplace un larguero se transmitirá al inmediato y puede causar un desplazamiento continuo a lo largo de la zanja, mientras que un movimiento de un larguero sujeto independientemente de los demás, no tendrá ningún efecto sobre éstos.

*Forma De Pago:*

La forma de pago se realizara teniendo como unidad de medida un metro cuadrado del área colocada directamente a la superficie de la tierra, el pago se hará al constructor con los precios unitarios estipulados en el contrato.

### **6.6.8. Acero De Refuerzo**

#### *Acero en barras:*

El trabajo consiste en el suministro, transporte, corte, figurado y colocación de barras de acero, para el refuerzo de estructuras, pozos, tanques, disipadores de energía, alcantarillas, descargas, cajas de revisión, etc., de conformidad con los diseños y detalles mostrados en los planos en cada caso y/o las órdenes del ingeniero fiscalizador.

El constructor suministrará, dentro de los precios unitarios consignados en su propuesta, todo el acero en varillas necesario; estos materiales deberán ser nuevos y aprobados por el ingeniero fiscalizador de la obra. Se usarán barras redondas corrugadas con esfuerzo de fluencia de 4200kg/cm<sup>2</sup>, grado 60, de acuerdo con los planos y cumplirán las normas ASTM-A 615 o ASTM- A 617. El acero usado o instalado por el constructor sin la respectiva aprobación será rechazado.

Las distancias a que deben colocarse las varillas de acero que se indique en los planos serán consideradas de centro a centro, salvo que específicamente se indique otra cosa; la posición exacta, el traslape, el tamaño y la forma de las varillas deberán ser las que se consignan en los planos.

Antes de precederse a su colocación, las varillas de acero deberán limpiarse del óxido, polvo grasa u otras substancias y deberán mantenerse en estas condiciones hasta que queden sumergidas en el hormigón.

Las varillas deberán ser colocadas y mantenidas exactamente en su lugar, por medio de soportes, separadores, etc., preferiblemente metálicos, o moldes de hormigón simple, que no sufran movimientos durante el vaciado del hormigón hasta el vaciado inicial de éste. Se

deberá tener el cuidado necesario para utilizar de la mejor forma la longitud total de la varilla de acero de refuerzo.

A pedido del ingeniero fiscalizador, el constructor está en la obligación de suministrar los certificados de calidad del acero de refuerzo que utilizará en el proyecto, o realizará ensayos mecánicos que garanticen su calidad.

#### *Forma de Pago:*

La forma de pago se realizara teniendo en cuenta como unidad de medida el kilogramo con aproximación a la décima. Para cuantificar el acero, se verificará el acero colocado en la obra, con la respectiva planilla de aceros del plano estructural.

### **6.6.9. Encofrado y Desencofrado**

#### *Encofrado:*

Se entenderá por encofrados las formas volumétricas, que se confeccionan con piezas de madera, metálicas o de otro material resistente, para que soporten el vaciado del hormigón, con el fin de amoldarlo a la forma prevista.

#### *Desencofrado:*

Se refiere a aquellas actividades mediante las cuales se retiran los encofrados de los elementos fundidos, luego de que ha transcurrido un tiempo prudencial, y el hormigón vertido ha alcanzado cierta resistencia.

Los encofrados contruidos de madera pueden ser rectos o curvos, de acuerdo a los requerimientos definidos en los diseños finales; deberán ser lo suficientemente fuertes para resistir la presión resultante del vaciado y vibración del hormigón, estar sujetos

rígidamente en su posición correcta y lo suficientemente impermeables para evitar la pérdida de la lechada.

Los encofrados para tabiques o paredes delgadas estarán formados por tableros compuestos de tablas y bastidores o de madera contrachapada de un espesor adecuado al objetivo del encofrado, pero en ningún caso menores de 1cm.

Estos tirantes y los espaciadores de madera, que formarán el encofrado, por si solos resistirán los esfuerzos hidráulicos del vaciado y vibrado del hormigón. Los apuntalamientos y riostras servirán solamente para mantener a los tableros en su posición, vertical o no, pero en todo caso no resistirán esfuerzos hidráulicos.

Al colar hormigón contra las formas, éstas deberán estar libres de incrustaciones de mortero, lechada u otros materiales extraños que pudieran contaminar el hormigón.

Antes de depositar el hormigón, las superficies del encofrado deberán aceitarse con aceite comercial para encofrados, de origen mineral.

Los encofrados metálicos pueden ser rectos o curvos, de acuerdo a los requerimientos definidos en los diseños finales deberán ser lo suficientemente fuertes para resistir la presión resultante del vaciado y vibración del hormigón, estar sujetos rígidamente en su posición correcta y lo suficientemente impermeables para evitar la pérdida de la lechada. En caso de ser tablero metálico de tol, su espesor no debe ser inferior a 2mm.

Las formas se dejarán en su lugar hasta que la fiscalización autorice su remoción, y se removerán con cuidado para no dañar el hormigón.

La remoción se autorizará y efectuará tan pronto como sea factible; para evitar demoras en la aplicación del compuesto para sellar o realizar el curado con agua, y permitir la más pronto posible, la reparación de los desperfectos del hormigón.

Con la máxima anticipación posible para cada caso, el constructor dará a conocer a la fiscalización los métodos y material que empleará para construcción de los encofrados. La autorización previa del fiscalizador para el procedimiento del colado no relevará al constructor de sus responsabilidades en cuanto al acabado final del hormigón dentro de las líneas y niveles ordenados.

Después de que los encofrados para las estructuras de hormigón hayan sido colocados en su posición final, serán inspeccionados por la fiscalización para comprobar que son adecuados en construcción, colocación y resistencia, pudiendo exigir al constructor el cálculo de elementos encofrados que justifiquen esa exigencia.

El uso de vibradores exige el empleo de encofrados más resistentes que cuando se usan métodos de compactación a mano.

*Forma De Pago:*

La forma de pago se efectuara usando como unidad de medida el metro cuadrado, con dos decimales de aproximación. Para el pago, se cuantificara directamente en la estructura las superficies de hormigón que fueran cubiertas por las formas al tiempo que estén en contacto con los encofrados empleados. La obra falsa de madera para sustentar los encofrados estará incluida en el pago

Adicionalmente, no se medirán para efectos de pago las superficies de encofrado empleadas para confinar hormigón que debió ser vaciado directamente contra la excavación y que debió ser encofrada por causa de sobre excavaciones u otras causa

imputables al constructor, ni tampoco los encofrados empleados fuera de las líneas y niveles del proyecto.

El constructor podrá sustituir, al mismo costo, los materiales con los que está constituido el encofrado (otro material más resistente), siempre y cuando se mejore la especificación, previa la aceptación del fiscalizador

### 6.6.10. Hormigones

El hormigón es el producto que resulta de la mezcla de cemento Pórtland, agua y agregados pétreos (áridos) en proporciones adecuadas; puede tener aditivos con el fin de obtener cualidades especiales.

#### *Tipos de Hormigón:*

Los tipos de hormigón a usarse en la obra serán aquellos mencionados en los planos, especificaciones, contrato u ordenadas por el fiscalizador.

Se reconocen 3 clases de hormigón, conforme se indica a continuación:

| <b>Tipo de Hormigón</b> | <b>f 'c (Kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
|-------------------------|---------------------------------|
| HS                      | 210                             |
| HS                      | 180                             |
| HS                      | 140                             |

Tabla 20. Tipos de Hormigón<sup>33</sup>.

