



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TEMA: “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE DEL SECTOR DE BARRIO LINDO; COMUNA PETRILLO; CANTÓN NOBOL; PROVINCIA DEL GUAYAS”**

**PRESENTADO CON OPCIÓN PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**Autor:  
RONQUILLO VÁSQUEZ JUAN JOSÉ**

**Tutor:  
MSc. ING. PABLO PAREDES RAMOS**

**Guayaquil-Ecuador  
2017**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



**SENESCYT**  
SECRETARÍA NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR,  
CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGIA</b>		
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>		
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> Estudio de factibilidad y diseños de los sistemas de alcantarillado y agua potable del sector de Barrio Lindo; Comuna Petrillo; Cantón Nobol; Provincia del Guayas.		
<b>AUTOR/ ES:</b> Ronquillo Vásquez Juan José	<b>REVISORES:</b> Paredes Ramos Pablo Mario	
<b>INSTITUCIÓN:</b> Universidad Laica Vicente Rocafuerte	<b>FACULTAD:</b> Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción	
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACION:</b> 30 de Agosto 2017	<b>Nª DE PÁGS:</b> 128	
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>		
<b>PALABRAS CLAVE:</b>		
<b>RESUMEN:</b> La ejecución de este proyecto mejorara la calidad de vida de la población de Barrio Lindo de la comuna Petrillo del Cantón Nobol, ya que las personas podrán contar con un recurso vital seguro y de calidad como lo es el agua potable, de igual manera con las redes de alcantarillado sanitario se protegerá la salud evitando el contacto directo de las aguas negras con las personas, y las redes de alcantarillado pluvial evitarán las inundaciones en el sector. El diseño de las redes fue efectuado siguiendo los criterios establecidos en la norma nacional.		
<b>Nº DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>Nº DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <b>X</b>	<b>NO</b>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Ronquillo Vásquez Juan José	<b>Teléfono</b>  <b>0997756026</b>	<b>E-mail:</b>  Juancamí-2@hotmail.com
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> Msc. Ing. Alex Salvatierra Espinoza	
	<b>Teléfono:</b> 0992175083	
	<b>E-mail:</b> asalvatierra@ulvr.edu.ec	

**Quito:** Av. Whymper E7-37 y Alpallana, edificio Delfos, teléfonos (593-2) 2505660/ 1; y en la Av. 9 de octubre 624 y Carrión, edificio Prometeo, teléfonos 2569898/ 9. Fax: (593 2) 250-9054

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Tesis de Grado Ronquillo.docx (D29013521)  
**Submitted:** 2017-06-01 00:23:00  
**Submitted By:** pparedesr@ulvr.edu.ec  
**Significance:** 0 %

Sources included in the report:

Instances where selected sources appear:

0

Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción

PROYECTO DE INVESTIGACION PRESENTADO EN OPCION PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL.

TEMA: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE DEL SECTOR DE BARRIO LINDO; COMUNA PETRILLO; CANTÓN NOBOL; PROVINCIA DEL GUAYAS.

AUTOR: Juan José Ronquillo Vásquez Año Lectivo: 2016-2017

### 1.1 PLANTEAMIENTO

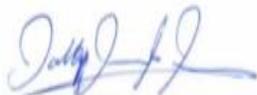
DEL PROBLEMA 1 1.1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS 1 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. 3 1.3 SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA 3 1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN 4 1.4.1. OBJETIVO GENERAL 4 1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 4 1.5 JUSTIFICACION DEL INVESTIGACIÓN 5 1.6 DELIMITACIÓN O ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN 5 1.7 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION O IDEAS A DEFENDER 5 1.7.1 HIPOTESIS Y

VARIABLES 5. 1.8 IDEAS A DEFENDER 6 2 MARCO TEORICO 7 2.1 AGUA POTABLE 7 2.2 RESEÑA HISTORICA E INTRODUCCIÓN 7 3 MARCO TEORICO REFERENCIAL 8 4 MARCO CONCEPTUAL 8 4.1 CRITERIOS 8 4.1.1 AGUA POTABLE 8 4.1.1.1 FACTOR DE

MAYORACIÓN 8. 4.1.1.2 CAUDAL MEDIO DE AGUA POTABLE 9 4.1.1.3 CAUDAL MAXIMO DE AGUA POTABLE 9. 4.1.1.4 CALCULOS DE PERIODOS Y ETAPAS DE DISEÑOS PARA EL AGUA POTABLE. 10 4.1.2 AGUAS SERVIDAS 11 4.1.2.1 COEFICIENTE DE RETORNO DE ALCANTARILLADO SANITARIO 11 4.1.2.1.1 COEFICIENTE DE VARIACIÓN 11 4.1.2.2 CAUDAL MEDIO DIARIO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS 12 4.1.2.3 CAUDAL MAXIMO DIARIO 13 4.1.2.3.1 GASTOS MAXIMO INSTANTANEO 13 4.1.2.3.2 GASTOS MAXIMOS EXTRAORDINARIOS 14 4.1.2.4 CAUDALES DE INFILTRACION Y CONEXIONES ILCITAS 14 4.1.2.5 CAUDAL DE DISEÑO 15 4.2 RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE 15 4.2.1 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA RED 15 4.2.2 CRITERIOS DE DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE 16 4.2.2.1 VELOCIDAD 16 4.2.2.2 CAUDAL 17 4.2.2.3 PRESION 17 4.3 TIPOS DE REDES 17 4.3.1 REDES DE AGUA POTABLE 17 4.3.1.1 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO PARA LOS TIPOS DE REDES 19 4.3.1.2 DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación titulado: "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE DEL SECTOR DE BARRIO LINDO; COMUNA PETRILLO; CANTÓN NOBOL; PROVINCIA DEL GUAYAS", certifico haber dirigido, revisado y analizado el mismo en todas sus partes, presentando por el estudiante JUAN JOSE RONQUILLO VASQUEZ como requisito previo a la aprobación de la investigación para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para la sustentación.



MSC. Ing. Pablo Paredes Ramos

C.I. 0911828150

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Esposa y mi hijo que son el motor fundamental para mí, para poder continuar con la superación en mi vida.

A mis padres, hermanos, amigos, profesores quienes me animaban a seguir consiguiendo logros y cumpliendo metas.

A mi tutor Ms. Pablo Paredes Ramos. Ing. Civil por la dedicación, paciencia y sobre todo su profesionalismo en estos meses de trabajo.

