

## TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO I. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO .....	1
1.1    Introducción .....	1
1.2    Antecedentes del Proyecto .....	2
1.3    Área de Influencia .....	3
1.4    Objetivo General .....	4
1.5    Objetivos Específicos.....	4
1.6    Alcance .....	5
1.7    Metodología .....	6
1.8    Definiciones .....	7
CAPITULO II. INFORMACION GENERAL DE LA ZONA .....	9
2.1    Introducción .....	9
2.2    Cayambe – Cusubamba .....	11
2.3    Clima.....	13
CAPITULO III. PARAMETROS DE DISEÑO GENERALES .....	14
3.1    Bases de Diseño para el cálculo de las redes de alcantarillado Sanitario y Pluvial.....	14
3.2    Periodo de Diseño .....	15
3.3    Área de Diseño .....	17
3.4    Área de Aporte.....	18

3.5	Caudales de Diseño.....	19
3.6	Hidráulica de Conductos.....	19
3.6.1	Introducción.....	19
3.6.2	Velocidad Mínima y Máxima.....	20
3.6.3	Hidráulica de Tubo Lleno.....	22
3.6.4	Hidráulica de Tubo Parcialmente Lleno.....	23
3.7	Pendiente, Localización y Diámetros Mínimos.....	24
3.8	Pozos de Revisión.....	26
3.9	Pozos de Caída o de Salto.....	28
3.10	Cajas de Revisión.....	29
3.11	Conexiones Domiciliarias.....	29
3.12	Sumideros.....	30
3.12.1	Sumidero de Ventana o de Acera.....	30
3.12.2	Sumidero de Rejilla en Calzada.....	30
CAPITULO IV. CÁLCULO DE LA RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO		32
4.1	Densidad Poblacional.....	32
4.2	Dotación.....	32
4.3	Caudales de Diseño Sanitario.....	34
4.3.1	Caudales de Aguas Servidas.....	34
4.3.1.1	Caudal Medio Inicial.....	34
4.3.1.2	Caudal Medio Final.....	35

4.3.1.3	Caudal Máximo Instantáneo Final .....	36
4.3.2	Caudal de Infiltración .....	37
4.3.3	Caudal de Aguas Ilícitas .....	38
4.3.4	Caudal Sanitario Total .....	38
4.4	Estudios de Hidrología .....	39
4.5	Caudal de Diseño de Aguas Lluvias .....	40
4.6	Coeficiente c de Escurrimiento .....	40
4.7	Intensidad de Lluvia .....	42
4.8	Tiempo de Concentración .....	44
4.9	Periodo de Retorno .....	45
4.10	Cálculo de la red de Alcantarillado Combinado .....	46
CAPITULO V. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....		57
5.1	Introducción .....	57
5.2	Selección del método de Tratamiento.....	58
5.3	Tanque Séptico.....	60
5.4	Pozo de Absorción.....	63
CAPITULO VI. IMPACTOS AMBIENTALES.....		64
6.1	Introducción .....	64
6.2	Marco Legal .....	66
6.3	Impactos Ambientales causados por la ejecución de proyectos de alcantarillado .....	67

6.4	Matriz de Leopold .....	69
6.5	Medidas de Mitigación .....	72
CAPITULO VII. PRESUPUESTO REFERENCIAL .....		74
7.1	Introducción .....	74
7.2	Cálculo del Salario Horario Real .....	74
7.3	Cálculo de Movimiento de Tierras.....	76
7.4	Tablas de Resumen de Tuberías y Pozos .....	79
7.5	Análisis de Precios Unitarios (APU).....	79
7.6	Especificaciones Técnicas .....	102
7.6.1	Replanteo y Nivelación .....	102
7.6.2	Excavaciones.....	103
7.6.3	Relleno y Compactación .....	104
7.6.4	Entibado .....	108
7.6.5	Hormigón .....	110
7.6.6	Tubería de PCV para Alcantarillado .....	111
7.6.7	Accesorios para Tubería de PCV .....	117
7.6.8	Pozos de Revisión .....	118
7.6.9	Conexiones Domiciliarias .....	120
7.6.10	Sumideros .....	121
7.6.11	Empates .....	123
7.7	Presupuesto.....	124

CAPITULO VIII. TRATAMIENTO DE AGUAS HOSPITALARIAS .....	125
8.1    Introducción .....	125
8.2    Químicos presentes .....	126
8.2.1    Antibióticos .....	126
8.2.2    Material Yodado de Contraste .....	128
8.2.3    Estrógenos .....	128
8.3    Tratamiento de aguas residuales hospitalarias .....	129
8.3.1    Biorreactores de Membrana .....	134
8.4    Conclusiones .....	135
CAPITULO IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
9.1    Conclusiones .....	136
9.2    Recomendaciones .....	137
CAPITULO X. MATERIAL DE REFERENCIA.....	139
10.1    Bibliografía.....	139
10.2    Anexos.....	141

# **CAPITULO I. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO**

## **1.1 Introducción**

Al ser el Ecuador un país en desarrollo y con una población en constante crecimiento, es evidente la necesidad de ampliar la oferta de agua potable y alcantarillado sanitario a un ritmo similar. Según las estadísticas del último censo de 2001, apenas el 16% de las zonas rurales tienen acceso a un sistema de alcantarillado. La cobertura de saneamiento de aguas en el Ecuador ha aumentado considerablemente en los últimos años, sin embargo, se caracteriza por tener bajos niveles de cobertura para las áreas rurales. Disponer de agua potable, así como las formas de evacuarla luego de su uso, son dos necesidades que van de la mano. Es difícil de creer que en el país, únicamente se haya puesto énfasis en ofrecer el servicio de agua potable, mas no en sistemas de alcantarillado para desechar y tratar aguas servidas. El siguiente paso que deben tomar los municipios es el diseño y la construcción de este tipo de obras, especialmente, en zonas rurales. Es por esta razón que esta tesis de grado tiene como propósito principal contribuir con el saneamiento de la futura población de la Urbanización Sawgrass ubicada en la parroquia rural de Cusubamba, perteneciente al cantón Cayambe de la provincia de Pichincha.

Los beneficios que traerá un sistema de redes de alcantarillado a los residentes de la Urbanización Sawgrass, comprenden una amplia mejora en la calidad de vida, así como una disminución del número de enfermedades

causadas por una mala evacuación de aguas negras que afectan principalmente a niños y ancianos. Al ser este un proyecto privado, brindar un servicio de alcantarillado combinado es casi una obligación del constructor para atraer a los compradores.

El objetivo de este estudio es elaborar un estudio integral de los sistemas de alcantarillado considerando los aspectos de diseño técnico, ambiental y de gestión social con el fin de ofrecer las mejores condiciones posibles a los pobladores de la Urbanización Sawgrass.

## **1.2 Antecedentes del Proyecto**

La Urbanización Sawgrass es un proyecto de construcción que se encuentra ubicado en Cayambe, en la Parroquia de Cusubamba. Se prevé que los usuarios sean de clase media y se tiene planificado proveer un sistema de alcantarillado combinado funcional que aporte los beneficios sociales y facilidades salubres que hoy en día son considerados como servicios básicos. Durante mucho tiempo, la preocupación principal de las autoridades municipales se encontraba direccionada hacia la construcción de redes de agua potable, dejando para un futuro indefinido la construcción de redes de alcantarillado y plantas de tratamiento. La construcción de una obra de alcantarillado debe ser una consecuencia directa del abastecimiento de agua. Al tener agua potable, la población produce grandes cantidades de aguas servidas que deben evacuarse y tratarse de forma adecuada para evitar la contaminación del efluente o río que atraviesa la población vecina y

sirve como abastecimiento de agua. La falta de alcantarillado no es únicamente un problema local, ya que los mismos inconvenientes preocupan a casi todos los países en vías de desarrollo.

Se denomina red de alcantarillado combinado al sistema de estructuras y tuberías que se encargan de transportar aguas servidas (alcantarillado sanitario) y aguas lluvia (alcantarillado pluvial) desde el lugar que se generan hasta el lugar de tratamiento.

El principal problema que enfrentaría la población que reside en la Urbanización Sawgrass al no tener un sistema de alcantarillado combinado y tratamiento es que las aguas residuales se infiltrarían en el suelo, contaminando el agua subterránea y en algunos casos fluyendo a lo largo de la superficie y las calles, convirtiéndose en una constante amenaza para la salud humana.

### **1.3 Área de Influencia**

Las áreas de influencia directa serán las que se encuentran ubicadas en las calles intervenidas de la Urbanización Sawgrass, así como toda la población que reside en esta zona. La población estimada según la lotización del terreno es de 1580 habitantes con un área habitable de 14.04 hectáreas y un área total de 33.25 hectáreas.



## **1.4 Objetivo General**

Diseñar un sistema de alcantarillado combinado para la Urbanización Sawgrass. Con esto se espera que el diseño de la red de alcantarillado pueda ser tomado en cuenta, eventualmente, para un anteproyecto sanitario. Como apenas un 16% de las zonas rurales disponen de los beneficios de un sistema de alcantarillado, es de suma importancia empezar el proceso de diseño y oferta de este tipo de servicios básicos. Para el diseño se tomarán en cuenta el manual de operación y mantenimiento de los sistemas alcantarillados tomando en cuenta los aspectos técnicos, ambientales y sociales.

## **1.5 Objetivos Específicos**

- Determinar la topografía del área beneficiada con el fin de obtener curvas de nivel cada 20 metros y seleccionar posibles puntos de descarga.
- Realizar el análisis hidráulico y diseño de la red en base a la topografía del terreno.
- Diseñar la red con tuberías de cemento.
- Analizar la relación Costo-Beneficio para la tubería de cemento y de PVC.
- Realizar una investigación sobre los distintos métodos de tratamiento para aguas residuales para un hospital.
- Analizar y diseñar la descarga de la red y considerar sus posibles consecuencias ambientales.

- Elaborar un presupuesto referencial para la construcción del sistema de alcantarillado.

## **1.6 Alcance**

Para este proyecto de tesis se planea desarrollar los siguientes temas:

- Cálculo y diseño del alcantarillado pluvial y sanitario combinado, tomando en cuenta las normas técnicas del país y ajustándose a las condiciones topográficas del terreno. Se planea desarrollar los planos tanto en planimetría como los perfiles que ayuden a la construcción del alcantarillado.
- Diseño de la planta de tratamiento de aguas servidas y parcialmente de aguas lluvia.
- Presupuesto referencial con ayuda de análisis de precios unitarios.
- Evaluación del impacto ambiental y considerar posibles consecuencias ambientales.
- Realizar investigación sobre distintos métodos de tratamiento para aguas residuales hospitalarias.

## 1.7 Metodología

Para una topografía específica y un trazo definido de una red de alcantarillado, existe una infinidad de posibles soluciones de diámetros y cotas de las tuberías, subcolectores, colectores para desalojar las aguas servidas. En ocasiones la topografía del terreno obliga a re-bombear el agua dentro de la red, en otros casos resultan necesarias caídas en la unión de las tuberías con los pozos de visita. Las tuberías del alcantarillado deben estar enterradas con cierto colchón mínimo para quedar protegidas contra el tráfico vehicular de las calles. Las velocidades del flujo en las tuberías deben cumplir ciertos límites definidos por las normas de diseño. El problema del diseño de la red consiste entonces en encontrar el diámetro y las cotas de cada conducto de la red, y las alturas de las posibles caídas y bombeos, de forma tal que en cada tubería se respete la pendiente y velocidades mínimas y máximas permisibles, además de asegurar los colchones mínimos en cada tubería.

Debido al alto costo para la construcción y operación (bombeo) de una red de alcantarillado, es deseable también que el diseño produzca el costo mínimo posible. En términos matemáticos se trata entonces de un problema de optimización de gran escala con restricciones. Para la solución de este problema se planea utilizar el software de diseño sanitario Sewer CAD para el dimensionamiento óptimo de la tubería y aprovechar las cotas de las calles existentes para que el corte y relleno sea mínimo, tomando en cuenta que se deberá incluir un colchón de arena mínimo.

## 1.8 Definiciones

### *Alcantarillado*

Se denomina alcantarillado a un conjunto o sistema adecuado de conductos (tuberías o canales) que funcionan a gravedad y que sirven para recolectar aguas residuales provenientes de la actividad humana y/o aguas lluvias de precipitaciones atmosféricas. En este proyecto se tratará un sistema de alcantarillado combinado.

### *Aguas Servidas*

Se conocen también como aguas negras o aguas residuales y son aquellas que provienen de edificios, habitaciones, oficinas, hospitales, etc., luego de haber sido usadas en baños, cocinas, lavando ropa, etc. En general a las aguas servidas se las considera conformadas por un porcentaje del caudal de agua de entre 70% - 90% y el resto de desperdicios humanos como excrementos, papel, jabón, grasa y demás partículas es suspensión o estado coloidal. En general estas aguas poseen elementos orgánicos putrescibles que originan la producción de gases y demás organismos patógenos.

### *Aguas pluviales*

Son las provenientes de las precipitaciones atmosféricas que caen en áreas y que tienen influencia en los sistemas de alcantarillado. Si bien estas aguas son inofensivas a nivel químico, pueden provocar inundaciones o acarrear material que produzca bloqueos en las calles.

### *Sistema de Recolección Combinado*

El sistema combinado se caracteriza por recoger y evacuar en una sola red de tubería tanto las aguas servidas como las pluviales. En general el caudal de diseño de un sistema combinado está formado por un 90% de caudal pluvial y apenas un 10% del caudal sanitario de aguas servidas. Los sistemas de alcantarillado combinado sirven para minimizar problemas en la salud pública controlar los efectos del medio ambiente como se puede ver en el gráfico a continuación.

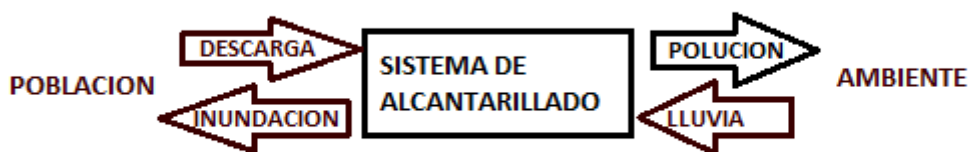


Gráfico 1. Función alcantarillado

Las ventajas del sistema combinado son:

- Menores costos de construcción, al existir una única tubería.
- Drenajes de las casas más simple y económico.
- Cualquier residuo sólido depositado en la tubería será lavado por el agua lluvia durante una tormenta.
- Recomendado cuando existen gradientes altas y cuando no exista la necesidad de bombeo, que es exactamente el caso de la Urbanización Sawgrass.

## **CAPITULO II. INFORMACION GENERAL DE LA ZONA**

### **2.1 Introducción**

La urbanización Sawgrass es un proyecto de construcción que se encuentra ubicado en la parroquia Cusubamba en el cantón Cayambe de la provincia de Pichincha. La urbanización está delimitada al norte por el Lote Santa Martha, al noroeste por el Lote San Mateo, al este por las laderas que son de propiedad de Jatumpamba S.A. En el límite sur se encuentra la quebrada El Cascajo, al oeste se encuentra un barranco y al noroeste podemos encontrar la propiedad de Flor Adorno de Cusubamba. La urbanización se encuentra entre las coordenadas UTM 9997700 N – 9998950 N en dirección Norte Sur y entre las 800750 E – 802600 E en dirección Este Oeste. El propietario del terreno es el señor Guillermo Peñaherrera Cueva y el arquitecto encargado es el señor Alfonso Escudero. El área total del terreno es de 332 511.6 m<sup>2</sup>. De acuerdo a lo proyectado en los planos arquitectónicos, la urbanización cuenta con un total de 263 lotes habitables, con un área promedio de 533 metros cuadrados por cada lote. Es decir, en total se cuenta con un área habitable de 140 368. 56 m<sup>2</sup>. Además, la urbanización está subdividida en cuatro etapas como se puede apreciar en la tabla de resumen de áreas a continuación.

Cuadro de Áreas Generales										
<i>Etapa</i>	<i>Área Vendible (m2)</i>	<i>%</i>	<i>Área Verde (m2)</i>	<i>%</i>	<i>Área Recreación (m2)</i>	<i>%</i>	<i>Área Vías y Aceras (m2)</i>	<i>%</i>	<i>Área Total (m2)</i>	<i>%</i>
Primera	10472.48	87.0%	635.39	5.3%	272.31	2.3%	650.86	5.4%	12031.04	5.5%
Segunda	47298.47	65.7%	5868.93	8.1%	2515.26	3.5%	16340.01	22.7%	72022.67	33.1%
Tercera	36949.03	58.8%	6808.9	10.8%	2918.1	4.6%	16172.11	25.7%	62848.14	28.9%
Cuarta	45648.58	64.7%	6939.1	9.8%	2973.9	4.2%	14972	21.2%	70533.58	32.4%
	140368.56	64.6%	20252.32	9.3%	8679.57	4.0%	48134.98	22.1%	217435.43	100.0%
Área Total de Construcción									217435.43	65.4%
Área de Protección de Quebrada									21966.23	6.6%
Área de Reserva + Quebrada									90324.18	27.2%
<b>TOTAL</b>									<b>332511.6</b>	<b>100%</b>

Tabla 1. Cuadro de Áreas

La urbanización va a contar con tres distintos tipos de calles, la avenida principal con un ancho de 12.00 m, las calles principales con 9.00 metros de ancho y los pasajes con un ancho de 7.00 m. Sawgrass es un proyecto urbanístico planeado para la clase media, con clientes potenciales a trabajadores del nuevo aeropuerto de Quito, ubicado en Tababela a menos de 30 kilómetros de la urbanización Sawgrass. Se estima que cada lote tendrá en promedio 6 habitantes, este dato se usará posteriormente para calcular el caudal medio sanitario.

*Ubicación geográfica del proyecto:*

801 000 Longitud Este

9 997 400 Latitud Norte

Cota sobre el nivel del mar: 2480 m

## 2.2 Cayambe – Cusubamba

Cayambe es uno de los ocho cantones que conforman la provincia de Pichincha. Tiene un área aproximada de 1 350 km<sup>2</sup> y está ubicado al extremo noreste de Pichincha. Cayambe se encuentra a una altura de 2 830 m sobre el nivel del mar y está conformado por ocho parroquias, de las cuales tres son urbanas y cinco rurales.<sup>1</sup>

<b>Parroquias Urbanas</b>		<b>Parroquias Rurales</b>	
1.	Ayora	1.	Ascázubi
2.	Cayambe	2.	Cangahua
3.	Juan Montalvo	3.	Cusubamba
		4.	Olmedo
		5.	Otón

Tabla 2. Parroquias Cayambe

### *Actividades Económicas*

La población de Cayambe para 2008 fue 69 800 habitantes, de los cuales el 57.95% es población urbana y el restante 42.05% es rural. Según el censo de 2001, la población económicamente activa es de 29 101, de los cuales el 34% son trabajadores no calificados y el 23 % son agricultores y trabajadores agropecuarios. Por lo que la actividad económica más abundante en el área es la agricultura y la ganadería. Siendo los obreros no calificados la ocupación que sobresale en la encuesta. En su mayoría la economía generada por las mujeres contribuye con la producción de huevos, leche y carne de animales menores.

<sup>1</sup> <http://www.municipiocayambe.gov.ec/>



Categorías	Casos	%	Acumulado %
Miembros del poder ejecutivo y personal directivo de la administración pública y de empresas	468	1.61	1.61
Profesionales científicos e intelectuales	670	2.30	3.91
Técnicos y profesionales del nivel medio	342	1.18	5.09
Empleados de oficina	1,043	3.58	8.67
Trabajadores de los servicios y vendedores de comercios y mercados	2,357	8.10	16.77
Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros	6,760	23.23	40.00
Oficiales, operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios	4,387	15.08	55.07
Operadores de instalaciones y máquinas y montadores	1,407	4.83	59.91
Trabajadores no calificados	10,136	34.83	94.74
Fuerzas armadas	51	0.18	94.91
No declarado	1,348	4.63	99.55
Trabajador nuevo	132	0.45	100.00
<b>Total</b>	<b>29,101</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
NSA :	40,699		

Tabla 3. Grupos de Ocupación<sup>2</sup>

Como se mencionó anteriormente, la falta de alcantarillado es un grave problema de todo el Ecuador en general. De acuerdo a datos del INEC, apenas el 16.4% de todas las viviendas rurales cuentan con una conexión a la red pública de alcantarillado, siendo el pozo ciego o pozos sépticos las opciones más comunes. Al ser Cusubamba una de las parroquias rurales de Cayambe, se puede observar en la tabla inferior derecha que únicamente el 14.99 % de las viviendas cuentan con la red pública de alcantarillado como el medio por el que desalojan sus aguas servidas.

Categorías	Casos	%	Acumulado %
Red publica de alcantarillado	172,176	16.37	16.37
Pozo ciego	258,054	24.53	40.90
Pozo septico	212,758	20.22	61.12
Otro	409,031	38.88	100.00
<b>Total</b>	<b>1,052,019</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Categorías	Casos	%	Acumulado %
Red publica de alcantarillado	1,299	14.99	14.99
Pozo ciego	2,253	26.00	41.00
Pozo septico	1,668	19.25	60.25
Otro	3,444	39.75	100.00
<b>Total</b>	<b>8,664</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Tabla 4. Porcentaje de viviendas que cuentan con alcantarillado en el sector rural en todo el Ecuador

<sup>2</sup> [www.ecuadorencifras.com](http://www.ecuadorencifras.com)

### 2.3 Clima

El cantón Cayambe tiene una temperatura promedio de 12 °C y una humedad relativa del 80%. El nivel de pluviosidad promedio de la ciudad de Cayambe es de 817 mm al año y en las zonas nororiental y suroriental los niveles de pluviosidad bajan a 771 mm al año. Para el diseño del alcantarillado pluvial se utilizarán los datos de la estación M 022 de Tabacundo – Zona 14, ubicada a aproximadamente 10 km del proyecto.

## **CAPITULO III. PARAMETROS DE DISEÑO GENERALES**

### **3.1 Bases de Diseño para el cálculo de las redes de alcantarillado Sanitario y Pluvial**

El propósito de todo sistema de alcantarillado combinado es recolectar, transportar y descargar en un sitio adecuado las aguas negras domésticas así como el agua que no se infiltre en el suelo por las precipitaciones. Además hay que anticipar que existan infiltraciones subterráneas por una junta mal hecha. Para el caso de una urbanización, se esperará que el sistema de alcantarillado transporte en su mayoría desechos provenientes de baños, cocinas y lavanderías. Las tuberías del sistema de alcantarillado conducirán estas aguas hasta una planta donde serán tratadas adecuadamente para poder ser descargadas al medio ambiente. Al ser un sistema combinado será necesario añadir separadores de caudal.