---

<sup>33</sup>EMAAP-Q

A continuación se establecen los usos de estos hormigones:

- El hormigón de 210 kg/cm<sup>2</sup> está destinado al uso en estructuras, pozos o tanques.
- El hormigón de 180 kg/cm<sup>2</sup> está destinado al uso en cajas de revisión domiciliarias o sumideros.
- El hormigón de 140 kg/cm<sup>2</sup> está destinado al uso en replantillos.

Las normas a seguir son las establecidas en las especificaciones del Código Ecuatoriano de la Construcción.

*Materiales para el Hormigón:*

*Cemento.*

Todo el cemento será de una calidad tal que cumpla con la norma INEN 152.

No se deberá usar cementos de diferentes marcas en una misma fundición. Se puede usar aditivos durante el proceso de fabricación del cemento, siempre que tales materiales, en las cantidades utilizadas, hayan demostrado que cumplen con los requisitos especificados en la norma INEN 1504.

Sera necesario contar con un lugar libre de humedad, seco y ventilado, para el almacenaje del cemento. El cemento no tiene que ser almacenado por largo tiempo y no debe ser afilado con más de 14 sacos uno sobre otro.

*Agregados.*

*Agregado Fino:*

Los agregados finos estarán formados por arena natural, arena de trituración (polvo de piedra) o una mezcla de ambas.

La arena deberá ser limpia, silícica (cuarzosa o granítica), de mina o de otro material inerte con características similares. La humedad del agregado no debe sobrepasar el 8 %.

Los requerimientos de granulometría deberá cumplir con la norma INEN 872: Áridos para hormigón.

El módulo de finura no será menor que 2,4 ni mayor que 3,1; una vez que se haya establecido una granulometría, el módulo de finura de la arena deberá mantenerse estable, con variaciones máximas de  $\pm 0,2$ .

*Ensayos:*

- Las exigencias de granulometría serán comprobadas por el ensayo granulométrico especificado en la norma INEN 697.
- El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo estipulado en la norma IN EN 856.
- El peso unitario del agregado se determinará de acuerdo al método de ensayo estipulado en la norma INEN 858.
- El árido fino debe estar libre de cantidades dañinas e impurezas orgánicas, para lo cual se empleará el método de ensayo INEN 855. Se rechazará todo material que produzca un color más oscuro que el patrón.

Todo el árido fino que se requiera para ensayos debe cumplir los requisitos de muestreo establecidos en la norma INEN 695.

La cantidad de sustancias perjudiciales en el árido fino no debe exceder los límites que se especifican en la norma INEN 872.

*Agregado Grueso:*

Los agregados gruesos estarán formados por grava, roca triturada o una mezcla de éstas que cumplan con los requisitos de la norma INEN 872.

El material empleado deberá ser libre de impurezas, materias orgánicas y otras sustancias perjudiciales; para este efecto se lavará perfectamente. Se recomienda no usar el ripio que tenga formas alargadas o de plaquetas.

El almacenamiento de ripio se hará dentro de tres grupos granulométricos separados, designados de acuerdo al tamaño nominal máximo del agregado y según las siguientes exigencias:

| <b>TAMIZ INEN</b>   | <b>% EN MASA QUE DEBE PASAR POR LOS TAMICES</b> |                     |                   |
|---------------------|---|---------------------|-------------------|
| Aberturas cuadradas | No.4 a 3/4"(19 mm)                              | 3/4" a 1 1/2"(38mm) | 1 1/2 a 2" (76mm) |
| 3" (76 mm )         |   |                     | 90 -100           |
| 2" (50 mm)          |   | 100                 | 20 - 55           |
| 1 1/2" (38 mm)      |   | 90 - 100            | 0-10              |
| 1" (25 mm)          | 100   | 20 - 45             | 0-5               |
| % (19mm)            | 90 -100   | 0-10                |                   |
| 3/8(10mm)           | 30-55   | 0-5                 |                   |
| No. 4(4.8mm)        | 0-5   |                     |                   |

Tabla 21. Granulometría requerida<sup>33</sup>.

En general, los agregados para el hormigón, cumplirán las exigencias granulométricas que se indican en la tabla 3 de la norma INEN 872.

*Ensayos:*

- Las exigencias de granulometrías serán comprobadas por el ensayo granulométrico INEN 696.
- El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo INEN 857.

*Agua para el hormigón:*

El agua deberá ser potable, y cumplir con la norma INEN 1108. No se permitirá agua de mar bajo ningún concepto. El agua debe ser libre de sustancias nocivas, aceites, ácidos, sales, materia orgánica, que intervengan en los procesos de hidratación del cemento.

*Aditivos:*

En el caso de usarse aditivos en el hormigón, estos deben cumplir con todos los requisitos para desarrollar especiales requeridas en obra; para ello, el uso de estos aditivos deberá ser aprobado por la parte fiscalizadora. Los aditivos que se empleen en hormigones cumplirán las siguientes normas:

- Aditivos para hormigones. Aditivos químicos. Requisitos. Norma INEN PRO 1969.
- Aditivos para hormigones. Definiciones. Norma INEN PRO 1844
- Aditivos reductores de aire. Norma INEN 191, 152

Los aditivos reductores de agua, retardadores y acelerantes deberán cumplir la "Especificación para aditivos químicos para concreto" (ASTM - C - 490) y todos los demás requisitos que ésta exige.

*Dosificación y Mezclado de Hormigón:*

Para la mezcla del hormigón se recomienda usar máquina en lo posible.

La resistencia requerida para cada tipo de hormigón deberá ser alcanzada usando varias dosificaciones, las cuales deberán ser presentadas por el Contratista, cuyos diseños serán realizados por un laboratorio de ensayo de materiales. No se permitirá ninguna fundición sin los diseños previos de un laboratorio.

La fiscalización puede ordenar la ejecución de ensayos para la comprobación de la resistencia a la compresión de los hormigones, para lo cual se ensayará las muestras a los 7 y 28 días, en muestras cilíndricas de 13.5 cm (6") de diámetro por 30.5 cm (12") de alto, de acuerdo con las especificaciones ASTM C-172, C-192, C-39.

El mezclado del hormigón deberá tener características, tales como: uniformidad, homogeneidad. Su uniformidad puede ser controlada según la especificación ASTM C-39. Su consistencia será definida por la Fiscalización, y podrá ser controlada en campo por el método Factor de Compactación de ACI, o por los ensayos de asentamiento, según ASTM C-143.

El envío de los cilindros para los ensayos, en caso de requerirse, se los hará en cajas de madera y el costo correrá a cargo del Contratista.

### *Colocación del Hormigón:*

El vaciado se realizará previa inspección y aprobación de la Fiscalización de los encofrados. Por ningún motivo el vaciado debe efectuarse en superficies inundadas.

Toda superficie sobre la cual se va a colocar hormigón o mortero fresco, deberá ser rugosa, previamente limpiada, humedecida y libre de todo material suelto indeseable.

Para la ejecución y control de los trabajos, se podrá utilizar las recomendaciones del ACI-59 o las especificaciones del ASTM.

El fiscalizador deberá ser informado por el contratista el momento en el cual el hormigón será vaciado. Todo el proceso de vaciado se realizará bajo la presencia de la Fiscalización.

Después del vaciado, el hormigón debe ser vibrado, para eliminar la acumulación de espacios vacíos y dar una mejor distribución del hormigón dentro de los encofrados. Los vibradores pueden ser de tipo eléctrico o neumático, electromagnético o mecánico, de inmersión o de superficie, etc.

No se vaciara hormigón fresco sobre otro que haya estado en posición por más de 30 minutos.