## DEDICATORIA

Dedico a dios el todo poderoso el que me provee sabiduría salud y fortaleza para cumplir con mis metas en especial esta que es la obtención del título de ingeniero civil. A mis padres quienes siempre me inculcaron el respeto, la educación, la responsabilidad, la superación. A mi esposa y mi hijo que han sido mi inspiración para hacer fáciles las cosas difíciles, a levantarme con más fuerza las veces que he caído, a sortear los obstáculos que se me han presentada y alcanzar las metas que me propongo.

## **CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Guayaquil 30 de Agosto del 2017

Yo Ronquillo Vásquez Juan José, declaro bajo juramento, que la autoría del presente Proyecto de titulación, me corresponde totalmente y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo mis derechos de autor a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, por su reglamento y normativa vigente.

---

Ronquillo Vásquez Juan José  
C.I. 0918596529

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	II
DEDICATORIA.....	III
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	IV
ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICES DE FIGURA.....	IX
ÍNDICES DE TABLAS.....	X
ÍNDICES GRAFICO.....	XI
ÍNDICES DE FOTO.....	XII
ABREVIATURAS.....	XIII
<b>CAPITULO I -</b> .....	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1. . Antecedentes históricos.....	1
1.2. Formulación del problema.....	5
1.3. Sistematización del problema.-.....	6
1.4. Objetivos de la investigación:.....	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	7
1.5. Justificación de la investigación:.....	8
1.6. Delimitación o alcance de la investigación.....	8
1.7. Hipótesis de la investigación o ideas a defender.....	9
1.7.1. Hipótesis y variables.....	9
1.8. Ideas a defender.....	10
<b>CAPITULO II - MARCO TEORICO</b> .....	<b>10</b>
2.1. Agua potable.....	10
2.1.1. Reseña histórica e introducción.....	10
<b>CAPITULO III - MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	<b>12</b>
<b>CAPITULO IV - 4. MARCO CONCEPTUAL</b> .....	<b>12</b>
4.1. Generalidades.....	12
4.1.1. Agua potable.....	12
4.1.2. Aguas servidas.....	16
4.2. Red de distribución de agua potable.....	23
4.2.1. Diseño y dimensionamiento de la red.....	23

4.2.2. Criterios de diseño de sistema de abastecimiento de agua potable .....	24
4.3. Tipos de redes .....	25
4.3.1. Redes de agua potable .....	25
<b>CAPITULO V - .....</b>	<b>40</b>
5.1. Coeficiente de rugosidad .....	40
5.1.1. Flujo mínimo en las redes .....	41
5.1.2. Criterio de velocidad .....	42
5.1.3. Velocidad mínima permisible .....	42
5.2. Pendientes de alcantarillas .....	51
5.2.1. Pendiente mínima .....	51
5.2.2. Pendiente máxima admisible .....	54
5.2.3. Diámetro mínimo de alcantarillas .....	54
5.2.4. Hidrología .....	57
5.2.5. Cálculo de caudales pluviales .....	63
5.2.6. Método racional americano .....	63
5.2.7. Método gráfico alemán .....	64
5.2.8. Método del road research laboratory (rrl) .....	64
5.2.9. Hidrograma unitario triangular .....	65
5.2.10. Sistema de redes de alcantarillado pluvial .....	65
<b>CAPITULO VI - .....</b>	<b>67</b>
6.1. Componentes .....	67
6.1.1. Componentes del sistema agua potable .....	67
6.1.2. Tuberías y piezas de conexión de PVC, hierro ductil, acero, pead y grp para agua potable. ....	68
6.1.3. Tuberías y piezas de conexión de PVC. ....	68
6.1.4. Tuberías y piezas de conexión (accesorios) de hierro dúctil .....	70
6.1.5. Tuberías y piezas de conexión (accesorios) de acero. ....	74
6.1.6. Tubería y piezas de conexión de polietileno de alta .....	77
6.2. Tuberías de hormigón simple, hormigón armado, hierro dúctil, grp y PVC para alcantarillado .....	80
6.2.1. Tuberías de hormigón simple y hormigón armado .....	80
6.2.2. Tuberías de hormigón armado .....	81
6.2.3. Tuberías de PVC rígido de pared estructurada con interior liso .....	81
6.2.4. Piezas de conexión de poliéster reforzado con fibra de vidrio (prfv o grp) para sistema de alcantarillado .....	85
6.2.5. Especificaciones técnicas de fabricación generales .....	85
6.2.6. Diseño de la tubería y piezas de conexión (accesorios) .....	86
6.2.7. Válvulas de seccionamiento y piezas especiales de conexión e hidrantes para sistemas de agua potable. ....	87
6.2.8. Especificaciones técnicas de fabricación de las válvulas .....	88
<b>CAPITULO VII - .....</b>	<b>95</b>
7.1. Descripción del sitio del proyecto .....	95
7.1.1. Componente biofísico .....	95

7.1.2. Geología.....	95
7.1.3. Clima.....	96
<b>CAPITULO VIII - .....</b>	<b>97</b>
8.1. Infraestructura existente .....	97
8.1.1. Hospitales o centro de salud cercanos .....	97
8.1.2. Escuela o unidad educativa .....	97
8.1.3. Agua potable .....	98
8.1.4. Agua servida .....	99
8.1.5. Aguas lluvia.....	99
8.1.6. Desechos solidos .....	99
8.1.7. Telefonía .....	100
8.1.8. Energía eléctrica .....	101
8.1.9. resultados de encuesta .....	101
<b>CAPITULO IX - .....</b>	<b>104</b>
9.1. EPANET .....	104
<b>CAPITULO X - .....</b>	<b>106</b>
10.1. Diseño de la red de distribución de agua potable .....	106
10.1.1. Bases de diseño.....	106
10.1.2. Período de diseño .....	106
10.1.3. Población de diseño .....	106
10.1.4. Niveles de Servicio.....	108
10.1.5. Dotaciones .....	109
10.1.6. Variaciones de Consumo .....	109
10.1.7. Caudal medio .....	109
10.1.8. Caudal máximo diario .....	109
10.1.9. Caudal máximo horario .....	110
10.1.10. Fugas .....	110
<b>CAPITULO XI - .....</b>	<b>111</b>
11.1. . Diseño de la red de agua potable del sector de barrio lindo.....	111
11.1.1. POBLACIÓN ACTUAL.....	111
11.1.2. Periodo y población de diseño. ....	111
11.1.3. Cálculo del caudal medio diario .....	111
11.1.4. Cálculo del caudal máximo diario.....	112
11.1.5. Cálculo del caudal máximo horario .....	112
11.1.6. Cálculos de EPANET .....	112
<b>CAPITULO XII - .....</b>	<b>115</b>
12.1. Diseño de la red de alcantarillado sanitario .....	115
12.1.1. Cálculo del caudal medio de agua servida.....	115
12.1.2. Cálculo de la k de coeficiente de flujo máximo.....	116
12.1.3. Cálculo del caudal de diseño .....	116
12.1.4. Planillas de cálculo.....	117
<b>CAPITULO XIII - .....</b>	<b>119</b>