Para este diseño se tomarán los lineamientos de las “Normas Tentativas para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable y sistemas de alcantarillado Urbano y Rural” elaborado por el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS). En general, se tomarán en cuenta los siguientes parámetros de diseño:

- Periodo de Diseño
- Área de Diseño
- Área de Aporte
- Caudales de Diseño

### 3.2 Periodo de Diseño

Para la construcción de toda obra civil es necesario definir un periodo de tiempo en el que se espera que la obra o sistema funcionen satisfactoriamente. Este periodo estará determinado en función a los siguientes parámetros:

- Vida útil de los equipos y materiales a ser usados en el proyecto.
- Facilidad de expandir o añadir elementos al proyecto en un futuro. También se debe considerar la accesibilidad al sitio donde se vaya a construir el proyecto, ya que mientras más accesible es el sitio, los períodos de diseño pueden ser menores.
- Crecimiento de la población. Si la tasa de crecimiento es baja los períodos de diseño pueden ser máximos, mientras que si la tasa es alta, se opta por períodos de diseño pequeños.
- Capacidad de pago. Se debe hacer previamente un análisis socio-económico de la población donde se está ejecutando el proyecto, con el fin de constatar cuán factible resulta para la población pagar un proyecto de tal magnitud.<sup>3</sup> En este caso es necesario tomar en cuenta la inversión que pretende realizar el propietario del terreno.

En el caso de la urbanización Sawgrass, se tomaron en cuenta dos materiales que son los más utilizados en el medio ecuatoriano, PVC y Hormigón. A continuación se enlistan las características de cada uno:

---

<sup>3</sup> Burbano, Guillermo. Criterios Básicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. Quito: Multicopiados PUCE, 1993, p. 5

### *Hormigón*

- La tubería en hormigón provee gran resistencia mecánica
- Bastante económico
- Atacado por aguas residuales, sulfatos, aceites
- Rugoso
- Instalación complicada y es necesario tener mucho cuidado en las juntas
- Altos niveles de infiltración
- Vida útil de 10 años
- Mano de obra más costosa

### *PVC*

- Ligeras
- Vida útil de hasta 50 años<sup>4</sup>
- Buena resistencia a aguas agresivas y a la corrosión del ácido sulfúrico.
- Superficie lisa que facilita la evacuación de aguas servidas
- Instalación fácil y rápida, juntas herméticas
- Material más costoso

A pesar de que las tuberías de cemento resultan más económicas, el tiempo que demora y los inconvenientes que pueden ocurrir al instalarla la convierten en la menos indicada. Además al proveer tubería de PVC se está brindando mejores propiedades hidráulicas a la sección al disminuir el coeficiente de rugosidad y

---

<sup>4</sup> Manual Técnico Novafort, "Tubosistemas de PVC para alcantarillado"

consecuentemente bajar las pérdidas. Por último, las tuberías de PVC brindan una vida útil de hasta 50 años mayor que los 10 del hormigón.

No se planea que exista ninguna expansión en el sistema de alcantarillado, ya que cada red individual sirve a una etapa específica. De igual manera, se espera una población máxima limitada por la cantidad de lotes por lo que no se toma en cuenta un factor de crecimiento poblacional. En conclusión, se elige como periodo de diseño 25 años que es lo común para obras de alcantarillado en el Ecuador.

#### ***Periodo de Diseño***

<b>Elementos del sistema</b>	<b>Período de diseño (en años)</b>
Sumideros de calzada	5 - 10
Tuberías de H.S.	5 - 10
Tuberías de PVC – perfilada	25 - 30
Colectores de H.A.	25 - 30
Planta de Tratamiento AS	25 - 30

Tabla 5. Periodos de diseño para distintos elementos<sup>5</sup>

### **3.3 Área de Diseño**

Usualmente, en un proyecto en una población se toma en cuenta el área de expansión futura y se diseña tomando en cuenta esta área futura. No obstante, al tratarse de una urbanización con un área definida no se tomará en cuenta ningún área de expansión futura. El área de lotización de la Urbanización Sawgrass es de 14.04 hectáreas.

---

<sup>5</sup> Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Recuperación Ambiental del Río Pove, Arq. Sergio Coellar M. y Asociados.

### 3.4 Área de Aporte

Las áreas de aportación se obtienen al subdividir el área original del terreno con el objetivo de distribuir los caudales sanitarios y pluviales de manera equivalente a cada tramo de tubería. Para el trazo de las áreas de aporte se tomarán los siguientes lineamientos:<sup>6</sup>

- Si la zona es relativamente plana y con manzanas sensiblemente cuadradas, la superficie de drenaje, para cada tubería, se obtiene trazando diagonales entre pozos de revisión.
- Si la zona es relativamente plana y con manzanas sensiblemente rectangulares, se divide el rectángulo en dos mitades por los lados menores y luego se trazan rectas inclinadas a  $45^{\circ}$  desde las esquinas, teniendo como base los lados menores, para formar triángulos y trapecios como áreas de drenaje.
- Si la topografía es irregular, como es el caso de la Urbanización Sawgrass, se deberá realizar un análisis detallado de las zonas en las cuales el procedimiento de división antes indicado no es aplicable, debiendo recurrirse a las curvas de nivel para la determinación de las áreas de drenaje.

---

<sup>6</sup> Subsecretaría de Saneamiento SSA ( EXI, EOS ) Normas para estudio y diseño de Agua Potable Y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes Quito SSA ,1993, pg 59.

Para este proyecto fue necesario trazar y calcular áreas de aporte trapezoidales e irregulares tomando en cuenta las curvas de nivel y dando una mayor área de aporte cuando exista una mayor pendiente en el terreno.

### **3.5 Caudales de Diseño**

Para el diseño de un alcantarillado combinado es necesario tomar en cuenta dos caudales. El caudal sanitario  $Q_s$  y el caudal pluvial  $Q_p$ . Por un lado, para el caudal sanitario se toman en cuenta todas las evacuaciones que existen en un domicilio como baños, cocina, lavadora. Asimismo, se toma en cuenta el caudal de infiltración de las tuberías y pozos y un caudal de aguas ilícitas. Por otro lado, para el caudal pluvial se toman en cuenta la intensidad de lluvia que podría caer en el tiempo de retorno seleccionado. La suma de todos estos caudales da el caudal total de diseño  $Q_T$ . En el capítulo a continuación se elaborará de manera más detallada cómo calcular estos caudales para el caso específico de la Urbanización Sawgrass.

### **3.6 Hidráulica de Conductos**

#### **3.6.1 Introducción**

En un sistema de alcantarillado, la recolección de las aguas pluviales y sanitarias se hace por medio de tuberías y conductos internos. Las aguas usadas



y recolectadas deben ser enviadas a una planta de tratamiento previo a un sitio de disposición final donde no existan efectos adversos para poblaciones adyacentes.

A lo largo de los últimos años se ha llegado a la conclusión que el método más eficiente y aconsejable es construir la red de tuberías de manera subterránea. En general, se intenta seguir las pendientes del terreno para minimizar los costos de corte y relleno.

Para realizar el diseño hidráulico de un sistema de alcantarillado es necesario contar con conocimientos básicos de hidráulica de conductos y se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Las tuberías de alcantarillado funcionan casi exclusivamente a flujo libre, es decir no bajo presión de tubo lleno.
- El flujo es casi siempre inestable y no uniforme.
- Transporta relativamente gran cantidad de sólidos suspendidos y flotantes, por lo que se deberá tomar en cuenta una velocidad mínima de arrastre.
- Se producirá erosión y desgaste en la tubería si la velocidad a la que fluye el agua es muy alta, por lo que también es necesario tener en cuenta una velocidad máxima.

### **3.6.2 Velocidad Mínima y Máxima**

Es de gran importancia tomar en cuenta la velocidad de las aguas servidas en las tuberías con el fin de evitar futuros taponamientos. Para la velocidad mínima se deberá considerar como límite inferior aquella que impida la sedimentación de

partículas sólidas y la acumulación de gas sulfúrico, estableciéndose para cualquier caso una velocidad mínima de 0.60 m/s cuando el tubo está lleno y 0.30 m/s cuando el tubo está parcialmente lleno. Si es que no es posible cumplir con esta normativa, se deberá incrementar la pendiente de la tubería. En caso de que esta solución no sea aplicable, se deberá realizar un programa de limpieza y mantenimiento especial para los tramos afectados.

En cuanto a la velocidad máxima, es el fabricante el que proporciona estos datos de diseño, ya que depende de las propiedades del material para soportar la erosión. En general, se recomienda usar los valores de la siguiente tabla en función al material de la tubería.<sup>7</sup>

<b>MATERIAL</b>	<b>V. MAXIMA <i>m/s</i></b>	<b>COEFICIENTE DE RUGOSIDAD</b>
Hormigón simple:		
- Con uniones de mortero	4	0,013
- Con uniones de neopreno para nivel freático alto.	3,5 - 4	0,013
Asbesto Cemento	4,5 - 5	0,011
PVC Plastigama <sup>8</sup>	7.5	0.010
Plástico	5	0.011

Tabla 6. Velocidad Máxima y Coeficiente de Rugosidad

<sup>7</sup> SSA. Normas para Estudio y Diseño... 1993. p.277.

<sup>8</sup> Manual Técnico Novafort, "Tubosistemas de PVC para alcantarillado"

### 3.6.3 Hidráulica de Tubo Lleno

Para las alcantarillas que funcionan a tubo lleno se puede usar la fórmula de Manning para calcular la velocidad y el caudal.

$$V = \frac{k}{n} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{k}{n} A R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

Donde,

V = Velocidad del fluido (m/s)

k = 1.0 Coeficiente de unidades métricas o 1.4 para unidades imperiales.

n = coeficiente de rugosidad del material

J = Pendiente del conducto (m/m)

R= Radio hidráulico, es igual a la relación entre el área del fluido y el perímetro que el tubo tiene contacto con el fluido. (m<sup>2</sup>/m).

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

A = Área del fluido en la sección transversal (m<sup>2</sup>/s)

### 3.6.4 Hidráulica de Tubo Parcialmente Lleno

En la gran mayoría de los casos las tuberías de alcantarillado trabajan a tubo parcialmente lleno por lo que son necesarias relaciones hidráulicas que faciliten el cálculo de la velocidad y el caudal del flujo. Para esto es necesario definir la siguiente sección transversal:

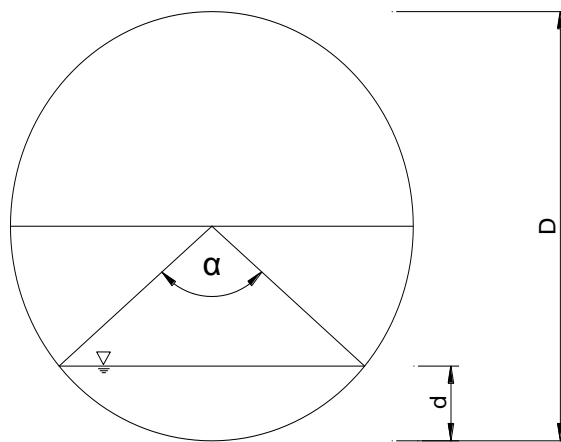


Gráfico 2. Sección Transversal Tubería

Las relaciones que se presentan a continuación son posibles de encontrar por medio de relaciones geométricas y ponen todos los elementos en función del ángulo  $\alpha$  en radianes.

$$a = \frac{A}{2\pi} (\alpha - \text{sen } \alpha)$$

$$r = R \left( 1 - \frac{\text{sen } \alpha}{\alpha} \right)$$

$$v = V \left( \frac{r}{R} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$q = Q \frac{a}{A} \left( \frac{r}{R} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde,

$v$  = velocidad flujo parcialmente lleno (m/s)

$V$  = velocidad flujo totalmente lleno (m/s)

$r$  = radio hidráulico del flujo parcialmente lleno (m)

$R$  = radio hidráulico del flujo totalmente lleno (m)

$q$  = caudal flujo parcialmente lleno (m<sup>3</sup>/s)

$Q$  = caudal flujo totalmente lleno (m<sup>3</sup>/s)

$a$  = área, sección a flujo parcialmente lleno (m<sup>2</sup>)

$A$  = área, sección a flujo totalmente lleno (m<sup>2</sup>)

### 3.7 Pendiente, Localización y Diámetros Mínimos

*Pendiente:*

Las tuberías y colectores deberán, en lo posible, seguir las pendientes de la topografía del terreno. En general, no existen pendientes máximas o mínimas y estas están determinadas por la pendiente que cumpla con la velocidad máxima y velocidad mínima respectivamente. Se recomienda que la pendiente mínima para

diámetros mayores a 250 mm sea de 3 por cada mil, es decir 0.003 m/m. La pendiente máxima se recomienda que sea menor al 10% o 0.100 m/m.

*Localización:*

Es necesario que la red de alcantarillado combinado pase por debajo de las tuberías de agua potable para evitar cualquier tipo de contaminación. Es necesario dejar una altura mínima libre proyectada de 30 cm cuando la tubería de alcantarillado y la de agua potable sean paralelas y de 20 cm cuando se crucen.

Siempre que sea posible, se colocarán las tuberías de la red sanitaria al lado opuesto de la calzada en las que se haya instalado la tubería de agua potable. Además, en caso de que existan avenidas con un ancho mayor a 20 metros o existan más de dos calzadas se diseñará otra tubería auxiliar que vaya por el otro costado de la avenida y se conecte al pozo de revisión aguas abajo.

Las tuberías deberán quedar ubicadas a profundidades suficientes que permitan recoger las aguas servidas y aguas lluvia de las casas más bajas a ambos lados de la calzada. En caso de que la tubería deba soportar carga vehicular sobre ella, será necesario realizar un relleno mínimo de 1.20 m de alto sobre la clave del tubo.

### *Diámetros Mínimos:*

El diámetro mínimo que se debe usar en sistemas de alcantarillado sanitario es de 200 mm. En el caso de alcantarillado pluvial y alcantarillado combinado, el mínimo es de 250 mm.

### **3.8 Pozos de Revisión**

Es una estructura cilíndrica que se construye en mampostería de hormigón simple y en algunas ocasiones en hormigón armado. En la parte inferior, en la planta tiene una tapa circular con  $\phi$  0.90 m o 1.00 m. La abertura en la parte superior posee un diámetro de 0.60 m. Con esta geometría se conforma un cono truncado que sirve para facilitar el acceso de obreros que deben realizar la limpieza e inspección del sistema de alcantarillado. Será necesario colocar un pozo según los siguientes requerimientos:

- En toda intersección de dos o más tuberías o colectores.
- En el comienzo de toda tubería o colector.
- En todo cambio de gradiente, diámetro o dirección en las tuberías.
- En tramos rectos cuyas distancias sean mayores a las indicadas en la tabla a continuación, salvo casos justificados por aspectos económicos o técnicos.

<b>DIAMETRO (mm.)</b>	<b>DISTANCIA (m)</b>
< 350	100
400 - 800	150
> 800	200

Tabla 7. Distancias entre pozos de revisión en función al diámetro de las tuberías o colectores<sup>9</sup>

Las cotas de las plantillas o Inverts de las tuberías en los pozos de revisión se registrarán de acuerdo a los siguientes criterios. El propósito de los criterios citados a continuación es compensar las pérdidas de energía que se producen en los cambios de sección, gradiente y por el material flotante y de arrastre.

- Cuando en un mismo pozo de revisión se encuentren ramales que empiecen en ese sitio y existan otros ramales que pasen a través de él, la diferencia mínima de cota de plantilla entre los que empiezan y la cota del más bajo de los ramales que pasen será igual o mayor al diámetro de este último tubo.
- La cota de la plantilla de salida de pozos de revisión será determinada de manera que la clave de la tubería de entrada de menor sección y menor cota coincida con la clave de la tubería o colector de salida.
- En caso de que en un pozo de revisión lleguen varias tuberías con diámetros inferiores a 600 mm, la plantilla de la tubería de salida debe estar a una profundidad mayor que la plantilla de la tubería de llegada más profunda. La diferencia entre estas dos plantillas será igual al número de tuberías que llegan al pozo multiplicado por 3 cm. En caso de que el

<sup>9</sup> SSA. Normas para Estudio y Diseño. 1993. p.278.



diámetro de las tuberías sea mayor a 600 mm, se calculará la línea de energía para determinar la cota de la plantilla de la tubería de salida.

En la tabla a continuación se presentan los diámetros recomendados para los pozos de revisión, en función al diámetro de las tuberías que llegan.

<b>DIAMETRO DE LA TUBERÍA (mm)</b>	<b>DIAMETRO DEL POZO (m)</b>
Menor e igual a 550	0,90
600 a 800	1.20
Mas de 800	Diseño especial

Tabla 8. Diámetros recomendados de pozos de revisión<sup>10</sup>

### 3.9 Pozos de Caída o de Salto

Los pozos de caída son estructuras especiales que serán utilizadas cuando la diferencia de cotas entre la tubería de llegada y el fondo del pozo exceda los 90 cm. Si se da el caso, será necesario usar una tubería vertical y otra horizontal de manera que la entrada sea en el fondo del pozo. De esta manera se evita la erosión del fondo del pozo y se facilita la inspección, ya que no se generarán salpicaduras al personal que realiza mantenimiento. Además, para evitar erosión y daño del tubo se lo recubrirá por una capa de concreto.

<sup>10</sup> Criterios Básicos para el diseño de sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. Ing. Guillermo Burbano.

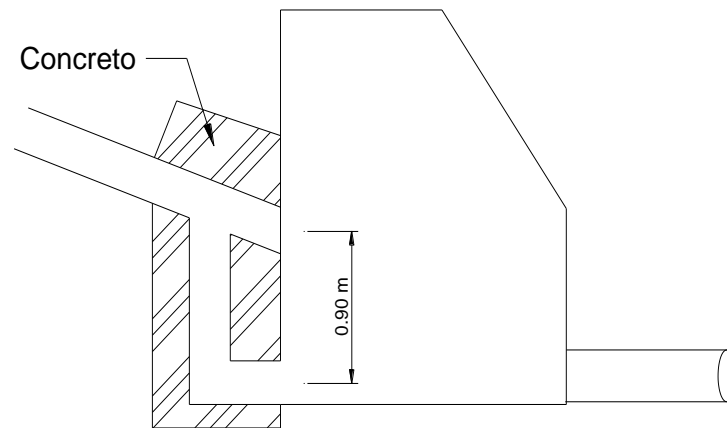


Gráfico 3. Ejemplo de un pozo de caída

### 3.10 Cajas de Revisión

Para realizar las conexiones domiciliarias será necesario construir una estructural de recolección llamada caja domiciliaria o caja de revisión. El objetivo de esta caja es posibilitar las acciones de limpieza de la conexión domiciliaria. Las dimensiones mínimas de la caja de revisión son 0.60 m x 0.60 m y su profundidad será variable para cada caso específico.

### 3.11 Conexiones Domiciliarias

Para completar la red de alcantarillado se construyen las conexiones domiciliarias, las cuales deberán tener un diámetro mínimo de 150 mm para alcantarillados combinados. La tubería deberá tener una pendiente mínima del 2% y máxima del 20%. Además, será necesario que el empate de la conexión con la tubería central tenga un ángulo de 45°.

### **3.12 Sumideros**

Los sumideros son estructuras que permiten que el caudal pluvial sea transportado al sistema de alcantarillado combinado. Como regla general, se colocarán en todos los lugares donde exista acumulación de aguas, tales como puntos bajos de calles, terraplenes sobre quebradas o accesos a puentes. Además, es necesario colocar sumideros en las esquinas al pie de las aceras. En cada caso, será el proyectista el que determinará el tipo, número y separación entre sumideros de acuerdo a la zona servida, gradiente de la calle y la cantidad de agua que debe sumirse. Existen dos tipos distintos de sumideros que serán descritos a continuación.

#### **3.12.1 Sumidero de Ventana o de Acera**

Consiste en una abertura en la acera a manera de ventana que permite que se capte el agua que fluye por la cuneta. Su ventaja es que por su ubicación no llega a interferir al tránsito. No obstante, su desventaja es que si no se colocan rejillas en la ventana, todos los desperdicios y sedimentos serán transportados al alcantarillado.

#### **3.12.2 Sumidero de Rejilla en Calzada**

Consiste en una caja cubierta por una rejilla de hierro fundido en donde entran las aguas pluviales. Preferiblemente, se colocan las barras en sentido paralelo al

flujo, aunque también se las coloca de manera diagonal para permitir el tránsito de bicicletas. Frente a los sumideros de acera, los sumideros de calzada presentan una mayor captación. No obstante, su mayor desventaja es que si no se limpia la rejilla regularmente, quedará tapada por desperdicios, limitando el funcionamiento del sumidero.

Para el caso de la Urbanización Sawgrass, la intensidad de lluvia no es muy alta. Además la pendiente del terreno ayuda a que las aguas lluvia vayan en dirección a la quebrada por lo que no es necesario recolectar el 100% de las aguas pluviales. Además, al ser una urbanización en la que van a existir niños que usen sus bicicletas, el sistema de calzada no es el recomendado. Por estas razones, se ha decidido que el sistema de sumideros a ser utilizado será en sumidero de ventana o de acera.

## **CAPITULO IV. CÁLCULO DE LA RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO**

### **4.1 Densidad Poblacional**

Al tratarse de una Urbanización con áreas y lotes claramente delimitados, es fácil conocer la población esperada. Asimismo, se conoce que no existirá crecimiento poblacional una vez que se hayan comprado todos los lotes. En total existen 263 lotes vendibles con un área de 140 368.6 m<sup>2</sup> o 14.04 Ha. Si asumimos de manera conservativa una población de 6 habitantes por lote, tendríamos una densidad poblacional de 112 habitantes por hectárea.

$$\text{Densidad Poblacional} = \text{Población esperada} / \text{Área}$$

$$\text{Densidad Poblacional} = (263 \text{ lotes} * 6 \text{ hab/lote}) / 14.04 \text{ Ha}$$

$$\text{Densidad Poblacional} = 112 \text{ hab/Ha}$$

### **4.2 Dotación**

Dotación se define como la cantidad de agua por habitante por día que se debe proporcionar a un sistema de abastecimiento público, con el fin de satisfacer

las necesidades básicas de consumo doméstico, industrial, comercial y de servicio público.<sup>11</sup>

Con el fin de determinar la dotación real de una población es necesario usar registros de consumos de la población por un tiempo representativo. Al tratarse de una población que aún no existe, se deberá asumir los datos de dotación basándose en las normas SSA (EX-IEOS). En la siguiente tabla se presentan las dotaciones recomendadas según el número de habitantes.

<b>POBLACIÓN (habitantes)</b>	<b>CLIMA</b>	<b>DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)</b>
Hasta 5000	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Tabla 9. Dotación Recomendada de acuerdo a la población<sup>12</sup>

Para el proyecto de alcantarillado combinado de la Urbanización Sawgrass, que tiene una población aproximada de 1578 habitantes y un clima templado, se usará una dotación de 160 litros por habitante por día.