### *Curado del Hormigón:*

El constructor deberá contar con los medios necesarios para efectuar el control de la humedad, temperatura y curado del hormigón, especialmente durante los primeros días después de vaciado, a fin de garantizar un normal desarrollo del proceso de hidratación del cemento y de la resistencia del hormigón.

El curado del hormigón podrá ser efectuado siguiendo las recomendaciones del Comité 612 del ACI.

Para el curado, de manera general, se puede regar o esparcir agua sobre la superficie del hormigón ya suficientemente endurecida. El curado con agua deberá realizarse durante un tiempo mínimo de 14 días. El curado comenzará tan pronto como el hormigón haya endurecido.

*Reparaciones:*

Cualquier daño o imperfección del hormigón, deberá ser reparado por mano de obra calificada y experimentada en un lapso de 24 horas después del retiro de los encofrados. Esto se realizara bajo la aceptación de la parte fiscalizadora.

Según el caso para las reparaciones se podrá utilizar pasta de cemento, morteros, hormigones, incluyendo aditivos, tales como ligantes, acelerantes, expansores, colorantes, cemento blanco, etc. Todas las reparaciones se deberán conservar húmedas por un lapso de 5 días.

Cuando la calidad del hormigón fuere defectuosa, todo el volumen comprometido deberá reemplazarse a satisfacción del fiscalizador.

*Forma de Pago:*

La forma de pago se realizara tomando como unidad de medida un metro cubico, con dos decimales de aproximación, para ello se determinándose directamente en la obra las cantidades correspondientes. Por otro lado, las estructuras de hormigón prefabricado se medirán en unidades.

### **6.6.11. Juntas De Construcción**

Se entenderá por juntas de PVC, la cinta de ancho indicado en los planos y que sirve para impermeabilizar aquel plano de unión que forman dos hormigones que han sido vertidos en diferentes tiempos, que pertenecen a la misma estructura, y además tienen que formar un todo monolítico.

Las juntas de PVC serán puestas en los sitios y forma que indique los planos del proyecto y/o la fiscalización. Los planos que formen las juntas de PVC estarán colocados en los puntos de mínimo esfuerzo cortante.

#### *Forma de Pago:*

La forma de pago se realizará teniendo en cuenta como unidad de medida un metro lineal, con una aproximación de dos decimales; para ello, las cantidades se determinaran de manera directa en la obra.

El área de empate entre la estructura antigua y la nueva se medirá en metros cuadrados, con dos decimales de aproximación.

### **6.6.13. Morteros**

Es la mezcla homogénea de cemento, arena y agua en proporciones adecuadas.

Los componentes de los morteros se medirán por volumen mediante recipientes especiales de capacidad conocida.

Se mezclarán convenientemente hasta que el conjunto resulte homogéneo en color y plasticidad, tenga consistencia normal y no haya exceso de agua.

El mortero podrá prepararse a mano o con hormigonera, según convenga de acuerdo con el volumen que se necesita.

Para la preparación a mano, la arena y el cemento, en las proporciones indicadas, se mezclarán en seco hasta que la mezcla adquiera un color uniforme, agregándose después la cantidad de agua necesaria para formar una pasta trabajable.

Para la preparación del mortero en la hormigonera, se tendrá una duración mínima de mezclado de 1 ½ minutos. El mortero de cemento debe ser usado inmediatamente después de preparado, por ningún motivo debe usarse después de 40 minutos de preparado, ni tampoco rehumedecido, mucho menos de un día para otro.

#### *Dosificación:*

La dosificación de los morteros varía de acuerdo a las necesidades siguientes:

- a. Masilla de dosificación 1:0, utilizada regularmente para alisar los enlucidos de todas las superficies en contacto con el agua.
- b. Mortero de dosificación 1:2, utilizado regularmente en enlucidos de obras de captación, superficies bajo agua, enlucidos de base y zócalos de pozos de revisión, con impermeabilizante para enlucidos de fosas de piso e interiores de paredes de tanques.
- c. Mortero de dosificación 1:3, utilizado regularmente en enlucidos de superficie en contacto con el agua, exteriores de paredes de tanques.
- d. Mortero de dosificación 1:6, utilizado regularmente para mamposterías sobre el nivel de terreno y enlucidos generales de paredes.
- e. Mortero de dosificación 1:7, utilizado regularmente para mamposterías de obras provisionales.

*Forma de Pago:*

La forma de pago se efectuara tomando como unidad de medida un metro cúbico, con dos decimales de aproximación. Para ello, las cantidades serán cuantificadas de manera directa en la obra y en base de lo indicado en el proyecto y las órdenes del fiscalizador.

**6.6.14. Rótulos Y Señales**

Al iniciar el proyecto es importante que el contratista coloque un letrero para identificación de la obra, el diseño de este lo determinara el Municipio Metropolitano de Quito.

El letrero será de tol recubierto con pintura anticorrosiva y esmalte de colores, asegurado a un marco metálico; será construido en taller y se sujetará a las especificaciones de trabajos en metal y pintura existentes para el efecto, y a entera satisfacción del fiscalizador.

El rotulo deberá ser colocado en un lugar visible y que no interfiera al tránsito vehicular ni peatonal.

*Forma de Pago:*

La forma de pago se efectuara tomando como unidad de medida un metro cuadrado, con aproximación de un decimal. Incluirá la instalación.

**6.6.15. Peldaños**

Se entenderá por estribo o peldaño de hierro, el conjunto de operaciones necesarias para cortar, doblar, formar ganchos a las varillas de acero y luego colocarlas en las paredes de las estructuras de sistemas de alcantarillado, con la finalidad de tener acceso a ellos.

El constructor suministrará, dentro de los precios unitarios consignados en su propuesta, todo el acero en varillas necesario y de la calidad estipulada en los planos; estos materiales deberán ser nuevos y aprobados por el ingeniero fiscalizador de la obra. El acero usado o instalado por el constructor sin la respectiva aprobación será rechazado.

El acero deberá ser doblado en forma adecuada y en las dimensiones que indiquen los planos, previamente a su empleo en las estructuras de tanques, cámaras o pozos.

Las distancias a que deben colocarse los estribos de acero será las que se indique en los planos, la posición exacta, el traslape, el tamaño y la forma de las varillas deberán ser los que se consignan en los planos.

Los estribos de hierro deberán limpiarse del óxido, polvo grasa u otras sustancias, antes de su colocación, y deberán mantenerse en estas condiciones hasta que queden empotrados en la pared de hormigón del pozo.

#### *Forma de Pago:*

El pago se efectuara tomando como unidad de medida a la unidad. De acuerdo con los precios unitarios estipulados en el contrato.

### **6.6.16. Trabajos Finales**

El trabajo de limpieza final de obra consiste en la eliminación de basura, escombros y materiales sobrantes de la construcción en toda el área, dentro de los límites de la obra.

La limpieza final de la obra se llevará a cabo con el equipo adecuado a las condiciones particulares del terreno, lo cual deberá decidirse de común acuerdo con el fiscalizador.

No se permitirá la quema de la basura, los restos de materiales y residuos producto de las obras deberán ser dispuestos en sitios aprobados por El Municipio de Quito y conforme con la fiscalización.

*Forma De Pago:*

El pago se efectuara tomando como unidad de medida un metro cuadrado con aproximación de dos decimales. Los precios estarán establecidos en el contrato.

### **6.6.17. Suministro, Instalación De Tubería Plástica PVC de Alcantarillado**

Comprende el suministro, instalación y prueba de la tubería plástica para alcantarillado, la cual corresponde a conductos circulares provistos de un empalme adecuado, que garantice la hermeticidad de la unión, para formar en condiciones satisfactorias una tubería continua.