13.1. Diseño de la red de alcantarillado pluvial .....	119
13.1.1. Parámetros de diseño. ....	119
13.1.2. Periodo de diseño. ....	119
13.1.3. Área del proyecto. ....	119
13.1.4. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial. ....	119
13.1.5. Planillas de cálculo.....	123
13.1.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	125
<b>Bibliografía.....</b>	<b>127</b>

➤ Anexo 1

➤ Anexo 2

➤ Anexo 3

## ÍNDICES DE FIGURA

Figura 1: El diseño hidráulico se realizará teniendo en cuenta los siguientes criterios: Darcy – Weisbach, Hazen – Williams, Flamant.....	27
Figura 2: El diseño hidráulico se realizará teniendo en cuenta los siguientes criterios: Darcy – Weisbach, Hazen – Williams, Flamant.....	28
Figura 3: Definición de parámetros para tensión tractiva en un colector circular .....	50
Figura 4: Hipótesis fundamental de la formula Racional .....	63
Figura 5: Hidrógrama unitario triangular.....	65

## ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1: tabla de independencia de variable.....	9
Tabla 2: Coeficiente de Flujo Máximo para Caudal máximo diario y Caudal máximo horario.....	13
Tabla 3: Factor de corrección por fugas.....	14
Tabla 4: Periodos de vida útil de varios componentes.....	15
Tabla 5: Velocidades mínimas y máximas permisibles en tuberías.....	24
Tabla 6: Número de persona encuestada.....	102
Tabla 7: Está satisfecho con el abastecimiento de agua potable.....	102
Tabla 8: Poseen sistema de alcantarillado sanitario.....	103
Tabla 9: Tasas de Crecimiento Poblacional.....	107
Tabla 10: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua disposición de excretas y residuo líquidos.....	108
Tabla 11: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.....	109
Tabla 12: Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.....	110
Tabla 13: Resultado de EPANET carga ( m ) presión ( m.c.a.).....	114
Tabla 14: Resultado de EPANET Diámetro, caudal y velocidad.....	115
Tabla 15: Planilla de cálculo.....	117
Tabla 16: Coeficientes de escurrimiento superficial.....	120
Tabla 17: Cálculos hidráulico de red colector 1 en barrio lindo.....	123
Tabla 18: Cálculos hidráulico de red colector 2 en barrio lindo.....	124

## ÍNDICES GRAFICO

Gráfico 1: Red de agua potable .....	102
Gráfico 2: Abastecimiento de agua potable.....	103
Gráfico 3: Sistema de alcantarillado.....	103
Gráfico 4: (Plano de red, Tabla de red – Nudos, Curva de evolución). ....	105
Gráfico 5: Nudos y tuberías de red .....	113
Gráfico 6: Presión y caudal .....	113

## ÍNDICES DE FOTO

Foto 1: Escuela "Inés María Balda". Ubicada en el KM 31 de la vía Guayaquil-Nobol .....	98
Foto 2: Tubería PVC domiciliaria del sector de Barrio Lindo.....	98
Foto 3: Canales de evacuación y sumideros para aguas lluvias del sector de Barrio Lindo en mal estado .....	99
Foto 4: Recolección de desechos sólidos por el Municipio de Nobol .....	100
Foto 5: Servicio de telefonía por cable de CNT .....	100
Foto 6: El servicio de Energía Eléctrica por CNEL EP, Medidores digitales de Energía, Cableado aéreo y Transformadores de corriente .....	101

**ABREVIATURAS**

QMD	Caudal medio diario
F	Factor de corrección por pérdidas y fugas
PD	Población de diseño, hab.
DMF	Dotación media futura, lt/hab/día
QMH	Caudal máximo diario, l/s
KMD	Coefficiente de flujo máximo diario
KMH	Coefficiente de flujo máximo horario
M	Coefficiente de variación máxima instantánea de aguas negras
P	Población servida acumulada hasta el tramo de tubería considerada En miles de habitantes.
QMED	Gasto medio de aguas negras en l/s
AP	Aportación de aguas negras
P	Número de habitantes de proyecto
86400	Número de segundo al día
Q MIN	Gasto mínimo de aguas negras l/s
M	Coefficiente de armon
QMINST	Gasto máximo instantáneo
CS	Coefficiente de seguridad
QMEXT	Gasto máximo extraordinario
AP	Área tributaria propia del tramo en ha.

QDT	Caudal de diseño para cada tramo
QMHF	Caudal máximo horario fina
QINF	Caudal por infiltraciones
QCEF	Caudal por conexiones licitas erradas final
QU	Caudal unitario superficial
QI	Caudal en el nudo
QT	Caudal máximo horario del proyecto
AI	Área de influencia del nudo
AT	Superficie total del proyecto
QP	Caudal máximo poblacional
PT	Población total del proyecto
PI	Población del área de influencia del nudo
Q	Caudal unitario por metro lineal de tubería
QMH	Caudal máximo horario
LT	Longitud de tubería del proyecto
LI	Longitud del tramo
QU	Caudal unitario
QN	Caudal en el nudo
NF	Número de total de familias
NFN	Número de fallas en el área de influencia del nudo
QRAMAL	Caudal de cada ramal
QG	Caudal por grifo
K	Coefficiente de simultaneidad

X	Número de grifo
V	Velocidad
C	Coeficiente de descarga
R	Radio hidráulico
S	Pendiente
N	Coeficiente de rugosidad
D	Diámetro de la tubería
VC	Velocidad crítica
G	Aceleración de la gravedad
T	Tensión tractiva
P	Perímetro mojad
L	Longitud
W	Peso
P	Densidad de aguas residuales
G	Aceleración de la gravedad
C	Coeficiente de escurrimiento
I	Intensidad promedio de la lluvia
A	Área de drenaje
TC	Tiempo de concentración
H	Diferencia de altura
I	Intensidad de lluvia en mm/h
T	Duración de la lluvia en min
T	Tiempo de retorno en años

## **CAPITULO I -**

### **1.1. Planteamiento del problema**

#### **1.1.1. . Antecedentes históricos**

La historia del agua potable de Guayaquil se inicia en los primeros años de su fundación cuando -para poder abastecerse- esta era traída en barriles “a lomo de esclavo negro” desde fuentes y vertientes alejadas.

Este “singular” sistema de abastecimiento se mantuvo hasta que ya muy entrada la colonia, el medio de transporte fue “modernizado”, utilizándose para tal propósito el “lomo de mula”.