<sup>11</sup> Burbano, Guillermo. Criterios Básicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. Quito: Multicopiados PUCE, 1993, p. 19.

<sup>12</sup> Subsecretaría de Saneamiento Ambiental, SSA (EX – IEOS). Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes. Quito: SSA, 1993, p.60

### 4.3 Caudales de Diseño Sanitario

#### 4.3.1 Caudales de Aguas Servidas

Para obtener el caudal Sanitario Total será necesario tomar en cuenta tres distintos tipos de caudales: Caudal Medio Inicial, Caudal Medio Final y el Caudal Instantáneo Final. Éstos serán descritos a continuación.

##### 4.3.1.1 Caudal Medio Inicial

El caudal medio inicial es usado principalmente para verificar la capacidad de autolimpieza de la red de alcantarillado. En general, al caudal medio inicial se lo puede considerar como el caudal normal de servicio que se espera tener en la red. Para calcularlo se usará la siguiente ecuación:

$$Q_{mi} = \frac{\text{Población Inicial} \times \text{Dotación}}{86400 \frac{s}{día}} \times \text{Factor } A$$

En donde, es posible calcular la Población Inicial por medio del área de aporte respectivo a la tubería a ser analizada y la densidad poblacional ya calculada anteriormente. La dotación para este cálculo será la anteriormente utilizada (160 l/hab/día). El factor A sirve para excluir la cantidad de agua potable que es usada en los domicilios pero que no ingresa al sistema de alcantarillado.

Sus valores oscilan entre 0.7 y 0.8, así que para un cálculo conservativo se usará 0.8.

$$Q_{mi} = \frac{112 \frac{hab}{Ha} \times 160 \frac{l}{hab \text{ día}}}{86400 \frac{s}{día}} \times 0.8$$

$$Q_{mi} = 0.167 \frac{l}{s \text{ Ha}}$$

#### 4.3.1.2 Caudal Medio Final

El caudal medio final es usado principalmente para el dimensionamiento de estaciones de bombeo, plantas de tratamiento y demás obras anexas. Para su cálculo se usará la siguiente expresión:

$$Q_{mf} = \frac{Población \text{ Final} \times Dotación}{86400 \frac{s}{día}} \times Factor \ A$$

Donde, todos los valores son los mismos que en caso del caudal medio inicial. Como estamos tratando de una urbanización cerrada, conocemos la población máxima y esta no crecerá gracias a las delimitaciones de la urbanización. Por esta razón, se puede considerar la población final igual a la población inicial y por lo tanto.

$$Q_{mf} = 0.167 \frac{l}{s \text{ Ha}}$$



### 4.3.1.3 Caudal Máximo Instantáneo Final

Este caudal es usado para el dimensionamiento de la red y de las estaciones de bombeo. Es similar al caudal medio final, solo que toma en cuenta la simultaneidad de los aportes de aguas servidas. Para lograr esto se utiliza un coeficiente de mayoración  $k$  que varía entre  $0.004 \text{ m}^3/\text{S}$  y  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$$k = \frac{2.228}{0.073325Q_{mf}}$$

$$Q_{m\acute{a}x\ inst} = kQ_{mf}$$

Donde  $Q$  es el caudal medio final en  $\text{m}^3/\text{s}$ . Además, para el diseño de tuberías cuyo caudal medio final sea inferior a  $0.004 \text{ m}^3/\text{s}$ , el factor  $k$  puede ser tomado como constante e igual a 4. Como el caudal medio final de la urbanización Sawgrass es igual a  $0.0017 \text{ m}^3/\text{s}$ , se tomará el factor  $k$  igual a 4. Por lo tanto:

$$Q_{m\acute{a}x\ inst} = 4xQ_{mf}$$

$$Q_{m\acute{a}x\ inst} = 0.6662 \frac{l}{s\ Ha}$$

Es importante señalar que el programa SewerCAD diseña la red de tuberías asumiendo una simultaneidad de carga en todos los pozos. Por lo tanto, no es necesario usar este caudal para el diseño en el programa.

### 4.3.2 Caudal de Infiltración<sup>13</sup>

Para el caudal Sanitario Total también es necesario considerar un caudal de infiltración entre juntas de tuberías. Para su cálculo es necesario tomar en cuenta factores como: permeabilidad del terreno, altura del nivel freático, si éste llega a alcanzar a los colectores, tipo de tubería y tipo de junta empleada. Además, hay que considerar la posibilidad de que se creen fisuras o roturas en la misma tubería. Para el cálculo del caudal de infiltración se hace uso de las siguientes ecuaciones:

1. Para alcantarillas con juntas de mortero y poblaciones ubicadas en áreas de entre 10 y 5000 hectáreas, el valor de caudal de infiltración será:

$$Q_{inf} = \frac{67.34}{A^{0.1425}} \quad , \text{ donde } A \text{ es el área total servida por el alcantarillado en hectáreas.}$$

En el caso de que el área sea menor a 10 ha, se puede tomar un caudal de infiltración constante de 48.5 m<sup>3</sup>/ha/día.

2. En el caso de que se usen juntas resistentes a la infiltración se deberá usar las siguientes expresiones

$$Q_{inf} = \frac{42.51}{A^{0.3}} \quad , \text{ para Áreas entre 40.5 y 5000 hectáreas.}$$

$$Q_{inf} = 14 \frac{m^3}{ha \text{ día}} \quad , \text{ para Áreas menores a 40.5.}$$

---

<sup>13</sup> Burbano, Guillermo. Criterios Básicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. Quito: Multicopiados PUCE, 1993, p. 104.

Como en la Urbanización Sawgrass se cuenta con un área de 14 hectáreas y el material de las tuberías es PVC y sus juntas son resistentes a la infiltración, se tomará como caudal de infiltración a  $14 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{día}$ .

#### **4.3.3 Caudal de Aguas Ilícitas**

En los alcantarillados sanitarios corrientes, es muy común que se presenten conexiones prohibidas ubicadas dentro de patios, jardines, cubiertas o inclusive a través de las tapas de los pozos o cajas de revisión. Es por eso que se debe prever esta situación añadiendo un caudal de aguas ilícitas. No obstante, se trata de una urbanización privada, en la cual el diseño está basado en áreas de aporte y un terreno claramente delimitado. Es por esta razón que en el cálculo del caudal sanitario total de la Urbanización Sawgrass, no se incluyó el caudal de aguas ilícitas. Según el IEOS, se considera que el valor de este caudal es de difícil estimación y se sugiere que no sea menor a  $80 \text{ l}/\text{hab}/\text{día}$ , que en nuestro caso equivaldría a  $9 \text{ l}/\text{ha}/\text{día}$ , que es un valor despreciable a comparación de los caudales pluviales para los que será finalmente diseñado el sistema.

#### **4.3.4 Caudal Sanitario Total**

El caudal sanitario total es simplemente el caudal que se utilizará en el diseño de la red. Como se mencionó anteriormente, el caudal máximo instantáneo final no será utilizado porque el software de diseño SewerCAD asume

simultaneidad en todos los pozos. Por lo tanto el cálculo del caudal sanitario final será:

$$Q_{sTotal} = Q_{mf} + Q_{inf}$$

$$Q_{sTotal} = 0.167 \frac{l}{s \text{ Ha}} + 0.162 \frac{l}{s \text{ Ha}}$$

$$Q_{sTotal} = 0.329 \frac{l}{s \text{ Ha}}$$

#### 4.4 Estudios de Hidrología

Al no existir una estación meteorológica en la población de Cusubamba, fue necesario tomar los datos pluviométricos de la estación más cercana. Esta estación es la de Tabacundo en la zona 14 según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador, ubicada a aproximadamente 10 kilómetros de Cusumamba. Esta distancia es relativamente pequeña por lo que adoptar los datos de esta estación nos dará resultados bastante precisos.

El área total de la urbanización Sawgrass se puede dividir en área de vías y caminos, área de zonas residenciales y área de parques y jardines. Cada área poseerá su propio coeficiente de escurrimiento, con el cual se calculará el coeficiente promedio de todo el terreno.

#### 4.5 Caudal de Diseño de Aguas Lluvias

Para calcular el caudal pluvial de diseño se hará uso del método racional, el cual es uno de los más sencillos de aplicar. Este método es usado comúnmente para áreas totales menores a 100 hectáreas, por lo que sí es posible aplicarla para este proyecto.

$$Q_p = \frac{cIA}{0.360} \frac{l}{s}$$

Donde,

$Q_p$  = Caudal pluvial de diseño en l/s                      c = coeficiente de escurrimiento

I = Intensidad de lluvia en mm/h

A = Área de drenaje o aporte en hectáreas.

#### 4.6 Coeficiente c de Escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento sirve para relacionar el agua que escurre, es decir que no es evaporada, ni infiltrada, ni estancada y la precipitación total. El coeficiente c también se lo puede considerar como la fracción de la precipitación total que va a ser transportado por el sistema de alcantarillado. Este coeficiente depende de varios aspectos como la impermeabilidad del terreno, la vegetación del terreno, niveles de evaporación, retención causada por la topografía, etc.

Además, existen ciertas tablas que nos ayudan a calcular de manera aproximada el valor de *c* en función del tipo de superficie o tipo de zonificación.

TABLA 10. Coeficiente de escurrimiento (*c*) según el tipo de superficie<sup>14</sup>

TIPO DE SUPERFICIE	<i>c</i>
Cubierta metálica o teja vidriada	0,95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0,90
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0,85 – 0,90
Pavimentos de hormigón	0,80 – 0,85
Empedrados (juntas pequeñas)	0,75 – 0,80
Empedrados (juntas ordinarias)	0,40 – 0,50
Pavimentos con macadán	0,25 – 0,60
Superficies no pavimentadas	0,10 – 0,30
Parques y jardines	0,05 – 0,25

TABLA11. Coeficiente de escurrimiento (*C*) según el tipo de zonificación<sup>15</sup>

TIPO DE ZONIFICACIÓN	<i>c</i>
Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas	0,70 – 0,90
Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas.	0,70
Zonas residenciales medianamente pobladas.	0,55 – 0,65
Zonas residenciales con baja densidad.	0,35 – 0,55
Parques, campos de deporte.	0,10 – 0,20

<sup>14</sup> Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes. Quito: SSA, 1993, p.285.

<sup>15</sup> Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes. Quito: SSA, 1993, p.284.

Para este proyecto se calculó el coeficiente  $c$  por medio de un promedio ponderado de acuerdo a las superficies y zonas. La urbanización Sawgrass se encuentra en la categoría de “Zona Residencial medianamente poblada” con un coeficiente de 0.65 y un área residencial de 14 hectáreas. Por otro lado, las superficies que contengan pavimentos asfálticos tendrán un coeficiente de escorrentía de 0.90. Para este proyecto las vías ocupan un área de 4.8 hectáreas. Por último, las zonas verdes o jardines ocupan un área de 2.8 hectáreas y tendrán un coeficiente  $c$  de 0.25 según la primera tabla. Con estos datos es posible calcular un promedio para toda la urbanización, dando como resultado un  $c$  igual a 0.65.

<i>Tipo de zona/superficie</i>	<i>c</i>	<i>A (m<sup>2</sup>)</i>
<b>Pavimentos Asfálticos:</b>	0.90	48135
<b>Zonas Residenciales medianamente Pobladas :</b>	0.65	140368.6
<b>Parques y Jardines :</b>	0.25	28931.6
<b>C<sub>prom</sub> =</b>	<b>0.65</b>	(promedio ponderado)

Tabla 12. Coeficiente de escurrimiento promedio

#### 4.7 Intensidad de Lluvia

La intensidad de lluvia es la relación entre el volumen de agua que precipita por unidad de área y el tiempo que se requirió para obtener dicho volumen. Es necesario evaluar la intensidad de precipitación para el tiempo de concentración de la cuenca, ya que si utilizamos un tiempo menor, no permitimos que toda la

cuenca contribuya al caudal y si usamos un tiempo mayor, la intensidad máxima será menor.<sup>16</sup>

La Urbanización Sawgrass se encuentra a aproximadamente 10 km de la estación de Tabacundo, lo que cumple con la norma del INAHMI. La zona de intensidad de precipitación es la número 14 a la que corresponde la siguiente ecuación de Intensidad de lluvia:

**TABLA. Ecuaciones Representativas de las zonas<sup>17</sup>**

ZONA DE PRECIPITACIÓN	DURACIÓN	ECUACIÓN
Zona 14	5 min < 40 min	$I_{TR} = 133.83 I_{dTR} t^{-0.4283}$

Tabla 13. Ecuaciones de Intensidad de Lluvia

Donde,

$I_{TR}$  = Intensidad de precipitación para el periodo de retorno escogido. (mm/h)

$I_{dTR}$  = Intensidad máxima diaria para un periodo de retorno dado en mm/h.

t = Tiempo de Concentración.

TR = Periodo de retorno en años.

Para el cálculo de la intensidad diaria de lluvia se utilizaron las gráficas de isolíneas de intensidades de precipitación realizadas por el INHAMI. Para el cálculo de la Urbanización Sawgrass se utilizó un periodo de retorno de 5 años.

<sup>16</sup> Estudio de Impacto Ambiental-Relleno Sanitario Municipal. Ing. Héctor Fuentes. Consultor.

<sup>17</sup> Rodríguez Fiallos, Luis. Estudio de llluvias intensas. Quito: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI, 1999, p. 3-5.



Esto quiere decir que se tomó la intensidad máxima diaria de una lluvia en cinco años. Esta elección será justificada más adelante. Para la estación de Tabacundo, la intensidad máxima diaria para un periodo de 5 años es de 2.5 mm/h.

#### 4.8 Tiempo de Concentración<sup>18</sup>

El tiempo de concentración para un área de drenaje se define como el tiempo que tarda una gota de agua en recorrer desde el punto más alejado de dicha área hasta el punto final de recepción considerado. Este tiempo de concentración se compone de un tiempo de recorrido superficial  $t_1$ , es decir el tiempo que le toma a la escorrentía para llegar hasta la entrada de la tubería, y de un tiempo de recorrido dentro de la tubería  $t_2$ . Por lo que el tiempo total de concentración  $t$  es la suma de  $t_1 + t_2$ .

En general, el tiempo  $t_1$  para áreas densamente pobladas en las que exista un alto porcentaje de zonas impermeables y sumideros cercanos será de 5 minutos. Para zonas medianamente desarrolladas, con pendientes más o menos planas, el tiempo de recorrido superficial será de 10 a 15 minutos. Por último, en zonas residenciales con superficies planas y sumideros lejanos se puede usar un  $t_1$  entre 20 y 30 minutos.

Para calcular el tiempo  $t_2$  de recorrido en las tuberías se puede usar la siguiente expresión:

---

<sup>18</sup> Burbano, Guillermo. Criterios Básicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. Quito: Multicopiados PUCE, 1993, p. 112.

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

Donde,

$l$  = longitud del tramo de alcantarillado.

$v$  = velocidad de circulación del agua en el tramo respectivo.

Para el caso de este proyecto, disponemos de una zona medianamente poblada y con pendientes más o menos planas, por lo que podemos tomar un tiempo de recorrido superficial de 10 minutos, ya que en la mayoría casos las pendientes de las calles se encuentran alrededor del 10 %. En cuanto al tiempo  $t_2$ , suponemos las condiciones más críticas que son la tubería más larga (80 metros) y la velocidad mínima (0.30 m/s). Por lo que el tiempo de recorrido en las tuberías será de aproximadamente 5 minutos. Con esto tenemos un tiempo de concentración  $t$  de 15 minutos.

#### **4.9 Periodo de Retorno**

El periodo de retorno de un sistema de alcantarillado se define como el transcurso de tiempo en el cual una precipitación de lluvia determinada de magnitud es igualada o superada. De acuerdo a la “Norma Tentativa para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Sistemas de Alcantarillado, Urbanos y Rurales”, el periodo de retorno escogido no tendrá la obligación de soportar la magnitud de aguaceros excepcionales y de poca frecuencia. El periodo de retorno elegido para cada proyecto deberá ser elegido

en base a la importancia de la población y daños o molestias que podrían causar inundaciones en las calles. En zonas de poca importancia, se podrá usar un periodo mínimo de 2 años, mientras que en zonas de gran importancia se usarán periodos de retorno de hasta 15 años.

La Urbanización Sawgrass se puede clasificar como una zona de baja importancia en la que no se causarán mayores daños en caso de inundaciones. Al existir una quebrada adyacente al proyecto, existirá un elemento natural de drenaje que brindará seguridad contra inundaciones a los pobladores. Es por estas razones que se tomó como periodo de retorno un tiempo de 5 años.

#### 4.10 Cálculo de la red de Alcantarillado Combinado

Con los datos obtenidos en los capítulos anteriores ya es posible calcular los dos caudales de diseño para el sistema de alcantarillado combinado de la Urbanización Sawgrass. El caudal sanitario total, como ya se calculó anteriormente, es igual a **0.329 l/s/Ha**. Para el caudal pluvial contamos con la siguiente expresión:

$$Q_p = \frac{c I}{0.360} \frac{l}{Ha s}$$

De donde sabemos que el coeficiente de escorrentía promedio es igual a 0.65. Para el cálculo de la intensidad de precipitación serán necesarios los siguientes cálculos:

$$I_{TR} = 133.83 I_{d_{TR}} t^{-0.4283}$$

Tiempo de concentración:  $t = 15$  minutos

Intensidad diaria para 5 años:  $I_{d_{TR}} = 2.5$  mm/h

$$I_{TR} = 104.9 \text{ mm/h}$$

$$Q_p = 190.02 \frac{l}{Ha \ s}$$

Por lo que el caudal combinado total es igual **190.35 l/s/Ha** y se puede concluir que el caudal sanitario no llega a ser ni el 1 % del caudal total.

Para el diseño de la urbanización Sawgrass se dividió el sistema de alcantarillado en 3 redes distintas, cada una con su sistema de tratamiento propio. La construcción del proyecto está planeada en 4 etapas, por lo que se aprovechó para fragmentar el diseño de la primera red de alcantarillado en la primera y segunda etapa, la segunda red en la tercera etapa y la tercera red en la cuarta etapa. A continuación se presenta una tabla con la división de las redes, pozos, tuberías, sus respectivas áreas de aporte y los caudales sanitarios, pluviales y combinados.

Tubería	Longitud (m)	Pozo Aguas Arriba	Elevación Pozo Aguas Arriba (m)	Pozo Aguas Abajo	Elevación Pozo Aguas Abajo (m)	Área de Aporte (Ha)	Carga Sanitaria Qs (l/s)	Carga Pluvial Qp (l/s)	Carga Combinada Qt (l/s)
<i>Primera y Segunda Etapa</i>									
P-1	55.84	MH-1	2,492.75	MH-2	2,491.62	0.53	0.17	99.95	100.12
P-2	79.85	MH-2	2,491.62	MH-3	2,490.54	0.64	0.21	121.61	121.82
P-3	60.56	MH-3	2,490.54	MH-4	2,489.57	0.58	0.19	110.21	110.40
P-4	44.08	MH-4	2,489.57	MH-5	2,488.79	0.53	0.17	100.71	100.88
P-5	47.43	MH-5	2,488.79	MH-6	2,488.19	0.36	0.12	68.41	68.53
P-6	28.28	MH-6	2,488.19	MH-7	2,487.79	0.09	0.03	17.10	17.13
P-7	23.65	MH-7	2,487.79	MH-8	2,487.39	0.04	0.01	7.60	7.61
P-8	22.55	MH-8	2,487.39	MH-9	2,485.59	0.08	0.03	15.20	15.23
P-9	78.36	MH-9	2,483.93	MH-10	2,476.09	0.37	0.12	70.31	70.43
P-10	29.88	MH-11	2,489.55	MH-8	2,487.39	0.06	0.02	11.40	11.42
P-11	19.31	MH-12	2,486.65	MH-9	2,485.95	0.04	0.01	7.60	7.61
P-12	49.28	MH-10	2,475.02	MH-13	2,470.09	0.19	0.06	36.10	36.17
P-13	26.95	MH-14	2,470.54	MH-13	2,468.52	0.29	0.10	55.11	55.20
P-14	79.74	MH-15	2,471.82	MH-14	2,470.54	0.39	0.13	74.11	74.24
P-15	50.55	MH-16	2,472.52	MH-15	2,471.82	0.28	0.09	53.21	53.30
P-16	71.68	MH-17	2,473.70	MH-16	2,472.52	0.59	0.19	112.11	112.31
P-17	81.26	MH-13	2,468.52	MH-18	2,460.39	0.09	0.03	17.10	17.13
P-18	53.30	MH-18	2,459.12	O-1	2,453.79	0.30	0.10	57.01	57.10
<i>Tercera Etapa</i>									
P-19	74.35	MH-19	2,460.60	MH-20	2,453.70	0.36	0.12	68.41	68.53
P-20	33.79	MH-20	2,453.70	MH-21	2,451.10	0.29	0.10	55.11	55.20
P-21	36.20	MH-21	2,449.80	MH-22	2,446.10	0.28	0.09	53.21	53.30
P-22	42.24	MH-22	2,446.07	MH-23	2,442.80	0.25	0.08	47.50	47.59
P-23	76.51	MH-23	2,442.77	MH-24	2,437.80	0.44	0.14	83.61	83.75
P-24	39.09	MH-24	2,437.77	MH-25	2,435.05	0.14	0.05	26.60	26.65
P-25	38.40	MH-25	2,435.02	MH-26	2,432.32	0.06	0.02	11.40	11.42
P-26	79.99	MH-26	2,432.29	MH-27	2,426.72	0.54	0.18	102.61	102.79
P-27	25.87	MH-27	2,426.69	MH-28	2,424.92	0.14	0.05	26.60	26.65
P-28	27.69	MH-28	2,424.89	MH-29	2,423.02	0.11	0.04	20.90	20.94
P-29	21.02	MH-29	2,422.99	MH-30	2,421.47	0.14	0.05	26.60	26.65
P-30	61.22	MH-30	2,421.44	MH-31	2,417.54	0.45	0.15	85.51	85.66
P-31	42.45	MH-31	2,417.51	MH-32	2,415.04	0.07	0.02	13.30	13.32
P-32	53.44	MH-32	2,415.01	MH-33	2,410.54	0.13	0.04	24.70	24.75
P-33	42.33	MH-33	2,410.51	MH-34	2,407.54	0.14	0.05	26.60	26.65
P-34	84.32	MH-34	2,407.51	MH-35	2,401.06	0.25	0.08	47.50	47.59
P-35	44.84	MH-35	2,401.03	O-2	2,396.54	0.05	0.02	9.50	9.52
P-36	38.85	MH-36	2,417.53	MH-37	2,413.65	0.11	0.04	20.90	20.94