La tubería plástica a suministrar deberá cumplir con las siguientes normas:

- INEN 2059 segunda revisión "tubos de PVC rígido de pared estructurada e interior lisa y accesorios para alcantarillado"

Requisitos. El oferente presentará su propuesta para la tubería plástica, siempre sujetándose a la NORMA INEN 2059 SEGUNDA REVISIÓN, tubería de pared estructurada, en función de cada serie y diámetro, a fin de facilitar la construcción de las redes y permitir optimizar el mantenimiento del sistema de alcantarillado.

La superficie interior de la tubería deberá ser lisa. En el precio de la tubería a ofertar se deberán incluir las uniones correspondientes.

### *Instalación y Prueba de la Tubería Plástica.*

Se refiere a todas las operaciones que debe realizar el constructor, para instalar la tubería y luego probarla, a satisfacción de la fiscalización.

Entiéndase por tubería de plástico todas aquellas tuberías fabricadas con un material que contiene como ingrediente principal una sustancia orgánica de gran peso molecular. La tubería plástica de uso generalizado se fabrica de materiales termoplásticos.

Dada la poca resistencia relativa de la tubería plástica contra impactos, esfuerzos internos y aplastamientos, es necesario tomar ciertas precauciones durante el transporte y almacenaje.

Las pilas de tubería plástica deberán colocarse sobre una base horizontal durante su almacenamiento, y se las hará de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. La altura de las pilas y en general la forma de almacenamiento será la que recomiende el fabricante.

Debe almacenarse la tubería de plástico en los sitios que autorice el ingeniero fiscalizador de la obra, de preferencia bajo cubierta, o protegida de la acción directa del sol o recalentamiento.

No se deberá colocar ningún objeto pesado sobre la pila de tubos de plástico.

Dado el poco peso y gran manejabilidad de las tuberías plásticas, su instalación es un proceso rápido. A fin de lograr el acoplamiento correcto de los tubos para los diferentes tipos de uniones, se tomará en cuenta lo siguiente:

#### *Uniones soldadas con solventes:*

Las tuberías de plástico de espiga y campana se unirán por medio de la aplicación de una capa delgada del pegante suministrado por el fabricante.

Se limpian primero las superficies de contacto con un trapo impregnado con solvente y se las lija, luego se aplica una capa delgada de pegante, mediante una brocha o espátula. Dicho pegante deberá ser uniformemente distribuido eliminando todo exceso, si es necesario se aplicarán dos o tres capas. A fin de evitar que el borde liso del tubo remueva el pegante en el interior de la campana formada, es conveniente preparar el extremo liso con un ligero chaflán. Se enchufa luego el extremo liso en la campana dándole una media vuelta aproximadamente, para distribuir mejor el pegante. Esta unión no deberá ponerse en servicio antes de las 24 horas de haber sido confeccionada.

*Uniones de sello elastomérico:*

Consisten en un acoplamiento de un manguito de plástico con ranuras internas para acomodar los anillos de caucho correspondientes. La tubería termina en extremos lisos provistos de una marca que indica la posición correcta del acople.

Se coloca primero el anillo de caucho dentro del manguito de plástico en su posición correcta, previa limpieza de las superficies de contacto. Se limpia luego la superficie externa del extremo del tubo, aplicando luego el lubricante de pasta de jabón o similar.

Se enchufa la tubería en el acople hasta más allá de la marca. Después se retira lentamente las tuberías hasta que la marca coincide con el extremo del acople.

*Uniones con adhesivos especiales:*

Deben ser los recomendados por el fabricante y garantizarán la durabilidad y buen comportamiento de la unión.

La instalación de la tubería de plástico, dado su poco peso y fácil manejabilidad, es un proceso relativamente sencillo.

*Procedimiento de instalación:*

Las tuberías serán instaladas de acuerdo a las alineaciones y pendientes indicadas en los planos. Cualquier cambio deberá ser aprobado por el ingeniero fiscalizador.

La pendiente se dejará marcada en estacas laterales 1,00m fuera de la zanja, o con el sistema de dos estacas, una a cada lado de la zanja, unidas por una pieza de madera rígida y clavada horizontalmente de estaca a estaca y perpendicular al eje de la zanja.

La instalación de la tubería se hará de tal manera que en ningún caso se tenga una desviación mayor a 5,0 milímetros, de la alineación o nivel del proyecto. Cada pieza deberá tener un apoyo seguro y firme en toda su longitud, de modo que se colocará de tal forma que descansa en toda su superficie el fondo de la zanja, que se lo prepara previamente utilizando una cama de material granular fino, preferentemente arena. No se permitirá colocar los tubos sobre piedras, calzas de madera y/o soportes de cualquier otra índole.

La instalación de la tubería se comenzará por la parte inferior de los tramos y se trabajará hacia arriba, de tal manera que la campana quede situada hacia la parte más alta del tubo.

Los tubos serán cuidadosamente revisados antes de colocarlos en la zanja, rechazándose los deteriorados por cualquier causa.

Entre dos bocas de visita consecutivas la tubería deberá quedar en alineamiento recto, a menos que el tubo sea visitable por dentro o que vaya superficialmente, como sucede a veces en los colectores marginales.

No se permitirá la presencia de agua en la zanja durante la colocación de la tubería para evitar que flote o se deteriore el material pegante:

a) Adecuación del fondo de la zanja.

A costo del contratista, el fondo de la zanja en una altura no menor a 10cm en todo su ancho, debe adecuarse utilizando material granular fino, por ejemplo arena.

b) Juntas.

Las juntas de las tuberías de plástico serán las que se indica en la NORMA INEN 2059.- SEGUNDA REVISIÓN. El oferente deberá incluir en el costo de la tubería el costo de la junta que utilice para unir la tubería.

El interior de la tubería deberá quedar completamente liso y libre de suciedad y materias extrañas. Las superficies de los tubos en contacto deberán quedar rasantes en sus uniones. Cuando por cualquier motivo sea necesaria una suspensión de trabajos, deberá corcharse la tubería con tapones adecuados.

Una vez terminadas las juntas con pegamento, éstas deberán mantenerse libres de la acción perjudicial del agua de la zanja hasta que haya secado el material pegante; así mismo se las protegerá del sol.

A medida que los tubos plásticos sean colocados, será puesto a mano suficiente relleno de material fino compactado a cada lado de los tubos para mantenerlos en el sitio y luego se realizará el relleno total de las zanjas según las especificaciones respectivas.

Cuando por circunstancias especiales, en el lugar donde se construya un tramo de alcantarillado esté la tubería a un nivel inferior del nivel freático, se tomarán cuidados especiales en la impermeabilidad de las juntas, para evitar la infiltración y la exfiltración.

La impermeabilidad de los tubos plásticos y sus juntas, serán probados por el constructor en presencia del ingeniero fiscalizador y según lo determine este último, en una de las dos formas siguientes:

Las juntas en general, cualquiera que sea la forma de empate, deberán llenar los siguientes requisitos:

- Impermeabilidad o alta resistencia a la filtración para lo cual se harán pruebas cada tramo de tubería entre pozo y pozo de visita, cuando más.
- Resistencia a la penetración, especialmente de las raíces.
- Resistencia a roturas.
- Posibilidad de poner en uso los tubos, una vez terminada la junta.
- Resistencia a la corrosión especialmente por el sulfuro de hidrógeno y por los ácidos.
- No deben ser absorbentes.
- Economía de costos de mantenimiento.