Durante los primeros años de la República, Guayaquil continuó padeciendo la falta de agua para satisfacer sus necesidades vitales, hasta que apareció la prestante figura de don Francisco Campos Coello, quien –comprendiendo esta inmensa necesidad- se empeñó en dotarla de un servicio eficiente que solucionara esta grave falencia.

En efecto, “... si hay alguien de quien se podría decir que hizo la obra de agua potable de Guayaquil, ese hombre sería el doctor Campos. No que su gestión estuviese libre de dificultades; todo lo contrario, las dificultades parecían acrecentarse. Mas él no se dejó vencer por los obstáculos, y afrontó los problemas con valentía y resolución” (Estrada Ycaza, Guía Historica de Guayaquil)

Y así fue: En 1886, el Consejo de Guayaquil -presidido por este prestante ciudadano- empeñado en abastecer de agua potable a la ciudad, inició los trabajos necesarios para traerla desde la una vertiente de la cordillera, llamada Agua Clara, situada a 90 km. de la ciudad, hacia Bucay.

El agua caía de una cascada a un depósito de mampostería y de allí bajaba en cañerías hasta Durán, desde donde y por el fondo del río, era transportada por medio de tubería flexible hasta la estación de la Proveedora, situada al norte de la ciudad, justamente donde hoy queda la entrada al túnel del cerro. De ahí -utilizando poderosas bombas- era elevada a los dos grandes aljibes situados a 130 m. de altura, en el cerro Santa Ana, desde donde por gravedad el agua potable era distribuida a la ciudad.

El esfuerzo fue inmenso, pero fue el inicio de una obra que sería -sin lugar a dudas- una de las más importantes en la historia de Guayaquil, y que culminaría el 1 de enero de 1893, cuando el primer chorro procedente de dicha fuente empezó a llenar los aljibes del cerro Santa Ana.

Pero a pesar de los esfuerzos realizados durante tantos años, poco tiempo después el abastecimiento del vital líquido volvió a ser insuficiente y la ciudad se veía abocada -muy a menudo- a sufrir de su desabastecimiento.

Ante esta situación emergente, en 1914 la Cía. J. C. White propuso al cabildo porteño el aprovechamiento del río Daule para abastecer de agua potable a Guayaquil, pero a pesar de que se realizaron varios estudios preliminares, este proyecto no prosperó debido a que los guayaquileños -especialmente las amas de casa- se opusieron expresando su preocupación por la posible contaminación de las aguas, exigiendo que se la continúe trayendo desde las fuentes de Agua Clara.

Lamentablemente la cañería que cruzaba bajo el río Guayas, desde Duran hasta Guayaquil, sufría constante averías que ocasionaban los consabidos desabastecimientos, que además ponían en peligro la salubridad de la ciudad.

Para poder dar pronta y efectiva solución a tan grave necesidad, con fecha 22 de octubre de 1940 el Congreso Nacional aprobó el Decreto expedido por el Presidente de la República, Dr. Carlos Alberto Arroyo del Río, por medio del cual se crearon las rentas necesarias para la provisión de Agua Potable, y en el que se dispuso que -en Guayaquil- debía establecerse “La Junta de Provisión de Agua Potable”, la misma que fue constituida por parte del Gobierno según Decreto No. 18, de enero 10 de 1941, que fue publicado en el Registro Oficial 117 y 118 del mismo año.

Esta primera Junta estuvo conformada por los señores Dr. Leopoldo Izquieta Pérez, Francisco Ferrusola M., y José María Estrada Coello, y por los señores Francisco

Illingworth Icaza, Jerónimo Avilés Alfaro, Augusto Alvarado Olea, que era Presidente del Consejo Cantonal; y José Luis Tamayo Concha, Concejal Comisionado de Agua Potable.

EL 9 de octubre de 1946 -siendo Presidente del Concejo el Dr. Rafael Mendoza Avilés- se firmó el contrato con las firmas asociadas Frederick Corporation, Buck Seifertand Jost & The Pitometer Company, para la realización de las obras del nuevo abastecimiento de agua para la ciudad. Al año siguiente, la alcaldía del Sr. Rafael Guerrero Valenzuela le dio un nuevo e importantísimo impulso al proyecto contratando con el Export-Import Bank de Washington un empréstito de cuatro millones de dólares, destinados para dichas obras, cuya ejecución dio comienzo el 10 de diciembre de ese mismo año en el sector de Petrillo -al norte de Guayaquil-, en terrenos que eran del Sr. Marcos Plaza Sotomayor, y que luego de ser ocupados “manu militari”, este caballero “donara” al Consejo.

Antes de comenzar la construcción, fue necesario establecer en el lugar una gran ciudad campamento para el alojamiento y la manutención de alrededor de 560 personas que -entre técnicos, ingenieros, obreros, capataces y otros- componían el equipo de trabajadores que realizarían la obra.

Finalmente, el 10 de octubre de 1950, el Alcalde de Guayaquil, Sr. Rafael Guerreo Valenzuela, inauguró la Planta de Agua Potable de “La Toma”, que aún abastece a la ciudad. (Enciclopedia del Ecuador, 2015)

## **1.2. Formulación del problema.**

¿Cómo satisfacer la necesidad de mejorar los sistemas existentes y de abastecimientos que afectan al sector de Barrio Lindo; Comuna Petrillo; Cantón Nobol; Provincia del Guayas?

Unos de los problemas de altos porcentaje de deficiencia de los moradores del sector de Barrio Lindo de la Comuna de Petrillo, es la no posibilidad de contar con un sistema de alcantarillado óptimo y sistema de agua potable de buena calidad.

Ya que se puede apreciar que en su población hay la falta de estos recursos hídricos y calles que se empozan las aguas servidas y de lluvias, esto es ocasionada por la falta de drenaje y por el rebose de los pozos sépticos de la casas de los habitantes. Ocasionando así un impacto ambiental muy decadente.

Actualmente existe un sistema de agua potable que ha cumplido su vida útil, esto se ve reflejado en las continuas fugas en el sistema lo que ocasiona bajas presiones en el sector de Barrio Lindo.

Actualmente, INTERAGUA, por encargo de EMAPAG EP, administra los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento del cantón Nobol y sus parroquias urbanas y rurales que incluyen al sector de Barrio Lindo.

Por otra parte, uno de los problemas del sector de Barrio Lindo es la insalubridad, producto del deficiente o inexistente Alcantarillado que influye en la pobreza del sector.