P-37	33.12	MH-37	2,413.56	MH-38	2,410.25	0.08	0.03	15.20	15.23
P-38	56.97	MH-38	2,410.22	MH-39	2,405.75	0.27	0.09	51.31	51.39
P-39	37.66	MH-40	2,397.54	O-2	2,396.54	0.05	0.02	9.50	9.52
P-40	54.30	MH-41	2,412.38	MH-42	2,406.95	0.26	0.09	49.41	49.49
P-41	26.59	MH-42	2,406.92	MH-43	2,404.45	0.07	0.02	13.30	13.32
P-42	74.47	MH-43	2,404.42	MH-44	2,401.73	0.20	0.07	38.00	38.07
P-43	79.25	MH-44	2,401.70	MH-45	2,399.40	0.26	0.09	49.41	49.49
P-44	75.43	MH-45	2,399.37	MH-40	2,397.57	0.12	0.04	22.80	22.84
P-45	58.25	MH-39	2,405.72	MH-46	2,401.53	0.38	0.12	72.21	72.33
P-46	81.82	MH-46	2,401.50	MH-40	2,397.57	0.39	0.13	74.11	74.24
<i>Cuarta Etapa</i>									
P-47	56.57	MH-47	2,497.90	MH-48	2,492.25	0.32	0.11	60.81	60.91
P-48	34.97	MH-49	2,494.90	MH-48	2,492.20	0.22	0.07	41.80	41.88
P-49	49.42	MH-50	2,497.90	MH-49	2,494.90	0.39	0.13	74.11	74.24
P-50	53.50	MH-51	2,501.25	MH-50	2,497.90	0.66	0.22	125.41	125.63
P-51	48.42	MH-48	2,492.20	MH-52	2,488.22	0.09	0.03	17.10	17.13
P-52	55.39	MH-52	2,488.22	MH-53	2,484.92	0.33	0.11	62.71	62.81
P-53	78.61	MH-53	2,484.92	MH-54	2,480.22	0.48	0.16	91.21	91.37
P-54	64.10	MH-54	2,480.22	MH-55	2,476.42	0.39	0.13	74.11	74.24
P-55	78.55	MH-55	2,476.42	MH-56	2,470.62	0.33	0.11	62.71	62.81
P-56	78.52	MH-57	2,473.25	MH-56	2,468.44	0.60	0.20	114.01	114.21
P-57	78.50	MH-58	2,475.75	MH-57	2,473.25	0.71	0.23	134.91	135.15
P-58	78.97	MH-56	2,468.44	MH-59	2,460.54	0.27	0.09	51.31	51.39
P-59	46.25	MH-59	2,460.39	MH-60	2,459.14	0.24	0.08	45.60	45.68
P-60	45.53	MH-60	2,459.14	MH-61	2,458.29	0.35	0.12	66.51	66.62
P-61	74.16	MH-61	2,458.29	MH-62	2,456.39	0.58	0.19	110.21	110.40
P-62	76.61	MH-63	2,464.41	MH-62	2,456.75	0.36	0.12	68.41	68.53
P-63	77.38	MH-64	2,473.98	MH-63	2,466.25	0.33	0.11	62.71	62.81
P-64	59.97	MH-62	2,456.39	MH-65	2,450.59	0.23	0.08	43.70	43.78
P-65	78.50	MH-65	2,450.59	MH-66	2,443.79	0.41	0.13	77.91	78.04
P-66	26.79	MH-66	2,443.79	MH-67	2,441.29	0.04	0.01	7.60	7.61
P-67	31.55	MH-67	2,441.29	MH-68	2,438.39	0.06	0.02	11.40	11.42
P-68	32.51	MH-68	2,438.39	MH-69	2,437.54	0.08	0.03	15.20	15.23
P-69	100.85	MH-69	2,437.54	O-3	2,428.24	0.29	0.10	55.11	55.20
P-70	97.26	MH-70	2,441.75	MH-69	2,437.54	0.51	0.17	96.91	97.08

Tabla 14. Resultados de Diseño

La tabla presentada anteriormente muestra un resumen de los datos de entrada para el diseño de un sistema de alcantarillado. Como vimos en el capítulo de hidráulica de tuberías, si se conoce el largo de la tubería, el material, el caudal y la pendiente es posible dimensionarla de manera que cumpla con las velocidades requeridas. En caso de que esto no se cumpla, será necesario modificar la pendiente de la tubería cambiando la profundidad de los pozos de revisión. Este es un proceso iterativo del que se encarga el programa SewerCAD. A continuación se presenta una tabla de resultados con las dimensiones y profundidades de pozos para cada una de las etapas de la Urbanización. Con ayuda de los datos presentados en las tablas, se realizaron los planos mostrados en los anexos.

Tubería	Longitud (m)	$\varphi$ (mm)	Area Secc. Transversal (m <sup>2</sup> )	Material	Velocidad (m/s)	Pozo Aguas Arriba	Elevación Pozo Aguas Arriba (m)	Pozo Aguas Abajo	Elevación Pozo Aguas Abajo (m)	Pendiente (m/m)	Caudal Total que Transporta (l/s)	Caudal Máximo de Diseño (l/s)	d/D (%)
<i>Primera y Segunda Etapa</i>													
P-1	55.84	300	0.071	PVC	1.59	MH-1	2,492.75	MH-2	2,491.62	0.02018	100.12	186.31	95.5%
P-2	79.85	375	0.110	PVC	2.08	MH-2	2,491.62	MH-3	2,490.54	0.01348	221.94	276.05	96.4%
P-3	60.56	450	0.159	PVC	2.19	MH-3	2,490.54	MH-4	2,489.57	0.01612	332.35	490.92	90.5%
P-4	44.08	450	0.159	PVC	2.70	MH-4	2,489.57	MH-5	2,488.79	0.01761	433.23	513.10	97.6%
P-5	47.43	600	0.283	PVC	2.11	MH-5	2,488.79	MH-6	2,488.19	0.01265	501.76	936.60	76.5%
P-6	28.28	600	0.283	PVC	2.15	MH-6	2,488.19	MH-7	2,487.79	0.01414	518.89	990.36	77.4%
P-7	23.65	600	0.283	PVC	2.17	MH-7	2,487.79	MH-8	2,487.39	0.01691	526.50	1082.97	78.5%
P-8	22.55	600	0.283	PVC	2.22	MH-8	2,487.39	MH-9	2,485.59	0.07982	553.15	2352.70	58.3%
P-9	78.36	600	0.283	PVC	2.41	MH-9	2,483.93	MH-10	2,476.09	0.10000	631.19	2633.32	58.8%
P-10	29.88	300	0.071	PVC	0.75	MH-11	2,489.55	MH-8	2,487.39	0.07214	11.42	352.25	92.6%
P-11	19.31	250	0.049	PVC	0.69	MH-12	2,486.65	MH-9	2,485.95	0.03625	7.61	153.56	21.0%
P-12	49.28	600	0.283	PVC	2.50	MH-10	2,475.02	MH-13	2,470.09	0.10000	667.35	2633.32	60.5%
P-13	26.95	600	0.283	PVC	1.69	MH-14	2,470.54	MH-13	2,468.52	0.07519	295.05	2283.42	76.8%
P-14	79.74	375	0.110	PVC	2.20	MH-15	2,471.82	MH-14	2,470.54	0.01601	239.84	300.82	91.7%
P-15	50.55	375	0.110	PVC	1.73	MH-16	2,472.52	MH-15	2,471.82	0.01385	165.61	279.82	84.6%
P-16	71.68	300	0.071	PVC	1.71	MH-17	2,473.70	MH-16	2,472.52	0.01641	112.30	168.00	91.2%
P-17	81.26	600	0.283	PVC	3.40	MH-13	2,468.52	MH-18	2,460.39	0.10000	979.53	2633.32	69.0%
P-18	53.30	600	0.283	PVC	3.59	MH-18	2,459.12	O-1	2,453.79	0.10000	1036.64	2633.32	70.9%
<i>Tercera Etapa</i>													



P-19	74.35	250	0.049	PVC	1.52	MH-19	2,460.60	MH-20	2,453.70	0.09280	68.53	245.69	84.3%
P-20	33.79	250	0.049	PVC	2.46	MH-20	2,453.70	MH-21	2,451.10	0.07606	123.73	222.42	75.3%
P-21	36.20	250	0.049	PVC	3.50	MH-21	2,449.80	MH-22	2,446.10	0.10000	177.04	255.04	80.3%
P-22	42.24	375	0.110	PVC	2.10	MH-22	2,446.07	MH-23	2,442.80	0.07753	224.92	709.34	64.6%
P-23	76.51	375	0.110	PVC	2.74	MH-23	2,442.77	MH-24	2,437.80	0.06496	308.68	649.30	73.3%
P-24	39.09	375	0.110	PVC	2.94	MH-24	2,437.77	MH-25	2,435.05	0.06949	332.32	671.54	97.4%
P-25	38.40	450	0.159	PVC	2.25	MH-25	2,435.02	MH-26	2,432.32	0.07031	343.74	1098.48	88.1%
P-26	79.99	450	0.159	PVC	2.78	MH-26	2,432.29	MH-27	2,426.72	0.06963	446.53	1093.16	70.5%
P-27	25.87	450	0.159	PVC	2.93	MH-27	2,426.69	MH-28	2,424.92	0.06842	473.18	1083.58	74.0%
P-28	27.69	450	0.159	PVC	3.05	MH-28	2,424.89	MH-29	2,423.02	0.06753	494.11	1076.55	75.0%
P-29	21.02	450	0.159	PVC	3.20	MH-29	2,422.99	MH-30	2,421.47	0.07213	520.76	1112.59	76.7%
P-30	61.22	450	0.159	PVC	3.71	MH-30	2,421.44	MH-31	2,417.54	0.06371	606.42	1045.59	77.9%
P-31	42.45	450	0.159	PVC	3.79	MH-31	2,417.51	MH-32	2,415.04	0.05819	619.74	999.27	80.3%
P-32	53.44	450	0.159	PVC	3.94	MH-32	2,415.01	MH-33	2,410.54	0.08365	644.48	1198.10	77.0%
P-33	42.33	450	0.159	PVC	4.10	MH-33	2,410.51	MH-34	2,407.54	0.07016	671.13	1097.31	80.3%
P-34	84.32	450	0.159	PVC	4.38	MH-34	2,407.51	MH-35	2,401.06	0.07657	718.71	1146.28	79.6%
P-35	44.84	450	0.159	PVC	4.44	MH-35	2,401.03	O-2	2,396.54	0.10000	728.23	1310.01	78.4%
P-36	38.85	250	0.049	PVC	0.93	MH-36	2,417.53	MH-37	2,413.65	0.10000	20.94	273.24	32.4%
P-37	33.12	250	0.049	PVC	1.13	MH-37	2,413.56	MH-38	2,410.25	0.10000	36.16	273.24	69.9%
P-38	56.97	250	0.049	PVC	1.81	MH-38	2,410.22	MH-39	2,405.75	0.07846	87.56	242.03	96.3%
P-39	37.66	450	0.159	PVC	2.61	MH-40	2,397.54	O-2	2,396.54	0.02655	416.87	675.05	77.4%
P-40	54.30	250	0.049	PVC	1.28	MH-41	2,412.38	MH-42	2,406.95	0.10000	49.50	273.24	50.5%
P-41	26.59	250	0.049	PVC	1.45	MH-42	2,406.92	MH-43	2,404.45	0.09289	62.82	263.35	82.4%
P-42	74.47	300	0.071	PVC	1.60	MH-43	2,404.42	MH-44	2,401.73	0.03613	100.88	267.08	82.0%
P-43	79.25	300	0.071	PVC	2.12	MH-44	2,401.70	MH-45	2,399.40	0.02902	150.38	239.37	76.6%
P-44	75.43	375	0.110	PVC	1.77	MH-45	2,399.37	MH-40	2,397.57	0.02376	173.22	392.71	92.0%
P-45	58.25	300	0.071	PVC	2.24	MH-39	2,405.72	MH-46	2,401.53	0.07195	159.90	376.88	98.7%
P-46	81.82	375	0.110	PVC	2.16	MH-46	2,401.50	MH-40	2,397.57	0.04794	234.13	557.79	97.1%

<i>Cuarta Etapa</i>													
P-47	56.57	300	0.071	PVC	1.27	MH-47	2,497.90	MH-48	2,492.25	0.10000	60.92	414.72	83.4%
P-48	34.97	375	0.110	PVC	2.22	MH-49	2,494.90	MH-48	2,492.20	0.07721	241.74	660.72	93.9%
P-49	49.42	375	0.110	PVC	1.93	MH-50	2,497.90	MH-49	2,494.90	0.06070	199.87	585.86	88.1%
P-50	53.50	300	0.071	PVC	1.84	MH-51	2,501.25	MH-50	2,497.90	0.06263	125.63	328.21	97.3%
P-51	48.42	375	0.110	PVC	2.83	MH-48	2,492.20	MH-52	2,488.22	0.08212	319.78	681.40	97.5%
P-52	55.39	375	0.110	PVC	3.37	MH-52	2,488.22	MH-53	2,484.92	0.05958	382.60	580.40	98.8%
P-53	78.61	375	0.110	PVC	4.16	MH-53	2,484.92	MH-54	2,480.22	0.05979	473.97	581.42	99.4%
P-54	64.10	375	0.110	PVC	4.81	MH-54	2,480.22	MH-55	2,476.42	0.05928	548.21	578.96	99.7%
P-55	78.55	375	0.110	PVC	5.36	MH-55	2,476.42	MH-56	2,470.62	0.07384	611.02	646.14	88.6%
P-56	78.52	250	0.049	PVC	2.00	MH-57	2,473.25	MH-56	2,468.44	0.06121	99.02	199.53	98.4%
P-57	78.50	250	0.049	PVC	1.33	MH-58	2,475.75	MH-57	2,473.25	0.03185	53.33	143.93	83.9%
P-58	78.97	450	0.159	PVC	4.64	MH-56	2,468.44	MH-59	2,460.54	0.10000	761.40	1222.74	78.2%
P-59	46.25	600	0.283	PVC	2.88	MH-59	2,460.39	MH-60	2,459.14	0.02708	807.08	1370.31	92.8%
P-60	45.53	600	0.283	PVC	3.07	MH-60	2,459.14	MH-61	2,458.29	0.01862	873.70	1136.19	94.8%
P-61	74.16	600	0.283	PVC	3.42	MH-61	2,458.29	MH-62	2,456.39	0.02562	984.11	1332.89	96.9%
P-62	76.61	250	0.049	PVC	2.61	MH-63	2,464.41	MH-62	2,456.75	0.10000	131.35	255.04	74.4%
P-63	77.38	250	0.049	PVC	1.45	MH-64	2,473.98	MH-63	2,466.25	0.10000	62.82	255.04	56.9%
P-64	59.97	600	0.283	PVC	3.99	MH-62	2,456.39	MH-65	2,450.59	0.09672	1159.23	2589.70	98.1%
P-65	78.50	600	0.283	PVC	4.26	MH-65	2,450.59	MH-66	2,443.79	0.08662	1237.27	2450.88	74.5%
P-66	26.79	600	0.283	PVC	4.28	MH-66	2,443.79	MH-67	2,441.29	0.09332	1244.89	2543.82	98.4%
P-67	31.55	600	0.283	PVC	4.32	MH-67	2,441.29	MH-68	2,438.39	0.09192	1256.31	2524.66	98.4%
P-68	32.51	600	0.283	PVC	4.37	MH-68	2,438.39	MH-69	2,437.54	0.02622	1271.53	1348.39	98.8%
P-69	100.85	600	0.283	PVC	4.88	MH-69	2,437.54	O-3	2,428.24	0.09222	1423.11	2528.75	76.4%
P-70	97.26	600	0.283	PVC	1.18	MH-70	2,441.75	MH-69	2,437.54	0.04327	96.38	1732.10	65.6%

Tabla 15. Resumen de Resultados de Diseño de Tuberías

Nombre	Cota (m)	Cota Tapa (m)	Cota Fondo Pozo (m)	Caudal Total (l/s)	Caudal Pozo (l/s)	Diámetro Pozo (m)	Profundida Hp (m)
<i>Primera y Segunda Etapa</i>							
MH-1	2,494.00	2,494.00	2,492.75	100.12	100.12	0.90	1.25
MH-2	2,493.00	2,493.00	2,491.62	221.94	121.82	0.90	1.38
MH-3	2,492.00	2,492.00	2,490.54	332.35	110.40	0.90	1.46
MH-4	2,491.10	2,491.10	2,489.57	433.23	100.88	0.90	1.53
MH-5	2,490.40	2,490.40	2,488.79	501.76	68.53	0.90	1.61
MH-6	2,489.80	2,489.80	2,488.19	518.89	17.13	0.90	1.61
MH-7	2,489.40	2,489.40	2,487.79	526.50	7.61	0.90	1.61
MH-8	2,489.00	2,489.00	2,487.39	553.15	15.23	0.90	1.61
MH-9	2,487.20	2,487.20	2,483.93	631.19	70.43	0.90	3.27
MH-10	2,477.70	2,477.70	2,475.02	667.35	36.16	0.90	2.68
MH-11	2,490.80	2,490.80	2,489.55	11.42	11.42	0.90	1.25
MH-12	2,487.90	2,487.90	2,486.65	7.61	7.61	0.90	1.25
MH-13	2,471.70	2,471.70	2,468.52	979.53	17.13	0.90	3.18
MH-14	2,472.00	2,472.00	2,470.54	295.05	55.21	0.90	1.46
MH-15	2,473.20	2,473.20	2,471.82	239.84	74.24	0.90	1.38
MH-16	2,473.90	2,473.90	2,472.52	165.61	53.30	0.90	1.38
MH-17	2,475.00	2,475.00	2,473.70	112.30	112.30	0.90	1.30
MH-18	2,462.00	2,462.00	2,459.12	1,036.64	57.11	0.90	2.88
<i>Tercera Etapa</i>							

MH-19	2,461.90	2,461.90	2,460.60	68.53	68.53	0.90	1.25
MH-20	2,455.00	2,455.00	2,453.70	123.73	55.21	0.90	1.28
MH-21	2,452.40	2,452.40	2,449.80	177.04	53.30	0.90	2.63
MH-22	2,447.40	2,447.40	2,446.10	224.92	224.92	0.90	1.30
MH-23	2,444.10	2,444.10	2,442.77	308.68	83.75	0.90	1.33
MH-24	2,439.10	2,439.10	2,437.77	332.32	23.65	0.90	1.33
MH-25	2,436.40	2,436.40	2,435.02	343.74	11.42	0.90	1.38
MH-26	2,433.70	2,433.70	2,432.29	446.53	102.79	0.90	1.41
MH-27	2,428.10	2,428.10	2,426.69	473.18	26.65	0.90	1.41
MH-28	2,426.30	2,426.30	2,424.89	494.11	20.94	0.90	1.41
MH-29	2,424.40	2,424.40	2,422.99	520.76	26.65	0.90	1.41
MH-30	2,422.90	2,422.90	2,421.44	606.42	85.66	0.90	1.46
MH-31	2,419.00	2,419.00	2,417.51	619.74	13.32	0.90	1.49
MH-32	2,416.50	2,416.50	2,415.01	644.48	24.74	0.90	1.49
MH-33	2,412.00	2,412.00	2,410.51	671.13	26.65	0.90	1.49
MH-34	2,409.00	2,409.00	2,407.51	718.71	47.58	0.90	1.49
MH-35	2,403.10	2,403.10	2,401.03	728.23	9.52	0.90	2.07
MH-36	2,419.00	2,419.00	2,417.53	20.94	20.94	0.90	1.47
MH-37	2,414.90	2,414.90	2,413.56	36.16	15.23	0.90	1.34
MH-38	2,411.50	2,411.50	2,410.22	87.56	51.40	0.90	1.28
MH-39	2,407.00	2,407.00	2,405.72	159.90	72.33	0.90	1.28
MH-40	2,399.00	2,399.00	2,397.54	416.87	9.52	0.90	1.46
MH-41	2,415.00	2,415.00	2,412.38	49.50	49.50	0.90	2.62
MH-42	2,408.20	2,408.20	2,406.92	62.82	13.32	0.90	1.28
MH-43	2,405.70	2,405.70	2,404.42	100.88	38.07	0.90	1.28
MH-44	2,403.00	2,403.00	2,401.70	150.38	49.50	0.90	1.30
MH-45	2,400.70	2,400.70	2,399.37	173.22	22.84	0.90	1.33
MH-46	2,402.80	2,402.80	2,401.50	234.13	74.24	0.90	1.30

<i>Cuarta Etapa</i>							
MH-47	2,500.10	2,500.10	2,497.90	60.92	60.91	0.90	2.20
MH-48	2,493.50	2,493.50	2,492.20	319.78	17.13	0.90	1.30
MH-49	2,496.20	2,496.20	2,494.90	241.74	41.87	0.90	1.30
MH-50	2,499.20	2,499.20	2,497.90	199.87	74.24	0.90	1.30
MH-51	2,502.50	2,502.50	2,501.25	125.63	125.63	0.90	1.25
MH-52	2,489.60	2,489.60	2,488.22	382.60	62.82	0.90	1.38
MH-53	2,486.30	2,486.30	2,484.92	473.97	91.37	0.90	1.38
MH-54	2,481.60	2,481.60	2,480.22	548.21	74.24	0.90	1.38
MH-55	2,477.80	2,477.80	2,476.42	611.02	62.82	0.90	1.38
MH-56	2,472.00	2,472.00	2,468.44	761.40	51.35	0.90	3.56
MH-57	2,474.50	2,474.50	2,473.25	99.02	45.70	0.90	1.25
MH-58	2,477.00	2,477.00	2,475.75	53.33	53.33	0.90	1.25
MH-59	2,462.00	2,462.00	2,460.39	807.08	45.68	0.90	1.61
MH-60	2,460.90	2,460.90	2,459.14	873.70	66.62	0.90	1.76
MH-61	2,459.90	2,459.90	2,458.29	984.11	110.40	0.90	1.61
MH-62	2,458.00	2,458.00	2,456.39	1,159.23	43.78	0.90	1.61
MH-63	2,467.50	2,467.50	2,464.41	131.35	68.53	0.90	3.09
MH-64	2,478.70	2,478.70	2,473.98	62.82	62.82	0.90	4.72
MH-65	2,452.20	2,452.20	2,450.59	1,237.27	78.05	0.90	1.61
MH-66	2,445.40	2,445.40	2,443.79	1,244.89	7.61	0.90	1.61
MH-67	2,442.90	2,442.90	2,441.29	1,256.31	11.42	0.90	1.61
MH-68	2,440.00	2,440.00	2,438.39	1,271.53	15.23	0.90	1.61
MH-69	2,439.30	2,439.30	2,437.54	1,423.11	55.21	0.90	1.76
MH-70	2,443.00	2,443.00	2,441.75	96.38	96.38	0.90	1.25

Tabla 16. Resumen de Resultados de Diseño de Pozos de Revisión

## **CAPITULO V. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

### **5.1 Introducción**

En general, las aguas residuales domiciliarias no representan un mayor peligro para el medio ambiente debido que la concentración de elementos patógenos es muy baja. Aproximadamente el 99% de las aguas residuales es agua y apenas un 1% o menos representa la materia biodegradable. En el Ecuador, es común que las descargas de aguas negras procedentes del alcantarillado se realicen en corrientes o efluentes naturales. Como el proyecto de la Urbanización Sawgrass no se encuentra cerca de un río, se eligió que se usará un sistema de tratamiento que consta de pozos sépticos y pozos de absorción, los cuales serán explicados más tarde en el capítulo.