*Prueba Hidrostática Accidental:*

Esta prueba consistirá en dar a la parte más baja de la tubería, una carga de agua que no excederá de un tirante de 2 m. Se hará anclando con relleno de material producto de la excavación, la parte central de los tubos y dejando completamente libre las juntas de los mismos. Si las juntas están defectuosas y acusaran fugas, el constructor procederá a descargar las tuberías y rehacer las juntas defectuosas. Se repetirán estas pruebas hasta que no existan fugas en las juntas y el ingeniero fiscalizador quede satisfecho. Esta prueba hidrostática accidental se hará solamente en los casos siguientes:

Cuando el ingeniero fiscalizador tenga sospechas fundadas de que las juntas están defectuosas.

Cuando el ingeniero fiscalizador, reciba provisionalmente, por cualquier circunstancia un tramo existente entre pozo y pozo de visita.

Cuando las condiciones del trabajo requieran que el constructor rellene zanjas en las que, por cualquier circunstancia, se puedan ocasionar movimientos en las juntas; en este último caso el relleno de las zanjas servirá de anclaje de la tubería.

*Prueba Hidrostática Sistemática:*

Esta prueba se hará en todos los casos en que no se haga la prueba accidental. Consiste en vaciar, en el pozo de visita aguas arriba del tramo por probar, el contenido de 5 m<sup>3</sup> de agua, que desagüe al mencionado pozo de visita con una manguera de 15cm (6") de diámetro, dejando correr el agua libremente a través del tramo a probar. En el pozo de visita aguas abajo, el contratista colocará una bomba para evitar que se forme un tirante de agua. Esta prueba tiene por objeto comprobar que las juntas estén bien hechas, ya que de no ser así presentarían fugas en estos sitios. Esta prueba debe hacerse antes de rellenar las zanjas. Si se encuentran fallas o fugas en las juntas al efectuar la prueba, el constructor procederá a reparar las juntas defectuosas, y se repetirán las pruebas hasta que no se presenten fallas y el ingeniero fiscalizador apruebe.

El ingeniero fiscalizador solamente recibirá del constructor tramos de tubería totalmente terminados entre pozo y pozo de visita o entre dos estructuras sucesivas que formen parte del alcantarillado; habiéndose verificado previamente la prueba de permeabilidad y comprobado que la tubería se encuentra limpia, libre de escombros u obstrucciones en toda su longitud.

*Forma de Pago:*

La forma de pago se efectuara tomando como unidad de medida un metro lineal, con dos decimales de aproximación. Su pago se realizará a los precios estipulados en el contrato. Se considerara la tubería que haya sido aprobada por la fiscalización.

**6.6.18. Suministro, Instalación Accesorios PVC Tubería Alcantarillado**

Se refiere a la instalación de los accesorios de PVC para tuberías de alcantarillado, los mismos que se denominan sillas, silletas, monturas o galápagos. Las silletas son aquellos accesorios que sirven para realizar la conexión de la tubería domiciliaria con la tubería matriz.

Las sillas a utilizar deberán cumplir con las siguientes normas:

INEN 2059 SEGUNDA REVISIÓN "tubos de PVC rígido de pared estructurada e interior lisa y accesorios para alcantarillado"

La inclinación de los accesorios entre 45 y 90° dependerá de la profundidad a la que esté instalada la tubería.

*Forma de Pago:*

El pago se efectuara tomando en cuenta como unidad de medida la unidad, incluyendo el suministro. Las cantidades determinadas serán pagadas a los precios contractuales para el rubro que conste en el contrato.

### **6.6.19. Construcción De Pozos De Revisión**

Pozos de revisión son las estructuras diseñadas y destinadas para permitir el acceso al interior de las tuberías o colectores de alcantarillado, especialmente para limpieza, incluye material, transporte e instalación.

Los pozos de revisión serán construidos en donde señalen los planos y/o el ingeniero fiscalizador durante el transcurso de la instalación de tuberías o Construcción de colectores.

Los pozos de revisión se construirán de acuerdo a los planos del proyecto, tanto los de diseño común como los de diseño especial que incluyen a aquellos que van sobre los colectores

La construcción de la cimentación de los pozos de revisión deberá hacerse previamente a la colocación de la tubería o colector, para evitar que se tenga que excavar bajo los extremos.

Todos los pozos de revisión deberán ser construidos en una fundación adecuada, de acuerdo a la carga que estos producen y de acuerdo a la calidad del terreno soportante.

Se usarán para la construcción los planos de detalle existentes. Cuando la subrasante está formada por material poco resistente, será necesario renovarla y reemplazarla por material granular, o con hormigón de espesor suficiente para construir una fundación adecuada en cada pozo.

Los pozos de revisión serán construidos de hormigón simple  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y de acuerdo a los diseños del proyecto. En la planta de los pozos de revisión se realizarán los canales de media caña correspondientes, debiendo pulirse y acabarse perfectamente de acuerdo con los planos. Los canales se realizarán con uno de los procedimientos siguientes:

- Al hacerse el fundido del hormigón de la base se formarán directamente las "medias cañas", mediante el empleo de cerchas.
- Se colocarán tuberías cortadas a "media caña" al fundir el hormigón, para lo cual se continuarán dentro del pozo los conductos de alcantarillado, colocando después del hormigón de la base, hasta la mitad de los conductos del alcantarillado, cortándose la mitad superior de los tubos después de que se endurezca suficientemente el hormigón. La utilización de este método no implica el pago adicional de longitud de tubería.

Para la construcción, los diferentes materiales se sujetarán a lo especificado en los numerales correspondientes de estas especificaciones y deberá incluir en el costo de este rubro los siguientes materiales: hierro, cemento, agregados, agua, encofrado del pozo, cerco y tapa de hierro fundido.

Se deberá dar un acabado liso a la pared interior del pozo, en especial al área inferior ubicada hasta un metro del fondo.

Para el acceso por el pozo se dispondrá de estribos o peldaños formados con varillas de hierro de 16mm de diámetro, con recorte de aleta en las extremidades para empotrarse, en una longitud de 20cm y colocados a 40cm de espaciamiento; los peldaños irán debidamente empotrados y asegurados formando un saliente de 15cm por 30cm de ancho, deberán ser pintados con dos manos de pintura anticorrosiva y deben colocarse en forma alternada.

La construcción de los pozos de revisión incluye la instalación del cerco y la tapa. Los cercos y tapas pueden ser de hierro fundido u hormigón armado.

Los cercos y tapas de hierro fundido cumplirán con la Norma ASTM-C48 tipo C.

La armadura de las tapas de hormigón armado estará de acuerdo a los respectivos planos de detalle y el hormigón será de  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ .

La construcción del pozo incluye: losa de fondo, paredes, estribos, cerco y tapa de hierro fundido.

La altura que se indica en estas especificaciones corresponde a la altura libre del pozo.

*Forma de Pago:*

El pago se efectuara tomando en cuenta la unidad de medida a la unidad. Para el pago se determinara el número construido de acuerdo al proyecto y órdenes del ingeniero fiscalizador, de conformidad a los diversos tipos y profundidades. El pago se hará con los precios unitarios estipulados en el contrato.

### **6.6.20. Construcción De Conexiones Domiciliarias**

La construcción de conexiones domiciliarias es el conjunto de acciones que debe ejecutar el constructor para poner en obra la caja de revisión que se unirá con una tubería a la red de alcantarillado sanitario y al conjunto de acciones que debe ejecutar el constructor para poner en obra la caja de revisión que se unirá con una tubería a la red de alcantarillado pluvial.

Las cajas domiciliarias sanitarias deberán ser independientes de las cajas domiciliarias pluviales.