### **1.3. Sistematización del problema.-**

La sistematización en la investigación para la ejecución de este proyecto se considera una novedosa forma de producir conocimiento desde elementales procedimientos de registro inmediato de la experiencia, análisis y reflexión sobre ella, logrando la construcción de nuevas formas de acción.

Básicamente es como plantear y diseñar una metodología de investigación para determinado caso a estudiar. Inicialmente se deberá realizar una recolección de información mediante entrevistas, estadísticas, observación de los integrantes y participantes de este proyecto, consultar el material bibliográfico, etc., datos que se recaben información básica sobre el estudio que se va llevar a cabo.

Previamente se debe plantear y definir el objetivo de la investigación, o sea que pretende investigar y a qué conclusión se debe llegar. Esto se deberá ir alineado con la gestión de aplicar las preguntas como:

- ¿Por qué razón no se han realizado con anterioridad este estudio?;
- ¿Cuáles son los principales problemas que justifican el estudio para la elaboración del Alcantarillado y agua potable?;
- ¿A cuántos habitantes afectan este problema?

#### **1.4. Objetivos de la investigación:**

##### **1.4.1. Objetivo general.**

El objetivo general de este proyecto de investigación es verificar la factibilidad y proponer el Diseño de los Sistemas de Alcantarillado y Agua Potable del sector de Barrio Lindo; Comuna Petrillo; Cantón Nobol; Provincia de Guayas.

##### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- ✓ Suministrar agua potable que cumpla con los requisitos mínimos de calidad exigidos por la normativa vigente y que satisfaga las necesidades de los consumidores tanto en cantidad como en calidad.;
- ✓ Diseñar a una mejora en la salud y calidad de vida de la población, un eficaz abastecimiento de gran importancia para la economía y el desarrollo de una población.;

- ✓ Diseñar una red de alcantarillado sanitario en el sector de Barrio Lindo, con tubería colectora y conexiones domiciliarias.; y
- ✓ Diseñar cajas de registro domiciliarias para facilitar la limpieza y el sondeo de las líneas de tuberías internas y externas domiciliarias.

### **1.5. Justificación de la investigación:**

Este proyecto facilitará el desarrollo de la población ya que contara con un sistema de alcantarillado y agua potable. Los habitantes podrán gozar del proyecto porque este eliminara los pozos sépticos de las casas de la comuna, y les abastecerá el líquido vital de la mejor manera como se merecen, con muy buena presión y sin contaminación alguna.

Los habitantes de la Comuna en sus varios años de vida, nunca han contado con un buen sistema de alcantarillado y agua potable. Con este proyecto podrán realizarse varias actividades en el ámbito laboral para generar ingresos económicos y mejorar el desarrollo del barrio.

### **1.6. Delimitación o alcance de la investigación**

El presente análisis y la propuesta de implementación en el sistema de agua potable y alcantarillado se enfocará exclusivamente en el sector de Barrio Lindo de la Comuna de Petrillo del cantón Nobol de la provincia del Guayas.

Este proyecto se realizara en mediano plazo en un tiempo aproximado de seis meses, por las complicaciones del suelo en sus desniveles y nivel freático. La

población del sector de Barrio Lindo carecen de alcantarillado y agua potable muchos se dedican a la agricultura y ganadería con un gran índice de pobreza.

## 1.7. Hipótesis de la investigación o ideas a defender.

### 1.7.1. Hipótesis y variables

La implementación de un sistema de distribución de agua potable que cumpla con la presión y calidad de agua adecuada y, la de un sistema de alcantarillado que permita evacuar las aguas servidas rápidamente en el sector Barrio Lindo, hará que exista un crecimiento económico-social en el sitio. Particularmente las ideas a defender serán las siguientes:

- Definición de la línea de fábrica;
- Mejoramiento de las vías de accesos principales y secundarios;
- Ubicación de parques y áreas verdes; y
- Mejoramiento en parte ambiental.

**Tabla 1: tabla de independencia de variable**

<b>HIPÓTESIS</b>	
La falta de un sistema completo de alcantarillado y el precario abastecimiento de agua potable causan daños materiales y en la salud de los habitantes del sector de barrio lindo.	
Variable independiente	Variable dependiente
Carencia de redes de aguas lluvias	Daños materiales y en la salud
Evacuación de las aguas lluvias	Evitar inundaciones para lograr mejorar la calidad de vida de la población
Carencia de redes de recolección de aguas servidas	
La falta de la presión de agua potable	Aumento de insalubridad y enfermedades virales de aseo.

( Carlos Araujo, 2013, pág. 5)

Evitar inundaciones y destrucción total de las vías de ingreso al sector del Barrio Lindo el mismo que es ocasionado por la falta de un sistema de alcantarillado por un sistema de tubería que mejore la captación de agua potable y así mejorar la calidad de vida de los habitantes.

### **1.8. Ideas a defender**

- La factibilidad de poder ejecutar el diseño de los sistemas de agua potable y alcantarillados en Barrio Lindo.
- Que el agua a suministrar a Barrio Lindo cumpla con la NORMA INEN 1108:2014 Quinta revisión.
- Que el diseño de alcantarillado sanitario y pluvial cumpla con las NORMAS DE CALIDAD CO 10.

## **CAPITULO II - MARCO TEORICO**

### **2.1. Agua potable**

#### **2.1.1. Reseña histórica e introducción**

La dotación de los servicios básicos es una necesidad de cada sector para el progreso y mejorar la calidad de vida de los habitantes, así como es el sistema de alcantarillado pluvial que sirve para eliminar sus aguas producto de las precipitaciones permanentes de una forma correcta, segura y eficiente, sin provocar contaminación e impacto alguno.

Analizando la situación actual del sector se ha considerado urgente realizar un estudio para determinar que sea factible ejecutar el correcto y adecuado diseño de sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas servidas; como también el mejoramiento en el abastecimiento de agua potable del sector de Barrio Lindo.

Este trabajo tiene como principal objetivo definir el resultado de la aplicación de los conocimientos teóricos y prácticos que fueron adquiridos en las aulas y durante todas las horas-clase y, los que deberán ser aplicados de forma precisa, concisa y de fácil entendimiento para el beneficio de la sociedad, es así que mediante el ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADOS Y AGUA POTABLE DEL SECTOR DE BARRIO LINDO; COMUNA PETRILLO; CANTÓN NOBOL; PROVINCIA DEL GUAYAS., el mismo que deberá regirse a normas y parámetros establecidos por el departamento de alcantarillado y agua potable del Ilustre Municipio del Cantón Nobol

Después de realizar la presente tesis se cubrirá con una de las necesidades primordiales de la población, del sector de “Barrio Lindo” que es la evacuación de las aguas provenientes de las precipitaciones y escurrimiento que provocan graves daños en las vías de acceso al sector y por ende la inconformidad de sus habitantes, como también el abastecimiento del agua potable.