Los inconvenientes más graves que producen las aguas negras domiciliarias es que si no reciben ningún tratamiento y simplemente son descargadas al medio ambiente pueden provocar problemas de salud a los habitantes de poblaciones cercanas. Además, si se evacúan las aguas negras a un cuerpo de agua, los materiales se depositarán en el fondo, impidiendo el crecimiento de las plantas acuáticas. Asimismo, la materia orgánica biodegradable ocupará el oxígeno del agua, causando la extinción de plantas y animales acuáticos, y generando malos olores y sabores.

Para asegurarnos que las aguas negras no representen un peligro para el medio ambiente es necesario aplicar sistemas de tratamiento. La operación de

eliminación de contaminantes se dificulta ya que una parte se encuentra en forma de solución y otra en suspensión. Para eliminar estos elementos existen distintos procedimientos que al aplicarse producen distintos grados de purificación de las aguas contaminadas.

## **5.2 Selección del método de Tratamiento**

Para la purificación de aguas residuales domiciliarias es muy común el uso de sistemas de sedimentación y filtración juntos. El diseño del alcantarillado combinado cuenta con un separador de caudales antes del tratamiento por lo que en el caso de una lluvia de gran magnitud, el caudal pluvial será, en su mayoría, evacuado por una tubería auxiliar y no será tomado en cuenta para el tratamiento. Los planos del detalle del separador de caudales se encuentran en el capítulo de anexos. Para elegir el sistema de tratamiento óptimo tanto técnica como económicamente se tomaron en cuenta los siguientes factores:

*Características del agua que se va a tratar:* Está constituida en su mayoría por agua residual doméstica (más un pequeño porcentaje de agua pluvial cuando existan lluvias). El agua residual domiciliaria no contiene grandes cantidades de grasas por lo que se puede obviar la construcción de una trampa de grasas. Esta norma se encuentra en el Estudio y Diseño de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales creadas por la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental. En ésta se menciona que “los des-engrasadores” son tanques de permanencia corta en los cuales se permite flotar a la superficie las partículas con densidad menor

que la del agua. Estos tanques se deben usar en casos de presencia de desechos industriales con grandes cantidades de aceites y grasas”. El agua residual domiciliar es usualmente un líquido con alta turbidez, una temperatura de entre 10 y 20 grados Celsius y un olor a queroseno. No obstante, si se deja reposar el agua por algún tiempo está se tornará negra y tendrá un fuerte olor a huevos podridos. A continuación se presenta una tabla con las concentraciones promedio de los elementos principales del agua residual domiciliar.

<b>Constituyente</b>	<b>Concentración Promedio</b>	<b>Comentario</b>
DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	200 mg/L	-
Sólidos Suspendidos	240 mg/L	Causa Turbidez. Contiene contaminantes y patógenos
Patógenos	3 millones de cloriformes por cada 100 mL	Microorganismos causantes de enfermedades. Alto contenido en la materia fecal
Químicos Tóxicos	Variable	Los metales pesados como el mercurio, cadmio y cromo, o pesticidas, solventes y productos procedentes del petróleo se encuentran en esta categoría.

Tabla17. Concentración de los principales constituyentes del agua residual<sup>19</sup>

*Necesidad de personal:* Al tratarse de una urbanización privada, se contará con personal que realice el mantenimiento cuando sea necesario. No obstante, se intentará que el proceso de tratamiento requiera la mínima cantidad de personal para disminuir costos.

<sup>19</sup> Wastewater Treatment, Martin T. Auer, James R. Mihelcic, Michigan Technological University



*Nivel de tratamiento:* Al tratarse de aguas residuales domiciliarias, no es necesario un nivel de tratamiento muy alto, ya que la concentración de materia orgánica biodegradable es muy baja. Por esta razón, un sedimentador primario y un filtro serán suficientes para proveer el tratamiento necesario. Además, para bajar costos y minimizar la mano de obra se descartará la utilización de tanques cloradores.

Por los motivos descritos anteriormente, se decidió usar al pozo séptico como el sedimentador primario y al pozo de absorción al sistema que va a dar la función de filtro. Este sistema es comúnmente utilizado en el medio y ya conocida su eficiencia para este tipo de proyectos.

### **5.3 Tanque Séptico**

El tanque séptico es una estructura en forma de cajón hermético que sirve para remover los sólidos sedimentarios y flotantes del agua negra. Las fosas sépticas también permiten la digestión de una porción de materia sólida y la materia no biodegradable es almacenada. El principio fundamental de las fosas sépticas es la decantación; al aumentar la sección transversal se disminuye la velocidad del fluido por lo que los sedimentos más pesados se hundirán al fondo del tanque, mientras que los más livianos flotarán y crearán una capa de impurezas. Mientras mayor sea el tiempo de retención, más eficiente será el tratamiento, pero también más grande deberá ser el tanque. Se eligió un tiempo de retención de seis horas, ya que se ha demostrado que para caudales de hasta

5 l/s se logra una remoción de sedimentos bastante eficaz de hasta un 50 % de los sólidos. La materia sólida restante simplemente se acumula en el tanque y un pequeño porcentaje continúa en disolución y es filtrado en el pozo de absorción. La materia que continúa en el fondo del pozo sirve para acelerar la descomposición posterior de los sólidos que seguirán entrando en el pozo séptico. Es muy importante revisar el nivel de estos lodos ya que mientras más alto sea su nivel menor será la eficiencia del sedimentador. Por esta razón es necesario que se lo vacíe regularmente con ayuda de una bomba y un camión especializado. La fosa séptica deberá ser vaciada a través de la tapa de succión de lodos. A continuación se presenta un dibujo esquemático del pozo de revisión y en los anexos se puede encontrar un plano detallado del mismo. El tratamiento de este tipo es anaeróbico. Durante la descomposición se producirá también gas metano que ascenderá a la superficie y escapará por medio de tubos de PVC de ventilación.

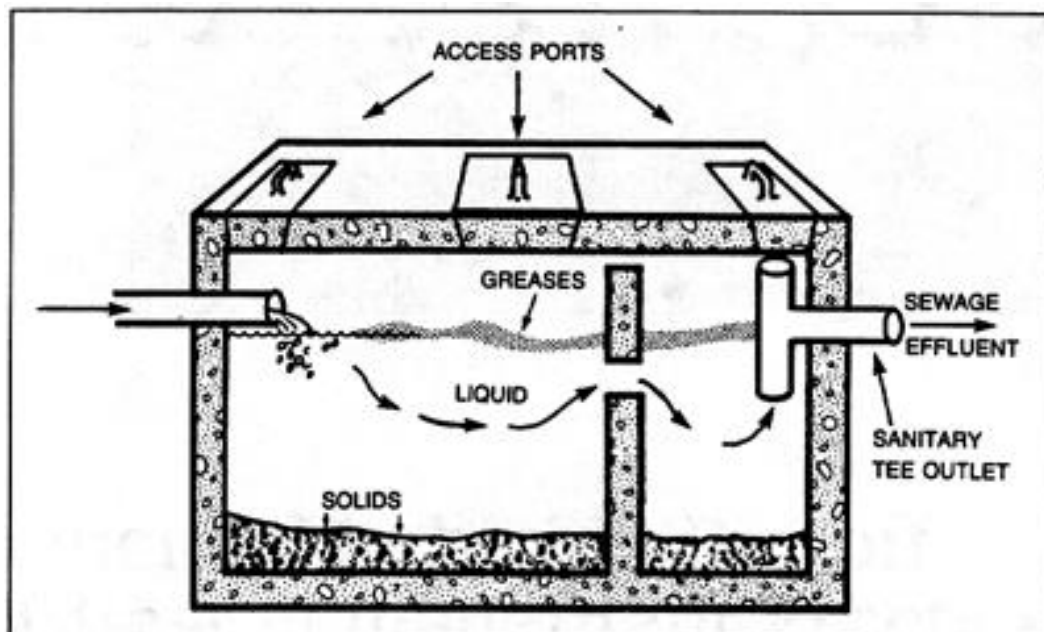


Gráfico 4. Pozo de Tanque Séptico

*Diseño:*

El diseño de un tanque séptico consta en el dimensionamiento, el cual estará en función del caudal sanitario y el tiempo de retención. Como se mencionó anteriormente, un tiempo de retención de seis horas será utilizado para el diseño. Por último, se usará una relación largo-ancho de dos y una profundidad mínima de 1.20 metros. Por motivos de aireación se dará un 20 % de la profundidad total a espacio libre sobre el nivel de las aguas negras.

**TANQUE SEPTICO 1:**

Tiempo de retención:	6 hr
Q =	1.8 l/s
Vol =	38.88 m <sup>3</sup>
h =	1.8 m
a =	3.29 m
b =	6.57 m

<i>USAR:</i>	
1.8	M
3.5	M
7.0	M

**TANQUE SEPTICO 2:**

Tiempo de retención:	6 hr
Q =	2 l/s
Vol =	43.2 m <sup>3</sup>
h =	1.8 m
a =	3.46 m
b =	6.93 m

<i>USAR:</i>	
1.8	M
3.5	M
7.0	M

**TANQUE SEPTICO 3:**

Tiempo de retención:	6 hr
Q =	2.5 l/s
Vol =	54 m <sup>3</sup>
h =	1.8 m
a =	3.87 m
b =	7.75 m

<i>USAR:</i>	
2.3	M
4.0	M
8.0	M

## 5.4 Pozo de Absorción

Los pozos de absorción consisten en una excavación de entre 1.50 a 2.50 metros de diámetro y una profundidad de 6 a 12 metros. Estas excavaciones son rellenas hasta un 80% con grava de un diámetro promedio de 20 cm que cumplirá la función de filtro. Para determinar la profundidad del pozo es posible utilizar la siguiente expresión:

$$H = \frac{K_1 N}{\pi D}$$

Donde,  $K_1$  es el coeficiente de absorción del terreno en  $\text{m}^2/\text{hab.}/\text{día}$ .

$N$  es el número de habitantes a ser servidos.

$D$  es el diámetro del pozo de absorción en m.

El coeficiente  $K_1$  para el terreno del proyecto es de  $0.40 \text{ m}^2/\text{hab.}/\text{día}$  y el diámetro de pozo a utilizar será de 2 m. Debido a la gran cantidad de habitantes a ser servidos será necesario utilizar 4 pozos de absorción para cada pozo séptico. Con estos datos es posible calcular la profundidad de los pozos de absorción.

$N_{\text{Primer Tanque}} = 630$  habitantes  $H_1 = 9.00$  m

$N_{\text{Segundo Tanque}} = 410$  habitantes  $H_2 = 6.80$  m

$N_{\text{Tercer Tanque}} = 503$  habitantes  $H_3 = 8.00$  m

## CAPITULO VI. IMPACTOS AMBIENTALES

### 6.1 Introducción

El crecimiento sostenido de la población mundial ha generado diversos problemas. Uno de los inconvenientes más grandes y que puede afectar especialmente de manera futura es el relacionado con el medio ambiente. Es necesario que el ser humano se dé cuenta de que las fuentes hídricas y su habilidad de auto-limpieza tienen un límite. Las diferentes formas de contaminación afectan gravemente a nuestros recursos naturales y consecuentemente nos afecta a nosotros mismos. Según la norma ecuatoriana, el límite permisible para la descarga de  $\text{DBO}_5$  es de  $100 \text{ mg/L}^{20}$ , por lo que el tratamiento deberá remover un 50% de la  $\text{DBO}_5$  de las aguas residuales.

Según las estadísticas del último censo de 2001, apenas el 16% de las zonas rurales tienen acceso a un sistema de alcantarillado. La cobertura de saneamiento de aguas en el Ecuador ha aumentado considerablemente en los últimos años, sin embargo, se caracteriza por tener bajos niveles de cobertura para las áreas rurales. Disponer de agua potable, así como las formas de evacuarla luego de su uso, son dos necesidades que van de la mano. Gracias a nuevas legislaciones ambientales ecuatorianas, se va tomando cada vez más consciencia de la situación. El abastecimiento de agua potable y el saneamiento son dos de los proyectos más importantes en una población, ya que benefician de manera

---

<sup>20</sup> Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Ministerio del Ambiente de Ecuador. Tabla 12.

directa a las poblaciones al mejorar su calidad de vida y disminuir considerablemente la cantidad de enfermedades.

A continuación se evaluarán los posibles impactos ambientales que podría tener el proyecto de alcantarillado combinado. Finalmente se darán posibilidades de mitigación para solucionar los impactos ambientales. Al existir una gran variedad de proyectos que pueden afectar al medio ambiente, el Banco Mundial decidió realizar la siguiente clasificación:

**Proyecto tipo A** - Son los proyectos que tienen el potencial de producir impactos ambientales importantes y diversos, y requieren generalmente estudios completos de impacto ambiental.

**Proyecto tipo B** - Son proyectos con impacto ambiental moderado y cuyas medidas de mitigación son conocidas o fácilmente aplicables. Generalmente, requieren de estudios simplificados de impacto ambiental.

**Proyecto tipo C** - Son proyectos que no producen impactos ambientales significativos, habitualmente no requieren estudios de impacto ambiental.

**Proyecto tipo D.**- Son proyectos destinados al mejoramiento de la calidad ambiental o a la conservación y manejo de recursos naturales. No requieren estudios de impacto ambiental salvo casos particulares.

Los proyectos de alcantarillado se encuentran clasificados en la categoría B, por lo que es necesario un estudio de impacto ambiental simplificado. A continuación, se pretende identificar y evaluar la magnitud e importancia de todos

los impactos ambientales que se podrían generar dentro de la zona de influencia del proyecto. Además se identificarán las medidas correctivas que podrían ser utilizadas para contrarrestar los impactos ambientales anteriormente identificados. Para la elaboración de este capítulo, se compararon las condiciones ambientales existentes antes de la implantación del proyecto con las que podrían aparecer durante la construcción y la fase de operación y mantenimiento.

## **6.2 Marco Legal**

El interés para proteger la naturaleza, por efecto de proyectos de infraestructura urbana, ha motivado que las entidades financieras internacionales y nacionales, establezcan normas y principios para la planificación de las obras a ejecutar y para la evaluación de las afecciones que provocan al medio ambiente local. Esto ha determinado la necesidad de contar con una legislación ambiental que permita cumplir con los objetivos de conservación del medio ambiente y la biodiversidad. A continuación se presentan las leyes trascendentes para este proyecto:

- **Numeral 2 del Art. 19 de la Constitución Política del Ecuador**, que asegura el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación y especifica que es deber del Estado preservar la naturaleza.
- La Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y de Vida Silvestre.
- La Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y sus reglamentos que dictan normas para la prevención y control de la

contaminación de los recursos Aire, Agua y Suelo y para la preservación, mejoramiento y restauración del ambiente. Además, este reglamento solicita el tratamiento de aguas residuales previa a su descarga.

- **Art.22.-** Los propietarios de toda vivienda accesible a la red de alcantarillado público accesible o público deben conectar su sistema de eliminación de excretas, aguas servidas y aguas pluviales, cumpliendo con las disposiciones pertinentes. Donde no hubiere alcantarillado público, los propietarios de viviendas deben instalar sistemas de eliminación de excretas, aguas servidas y de disposición y tratamiento final.

### **6.3 Impactos Ambientales causados por la ejecución de proyectos de alcantarillado**

En esta sección se menciona los impactos ambientales y la prevención de la contaminación del medio ambiente durante la ejecución de la obra y como resultado de las operaciones de construcción de los sistemas. Se tomará en cuenta la presencia de agentes químicos, físicos y biológicos que afectan adversamente a la salud o el bienestar humano, alteran desfavorablemente los equilibrios ecológicos de importancia para la vida o afectan a otras especies importantes para el hombre o reducen la utilidad del medio ambiente para propósitos estéticos y recreacionales.



A continuación se describirán los impactos ambientales negativos y positivos, que se producirán durante la fase de: estudios, construcción y funcionamiento del Sistema de Alcantarillado Combinado de la Urbanización Sawgrass.

### Impactos Positivos

Durante la etapa de construcción, se puede tomar en cuenta que se generarán empleos en la zona. Esto elevará el nivel económico, siempre y cuando los trabajadores contratados sean de la zona de Cusubamba.

Cuando el proyecto entre en funcionamiento los impactos positivos serán obvios. En primer lugar, se elevará el nivel de salud al eliminar la posibilidad de generación de enfermedades. Además, se brinda de un servicio básico a todos los compradores de lotes de la Urbanización Sawgrass, lo que aumentará la rentabilidad del proyecto.

### Impactos Negativos

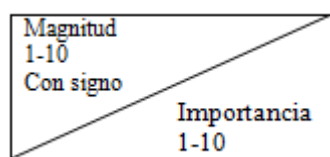
Durante la fase de construcción se debe tomar en cuenta que al momento de realizar las excavaciones de las zanjas para las tuberías se producirá la remoción de plantas, árboles y sus raíces. Esto causará que la resistencia del suelo disminuya y que en caso de lluvias, el suelo tenga menor capacidad de absorber el agua. A su vez, durante la excavación de zanjas e instalación de tuberías se producirán leves deslizamientos de laderas por lo que será necesario proveer lugares de almacenamiento provisionales para la tierra de excavación. Al

no existir habitantes en los terrenos aledaños, las molestias de ruido, vibraciones o desalojo de materiales no representarán un mayor impacto.

Durante la fase de operación y mantenimiento se pueden producir problemas de un uso inadecuado a las plantas de tratamiento por lo que será necesario un programa de capacitación para el personal de mantenimiento. El mayor problema podría ocurrir si no se realiza mantenimiento a todos los componentes del alcantarillado combinado. Por ejemplo, al no limpiar las rejillas de los sumideros existe la posibilidad de que en una gran lluvia se inunden las calles de la urbanización.

#### **6.4 Matriz de Leopold**

En la actualidad, uno de los métodos más usados para realizar análisis de impacto ambiental es la matriz de Leopold. Su función principal es la de identificar el impacto potencial de todo el proyecto, para esto se crea una matriz cuyas columnas representan las acciones humanas que podrían afectar al medio ambiente mientras que las filas representan los factores ambientales. Las intersecciones son llenadas con dos valores: la magnitud y la importancia que cada actividad humana tendrá sobre cada factor ambiental. La magnitud se califica en una escala de 1 a 10 tomando en cuenta el signo. Por otro lado, la importancia también es medida en una escala de 1 a 10, pero el signo no es tomado en cuenta. 1 significa una magnitud o importancia mínima, mientras que 10 es el máximo valor que de importancia o magnitud.



Para obtener una relación entre importancia y magnitud se multiplica estos valores y se realiza las sumas tanto verticales como horizontales de los productos. De acuerdo a los valores obtenidos se puede ver que acción del proyecto resulta más beneficiosa o más dañina, además de ver cuál es el factor ambiental más y el menos afectado. Para poder calificar la importancia de cada efecto se suele utilizar la siguiente tabla:

Rango	Importancia del efecto
1 a 3	Los que originan efectos negativos bajos.
4 a 7	Los que originan efectos negativos moderados o medios.
8 a 10	Los que originan efectos negativos altos.

Tabla 18. Importancia del efecto

MATRIZ DE LEOPOLD - URBANIZACION SAWGRASS																
FACTORES AMBIENTALES			CONSTRUCCION						OPERACIÓN				MANTENIMIENTO		Importancia total del impacto	Magnitud total del impacto
			LIMPIEZA Y DESBROCE		MOV. TIERRAS		CONSTRUCCIÓN ESTRUCC.		TRATAMIENTO		DESCARGA		LIMPIEZA			
			M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I		
ABIOTICOS	AGUA	DRENAJE DE AGUA	-1	1	-2	2	-1	1			-1	1			5	-5
		CONTAMINACION DE AGUA	-1	1	-2	2	-1	1	-2	2	-1	3			9	-7
	AIRE	CONTAMINACION DEL AIRE	-1	1	-3	2	-1	1	-1	3	-1	3	-1	1	11	-8
		SUELO	CONTAMINACION DEL SUELO (AREA PROYECTO)					-1	1	-1	1	-1	3	-1	1	6
	PERDIDA DE CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO		-2	1	-1	1	-1	1			-1	1			4	-5
	VARIACION DE PENDIENTE				-2	2	-3	2			-1	1			5	-6
	RUIDO	RUIDO Y VIBRACIONES	-1	1	-3	2	-2	2					-1	1	6	-7
	BIOTICOS	FLORA		-2	2	-1	2	-1	1	-1	3	-1	3			11
FAUNA		-1	2	-1	2	-1	1	-1	3	-1	3			11	-5	
TOTAL EN PROYECTO:													<b>68</b>	<b>-53</b>		

Tabla 19. Matriz de Leopold

Como se puede apreciar en la matriz de Leopold, los impactos que generará el proyecto de Alcantarillado Combinado de la Urbanización Sawgrass son mínimos. Las consecuencias más significativas se verán en la etapa de construcción así como en la de funcionamiento. No obstante, los efectos serán controlados siempre y cuando se dé mantenimiento regularmente.

## **6.5 Medidas de Mitigación**

Como se pudo concluir con la matriz de Leopold, los impactos ambientales serán mínimos. Estos podrían presentarse en la fase de operación y mantenimiento por falta de capacitación o el incumplimiento de la limpieza de los sistemas de alcantarillado. Para evitar cualquier problema que pueda afectar de manera considerable al medio ambiente, se presentan las siguientes propuestas de mitigación.

- Mantener los recursos del suelo dentro de los límites del proyecto, intentando que sean restaurados después de terminada la construcción. Se tratará que llegue a una condición que luzca natural y que no deteriore la apariencia del proyecto.
- Se deberá crear un plan que muestre un sistema para controlar la erosión y para deshacerse de los desperdicios.
- Control de las aguas de escurrimiento superficial, mediante obras de drenaje adecuadas.