Las cajas domiciliarias serán de hormigón simple de  $180\text{ kg/cm}^2$  y de profundidad variable de 0,60 m a 1,50 m se colocarán a 1 m de distancia frente a todo lote, en la mitad de la longitud de su flanco frontal, debido a que en el caso del recinto 29 de Septiembre es

imposible otra ubicación ya que la mayoría de lotes alojan edificaciones que han ocupado tanto los retiros laterales como el frontal, lo que imposibilita colocar las cajas domiciliarias dentro del lote.

La posición de las cajas domiciliarias en casos especiales puede ser definida o variada con el criterio técnico del ingeniero fiscalizador. Las cajas domiciliarias frente a los predios sin edificar se dejarán igualmente a la profundidad adecuada, y la guía que sale de la caja de revisión se taponará con bloque o ladrillo y un mortero pobre de cemento Pórtland.

Cada propiedad deberá tener una acometida propia al alcantarillado, con caja de revisión y tubería con un diámetro mínimo del ramal de 110mm al ser caja domiciliaria sanitaria y de 160mm al tratarse de caja domiciliaria pluvial. Cuando por razones topográficas sea imposible garantizar una salida independiente al alcantarillado, se permitirá para uno o varios lotes que por un mismo ramal auxiliar, éstos se conecten a la red.

Los tubos de conexión deben ser enchufados a las cajas domiciliarias de hormigón simple, en ningún punto el tubo de conexión sobrepasará las paredes interiores, para permitir el libre curso del agua.

Una vez que se hayan terminado de instalar las tuberías y accesorios de las conexiones domiciliarias, con la presencia del fiscalizador, se harán las pruebas correspondientes de funcionamiento y la verificación de que no existan fugas.

#### *Forma de Pago:*

La forma de pago se efectuara considerando como unidad de medida una unidad.

### **6.6.21. Construcción Sumideros De Calzada**

Sumideros de calzada es un estructura que permite la concentración y descarga del agua lluvia a la red de alcantarillado. El constructor deberá realizar todas las actividades para construir dichas estructuras, de acuerdo con los planos de detalle y en los sitios que indique el proyecto y/u ordene el ingeniero fiscalizador, incluye suministro, transporte e instalación.

Los sumideros de calzada para aguas lluvias serán construidos en los lugares señalados en los planos y de acuerdo a los perfiles longitudinales transversales y planos de detalles; estarán localizados en la parte más baja de la calzada favoreciendo la concentración de aguas lluvias en forma rápida e inmediata.

Los sumideros de calzada irán localizados en la calzada propiamente dicha, junto al bordillo o cinta gotera y generalmente al iniciarse las curvas en las esquinas.

Los sumideros se conectarán directamente a los pozos de revisión y únicamente en caso especial o detallado en los planos a la tubería. El tubo de conexión deberá quedar perfectamente recortado en la pared interior del pozo formando con este una superficie lisa.

Para el enchufe en el pozo no se utilizarán piezas especiales y únicamente se realizará el orificio en el mismo, a fin de obtener el enchufe mencionado.

La conexión del sumidero al pozo será mediante tubería de 315 mm de diámetro. En la instalación de la tubería se deberá cuidar que la pendiente no sea menor del 2% ni mayor del 20%.

El cerco y rejilla se asentarán en los bordes del sumidero utilizando mortero cemento arena 1:3 Se deberá tener mucho cuidado en los niveles de tal manera de obtener superficies lisas en la calzada.

*Rejilla:*

De acuerdo con los planos de detalle, las rejillas deben tener una sección de 0,60 m x 1,00m , las rejillas se colocarán sujetas al cerco mediante goznes de seguridad con pasadores de  $d=1,60\text{cm}$  puestos a presión a través de los orificios dejados en el cerco.

La fundición de hierro gris será de buena calidad, de grano uniforme, sin protuberancias, cavidades, ni otros defectos que interfieran con su uso normal. Todas las piezas serán limpiadas antes de su inspección y luego cubiertas por una capa gruesa de pintura bitumástica uniforme, que en frío de una consistencia tenaz y elástica (no vidriosa).

La fundición de los cercos y rejillas de hierro fundido para alcantarillado debe cumplir con la Norma ASTM A 48.

*Forma de Pago:*

El pago se efectuara tomando como unidad de medida la unidad. Pare ello, se determinará en obra el número de sumideros construidos de acuerdo a los planos y/o órdenes del fiscalizador.

### **6.6.22. Tapas Y Cercos**

Se entiende por colocación de cercos y tapas, al conjunto de operaciones necesarias para poner en obra, las piezas especiales que se colocan como remate de los pozos de revisión, a nivel de la calzada.

Los cercos y tapas para los pozos de revisión pueden ser de hierro fundido y de hormigón armado; su localización y tipo a emplear se indican en los planos respectivos.

Los cercos y tapas de hierro fundido para pozos de revisión deberán cumplir con la Norma ASTM-A48. La fundición de hierro gris será de buena calidad, de grano uniforme, sin protuberancias, cavidades, ni otros defectos que interfieran con su uso normal. Todas las piezas serán limpiadas antes de su inspección y luego cubiertas por una capa gruesa de pintura bitumástica uniforme, que dé en frío una consistencia tenaz y elástica (no vidriosa); llevarán las marcas ordenadas para cada caso.

Las tapas de hormigón armado deben ser diseñadas y construidas para el trabajo al que van a ser sometidas, el acero de refuerzo será de resistencia  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  y el hormigón mínimo de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Los cercos y tapas deben colocarse perfectamente nivelados con respecto a pavimentos y aceras; serán asentados con mortero de cemento-arena de proporción 1 :3.

#### *Forma de Pago:*

El pago se efectuara tomando en cuenta como unidad de medida a la unidad, determinándose su número en obra y de acuerdo con el proyecto y/o las órdenes del fiscalizador.

### **6.6.23. Empates**

La construcción de empate a colector es el conjunto de acciones que debe ejecutar el constructor, para hacer la perforación en el colector a fin de enchufar la tubería de los servicios domiciliarios y de los sumideros.

Se entiende por construcción de empate a tubería, al conjunto de acciones que debe ejecutar el constructor, para hacer la perforación en la tubería a fin de enchufar la tubería de los servicios domiciliarios y de los sumideros.

Se entiende por construcción de empate a pozo, al conjunto de acciones que debe ejecutar el constructor, para hacer la perforación en pozos a fin de enchufar la tubería de los servicios domiciliarios y de los sumideros.

Los tubos de conexión deben ser enchufados al colector o tubería, de manera que la corona del tubo de conexión quede por encima del nivel máximo de las aguas que circulan por el canal central. En ningún punto el tubo de conexión sobrepasará las paredes del colector al que es conectado, para permitir el libre curso del agua. Se emplearán las piezas especiales que se necesiten para realizar el empate.

*Forma de Pago:*

El pago se efectuara considerando como unidad de medida a la unidad. Para ello, se determinará directamente en la obra el número de empates hechos por el constructor.

#### **6.6.24. Mantenimiento**

Es el conjunto de acciones que deberá realizar el Municipio Quito o la entidad encargada de dicha actividad para conservar en buenas condiciones el sistema de alcantarillado diseñado.

Debido al bajo caudal que el sistema presenta en algunos sectores del recinto, ciertos tramos de la red presentan velocidades inferiores a 0.30 m/s, lo cual no permite que el flujo por su propia acción genere una labor de autolimpieza. Por esto, la entidad encargada de

mantener la red deberá, tras la verificación de velocidades existentes en planos, determinar los tramos de tubería que requieren de aumentos de caudales periódicos que aseguren la limpieza y buen funcionamiento de las tuberías mediante el método que la mencionada empresa estime conveniente.