Para el inicio de los estudios del sistema de alcantarillado sanitario, pluvial y de agua potable, se ejecutará un análisis de la situación actual del sector, además se

realizara una recopilación de información básica vinculada con el área del proyecto que estará basada en determinar el área de aportación, la cantidad de viviendas actuales, número de habitantes y la apreciación de los problemas a ser resueltos, además se ha considerado la aplicación de normas y técnicas requeridas para realizar un diseño útil, factible y adecuado.

### **CAPITULO III - MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

El sector de Barrio Lindo tiene como necesidad urgente contar con un correcto y adecuado Sistema de Alcantarillado y sistema de distribución de agua potable para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Se ha creído necesario realizar esta investigación, revisión, análisis y comparación con otros trabajos de investigación realizados con anterioridad, con el propósito de tener referencias de proyectos similares.

### **CAPITULO IV - 4. MARCO CONCEPTUAL**

#### **4.1. Generalidades**

##### **4.1.1. Agua potable**

Es el agua destinada para el consumo humano, debe estar exenta de organismos capaces de provocar enfermedades y de elementos o sustancias que puedan producir efectos fisiológicos perjudiciales, y debe cumplir con los requisitos de estas normas. (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013, pág. 7)

#### 4.1.1.1. Coeficiente de flujo máximo

El MIDUVI recomienda factores para dos tipos de caudales que se utilizan para determinar las demandas de diferentes elementos del sistema de agua potable:

Tabla 2: Coeficiente de Flujo Máximo para Caudal máximo diario y Caudal máximo horario

<b>Tipo de caudal</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Abreviatura factor de mayoración</b>	<b>Factor de mayoración</b>
Caudal máximo diario	Q max. día	K max. día	entre 1.3 - 1.5
Caudal máximo horario	Q max. hor	K max. hor	entre 2 - 3

( Carlos, Araujo, 2013, pág. 8)

#### 4.1.1.2. CAUDAL MEDIO DE AGUA POTABLE

El caudal medio de agua potable, se refiere a la cantidad que requerirá la población o transportará el sistema, producto de la demanda de los sectores considerados residenciales.

Para la obtención de este parámetro, las normas sugieren calcularlo en función de la dotación teórica de agua potable (Dot) definida para un determinado tipo de población y población total del sector o del sistema.

$$Q_{md} = \frac{f \times P_d \times DMF}{86400}$$

Dónde:

Q<sub>md</sub> = Caudal medio diario, l/s.

f = Factor de corrección por pérdidas y fugas.

P<sub>d</sub> = Población de diseño, hab.

DMF = Dotación media futura, l/hab/día.

86400= Número de segundos por día

En el siguiente cuadro se establece el factor de corrección por pérdidas y fugas según el nivel de servicio que se dará a la comunidad en estudio

**Tabla 3: Factor de corrección por fugas**

Nivel de servicio	f %
Ia y IIb	10%
Ib y IIb	20%

(NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, 2014)

#### 4.1.1.3. Caudal máximo de agua potable

En esencia se trata del caudal máximo horario doméstico o domiciliario pero amplificado de acuerdo al valor obtenido como factor de mayoración. Utilizado para el diseño de algunos elementos del sistema como acueductos y redes secundarias, para análisis de presiones de servicio y calidad de agua especialmente.

$$QMH = KMD \times Qmd$$

Dónde:

QMH = Caudal máximo diario, l/s.

KMD = Coeficiente de flujo máximo diario.

QMD = Caudal medio diario, l/s

También se debe determinar el caudal máximo horario, útil para otro el diseño de sistemas de bombeo, plantas de tratamiento, entre otros.

$$QMH = KMH \times Qmd$$

Dónde:

QMH = Caudal máximo horario, l/s.

KMH = Coeficiente de flujo máximo horario.

QMD= Caudal medio diario, l/s. (NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, 2014)

#### 4.1.1.4. Cálculo de períodos y etapas de diseño para el agua potable

De acuerdo al MIDUVI, la vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable se debe considerar los elementos que tienen una vida útil más baja y en base a eso definir el Período de Diseño. ( Paul, pezantes, 2015)

Entonces, según la tabla 4, la vida útil sería para cada componente de la siguiente forma para que sean congruentes:

**Tabla 4: Periodos de vida útil de varios componentes**

Obra de captación	25 años
Conducciones de PVC	25 años
Planta de tratamiento	30 años
Tanque de almacenamiento	30 años
tubería principales y secundaria de distribución	25 años

( Carlos, Araujo, 2013)

El periodo de diseño tanto del sistema de agua potable, como del alcantarillado sanitario y pluvial del sector de Barrio Lindo será de 25 años.

#### **4.1.2. Aguas servidas**

Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características físicas, químicas, radiológicas, biológicas o microbiológicas. Para efectos de estas normas el agua proveniente de sistemas de alcantarillado o cualquier otro sistema que altere sus propiedades físicas, químicas, radiológicas, biológicas y microbiológicas y que requiera tratamientos especiales para hacerla potable, no se considera como agua cruda.

La contaminación encontrada en el agua cruda debe ser de origen natural causada por fenómenos propios de la cuenca o acuífero. (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

La aportación de aguas residuales, es el volumen diario de agua residual que se entrega al sistema de alcantarillado sanitario, se conoce con el nombre de aportación y su valor se considera en un 75% de la cantidad de agua recibida (dotación), para valorar la aportación en zonas industriales

Se debe analizar cada zona en particular por el tipo de contaminación que tenga esta agua residual. (Manual de Diseño para Proyectos de Hidraulica, 2013)

##### **4.1.2.1. Coeficiente de retorno de alcantarillado sanitario**

También llamado relación agua potable / aguas servidas, este coeficiente tiene en cuenta el hecho de que no toda el agua consumida dentro del domicilio es devuelta

al alcantarillado sanitario, en razón de sus múltiples uso como riego, lavado de pisos, cocina y otros. Se considera para el diseño del sistema de alcantarillado del sector Barrio Lindo un 80% como coeficiente de retorno.

#### **4.1.2.2. Coeficiente de variación.**

Los coeficientes de variación de las aportaciones de aguas negras son dos: uno que cuantifica la variación máxima instantánea (coeficiente de Harmon) de las aportaciones de aguas negras y otros de seguridad. El primero se aplica al gasto medio y el segundo al gasto máximo instantáneo. A continuación se describe cada uno de ellos.