- Conservación de la flora y vegetación existente, tratando en lo posible de conservar el paisaje, evitando la degradación del mismo, la deforestación, las quemas.
- Respecto a la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado combinado, se deberá proveer de una adecuada capacitación al personal.
- Para evitar el deterioro de la calidad del aire durante la etapa de construcción del proyecto, se debe tomar medidas tales como:
  - Asegurarse que la tierra que sea removida sea rociada con agua para evitar la formación de polvo.
  - Cubrir los materiales transportados en volquetas con una carpa en buenas condiciones.
- Durante la fase de construcción se deberán tomar precauciones para señalar los desvíos, la existencia de obstáculos o peligros para el tráfico vehicular (excavaciones, acumulación de materiales, etc.).
- Una vez acabada la obra se deberá desalojar de la vía y área de influencia directa todo el material de desecho.
- Se realizarán programas de capacitación periódicos, en la etapa de operación, para concienciar a la comunidad en el uso adecuado del sistema de alcantarillado y así mejorar sus condiciones de vida y salud.

## **CAPITULO VII. PRESUPUESTO REFERENCIAL**

### **7.1 Introducción**

El presupuesto que se realizó para la Urbanización Sawgrass es referencial debido a que los datos necesarios para realizarlo fueron tomados del programa ProExcel. Este programa a su vez toma los costos de mano de obra considerando el salario básico unificado y los rendimientos promedios de diferentes empresas constructoras del país. Siendo la tubería de PVC el rubro más significativo del proyecto, se pidieron los costos de materiales de tuberías a los distribuidores oficiales de Plastigama. Para el resto de materiales, se usaron costos de mercado basados en el programa ProExcel y la revista de la Cámara de la Construcción. Para calcular los volúmenes de obra, se procedió a calcularlos en base a planos y cálculos de diseño.

### **7.2 Cálculo del Salario Horario Real**

Para calcular el valor más exacto del costo de mano de obra por unidad de tiempo, es necesario realizar el cálculo del salario horario real. Este valor toma en cuenta todos los días no hábiles, ya sea por fines de semana, vacaciones de ley y días festivos. Además, se incluye el XIII, XIV sueldos, el aporte patronal y los fondos de reserva. Con ayuda de estos valores es posible calcular el salario mensual real, que puede ser transformado a un salario horario real. En el medio

de la construcción existen cuatro categorías de trabajadores, los cuales se muestran en la tabla a continuación. Asimismo, se presenta un ejemplo del cálculo del salario horario real si se conoce el salario mensual nominal.

### Tabla Cálculo del Salario Horario Real

*Días contratados* 365 días

#### Días no hábiles

Fines de Semana	Vacaciones Ley	Días Festivos	SUMA
104.3	15	10	<b>129.3</b>

**Factor Mayoración** 1.55

#### Salario Nominal

Mensual Nominal	<b>\$ 240.00</b>
Anual Nominal	\$ 2,880.00 (Mensual *12)

#### Otros pagos

XIII sueldo	\$ 240.00
XIV sueldo	\$ 218.00
Aporte patronal	\$ 350.40
Fondos de Reserva	\$ 240.00

Total anual \$ 3,928.40

Mensual \$ 327.37

**Factor** 1.55

<b>Mensual Real</b>	<b>506.9 \$/mes</b>
<b>Salario Horario Real</b>	<b>2.11 \$/hora</b>

	CATEGORIA I	CATEGORIA II	CATEGORIA III	CATEGORIA IV
Mensual Nominal	\$ 240.00	\$ 240.00	\$ 300.00	\$ 480.00
Salario Horario Real	\$ 2.11	\$ 2.11	\$ 2.61	\$ 3.61

Tabla 20. Salario Horario Real



<i>Categoría I:</i>	Peón
<i>Categoría II:</i>	Ayudante Machetero
<i>Categoría III:</i>	Albañil Pintor Carpintero Fierrero
<i>Categoría IV:</i>	Maestro Soldador Maestro Electricista Maestro de Obra Maestro Plomero

### **7.3 Cálculo de Movimiento de Tierras**

Otro de los rubros más significativos es el movimiento de tierras. Por esta razón es una buena idea contar con un buen aproximado del volumen total y parcial de movimiento de tierras. Un 90 % del total del volumen a mover se encuentra entre una profundidad entre 0.00 -2.75 m. Como requiere la norma, el ancho de la zanja es tomado como el diámetro de la tubería más 25 centímetros a cada lado. Los cálculos respectivos se presentan a continuación y fueron realizados con la ayuda de los perfiles transversales que se encuentran en los anexos. El área calculada representa el área del perfil transversal, el cual deberá ser multiplicado por el ancho de la zanja para obtener el volumen total.

Tabla 21. Cálculo del movimiento de Tierras.

*Primera y Segunda Etapa*

<b>Tubería</b>	<b>φ (mm)</b>	<b>Ancho Zanja (m)</b>	<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>V (m<sup>3</sup>)</b>
P-1	300	0.80	74.90	59.92
P-2	375	0.88	113.20	99.05
P-3	450	0.95	89.60	85.12
P-4	450	0.95	69.00	65.55
P-5	600	1.10	75.50	83.05
P-6	600	1.10	45.30	49.83
P-7	600	1.10	38.40	42.24
P-8	600	1.10	35.30	38.83
P-9	600	1.10	189.80	208.78
P-10	300	0.80	42.60	34.08
P-11	250	0.75	43.60	32.70
P-12	600	1.10	106.20	116.82
P-13	600	1.10	63.90	70.29
P-14	375	0.88	112.40	98.35
P-15	375	0.88	69.60	60.90
P-16	300	0.80	96.20	76.96
P-17	600	1.10	196.20	215.82
P-18	600	1.10	116.30	127.93

*Tercera Etapa*

P-19	250	0.75	92.80	69.60
P-20	250	0.75	41.20	30.90
P-21	250	0.75	68.40	51.30
P-22	375	0.88	54.80	47.95
P-23	375	0.88	102.10	89.34
P-24	375	0.88	53.10	46.46
P-25	450	0.95	53.60	50.92
P-26	450	0.95	112.40	106.78
P-27	450	0.95	36.60	34.77
P-28	450	0.95	39.10	37.15
P-29	450	0.95	29.20	27.74
P-30	450	0.95	88.30	83.89
P-31	450	0.95	63.10	59.95
P-32	450	0.95	79.50	75.53
P-33	450	0.95	62.90	59.76
P-34	450	0.95	150.10	142.60
P-35	450	0.95	79.10	75.15
P-36	250	0.75	54.60	40.95
P-37	250	0.75	43.50	32.63

P-38	250	0.75	73.10	54.83
P-39	450	0.95	54.20	51.49
P-40	250	0.75	107.30	80.48
P-41	250	0.75	34.10	25.58
P-42	300	0.80	96.40	77.12
P-43	300	0.80	103.80	83.04
P-44	375	0.88	104.20	91.18
P-45	300	0.80	75.40	60.32
P-46	375	0.88	111.40	97.48

## Cuarta Etapa

P-47	300	0.80	100.40	80.32
P-48	375	0.88	45.60	39.90
P-49	375	0.88	64.40	56.35
P-50	300	0.80	68.40	54.72
P-51	375	0.88	65.00	56.88
P-52	375	0.88	76.50	66.94
P-53	375	0.88	108.60	95.03
P-54	375	0.88	88.50	77.44
P-55	375	0.88	107.60	94.15
P-56	250	0.75	189.00	141.75
P-57	250	0.75	98.40	73.80
P-58	450	0.95	204.10	193.90
P-59	600	1.10	77.60	85.36
P-60	600	1.10	75.90	83.49
P-61	600	1.10	119.40	131.34
P-62	250	0.75	180.00	135.00
P-63	250	0.75	229.10	171.83
P-64	600	1.10	96.50	106.15
P-65	600	1.10	126.30	138.93
P-66	600	1.10	43.10	47.41
P-67	600	1.10	50.80	55.88
P-68	600	1.10	54.80	60.28
P-69	600	1.10	181.00	199.10
P-70	600	1.10	146.70	161.37
			<b>TOTAL</b>	<b>6240.00</b>
				<b>5758.34</b>

#### 7.4 Tablas de Resumen de Tuberías y Pozos

De igual manera es necesario contabilizar el número total de pozos y tuberías para poder realizar el presupuesto referencial. Para obtener las tablas que se presentan a continuación, simplemente fue necesario observar los planos y los resultados desplegados en el capítulo de Diseño del Alcantarillado Combinado.

Tabla 22. Resumen de Tuberías

$\phi$ (mm)	Cantidad	L (m)
250	13	684.5
300	8	479.5
375	15	934.7
450	15	742.8
600	19	1004.3
TOTAL	70	3845.8

Tabla 23. Resumen de Pozos

Profundidad Pozo (m)	Cantidad
1.26 - 1.75	59
1.76 - 2.25	5
2.26 - 2.75	3
2.76 - 3.25	3
3.26 - 3.75	2
3.76 - 4.25	1
TOTAL	73

#### 7.5 Análisis de Precios Unitarios (APU)

A continuación se presentarán los análisis de precios unitarios realizados con la ayuda del software ProExcel para cada rubro necesario para la construcción de la red de alcantarillado combinado de la Urbanización Sawgrass.

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>DESCRIPCION:</b>	TUBERIA PLASTICA PVC ALCANTARILLADO 250 mm (MAT. TRAN. INST)		<b>C. DIRECTO:</b>	18.86
<b>UNIDAD:</b>	M		<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 3.77
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.172	Horas/m	<b>C.TOTAL:</b>	22.64

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Herramienta Menor	5	Hora	0.20	1.00	0.8600	0.15	0.7%
TECLE		Hora	0.50	1.00	0.1720	0.09	0.4%
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.24	1.1%
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
Peon	Hora	2.11	4.00	0.1720	1.45	6.4%	
Ayudante en general	Hora	2.11	2.00	0.1720	0.73	3.2%	
Albañil	Hora	2.61	1.00	0.1720	0.45	2.0%	
Inspector	Hora	3.61	1.00	0.1720	0.62	2.7%	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						3.25	14.3%
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
Arena Lavada de Rio	m3	0.038	8.00	0.30	1.3%		
Tubo PVC Novafort ALC. Ø int 250 mm	M	1.00	14.70	14.70	64.9%		
PEGAMENTO TUBERIAS PLÁSTICAS	Gl	0.012	31.00	0.37	1.6%		
<b>TOTAL MATERIALES</b>					15.38	67.9%	

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	TUBERIA PLASTICA PVC ALCANTARILLADO 300 mm (MAT. TRAN. INST)		<b>C. DIRECTO:</b>	25.44
<b>UNIDAD:</b>	M		<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 5.09
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.185	Horas/m	<b>C.TOTAL:</b>	30.52

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Herramienta Menor	5	Hora	0.20	1.00	0.8600	0.15	0.5%
TECLE		Hora	0.50	1.00	0.1850	0.09	0.3%
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.24	0.8%
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
Peon	Hora	2.11	4.00	0.1850	1.56	5.1%	
Ayudante en general	Hora	2.11	2.00	0.1850	0.78	2.6%	
Albañil	Hora	2.61	1.00	0.1850	0.48	1.6%	
Inspector	Hora	3.61	1.00	0.1850	0.67	2.2%	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						3.49	11.4%
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
Arena Lavada de Rio	m3	0.045	8.00	0.36	1.2%		
Tubo PVC Novafort ALC. Ø int 300 mm	M	1.00	20.97	20.97	68.7%		
PEGAMENTO TUBERIAS PLÁSTICAS	Gl	0.012	31.00	0.37	1.2%		
<b>TOTAL MATERIALES</b>				21.70	71.1%		

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>DESCRIPCION:</b>	TUBERIA PLASTICA PVC ALCANTARILLADO 375 mm (MAT. TRAN. INST)	<b>C. DIRECTO:</b>	41.61
<b>UNIDAD:</b>	M	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 8.32
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.215 Horas/m	<b>C.TOTAL:</b>	49.93

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Herramienta Menor	5	Hora	0.20	1.00	0.8600	0.15	0.3%
TECLE		Hora	0.50	1.00	0.2150	0.11	0.2%
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.26	0.5%
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION		UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Peon		Hora	2.11	4.00	0.2150	1.81	3.6%
Ayudante en general		Hora	2.11	2.00	0.2150	0.91	1.8%
Albañil		Hora	2.61	1.00	0.2150	0.56	1.1%
Inspector		Hora	3.61	1.00	0.2150	0.78	1.6%
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						4.06	8.1%
MATERIALES							
DESCRIPCION		UNIDAD		CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%
Arena Lavada de Rio		m3		0.06	8.00	0.48	1.0%
Tubo PVC Novafort ALC. Ø int 375 mm		M		1.00	36.44	36.44	73.0%
PEGAMENTO TUBERIAS PLÁSTICAS		gl		0.012	31.00	0.37	0.7%
<b>TOTAL MATERIALES</b>						37.29	74.7%

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>DESCRIPCION:</b>	TUBERIA PLASTICA PVC ALCANTARILLADO 450 mm (MAT. TRAN. INST)		<b>C. DIRECTO:</b>	48.99
<b>UNIDAD:</b>	M		<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 9.80
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.224	Horas/m	<b>C.TOTAL:</b>	58.78

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Herramienta Menor	5	Hora	0.20	1.00	0.8600	0.15	0.3%
TECLE		Hora	0.50	1.00	0.2240	0.11	0.2%
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.26	0.4%
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
Peon	Hora	2.11	4.00	0.2240	1.89	3.2%	
Ayudante en general	Hora	2.11	2.00	0.2240	0.95	1.6%	
Albañil	Hora	2.61	1.00	0.2240	0.58	1.0%	
Inspector	Hora	3.61	1.00	0.2240	0.81	1.4%	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						4.23	7.2%
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
Arena Lavada de Rio	m3	0.068	8.00	0.54	0.9%		
Tubo PVC Novafort ALC. Ø int 450 mm	M	1.00	43.58	43.58	74.1%		
PEGAMENTO TUBERIAS PLÁSTICAS	gl	0.012	31.00	0.37	0.6%		
<b>TOTAL MATERIALES</b>				44.50	75.7%		



## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	TUBERIA PLASTICA PVC ALCANTARILLADO 600 mm (MAT. TRAN. INST)		<b>C. DIRECTO:</b>	72.07
<b>UNIDAD:</b>	M		<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 14.41
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.250	Horas/m	<b>C.TOTAL:</b>	86.48

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Herramienta Menor	5	Hora	0.20	1.00	0.8600	0.15	0.2%
TECLE		Hora	0.50	1.00	0.2500	0.13	0.1%
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.28	0.3%
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
Peon	Hora	2.11	4.00	0.2500	2.11	2.4%	
Ayudante en general	Hora	2.11	2.00	0.2500	1.06	1.2%	
Albañil	Hora	2.61	1.00	0.2500	0.65	0.8%	
Inspector	Hora	3.61	1.00	0.2500	0.90	1.0%	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						4.72	5.5%
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
Arena Lavada de Rio	m3	0.1	8.00	0.80	0.9%		
Tubo PVC Novafort ALC. Ø int 600 mm	M	1.00	65.90	65.90	76.2%		
PEGAMENTO TUBERIAS PLÁSTICAS	Gl	0.012	31.00	0.37	0.4%		
<b>TOTAL MATERIALES</b>					67.07	77.6%	

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	POZO REVISION H.S. H=1.26-1.75M	<b>C. DIRECTO:</b>	363.26				
<b>UNIDAD:</b>	U	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 72.65				
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.000 Horas/u	<b>C.TOTAL:</b>	435.91				
<b>ESPECIFICACION:</b>	(tapa, cerco y peldaños)						
EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.00	0.00
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						0.00	0.00
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
HORMIGONADO POZOS DE REVISION (MANO DE OBRA)	m3	2.1200	24.11	51.11	14.07		
HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	m3	2.1200	59.06	125.21	34.47		
ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO POZO DE REVISION	m2	4.7100	4.20	19.78	5.45		
ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	kg	20.4200	1.39	28.38	7.81		
Estribos De Hierro (Pozos Alc.)	u	3.0000	1.66	4.98	1.37		
Tapa De Hf Para Pozo D=600Mm	u	1.0000	113.80	113.80	31.33		
Cerco De Hierro Fundido D=600Mm	u	1.0000	20.00	20.00	5.51		
<b>TOTAL MATERIALES</b>				363.26	100.0		

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	POZO REVISION H.S. H=1.76-2.25M	<b>C. DIRECTO:</b>	403.13				
<b>UNIDAD:</b>	U	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 80.63				
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.000 Horas/u	<b>C.TOTAL:</b>	483.76				
<b>ESPECIFICACION:</b>	(tapa, cerco y peldaños)						
EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.00	0.00
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						0.00	0.00
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
HORMIGONADO POZOS DE REVISION (MANO DE OBRA)	u	4.0000	1.66	6.64	1.65		
HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	u	1.0000	113.80	113.80	28.23		
Cerco De Hierro Fundido D=600Mm	u	1.0000	20.00	20.00	4.96		
ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	kg	20.4200	1.39	28.38	7.04		
ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO POZO DE REVISION	m2	6.2800	4.20	26.38	6.54		
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	m3	2.5000	59.06	147.65	36.63		
AUX: HORMIGONADO POZOS DE REVISION (MANO DE OBRA)	m3	2.5000	24.11	60.28	14.95		
<b>TOTAL MATERIALES</b>					403.13	100.00	

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	POZO REVISION H.S. H=2.26-2.75M	<b>C. DIRECTO:</b>	441.52				
<b>UNIDAD:</b>	U	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 88.30				
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.000 Horas/u	<b>C.TOTAL:</b>	529.82				
<b>ESPECIFICACION:</b>	(tapa, cerco y peldaños)						
EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.00	0.00
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						0.00	0.00
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
HORMIGONADO POZOS DE REVISION (MANO DE OBRA)	u	5.0000	1.66	8.30	1.88		
HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	u	1.0000	113.80	113.80	25.77		
Cerco De Hierro Fundido D=600Mm	u	1.0000	20.00	20.00	4.53		
ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	kg	20.4200	1.39	28.38	6.43		
ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO POZO DE REVISION	m2	7.7000	4.20	32.34	7.32		
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	m3	2.8700	59.06	169.50	38.39		
AUX: HORMIGONADO POZOS DE REVISION (MANO DE OBRA)	m3	2.8700	24.11	69.20	15.67		
<b>TOTAL MATERIALES</b>				441.52	100.00		

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	POZO REVISION H.S. H=2.76-3.25M	<b>C. DIRECTO:</b>	483.67
<b>UNIDAD:</b>	U	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 96.73
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.000 Horas/u	<b>C.TOTAL:</b>	580.40

**ESPECIFICACION:** (tapa, cerco y peldaños)

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.00	0.00
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						0.00	0.00
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
HORMIGONADO POZOS DE REVISION (MANO DE OBRA)	u	7.0000	1.66	11.62	2.40		
HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	u	1.0000	113.80	113.80	23.53		
Cerco De Hierro Fundido D=600Mm	u	1.0000	20.00	20.00	4.14		
ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	kg	20.4200	1.39	28.38	5.87		
ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO POZO DE REVISION	m2	9.4200	4.20	39.56	8.18		
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	m3	3.2500	59.06	191.95	39.69		
AUX: HORMIGONADO POZOS DE REVISION (MANO DE OBRA)	m3	3.2500	24.11	78.36	16.20		
<b>TOTAL MATERIALES</b>					483.67	100.0	

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	POZO REVISION H.S. H=3.26-3.75M	<b>C. DIRECTO:</b>	519.37
<b>UNIDAD:</b>	U	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 103.87
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.000 Horas/u	<b>C.TOTAL:</b>	623.24
<b>ESPECIFICACION:</b>	(tapa, cerco y peldaños)		

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.00	0.00

MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						0.00	0.00

MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%	
HORMIGONADO POZOS DE REVISION (MANO DE OBRA)	u	8.0000	1.66	13.28	2.56	
HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	u	1.0000	113.80	113.80	21.91	
Cerco De Hierro Fundido D=600Mm	u	1.0000	20.00	20.00	3.85	
ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	kg	20.4200	1.39	28.38	5.46	
ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO POZO DE REVISION	m2	10.0000	4.20	42.00	8.09	
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	m3	3.6300	59.06	214.39	41.28	
AUX: HORMIGONADO POZOS DE REVISION (MANO DE OBRA)	m3	3.6300	24.11	87.52	16.85	
<b>TOTAL MATERIALES</b>				519.37	100.00	

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	POZO REVISION H.S. H=3.76-4.25M	<b>C. DIRECTO:</b>	523.57				
<b>UNIDAD:</b>	U	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 104.71				
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.000 Horas/u	<b>C.TOTAL:</b>	628.28				
<b>ESPECIFICACION:</b>	(tapa, cerco y peldaños)						
<b>EQUIPO</b>							
<b>DESCRIPCION</b>	<b>% M.O.</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>REND.</b>	<b>TOTAL</b>	<b>%</b>
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.00	0.00
<b>MANO DE OBRA</b>							
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>S.R.H.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>REND.</b>	<b>TOTAL</b>	<b>%</b>	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						0.00	0.00
<b>MATERIALES</b>							
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P.UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>%</b>		
HORMIGONADO POZOS DE REVISION (MANO DE OBRA)	u	8.0000	1.66	13.28	2.54		
HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	u	1.0000	113.80	113.80	21.74		
Cerco De Hierro Fundido D=600Mm	u	1.0000	20.00	20.00	3.82		
ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	kg	20.4200	1.39	28.38	5.42		
ENCOFRADO/DESENCOFRADO METALICO POZO DE REVISION	m2	11.0000	4.20	46.20	8.82		
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	m3	3.6300	59.06	214.39	40.95		
AUX: HORMIGONADO POZOS DE REVISION (MANO DE OBRA)	m3	3.6300	24.11	87.52	16.72		
<b>TOTAL MATERIALES</b>					523.57	100.0	

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	REPLANTEO Y NIVELACION	<b>C. DIRECTO:</b>	0.99
<b>UNIDAD:</b>	M	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 0.20
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.100 Horas/m	<b>C.TOTAL:</b>	1.19

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Herramienta Menor	5	Hora	0.20	1.00	0.1000	0.03	3.61
Equipo De Topografía		Hora	2.00	1.00	0.1000	0.20	24.10
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.23	27.71
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION		UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Peon		Hora	2.11	1.00	0.1000	0.21	22.89
Albañil		Hora	2.61	1.00	0.1000	0.26	22.89
Topografo 1		Hora	2.61	1.00	0.1000	0.26	22.89
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						0.73	68.67
MATERIALES							
DESCRIPCION		UNIDAD		CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%
Tira De Eucalipto		m		0.0800	0.15	0.01	1.20
Estacas		glb		0.0500	0.37	0.02	2.41
<b>TOTAL MATERIALES</b>						0.03	3.61



### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	EXCAVACION DE ZANJAS A MAQUINA EN TIERRA H=0.00-2.75M	<b>C. DIRECTO:</b>	1.34
<b>UNIDAD:</b>	m3	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 0.27
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.050 Horas/m3	<b>C.TOTAL:</b>	1.61

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Retroexcavadora		Hora	20.00	1.00	0.0500	1.00	76.92
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						1.00	76.92
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION		UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Peon		Hora	2.11	1.00	0.0500	0.11	7.69
Ayudante de maquinaria		Hora	2.11	1.00	0.0500	0.11	7.69
Operador retroexcavadora		Hora	2.61	1.00	0.0500	0.13	7.69
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						0.34	23.07
MATERIALES							
DESCRIPCION		UNIDAD		CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%
<b>TOTAL MATERIALES</b>						0.00	0.00

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>DESCRIPCION:</b>	EXCAVACION DE ZANJAS A MAQUINA EN TIERRA H=2.76-3.99M	<b>C. DIRECTO:</b>	1.61
<b>UNIDAD:</b>	m3	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 0.32
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.060 Horas/m3	<b>C.TOTAL:</b>	1.93

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Retroexcavadora		Hora	20.00	1.00	0.0600	1.20	76.92
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						1.20	76.92
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
Peon	Hora	2.11	1.00	0.0600	0.13	7.69	
Ayudante de maquinaria	Hora	2.11	1.00	0.0600	0.13	7.69	
Operador retroexcavadora	Hora	2.61	1.00	0.0600	0.16	7.69	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						0.41	23.07
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
<b>TOTAL MATERIALES</b>						0.00	0.00

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	EXCAVACION DE ZANJAS A MAQUINA EN TIERRA H=4.00-6.00M	<b>C. DIRECTO:</b>	2.32
<b>UNIDAD:</b>	m3	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 0.46
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.080 Horas/m3	<b>C.TOTAL:</b>	2.78

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Retroexcavadora		Hora	20.00	1.00	0.0800	1.60	71.75
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						1.60	71.75
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
Peon	Hora	2.11	2.00	0.0800	0.34	13.90	
Ayudante de maquinaria	Hora	2.11	1.00	0.0800	0.17	7.17	
Operador retroexcavadora	Hora	2.61	1.00	0.0800	0.21	7.17	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						0.72	28.24
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
<b>TOTAL MATERIALES</b>						0.00	0.00

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>DESCRIPCION:</b>	ENTIBADO DE ZANJA	<b>C. DIRECTO:</b>	5.26
<b>UNIDAD:</b>	m2	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 1.05
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.146 Horas/m2	<b>C.TOTAL:</b>	6.31

## APUNTALAMIENTO

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Herramienta Menor		Hora	0.20	1.00	0.2000	0.04	0.80
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.04	0.80
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
Peon	Hora	2.11	2.00	0.2000	0.84	15.51	
Albañil	Hora	2.61	1.00	0.2000	0.52	7.75	
Maestro de obra	Hora	3.61	1.00	0.0200	0.07	0.80	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						1.44	24.06
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
Clavos	Kg	0.0100	0.76	0.01	0.20		
Pingos	M	2.0000	0.81	1.62	32.21		
Tabla De Encofrado 0,20M	M	5.0000	0.36	1.80	35.79		
Tira De Madera De 4X4Cm	M	1.5000	0.23	0.35	6.96		
<b>TOTAL MATERIALES</b>					3.78	75.16	

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	RELLENO COMPACTADO (MAT. EXCAVACION)	<b>C. DIRECTO:</b>	2.10
<b>UNIDAD:</b>	m3	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 0.42
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.209 Horas/m3	<b>C.TOTAL:</b>	2.53

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Herramienta Menor		Hora	0.20	1.00	0.2100	0.04	2.38
Plancha Vibroapisonadora		Hora	2.00	1.00	0.2100	0.42	25.00
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.46	27.38
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
Peon	Hora	2.11	2.00	0.2100	0.89	48.21	
Maestro de obra	Hora	3.61	1.00	0.2100	0.76	24.40	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						1.64	72.61
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
				0.00	0.00		
<b>TOTAL MATERIALES</b>						0.00	0.00

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>DESCRIPCION:</b>	SILLA YEE 1000 X 160MM (MAT/TRAN/INST)	<b>C. DIRECTO:</b>	38.42
<b>UNIDAD:</b>	U	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 7.68
<b>RENDIMIENTO:</b>	1.850 Horas/u	<b>C.TOTAL:</b>	46.11

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Herramienta Menor	5	Hora	0.20	2.00	1.8500	0.36	0.98
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						0.36	0.98
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
Peon	Hora	2.11	1.00	1.8500	3.90	9.76	
Albañil	Hora	2.61	1.00	1.8500	4.83	9.76	
Inspector	Hora	3.61	1.00	0.0500	0.18	0.27	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						8.91	19.79
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
Silla Y 1000X160Mm	u	1.0000	29.11	29.11	79.12		
Pegamento Tuberias Plasticas	gl	0.0010	35.03	0.04	0.11		
<b>TOTAL MATERIALES</b>					29.15	79.23	

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	CAJA DE REVISION 60*60*100 CM (HORMIGON)	<b>C. DIRECTO:</b>	56.57
<b>UNIDAD:</b>	U	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 11.31
<b>RENDIMIENTO:</b>	3.2000 Horas/U	<b>C.TOTAL:</b>	67.88

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Herramienta Menor		Hora	0.20	1.00	3.2000	0.64	1.20
Concretera 1 Saco		Hora	2.10	1.00	3.2000	6.72	12.60
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						7.36	13.80
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION		UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Peon		Hora	2.11	1.00	3.2000	6.75	11.64
Albañil		Hora	2.61	1.00	3.2000	8.35	11.64
Inspector		Hora	3.61	0.10	3.2000	1.16	1.16
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						16.26	24.44
MATERIALES							
DESCRIPCION		UNIDAD		CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%
CLAVOS 2 A 4 "		KG		0.2500	0.92	0.23	0.43
Alambre Galvanizado No. 18		Kg		0.1000	1.00	0.10	0.19
CEMENTO		sac		2.2100	7.46	16.49	30.91
Arena		m3		0.1700	8.00	1.36	2.55
Agua		m3		0.1000	0.92	0.09	0.17
HIERRO CORRUGADO FY= 4200 KG/CM2		KG		7.1100	0.92	6.54	12.26
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE SIKA1		KG		3.0000	0.92	2.76	5.17
TABLA DE MONTE 20 CM		U		2.4000	0.96	2.30	4.31
Ripio		m3		0.2900	10.63	3.08	5.77
<b>TOTAL MATERIALES</b>						32.95	61.76

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	HORMIGON SIMPLE F'C=140KG/CM2	<b>C. DIRECTO:</b>	88.72
<b>UNIDAD:</b>	m3	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 17.74
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.969 Horas/m3	<b>C.TOTAL:</b>	106.46

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Herramienta Menor		Hora	0.20	9.00	1.0000	1.80	2.12
Concretera 1 Saco		Hora	2.10	1.00	1.0000	2.10	2.48
Vibrador		Hora	1.00	1.00	1.0000	1.00	1.18
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						4.90	5.78
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION		UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Peon		Hora	2.11	10.00	1.0000	21.10	22.87
Albañil		Hora	2.61	2.00	1.0000	5.22	4.57
Maestro de obra		Hora	3.61	1.00	0.5000	1.81	1.14
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						28.13	28.58
MATERIALES							
DESCRIPCION		UNIDAD		CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%
HORMIGON SIMPLE F'C=140 KG/CM2		m3		1.0000	55.69	55.69	65.64
<b>TOTAL MATERIALES</b>						55.69	65.64



**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>DESCRIPCION:</b>	HORMIGON SIMPLE F'C=180 KG/CM2	<b>C. DIRECTO:</b>	91.50
<b>UNIDAD:</b>	m3	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 18.30
<b>RENDIMIENTO:</b>	1.000 Horas/m3	<b>C.TOTAL:</b>	109.79

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Herramienta Menor	5	Hora	0.20	10.00	1.0000	1.21	1.38
Concretera 1 Saco		Hora	2.10	1.00	1.0000	2.10	2.40
Vibrador		Hora	1.00	1.00	1.0000	1.00	1.14
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						4.31	4.92
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%	
Peon	Hora	2.11	10.00	1.0000	21.10	22.14	
Albañil	Hora	2.61	2.00	1.0000	5.22	4.43	
Maestro de obra	Hora	3.61	1.00	0.5000	1.81	1.11	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						28.13	27.68
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%		
HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	m3	1.0000	59.06	59.06	67.40		
<b>TOTAL MATERIALES</b>					59.06	67.40	

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>DESCRIPCION:</b>	HORMIGON SIMPLE F'C=210KG/CM2	<b>C. DIRECTO:</b>	95.40
<b>UNIDAD:</b>	m3	<b>C.INDIRECTO:</b>	20.00% 19.08
<b>RENDIMIENTO:</b>	0.969 Horas/m3	<b>C.TOTAL:</b>	114.47

EQUIPO							
DESCRIPCION	% M.O.	UNIDAD	TARIFA	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Herramienta Menor		Hora	0.20	9.00	1.0000	1.80	1.97
Concretera 1 Saco		Hora	2.10	1.00	1.0000	2.10	2.29
Vibrador		Hora	1.00	1.00	1.0000	1.00	1.09
<b>TOTAL EQUIPO (A)</b>						4.90	5.35
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION		UNIDAD	S.R.H.	CANTIDAD	REND.	TOTAL	%
Peon		Hora	2.11	10.00	1.0000	21.10	21.20
Albañil		Hora	2.61	2.00	1.0000	5.22	4.24
Maestro de obra		Hora	3.61	1.00	0.5000	1.81	1.06
<b>TOTAL MANO DE OBRA (B)</b>						28.13	26.50
MATERIALES							
DESCRIPCION		UNIDAD		CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	%
HORMIGON SIMPLE F'C=210 KG/CM2		m3		1.0000	62.37	62.37	68.15
<b>TOTAL MATERIALES</b>						62.37	68.15

## **7.6 Especificaciones Técnicas**

Las especificaciones técnicas sirven como lineamientos a seguir al momento de construir la obra de manera que el resultado sea de alta calidad. Es por esta razón que se tomaron las siguientes definiciones y especificaciones técnicas de rubros de los documentos de la Empresa Municipal de Alcantarillado y Agua Potable de Quito EMAAP-Q. Si ha existido alguna modificación en ellas, ha sido únicamente para adaptar la situación a la realidad física y topográfica de la Urbanización Sawgrass.

### **7.6.1 Replanteo y Nivelación**

*Definición:*

El replanteo y nivelación de una obra de alcantarillado se define como la ubicación del proyecto en el terreno en base a los datos que constan en los planos y/o las órdenes del ingeniero fiscalizador. Es uno de los primeros rubros a ser ejecutados.

*Especificaciones:*

El trabajo de Replanteo y Nivelación deberá ser realizado con instrumentos topográficos de precisión y por un personal técnico capacitado. Para identificar la ubicación de pozos y alineaciones de tuberías, se colocarán mojones de hormigón

identificados con cota y abscisa correspondiente. Se colocarán tantos como sean necesarios o como ordene el ingeniero fiscalizador.

### **7.6.2 Excavaciones**

#### *Definición:*

Excavación es la acción de remover o quitar la tierra y otros materiales con el fin de crear espacios para alojar elementos estructurales, tuberías, pozos de revisión, etc. Asimismo, se incluyen las operaciones necesarias para compactar o limpiar el replantillo y los taludes, el retiro del material producto de las excavaciones así como la conservación de éstos por el tiempo que se requiera hasta finalizar la actividad planificada. Por requerimiento del constructor, la excavación se la realizará a máquina.

#### *Especificaciones:*

Toda excavación será efectuada de acuerdo a los datos señalados en los planos y a las alineaciones trazadas. El fondo de la zanja de excavación deberá ser lo suficientemente ancho para que los obreros puedan trabajar y ejecutar un buen relleno. Como mínimo se deberá cavar una zanja con un ancho del diámetro exterior del tubo más 50 centímetros, sin considerar los entibados. En caso de existir entibado se tomará en cuenta un ancho de zanja del diámetro exterior del tubo más 80 centímetros. Para alcantarillado, la zanja deberá tener una

profundidad mínima de 75 centímetros más el diámetro exterior de la tubería más 10 centímetros en el fondo de la zanja que corresponderán a la cama de arena que servirá de apoyo al tubo.

Las paredes de la excavación deberán ser realizadas de tal manera que no difieran en más de 5 centímetros de la sección planeada por el proyecto. Los últimos 10 centímetros de excavación deberán hacerse con la menor anticipación posible a la colocación de la tubería. Además se debe controlar que desde el momento en que se inicia la excavación hasta que se termina el relleno, incluyendo la instalación y prueba de tubería, no podrán transcurrir más de siete días calendario, salvo en condiciones especiales que apruebe el fiscalizador.

En caso de que el terreno al fondo de la zanja sea poco resistente o inestable, se cavará más profundamente hasta encontrar terreno conveniente. El material inaceptable se desaojará y se lo repondrá con material de buena calidad, replantillo de grava o piedra triturada hasta el nivel de diseño.

### **7.6.3 Relleno y Compactación**

*Definición:*

Se entiende por relleno 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.

*Especificaciones:*

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.

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.

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 30cm sobre la superficie superior del tubo o estructuras.

Como norma general, el apisonado hasta los 60cm 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 30cm 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.

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.

### Normas de 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.

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.

#### Material para relleno en caso 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  $1600 \text{ kg/m}^3$ . 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 5 cm.
- Deberá ser aprobado por el ingeniero fiscalizador.



#### **7.6.4 Entibado**

*Definición:*

El entibado es un tipo de protección en obras de excavación con el fin de evitar la socavación o derrumbe de las paredes de la excavación, así como impedir o retardar la penetración del agua subterránea en caso de existir.

*Especificaciones:*

El constructor deberá realizar obras de entibado, soporte provisional en aquellos sitios donde se encuentren estratos aluviales sueltos, permeables o deleznable, que no garanticen las condiciones de seguridad en el trabajo.

Protección apuntalada

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. 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 dependerán de las condiciones de la excavación y del criterio de la fiscalización.

Este sistema apuntalado es 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 alta.

### Protección en esqueleto

Esta protección 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 improviso.

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

La protección en caja 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 tablones 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 el ancho 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 machihembradas, 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.

#### **7.6.5 Hormigón**

##### *Definición:*

Hormigón se define como el producto endurecido resultante de la mezcla de cemento Portland, agua y agregados en las proporciones adecuadas. Además se pueden añadir aditivos de ser necesario.

*Especificaciones:*

Para este proyecto se han tomado en cuenta tres distintos tipos de hormigón, clasificándolos de acuerdo a su resistencia f'c. El hormigón de menor resistencia, 140 kg/cm<sup>2</sup>, será usado en lugares donde no se necesite resistir mayores cargas, como por ejemplo los replantillos. El hormigón de 180 kg/cm<sup>2</sup> será utilizado en las cajas de revisión domiciliarias y en los sumideros. Por último, el hormigón de 210 kg/cm<sup>2</sup> será destinado para el uso en pozos de revisión y tanques de tratamiento.

Todos los hormigones a ser utilizados en la obra deberán ser diseñados en un laboratorio calificado por la entidad contratante. El contratista realizará diseños de mezclas, y mezclas de prueba con los materiales a ser empleados que se acopien en la obra, y sobre esta base y de acuerdo a los requerimientos del diseño entregado por el laboratorio, dispondrá la construcción de los hormigones.

**7.6.6 Tubería de PCV para Alcantarillado***Definición:*

Consta del suministro, instalación y prueba de la tubería plástica para alcantarillado. Además se tomarán en cuenta todos los empalmes que garanticen la hermeticidad de la unión entre tuberías.

### *Especificaciones:*

Todas las tuberías deberán cumplir con la norma INEN 2059 Segunda Revisión de “Tubos de PVC rígido de pared estructurada e interior lisa para accesorios para alcantarillado”. La superficie interior de la tubería deberá ser lisa y en el precio a ofertar se deberán incluir las uniones necesarias.

### Instalación y Prueba de la tubería plástica

Tuberías de plástico son 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. Además, 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 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 a 1.00 metro 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 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. 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:

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. La impermeabilidad de los tubos plásticos y sus juntas será revisada por el constructor. 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 revisión.
- 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.

### PRUEBA HIDROSTÁTICA ACCIDENTAL

Esta prueba consistirá en dar a la parte más baja de la tubería, una carga de agua que no excederá una altura de presión de 2 m. Se hará anclando con material de relleno 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 mostrarán 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. 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 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 15 cm (6") de diámetro, dejando correr el agua libremente a través del tramo a probar. En el pozo de revisión 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 presentarán 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.

### **7.6.7 Accesorios para Tubería de PCV**

#### *Definición:*

Entre los accesorios para tuberías de PVC para alcantarillado podemos encontrar a sillas, silletas, monturas o galápagos. En general son accesorios que sirven para realizar conexiones entre la tubería domiciliaria, caja de revisión o sumidero con la tubería matriz.

*Especificaciones:*

Las sillas deberán cumplir con la norma INEN 2059 Segunda Revisión “Tubos de PVC de pared estructurada e interior liso y accesorios para alcantarillado”. La curvatura de la silleta dependerá del diámetro y posición de la tubería domiciliar y de la matriz colectora de recepción. El pegado entre las dos superficies se efectuará con cemento solvente, y, de ser el caso, se empleará adhesivo plástico. La conexión entre la tubería principal de la calle y el ramal domiciliar se ejecutará por medio de los acoples, de acuerdo con las recomendaciones constructivas que consten en el plano de detalles. La inclinación de los accesorios entre 45 y 90° dependerá de la profundidad a la que esté instalada la tubería.

**7.6.8 Pozos de Revisión***Definición:*

Pozos de revisión son todas las estructuras destinadas para permitir el acceso al interior de las tuberías o colectores de alcantarillado, con el fin de realizar limpieza y mantenimiento.

*Especificaciones:*

Los pozos de revisión serán construidos en donde señalen los planos. 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. 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.

Se deberá dar un acabado liso a la pared interior del pozo, en especial al área inferior. Para el acceso al pozo se dispondrá de estribos o peldaños formados con

varillas de hierro de 16 mm de diámetro, con recorte de aleta en las extremidades para empotrarse, en una longitud de 20 cm y colocados a 40 cm 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 de hierro fundido cumplirán con la Norma ASTM-C48 tipo C. 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  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

#### **7.6.9 Conexiones Domiciliarias**

##### *Definición:*

Las conexiones domiciliarias contienen todo lo relacionado con la construcción de cajas de revisión de hormigón simple. Además, se toma en cuenta todas las acciones que debe realizar el constructor para poner en obra a la caja de revisión que se unirán con una tubería a la red de alcantarillado combinado.

##### *Especificaciones:*

Las cajas domiciliarias serán de hormigón simple de  $180 \text{ kg/cm}^2$ , de profundidad variable de 0,60 m a 1,50 m y se colocarán dentro de cada lote, a un

costado de la parte frontal. La posición de las cajas domiciliarias en casos especiales puede ser definida o variada con el criterio técnico del ingeniero fiscalizador. Cada propiedad deberá tener una acometida propia al alcantarillado, con caja de revisión y tubería con un diámetro mínimo del ramal de 160mm al tratarse de caja domiciliaria combinada. 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.

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.

#### **7.6.10 Sumideros**

##### *Definición:*

Se define como sumidero a la estructura que permite la recolección y descarga del agua lluvia de las calles al sistema de alcantarillado. Es deber del constructor seguir todos los planos para la construcción de los sumideros.

##### *Especificaciones:*

Los sumideros 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 irán localizados 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. La conexión del sumidero al pozo será mediante tubería de 160mm 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 0,30m x 0,50m, las rejillas se colocarán sujetas al cerco mediante goznes de seguridad con pasadores de  $d = 1,60$  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.

La fundición de los cercos y rejillas de hierro fundido para alcantarillado debe cumplir con la Norma ASTM A 48.

### **7.6.11 Empates**

*Definición:*

Se entiende por construcción de empate a colector, al conjunto de acciones que debe ejecutar el constructor, para hacer la perforación en el colector a fin de conectar la tubería de los servicios domiciliarios y de los sumideros.

*Especificaciones:*

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.



## 7.7 Presupuesto

Tabla 24. Presupuesto

Nr.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
<i>Tuberías</i>					
1	TUBERIA PLASTICA PVC ALCANTARILLADO 250 mm (MAT. TRAN. INST)	m	684.50	\$ 22.64	\$ 15,494.36
2	TUBERIA PLASTICA PVC ALCANTARILLADO 300 mm (MAT. TRAN. INST)	m	479.50	\$ 30.52	\$ 14,636.62
3	TUBERIA PLASTICA PVC ALCANTARILLADO 375 mm (MAT. TRAN. INST)	m	934.70	\$ 49.93	\$ 46,669.98
4	TUBERIA PLASTICA PVC ALCANTARILLADO 450 mm (MAT. TRAN. INST)	m	742.80	\$ 58.78	\$ 43,665.16
5	TUBERIA PLASTICA PVC ALCANTARILLADO 600 mm (MAT. TRAN. INST)	m	1,004.30	\$ 86.48	\$ 86,852.27
<i>Pozos de Revisión</i>					
6	POZO REVISION H.S. H=1.26-1.75M (TAPA, CERCO Y PELDAÑOS)	u	59	\$ 435.91	\$ 25,718.69
7	POZO REVISION H.S. H=1.76-2.25M (TAPA, CERCO Y PELDAÑOS)	u	5	\$ 483.76	\$ 2,418.80
8	POZO REVISION H.S. H=2.26-2.75M (TAPA, CERCO Y PELDAÑOS)	u	3	\$ 529.82	\$ 1,589.46
9	POZO REVISION H.S. H=2.76-3.25M (TAPA, CERCO Y PELDAÑOS)	u	3	\$ 580.40	\$ 1,741.20
10	POZO REVISION H.S. H=3.26-3.75M (TAPA, CERCO Y PELDAÑOS)	u	2	\$ 623.24	\$ 1,246.48
11	POZO REVISION H.S. H=3.76-4.25M (TAPA, CERCO Y PELDAÑOS)	u	1	\$ 628.28	\$ 628.28
<i>Desbroce Nivelacion y Movimiento Tierras</i>					
12	REPLANTEO Y NIVELACION	m	3,845.80	\$ 1.19	\$ 4,582.66
13	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	m3	5,286.16	\$ 1.61	\$ 8,509.65
14	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=2.76-3.99m (EN TIERRA)	m3	403.08	\$ 1.93	\$ 778.66
15	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=4.00-6.00m (EN TIERRA)	m3	69.10	\$ 2.78	\$ 191.98
16	ENTIBADO (APUNTALAMIENTO) ZANJA	m2	76.92	\$ 6.31	\$ 485.33
17	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	m3	5,758.34	\$ 2.53	\$ 14,540.73
<i>Varios</i>					
18	SILLA YEE 1000 X 160MM (MAT/TRAN/INST)	u	263.00	\$ 44.15	\$ 11,611.45
19	Cajas de revisión aguas servidas	u	263.00	\$ 64.02	\$ 16,837.26
20	HORMIGON SIMPLE f'c=140kg/cm2	m3	18.41	\$ 101.81	\$ 1,874.00
21	HORMIGON SIMPLE f'c=180 kg/cm2	m3	13.05	\$ 105.14	\$ 1,372.22
22	HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm2	m3	36.814	\$ 109.82	\$ 4,042.89
23	SUMIDERO CALZADA (TAZA) SIN REJILLA (PROVISION Y MONTAJE)	u	146.00	\$ 26.20	\$ 3,825.19
<b>TOTAL:</b>					<b>\$ 309,313.32</b>

## CAPITULO VIII. TRATAMIENTO DE AGUAS HOSPITALARIAS

### 8.1 Introducción

Un hospital promedio produce alrededor de 750 litros de aguas residuales por cama por día. Esto es casi cuatro veces la cantidad de aguas residuales que genera una persona durante un día. Esto sin contar que las aguas hospitalarias se encuentran cargadas de patógenos, químicos tóxicos e inclusive material radiactivo, cuya remoción resulta ineficiente después de pasar por un sistema convencional de tratamiento. Al momento de llegar al medio ambiente, estas aguas residuales son capaces de causar importantes desbalances biológicos. En caso de que las aguas sean descargadas en ríos con vida acuática, ésta podrá ser comprometida. Además, existe la posibilidad de que se aumente la cantidad de microorganismos con resistencia a múltiples tipos de antibióticos.<sup>21</sup>

En la mayoría de los casos, un tratamiento secundario aplicado propiamente, es decir una digestión anaeróbica de lodos suele ser suficiente para dar tratamiento a aguas hospitalarias. No obstante, en épocas de clima cálido o sequía, se suele desinfectar las aguas residuales con dióxido de cloro. Esta desinfección se hace completamente necesaria en caso de que el efluente final sea descargado a aguas costeras de donde la gente pueda obtener alimento. Para evitar cualquier inconveniente, siempre es recomendado que el agua

---

<sup>21</sup> Pauwels B. Verstraete W. " Treatment of hospital wastewater: an appraisal". Journal of Water and Health. 2006.

residual hospitalaria tenga un tratamiento previo a la descarga al sistema de alcantarillado municipal.