Los períodos de tiempo que deben transcurrir entre mantenimiento y mantenimiento estarán relacionados al sistema que la empresa elija para cumplir el propósito ya expuesto.

*Forma de Pago:*

La medición del trabajo de mantenimiento estará en relación directa al sistema elegido por la entidad ejecutora de dicha acción para cumplir el mencionado propósito.

#### **6.6.25. Medidas Para Control De Polvo**

Consiste en la aplicación de agua como paliativo para controlar el polvo que se producirá por la construcción de la obra, por el tráfico público que transita por el proyecto, etc.

El agua será distribuida de modo uniforme por un carro cisterna el cual irá a una velocidad máxima de 5 km/h equipado con un sistema de rociador a presión. La hora de aplicación será determinada de acuerdo con el grado de afectación, el cual se establecerá en obra.

Para evitar la generación de polvo al transportar material producto de excavaciones, movimiento de tierra, movimiento de escombros, construcción de la red y sus estructuras, se cubrirá con lona el material transportado por los volquetes.

Se ejecutará este procedimiento mientras dure la obra, especialmente el movimiento de tierra y escombros.

*Forma de Pago:*

La unidad de medida para el pago será un metro cubico. Para el pago se tomara en cuenta los precios que consten en el contrato.

### **6.6.26. Medidas Para La Prevención Y Control De Contaminación Del Aire**

Establece pautas para prevenir y controlar los efectos ambientales negativos que se generan por efecto de las emisiones de gases contaminantes producidos por la maquinaria, equipos a combustión y vehículos de transporte pesado, que son utilizados para la ejecución del proyecto.

El contratista está obligado a controlar las emisiones de humos y gases mediante un adecuado mantenimiento de sus equipos y maquinaria propulsados por motores de combustión interna.

*Forma de Pago:*

Los trabajos que deban realizarse dentro de esta medida, por su naturaleza, no se pagarán en forma directa, sino que se consideran en los rubros del contrato.

### **6.6.27. Medidas Para La Prevención Y Control De Ruidos Y Vibraciones**

El ruido es todo sonido indeseable percibido por el receptor y que al igual que las vibraciones puede generar repercusiones en la salud humana y también en la fauna que habita en el sector y animales domésticos.

Por orden del fiscalizador, la maquinaria, equipos y vehículos de transporte que genere ruidos superiores a 75db, deben ser movilizados desde los sitios de obra a los talleres para ser reparados y solo retornar una vez que se cumpla la norma.

*Forma de Pago:*

Estos trabajos no serán medidos ni pagados, dado que está bajo responsabilidad del contratista el mantenimiento y buen estado en lo que respecta al funcionamiento de sus equipos y maquinaria.

### **6.6.28. Medidas en Construcción o Adecuación de Campamento y Talleres**

Este rubro comprende las construcciones provisionales y obras conexas que el contratista debe realizar con el fin de proporcionar alojamiento y facilidades para el desempeño del personal que ejecuta la obra.

En el campamento y taller de máquinas deben amoblarse: oficina, bodegas, vivienda ocasional para porteros y guardianes, sitios de primeros auxilios, etc.

El campamento deberá estar provisto de instalaciones sanitarias básicas como son, agua potable, servicios sanitarios, duchas, energía eléctrica; se debe proveer un sitio cómodo para cuidar la salud de los trabajadores.

El campamento debe estar ubicado en el sitio mismo del proyecto, este campamento debe ser de fácil desmontaje.

*Forma de Pago:*

Los trabajos descritos en esta sección se medirán por unidad completa o sea los montos globales incluidos en el Contrato.

## CAPITULO VII

### 7. Presupuesto y Cronograma de Ejecución de la Obra<sup>34</sup>

#### 7.1 Precios Unitarios

Se refiere al pago que el contratante reconocerá al contratista por unidad de medida. Este pago corresponde por todas las operaciones mecánicas, manuales e incluido materiales para poder ejecutar la obra. Estos precios están conformados por costos directos y costos indirectos.

##### *Costos Directo:*

Aquellos gastos que involucran mano de obra, materiales, equipo y transporte para la ejecución de un trabajo en la obra.

##### *Costos indirectos:*

Aquellos gastos que no intervienen dentro de los costos directos, pero que son indispensables dentro de los precios unitarios y son necesarios en toda empresa. Es el costo adicional al costo directo, esto es, es la suma total de los gastos y beneficios que se agregan al costo directo, no contenido en éste, hasta integrar el precio total de venta.

#### 7.2. Análisis de Precios Unitarios

El análisis de precios unitarios es la evaluación de cada componente de una obra, que refleja la experiencia y criterios del ingeniero. El análisis consiste en desglosar en tres 4

---

<sup>34</sup> Cámara de la Construcción de Quito. Manual de Costos de la Construcción. Agosto 2010

grandes grupos, Materiales, Equipos, Mano de Obra y Transporte (Además de agregar los Costos Administrativos y la Utilidad Empresarial).

A continuación se presentan los análisis de precios del proyecto de alcantarillado sanitario y pluvial de la Urbanización San Emilio.

















































































### **7.3. Presupuesto de la Obra.**

#### **7.3.1 Costo de la Obra.**

Los costos de la obra se refieren a los valores de inversión que se realiza para obtener la adecuada ejecución de una obra hasta su finalización, desarrollándose en un determinado tiempo y dentro de un marco legal. Es el costo neto de reconstrucción.

#### **7.3.2. Precio de la Obra.**

El precio de la obra se refiere al valor de venta de la misma. Este valor es igual al costo de la obra adicionando costos indirectos y márgenes de utilidad.

## PRESUPUESTO DE LA OBRA.

## Alcantarillado Sanitario “Urbanización San Emilio”

| CANTIDADES Y PRECIOS  |        |          |              |                  |
|---|--------|----------|--------------|------------------|
| ALCANTARILLADO SANITARIO  |        |          |              |                  |
| DESCRIPCION   | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO  | TOTAL            |
| Limpieza y Desbroce   | m2     | 1406,29  | 0,88         | 1237,54          |
| Replanteo y Nivelación de Estructuras                               | m2     | 17,59    | 1,24         | 21,81            |
| Replanteo y Nivelación de Zanja                                     | m      | 1757,866 | 1,24         | 2179,75          |
| Tubería Plástica Alcantarillado 160 mm                              | m      | 937,976  | 24,01        | 22520,80         |
| Tubería Plástica Alcantarillado 200 mm                              | m      | 819,89   | 33,38        | 27367,93         |
| Silla yee 200 x160 mm de PVC  | u      | 138      | 35,03        | 4834,14          |
| Pozo revisión fi = 90 m H.S. h= 1.20 - 2.25                         | u      | 16       | 707,34       | 11317,44         |
| Excavación de zanja a maquina h= 0.00 - 2.75m                       | m3     | 983,868  | 2,4          | 2361,28          |
| Excavación de zanja a mano h= 0.00 - 2.75m                          | m3     | 497,1075 | 6,79         | 3375,36          |
| Encamado tuberías material fino                                     | m3     | 140,6293 | 14,78        | 2078,50          |
| Relleno Compactado (Mat. De Excavación)                             | m3     | 1189,877 | 4,21         | 5009,38          |
| Entibado (apuntalamiento zanja)                                     | m2     | 2459,67  | 20,32        | 49980,49         |
| Rasanteo de Zanja a Mano  | m2     | 793,2512 | 0,84         | 666,33           |
| Cajas de revisión 0.60 x 0.60 con tapa H.A.                         | u      | 248      | 113,8        | 28222,40         |
| Hormigón Simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$                         | m3     | 51,03934 | 118,62       | 6054,29          |
| Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (corte y colocación) | kg     | 491,69   | 1,95         | 958,80           |
| Codo 90 gr. de 200 mm de PVC  | u      | 2        | 56,16        | 112,32           |
| Junta impermeable de PVC 15 cm                                      | m      | 10       | 8,83         | 88,30            |
|   |        |          | <b>Total</b> | <b>168386,87</b> |