##### **a) Coeficiente de variación máxima instantánea.**

Para cuantificar la variación máxima instantánea de las aportaciones, se utiliza la fórmula de Harmon, cuya expresión es:

$$M = + \frac{14}{4\sqrt{P}}$$

Dónde:

M = Coeficiente de variación máxima instantánea de aguas negras.

P = Población servida acumulada hasta el tramo de tubería considerada, en miles de habitantes.

##### **b) Coeficiente de seguridad.**

Generalmente en los proyectos de redes de alcantarillado se considera un margen de seguridad aplicando un coeficiente. En el caso de rehabilitaciones a una red existente y obras nuevas, previendo los excesos en las aportaciones que puede

recibir la red, generalmente por concepto de aguas pluviales y/o Re densificación de la zona, se considera un coeficiente que puede ser igual al valor de 1.5, adicional al coeficiente de Harmon.

#### **4.1.2.3. Caudal medio diario de aguas residuales domésticas**

El caudal medio diario doméstico, se refiere a la cantidad que indica el volumen en función del tiempo, que recibirá el sistema, producto de las aportaciones realizadas por los sectores considerados residenciales, cuyo aporte se clasifica como doméstico.

Es la aportación de aguas residuales domésticas (negras) en un día promedio del año. Con la utilización de los nuevos materiales en la fabricación de las tuberías para alcantarillado, se considera que éstas son herméticas, por lo tanto no se debe adicionar un caudal originado por filtraciones.

Para la obtención de este parámetro, las normas sugieren calcularlo en función de la dotación teórica de agua potable (Dot) definida para un determinado tipo de población, la densidad habitacional obtenida del área total de cobertura (dhab) y población total, y el área aportante en el sector de análisis (A).

$$\mathbf{QMed. = \underline{Ap \times P}}$$

$$\mathbf{86400}$$

Dónde:

QMed = Gasto medio de aguas negras en l/s.;

$A_p$  = Aportación de aguas negras en l/h/día (80% de la dotación);

$P$  = Número de habitantes de proyecto; y

86400 = Número de segundos al día.

El “gasto mínimo”, es el menor de los valores, que se puede presentar en un sistema de alcantarillado, siendo su valor la mitad del gasto medio.

$$Q_{\min.} = 0.5 Q_{\text{med}}$$

Dónde:

$Q_{\min}$  = Gasto mínimo de aguas negras en l/s;

$Q_{\text{Med}}$  = Gasto medio de aguas negras en l/s; y

0.5= es un porcentaje ponderado de gasto de aguas negras considerado como perdidas. (Manual de Diseño para Proyectos de Hidraulica, 2013)

#### 4.1.2.4. Caudal máximo diario

En esencia se trata de dos caudales máximo doméstico o domiciliario pero amplificado de acuerdo al valor obtenido como factor de coeficiente de flujo máximo.

#### 4.1.2.5. Gasto máximo instantáneo

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de aguas residuales que se puede presentar. Este valor se obtiene a partir del coeficiente de Harmon ( $M$ ).

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

Dónde:

$P$  = Población servida expresada en miles

M = Coeficiente de Harmon. Cuando la población es menor a 1000 habitantes M adquiere un valor de 3.8 y cuando es mayor a 63454 habitantes se considera de 2.17 y la expresión para el cálculo del gasto máximo instantáneo es:

$$Q_{\text{Inst}} = M Q_{\text{Med}}$$

Dónde:

M = Coeficiente de Harmon

$Q_{\text{Med}}$  = Gasto medio en l/s

$Q_{\text{Inst}}$  = Gasto máximo instantáneo en l/s

#### 4.1.2.6. Gasto máximo extraordinario

Es la cantidad de agua residual que considera la aportación de agua que no forma parte de una descarga normal (agua pluvial de azoteas, patios etc.). Para el cálculo del gasto máximo extraordinario se debe considerar un coeficiente de seguridad de 1.5 quedando la expresión de la siguiente manera:

$$Q_{\text{Med}} = 1.5 X Q_{\text{Inst}}$$

Dónde:

CS = Coeficiente de seguridad 1.5

$Q_{\text{Inst}}$  = Gasto máximo instantáneo en l/s

$Q_{\text{Mext}}$  = Gasto máximo extraordinario en l/s

(Manual de Diseño para Proyectos de Hidraulica, 2013)

#### **4.1.2.7. Caudales de infiltración y conexiones ilícitas**

El caudal de infiltración es producido por la entrada del agua que se encuentra por debajo del nivel freático del suelo a través de las uniones entre tramos de tuberías, de fisuras en el tubo y en la unión con las estructuras de conexión como los pozos de inspección. ( Paul, pezantes, 2015)

El aporte de caudal por medio de conexiones ilícitas proviene principalmente de las conexiones que equivocadamente se hacen de las aguas lluvias domiciliarias y de conexiones clandestinas hacia el sistema de alcantarillado sanitario.

La subestimación de este parámetro puede traer consecuencias sanitarias a la población, debido a que, en el momento de presentarse fuertes precipitaciones, es posible que se sobrepase la capacidad del sistema y las aguas residuales diluidas salgan a la superficie a través de las cámaras de inspección o de las mismas conexiones domiciliarias.

Con estos antecedentes se tomara en cuenta lo siguiente, para los colectores principales ramales domiciliarios se instalará tubería estructurada. Por ser una red nueva caudal por infiltración sería nulo ya que dentro del proceso constructivo se deberá tomar en cuenta que este sistema funcione para drenaje sanitario y no mixto, adicional que las conexiones por recepción de aguas lluvias domiciliarias no se pueden controlar y se asumirá que ingresarán como caudales ilícitas un valor de 80 litros / habitante / día (Dot-inf).

Para determinar los caudales por infiltración lo ideales realizar aforos en el sistema, en horas de mínimo consumo de agua potable. Debido a que no se cuenta con esta información para calcular el caudal por infiltración se hará uso del valor unitario de 0.04 m<sup>3</sup> por milímetro de diámetro de la tubería por kilómetro de longitud por día (m<sup>3</sup>/mm diámetro•km•día)<sup>2</sup> recomendado por la norma.

$$Q_{IFN} = 0.2 \frac{l/s}{ha} A_p$$

Dónde:

AP = Área tributaria propia del tramo en ha.

Debido a que todavía no se conocen los diámetros de diseño, fue necesario estimar inicialmente el caudal de infiltración con un valor de 0.2 L/s\*ha,

#### 4.1.2.8. Caudal de diseño

Este caudal se obtiene de la suma del caudal máximo horario final del día de mayor consumo de agua potable, (QMHf), más los aportes de caudal de infiltración y caudal de aguas residuales por conexiones erradas.

$$Q_{DT} = Q_{MHf} + Q_{INF} + Q_{CEf}$$

Dónde:

QDT = Caudal de diseño para cada tramo (m<sup>3</sup>/s).