El mayor riesgo que presenta un tratamiento de aguas hospitalarias ineficiente es para los países con escasos recursos hídricos que re-utilizan el agua residual luego de tratamiento o de descargar a aguas subterráneas.

## **8.2 Químicos presentes**

Las aguas hospitalarias están conformadas por una gran cantidad de químicos; no obstante, los más importantes son los antibióticos, anestesia, desinfectantes (debido a su gran uso en la práctica médica), platino, mercurio y sustancia de contraste para rayos X.

### **8.2.1 Antibióticos**

Cerca de 10 000 toneladas de antibióticos son consumidos anualmente en Europa, de los cuales cerca de la mitad es utilizada en medicina en seres humanos y la otra mitad en veterinarias y demás. Del total de antibióticos utilizados para propósitos médicos humanos, el 26% es usado en hospitales. Los antibióticos son excretados por medio de la orina y heces por lo que terminan en las plantas de tratamiento de aguas residuales. En un estudio realizado por una universidad alemana se comprobó que en aguas hospitalarias la concentración de

antibióticos llega a ser de 0.01 mg/L, lo cual se considera como relativamente alta a comparación de las aguas domésticas totales.<sup>22</sup> No obstante, se ha comprobado que para un gran número de antibióticos con la concentración antes mencionada es posible beber hasta dos litros diarios durante 70 años sin tener ningún efecto adverso.

El mayor problema que traen los antibióticos es la resistencia que pueden generar ciertas bacterias. Como demuestra Ohlsen en sus pruebas, el *staphylococcus aureus* es capaz de obtener una alta resistencia a los antibióticos por medio de una transferencia de genes. Los resultados demuestran que hasta un 32 % de los microorganismos de aguas hospitalarias llegan a tener una resistencia a los antibióticos, frente a solo el 5% de aguas domiciliarias. Otras pruebas indican que el 78 % de los microorganismos eran susceptibles a los antibióticos en 1998 y esta cifra bajó drásticamente a un 27 % en el año 2002. Estos estudios muestran claramente que las aguas residuales hospitalarias son una fuente importante de bacterias con resistencia adquirida a los antibióticos con un factor de entre 2 hasta 10 veces mayor que las aguas residuales domiciliarias.<sup>23</sup>

Para la remoción de antibióticos existen algunas opciones. Según Carballa, hasta un 65% de remoción de los antibióticos compuestos por sulfametoxazol se logra en la fase biológica de un tratamiento convencional de aguas residuales. Con el ozono es posible eliminar más del 95% de los antibióticos, lo que convierte a la ozonización en uno de los procesos de remoción más eficientes. Por otro

---

<sup>22</sup> Ohlsen, K., Ternes, T., Werner, G. 2003 Impact of antibiotics on conjugational resistance gene transfer in *Staphylococcus aureus* in sewage. *Environ. Microbiol.* 5 (8), 711 – 716.

<sup>23</sup> Pauwels B. Verstraete W. “ Treatment of hospital wastewater: an appraisal”.

lado, el carbón activado y el tratamiento con rayos UV también son utilizados y presentan una eficiencia de entre 50-99% y 50-80% respectivamente. Sobre el tratamiento con carbón activado y luz UV se analizará más profundamente en el siguiente subcapítulo.

### **8.2.2 Material Yodado de Contraste**

Este material es utilizado para dar contraste a ciertos tejidos durante radiografías. Contiene yodo y puede ser en base a aceite o soluble en agua por lo que su remoción resultan más compleja y el tratamiento secundario es ineficiente. El tratamiento con ozono muestra una remoción de 80 % y un costo de 0.04 €/m<sup>3</sup>. Sin embargo, el problema con el uso de ozono no es el precio sino el alto uso de energía. En comparación a una planta de tratamiento convencional, el uso de ozono aumenta hasta en un 50% la cantidad de energía utilizada.

### **8.2.3 Estrógenos**

Los estrógenos son excretados principalmente en la orina. Llegan a las plantas de tratamiento por medio del sistema de alcantarillado y de ahí pueden ser descargados a aguas superficiales. En el caso de que existan ecosistemas acuáticos cercanos, se verán amenazados si la concentración de estrógenos se encuentra entre 0.1 ng – 20 ng por litro. Esto se ve evidenciado en un estudio realizado en el Reino Unido en donde se demostró que el aumento de estrógenos

en el agua es capaz de cambiar el sexo de un cardumen de peces.<sup>24</sup> Para asegurar una buena remoción (90%) de este químico es necesario que el tratamiento secundario de la planta tenga un tiempo de retención de entre 12 a 15 días, así como el uso de membranas en los bio-reactores. Estos factores producirán una biodegradación eficiente de los estrógenos. Asimismo, las propiedades de adsorción del carbón activado han demostrado una remoción de hasta un 99% en la producción de agua potable. De igual manera, el tratamiento de desinfección con rayos UV ayuda a la descomposición molecular del estrógeno por medio de la oxidación de los anillos de benceno. Una última opción es la cloración, esta es eficiente en disminuir la actividad de los estrógenos pero a su vez produce sub-productos clorados que pueden ser tóxicos para el medio ambiente.

### **8.3 Tratamiento de aguas residuales hospitalarias**

Como se pudo ver en los subcapítulos anteriores, el agua residual hospitalaria está compuesta por una gran cantidad de químicos en proporciones mayores a las de las aguas residuales domiciliarias. Para asegurarnos que estas aguas no lleguen a amenazar al ecosistema en el que sean descargadas es necesario que su tratamiento sea eficiente. Para lograr esto se dispone de las siguientes operaciones:<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> Purdom, C. E., Hardinam, P.A, Bye, V. J, Eno, N.C., Tyler, C.R. Estrogenic effects from sewage treatment works. 1994. Chem. Ecol.

<sup>25</sup> Rezaee, A. Ansari, M. Department of Environmental Health, Faculty of Medical Sciences Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. American Journal of Environmental Sciences, 2005.

- *Tratamiento Primario:* Consta de una sedimentación en tanques de gran tamaño, llamados comúnmente clarificadores primarios. Mientras que los sólidos se sedimentan al fondo del tanque, las grasas y aceites suben a la superficie para luego ser retiradas por “skimmers”, Los tanques de sedimentación remueven entre un 60% y 65% del total de los sólidos suspendidos y hasta un 35% de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). La gran mayoría de gusanos o helmintos serán sedimentados junto a los lodos y también un buen porcentaje de bacterias y virus.
- *Tratamiento Secundario:* El objetivo del tratamiento secundario es degradar el contenido biológico de las aguas residuales por medio de procesos bacterianos aeróbicos y anaeróbicos. En el proceso aeróbico, las bacterias que se encuentran en el tanque degradarán la materia biológica que entre por medio de procesos de oxidación. Este proceso es relativamente rápido y produce dióxido de carbono. Por otro lado, en el proceso anaeróbico se necesita una temperatura de 36 grados Celsius, su velocidad es más lenta y se produce gas metano. El proceso anaeróbico es el tratamiento por el cual pasan los lodos, ya que su concentración de materia orgánica es muy alta.
- *Tratamiento Terciario:* El efluente del tratamiento secundario probablemente contendrá una concentración de al menos 20 mg de materia orgánica suspendida por lo que no será posible realizar una cloración en este momento. Por esta razón es necesario un tratamiento terciario como la filtración con carbón activado.
- *Desinfección:* Con el fin de eliminar cualquier patógeno se procederá con un proceso de desinfección que usualmente se realiza con ayuda de cloro,

ya que es muy efectivo y no representa mayores costos. Otra opción de desinfección es el ya antes mencionado tratamiento con luz UV. Esta etapa de desinfección es especialmente importante cuando las aguas son descargadas a aguas costeras de donde la gente pueda adquirir alimentos.

A continuación se presentan algunos de los tratamientos más comunes para el tratamiento de aguas hospitalarias:

*Carbón Activado:* El carbón activado es un tipo especial de carbón que ha sido procesado de tal manera que es extremadamente poroso y posee un gran área superficial, lo que ayuda en la adsorción de químicos. Un gramo de carbón activado tiene un área superficial de 500 m<sup>2</sup>. El carbón activado es usado usualmente en el tratamiento de agua para quitar impurezas y malos olores y por sus grandes propiedades de filtración también se ha visto que es eficiente en la remoción de antibióticos.

*Luz UV:* Por otro lado, el tratamiento con luz UV es un tipo de desinfección del agua que tiene la capacidad de alterar el ADN de virus, bacterias y parásitos hasta volverlos inofensivos e incapaces de reproducirse. No obstante es importante añadir que el tratamiento con UV no quita ni añade ningún tipo de partícula o químico, solamente neutraliza el peligro que podrían representar ciertos químicos en el agua.

*Ozono:* El ozono es una molécula muy inestable con una altísima capacidad de oxidación, lo cual resulta tóxico para los microorganismos que existen en el agua. Por esta razón ha sido utilizado para la desinfección del agua desde 1906. Una de las ventajas del ozono es que no crea sub-productos peligrosos, en comparación



al cloro. No obstante, una desventaja del ozono frente al cloro es que no su desinfección termina cuando se acaba el tratamiento, mientras que el cloro tiene un efecto de mediano plazo.

Los hospitales al tener aguas residuales con altas concentraciones de patógenos y químicos potencialmente tóxicos se recomienda que cuenten con una “pequeña” planta de tratamiento propia, de manera que las aguas ya tengan un pre-tratamiento antes de ingresar al sistema de alcantarillado municipal. A continuación se presentan las cuatro posibilidades de tratamiento de aguas hospitalarias.

1. Descarga directa:

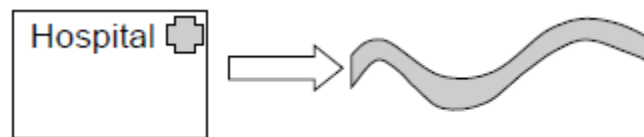


Gráfico 5. Descarga Directa

*Ventajas:* Gran ahorro al no existir costos de tratamiento, mantenimiento ni control.

*Desventajas:* Gran peligro de propagación de sustancias y/o microorganismos nocivos. Mientras más corto sea el ciclo del agua (agua superficial → agua potable → ser humano) será más contraproducente y en caso de que se produzca una epidemia será necesaria la cloración de toda el agua residual lo podría causar serios desbalances ambientales.

## 2. Descarga al alcantarillado Municipal:

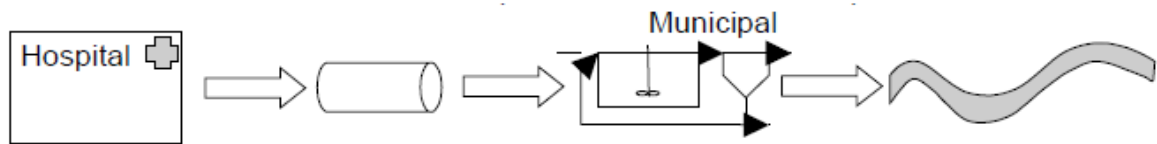


Gráfico 6. Descarga al alcantarillado municipal

*Ventajas:* La descarga al medio ambiente no es de manera directa.

*Desventajas:* En la mayoría de casos el tratamiento en la planta municipal no está diseñado para tratar los químicos que se encuentran en las aguas hospitalarias. No cuenta con sistemas avanzados de tratamiento como filtración con carbón activado o desinfección apropiada.

## 3. Tratamiento *in situ* previo a descarga:

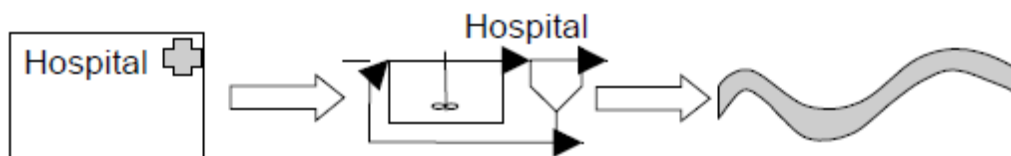


Gráfico 7. Tratamiento *in situ* previo a descarga

*Ventajas:* Al ser diseñado específicamente para tratar aguas residuales hospitalarias, es posible tener un tratamiento eficiente con una remoción de hasta el 90 %.

*Desventajas:* Es necesario un control y monitoreo muy estricto de parte del personal del hospital y de las autoridades municipales. Altos costos.

#### 4. Tratamiento *in situ* y tratamiento de alcantarillado municipal:

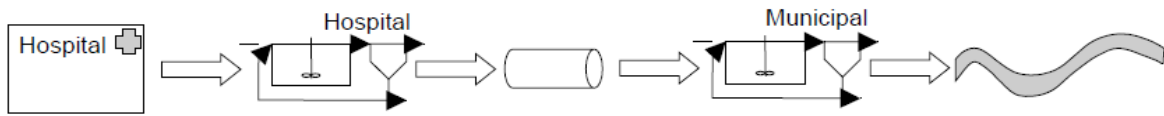


Gráfico 8. Tratamiento *in situ* y tratamiento de alcantarillado municipal

*Ventajas:* Máximo factor de seguridad al tener un tratamiento doble.

*Desventajas:* Llega a ser un tratamiento demasiado complejo y caro.

### 8.3.1 Biorreactores de Membrana

Los biorreactores de membrana, también conocidos como MBRs por sus siglas en inglés, son una de las alternativas que más están llamando la atención para el tratamiento de aguas residuales tanto municipales como hospitalarias. Consiste en una combinación de los procesos de tratamiento por membrana, como micro-filtración o ultra-filtración, y un biorreactor de crecimiento bacteriano. Tras una encuesta a cuatro empresas europeas de producción de MBRs se descubrió que solamente una produce este tipo de reactores para aguas hospitalarias y que hasta el momento un hospital en Japón lo utiliza para tratar 480 m<sup>3</sup>/d y el efluente de este hospital es descargado al sistema de alcantarillado municipal.<sup>26</sup> Este tipo de tratamiento tiene un altísimo nivel de desinfección y remoción de bacteria; no obstante, los procesos de micro- y ultra- filtración son

<sup>26</sup> Pauwels B. Verstraete W. "Treatment of hospital wastewater: an appraisal".

costosos y consumen una gran cantidad de energía por lo que aún no son utilizados comúnmente.

#### **8.4 Conclusiones**

Las aguas residuales hospitalarias representan una compleja matriz de químicos y elementos con toxicidad potencial y capacidad de producir graves efectos en los ecosistemas donde estas aguas sean descargadas. Estos efectos pueden ser de corto, mediano o largo plazo por lo que es de gran importancia que exista un tratamiento apropiado antes de su descarga al medio ambiente. Por suerte muchos virus, como el VIH, tienen una muy baja capacidad de supervivencia en aguas residuales, ya que estos virus requieren de temperaturas, cantidad de oxígeno y humedad específicos para sobrevivir. No obstante, el contenido de antibióticos, estrógenos y material de contraste para radiografías presenta una amenaza ambiental. Es por esta razón que los hospitales deben tomar en consideración el uso de tratamientos especiales que van más allá del tratamiento primario y secundario. Como se mencionó en este capítulo las técnicas más utilizadas y eficientes son el carbón activado, el uso de ozono y rayos UV. A pesar de que pueden resultar costosos, son necesarios y en el futuro se espera que todos los hospitales cuenten con su propio sistema de tratamiento de aguas residuales.

## CAPITULO IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1 Conclusiones

Un sistema de alcantarillado es un servicio que poco a poco se va extendiendo por todo el país gracias a los municipios. En la parte urbana, la gran mayoría ya cuenta con sistemas de alcantarillados tanto para aguas servidas como para aguas lluvia; no obstante, en las áreas rurales únicamente el 16 % cuenta con estos servicios. El sistema de alcantarillado sanitario y pluvial significa un aumento en la calidad de vida de los pobladores aledaños, por lo que en el caso de un proyecto privado como la Urbanización Sawgrass, es casi una necesidad contar con este tipo de servicio.

Los casi cuatro kilómetros de tubería fueron diseñados con ayuda del programa SewerCad. El material a ser utilizado fue el PVC debido a su vida útil, bajo coeficiente de fricción, buena capacidad hidráulica y rápida instalación. Para su diseño se tomaron en cuenta factores como la velocidad, pendiente y caudales de diseño. A pesar de que en ciertos tramos, especialmente los primeros de cada red, no cumplen con la velocidad mínima de auto limpieza de 0.30 m/s para el caudal sanitario, todo el resto del sistema está diseñado para soportar una lluvia con periodo de retorno de cinco años.

Para el tratamiento de las aguas residuales se cuenta en primer lugar con un separador de caudales, por tratarse de un alcantarillado combinado. A continuación el caudal sanitario pasará a un tratamiento por medio de un tanque

séptico donde se sedimentarán los sólidos y por medio de un reactor biológico la materia orgánica se degradará. Posteriormente, se cuenta con pozos de absorción los cuales cumplirán con la función de filtro para evacuar el agua tratada al terreno.

## **9.2 Recomendaciones**

En cuanto al sistema de alcantarillado combinado de la Urbanización Sawgrass es muy importante que se realice mantenimiento regularmente tanto en el tanque séptico, pozos de revisión y tuberías. Especialmente en las tuberías del comienzo de cada red, ya que no cuentan con la velocidad mínima de auto limpieza. Además, se requiere que el pozo séptico sea vaciado regularmente para que su eficiencia no se vea aminorada. Por último, se debería recomendar a los futuros pobladores de la Urbanización Sawgrass que no arrojen sólidos al sistema de alcantarillado y se debe recalcar la importancia de que se realice limpieza de los sumideros para evitar inundaciones en tiempo de lluvias.

Refiriéndonos al tratamiento de aguas residuales hospitalarias, es necesario que éstas sean tratadas de una forma eficiente para prevenir inconvenientes tanto en el medio ambiente como en la salud de los seres humanos. En países desarrollados se utilizan tecnologías de purificación avanzadas como el tratamiento con luz ultravioleta, el uso de ozono, carbón activado y membranas para ultra- y micro-filtración. El Ecuador, al contar con abundantes fuentes de agua naturales, no se preocupa de mayor manera en tratamientos que podrían

parecer insignificantes, pero que si no son tomados en cuenta podrían significar una amenaza ambiental. Es por esta razón que se recomienda que se empiece a tomar en cuenta sistemas de tratamiento previos al tratamiento municipal para los todos los hospitales.

## CAPITULO X. MATERIAL DE REFERENCIA

### 10.1 Bibliografía

Ambiente, Ministerio del. 2010. 08 de 2010 <<http://www.ambiente.gob.ec/>>.

Burbano, Guillermo. «Criterios Básicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado.» Quito: PUCE, 1993.

Cayambe, Gobierno Municipal de. 2010. 20 de Mayo de 2010 <<http://www.municipiocayambe.gov.ec/>>.

Coellar, Sergio y Asociados. «Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Recuperación Ambiental del Río Pove.» 2005.

Fuentes, Héctor y Luís Rodríguez. Estudio de Impacto Ambiental-Relleno Sanitario Municipal. Quito: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI, 1999.

INEC. Ecuador en Cifras. 2010. 2010 de Mayo de 25 <[www.ecuadorencifras.com](http://www.ecuadorencifras.com)>.

Martin T., Auer y Mihelcic, Michigan Technological University James R. Wastewater Treatment. s.f.

Novafort. «Manual Técnico Novafort.» Tubosistemas de PVC para alcantarillado (2009).



- Ohlsen, K., T. Ternes y G. Werner. mpact of antibiotics on conjugational resistance gene transfer in Staphylococcus aureus in sewage. Environ. Microbiol., 2003.
- Pauwels, B. y W. Verstraete. Treatment of hospital wastewater: an appraisal. Journal of Water and Health, 2006.
- Purdom, C. E., y otros. Estrogenic effects from sewage treatment works. Chem. Ecol., 1994.
- Rezaee, A. Ansari, M. Department of Environmental Health, Faculty of Medical Sciences Tarbiat Modares University. Hospital Wastewater Treatment Using an Integrated Anaerobic. Tehran: American Journal of Environmental Sciences, 2005.
- SSA, Subsecretaria de Saneamiento. Normas para estudio y diseño de Agua Potable Y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes Quito. Quito, 1993.
- U.S. Congress, Office of Technology Assessment. Issues in Medical Waste Management-Background Paper. Washington, 1988.

## 10.2 Anexos

Fotografías del terreno donde se construirá la Urbanización Sawgrass.











Ubicación del terreno (Google Maps)