## Alcantarillado Pluvial "Urbanización San Emilio"

| CANTIDADES Y PRECIOS                          |        |          |              |                  |
|---|--------|----------|--------------|------------------|
| ALCANTARILLADO PLUVIAL                        |        |          |              |                  |
| DESCRIPCION                                   | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO  | TOTAL            |
| Limpieza y Desbroce                           | m2     | 868,93   | 0,88         | 764,66           |
| Replanteo y Nivelación de Estructuras         | m2     | 1086,16  | 1,24         | 1346,84          |
| Tubería Plástica Alcantarillado 160 mm        | m      | 889,55   | 24,01        | 21358,10         |
| Tubería Plástica Alcantarillado 200 mm        | m      | 133,67   | 33,38        | 4461,90          |
| Tubería Plástica Alcantarillado 250 mm        | m      | 673,57   | 55,75        | 37551,53         |
| Tubería Plástica Alcantarillado 300 mm        | m      | 146,32   | 77,36        | 11319,32         |
| Silla yee 250 x160 mm de PVC                  | u      | 114,00   | 49,42        | 5633,88          |
| Silla yee 300 x160 mm de PVC                  | u      | 13,00    | 53,86        | 700,18           |
| Pozo revisión fi = 90 m H.S. h= 1.20 - 2.25   | u      | 15,00    | 707,34       | 10610,10         |
| Pozo revisión fi = 90 m H.S. h= 3,26-3,75 m   | u      | 1,00     | 1000,36      | 1000,36          |
| Excavación de zanja a maquina h= 0.00 - 2.75m | m3     | 983,87   | 2,40         | 2361,28          |
| Excavación de zanja a mano h= 0.00 - 2.75m    | m3     | 577,43   | 6,79         | 3920,78          |
| Excavación de zanja a máquina h= 2.76 - 3.99m | m3     | 284,28   | 3,36         | 955,18           |
| Encamado tuberías material fino               | m3     | 147,45   | 14,78        | 2179,29          |
| Relleno Compactado (Mat. De Excavación)       | m3     | 1303,39  | 4,21         | 5487,28          |
| Entibado (apuntalamiento zanja)               | m2     | 2459,67  | 20,32        | 49980,49         |
| Rasanteo de Zanja a Mano                      | m2     | 868,93   | 0,84         | 729,90           |
| Cajas de revisión 0.60 x 0.60 con tapa H.A.   | u      | 237,00   | 113,80       | 26970,60         |
| Hormigón Simple f'c = 210 kg/cm2              | m3     | 1,76     | 118,62       | 208,77           |
| Sumidero con rejilla H.H. 1,00x0,60 m         | u      | 27,00    | 212,64       | 5741,28          |
|   |        |          | <b>total</b> | <b>193281,72</b> |

**TOTAL 361668,59 Dólares**

#### **7.4. Cronograma de Ejecución de la Obra.**

El cronograma de ejecución de la obra consiste en una programación de los recursos y las actividades de un proyecto dentro de un lapso de tiempo determinado. Es planificar todos los procesos constructivos considerando recursos, actividades y tiempo.

A continuación se presenta el cronograma de ejecución de la obra “Sistema de Alcantarillado Sanitario y Pluvial de la Urbanización San Emilio”



## **CAPÍTULO VIII**

### **8. Conclusiones y Recomendaciones**

#### **8.1 Conclusiones**

- Con la construcción del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario, se solucionará las condiciones de insalubridad y contaminación que podrían producirse en un futuro dentro de la urbanización San Emilio. Contribuirá a elevar el nivel de vida de sus habitantes, ya que está cooperará con la salud y el medio ambiente.
- Para el tratamiento de las aguas residuales, se decidió la creación de un Tanque Séptico ya que cumple con la eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos, sin necesidad de ocupar grandes espacios para su funcionamiento. Adicionalmente, responde a aspectos económicos y operacionales.
- Al momento de realizar este proyecto, se debe tener mucho cuidado y responsabilidad en cada paso de la obra, para evitar un mayor impacto negativo sobre el medio ambiente.
- Con este ejercicio profesional y su respectiva dirección se logra un equilibrio en la formación del estudiante, ya que nos permite poner en práctica lo aprendido durante los años dentro de la universidad, ayudando a dar soluciones a problemas de nuestro país.

#### **8.2. Recomendaciones**

- Para la ejecución del proyecto, se deben seguir las especificaciones técnicas estipuladas en este estudio.
- Dentro de los procesos de construcción, mantenimiento y operación del proyecto, se debería contratar a personal del sector, creando una fuente de empleo y educando a la vez a la población, que directa e indirectamente son beneficiados.
- Es necesario que el distrito metropolitano de Quito se preocupe por la infraestructura vial y caminos de acceso a los sectores cercanos. En beneficio de el desarrollo económico de la zona.
- Realizar campañas de concientización dirigidas a los pobladores de la zona, para que desarrollen intereses por la importancia del agua y su ahorro; así como también, se despierte el interés en la preservación y cuidado del medio ambiente, y de esta manera los pobladores desarrollen sus actividades diarias en un ambiente incluyente y sano.

## **CAPITULO IX**

### **9. Bibliografía**

- Empresa Municipal de Alcantarillado y Agua Potable, EMAAP-Q. Especificaciones técnicas para Alcantarillado. Quito 2010.
- Empresa Municipal de Alcantarillado y Agua Potable, EMAAP-Q. Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q. Quito 2010.
- Ilustre Municipio del Cantón Rumiñahui. Información del Cantón Rumiñahui, Clima e Hidrografía. Quito 2010.
- Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias IEOS. Normas referentes a Sistemas de Alcantarillado. Parte (VIII).
- Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias IEOS. Normas Tentativas para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Sistemas de Alcantarillado, Urbanos y Rurales. Quito 1986.
- Organización Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria. Guías para el Diseño de tecnologías de Alcantarillado. Lima 2005.
- Burbano, Guillermo. Criterios Básicos para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. Quito 1993.
- López Alfredo, Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado, Editorial Escuela colombiana de ingeniería, Colombia, 1995.

- Dirección General de Aviación Civil. DAC. Intensidad de Aguas Lluvias. Quito 2010.
- Metcalf&Eddy, Inc. Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales. Barcelona, 1977.
- Conesa Fernández Vítora. Auditorias Medioambientales. Guía Metodológica. 2da Edición. Madrid. 1997.
- Cámara de la Construcción de Quito. Análisis de Precios Unitarios. Agosto. 2010.
- Cámara de la Construcción de Quito. Rubros Referenciales. Agosto. 2010.
- Miguel Araque. Apuntes de la Materia. "Ingeniería Sanitaria". USFQ: Quito. 2008.

# **ANEXOS**

ANEXO 1. PLANO – PLANTA DE LA URBANIZACION SAN EMILIO

ANEXO 2. PLANO BASE – SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

ANEXO 3. PLANO BASE – SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.

ANEXO 4. PLANO – AREAS DE APORTACION.

ANEXO 5. PLANO - PERFILES DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

ANEXO 6. PLANO – PERFILES DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL

ANEXO 7. PLANO – PLANTA DE TRATAMIENTO