QMHf = Caudal máximo horario final (m<sup>3</sup>/s).

QINF = Caudal por infiltraciones (m<sup>3</sup>/s).

QCEf = Caudal por conexiones ilícitas erradas final (m<sup>3</sup>/s).

## **4.2. Red de distribución de agua potable**

### **4.2.1. Diseño y dimensionamiento de la red**

Las tuberías de la red serán dispuestas formando mallas, evitando, en todo lo posible, ramales abiertos.

El diámetro de las tuberías tanto de las mallas principales como en los rellenos, será el comercial que más se acerque al determinado en los cálculos hidráulicos. Sólo en el caso en el que se deban instalar los hidrantes o bocas de fuego el diámetro de la tubería deberá ser como mínimo el correspondiente a estos artefactos. Cada circuito de la malla deberá tener, en lo posible, un perímetro entre 500 m y 2 000 m.

En calles cuyo ancho sea mayor a 20 m o que tengan varias calzadas, se proveerá de dos ramales de tuberías; el uno con un diámetro correspondiente al de los cálculos hidráulicos y el otro con un diámetro igual al de las tuberías de relleno.

El cálculo de la malla principal, podrá hacerse por cualquier método aplicable. Si se empleara algún método nuevo, el proyectista deberá adjuntar a los cálculos, una memoria explicativa del mismo y la bibliografía de soporte, en caso de haber alguna. La velocidad dentro de las tuberías deberá, en lo posible, mantenerse alrededor de 1,5 m/s. El error de cierre en los circuitos, será como máximo 0,5 m. ( Paul, pezantes, 2015)

## 4.2.2. Criterios de diseño de sistema de abastecimiento de agua potable

### 4.2.2.1. Velocidad.

Las velocidades máximas y mínimas del agua en un conducto, están gobernadas por el material del que está fabricado el ducto y la magnitud de los fenómenos transitorios, al igual que la velocidad de arrastre, ésta última se considera para que no exista el depósito de partículas remolcadas por el agua (azolve).

**Tabla 5: Velocidades mínimas y máximas permisibles en tuberías**

Materiales de la tubería	Velocidad ( M/S)	
	Máxima	Mínima
Concreto	3.00	0.30
Acero	5.00	0.30
Fibro - cemento	5.00	0.30
Plásticos	5.00	0.30

(Manual de Diseño para Proyectos de Hidraulica, 2013)

### 4.2.2.2. Caudal

El caudal o gasto de diseño para el caso de una red de distribución de agua potable se considera el caudal máximo horario, el cual resulta de multiplicar el caudal medio diario (Qm) por el coeficiente de variación del consumo máximo horario que está entre 2 a 3.

### 4.2.2.3. Presión

Las presiones en la red deben satisfacer ciertas condiciones mínimas y máximas para las diferentes situaciones de análisis que pueden ocurrir. En tal sentido, la red debe mantener presiones de servicio mínimas, que sean capaces de llevar agua al interior de las viviendas, nuestras normas establecen en el medio urbano un mínimo de 10 m.c.a, en los puntos más desfavorables de la red.

También en la red deben existir limitaciones de presiones máximas, tales que no provoquen daños en las conexiones y que permitan el servicio sin mayores inconvenientes, se ha normado que para áreas urbanas la presión estática máxima es 70 m.c.a y la presión máxima dinámica es 50 m.c.a y en las áreas rurales se limitan estas presiones máximas a 40 m.c.a, sin embargo estos parámetros pueden tener cierta flexibilidad de acuerdo a las características particulares de cada proyecto siempre que se justifique los motivos para estas variaciones.

### **4.3. Tipos de redes**

#### **4.3.1. Redes de agua potable**

La conducción podrá ser diseñada utilizando el concepto de conducción a presión, pero en ambos casos deberá evitarse en su trayectoria la contaminación y el vandalismo.

#### **Conducción a Presión**

Este tipo de conducción puede ser por gravedad o por bombeo. La presión dinámica mínima en la línea de conducción será de 15 m. En ningún punto la tubería deberá funcionar a presión superior a la de trabajo especificada por el fabricante.

Para el diseño de la conducción, deberán tomarse en cuenta, las presiones estáticas, dinámicas así como las sobre presiones causadas por el golpe de ariete. El diámetro mínimo de las tuberías en la línea de conducción será de 25 mm (1").

Al diseñar la red se tomarán en cuenta los siguientes detalles:

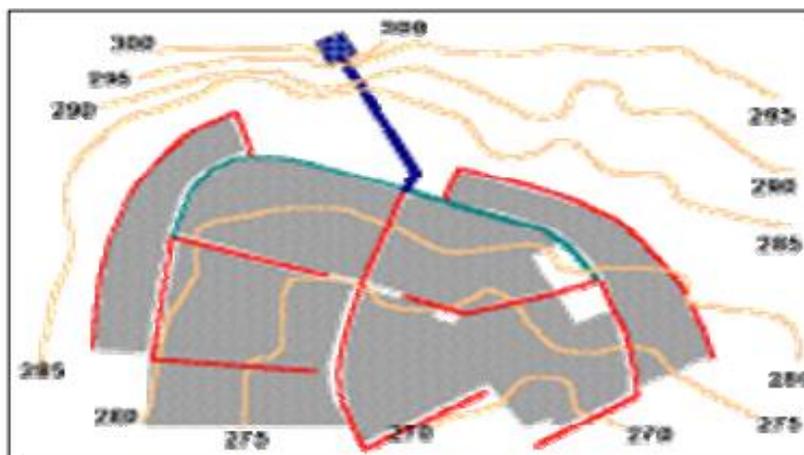
- La localización de las tuberías principales y secundarias se hará en los costados norte y este de las calzadas.
- Se diseñarán obras de protección cuando las tuberías deban cruzar ríos, quebradas, etc.
- Como complemento de la red se proyectarán conexiones domiciliarias cuyo número se estimará al dividir la población de diseño para 10.
- Se ubicarán válvulas de aire en los puntos en los que se necesite para el funcionamiento correcto de la red.
- Las tuberías de agua potable, deberán estar separadas de las de alcantarillado por lo menos 3 m horizontalmente y 30 cm verticalmente, entre sus superficies exteriores.
- Las tuberías deberán estar instaladas a una profundidad mínima de 1 m sobre la corona del tubo.
- Se tomarán todas las precauciones necesarias para impedir conexiones cruzadas y flujo inverso. La empresa encargada, de la operación del sistema vigilará que existan ordenanzas municipales adecuadas para su control.
- Se utilizarán anclajes en todos los puntos en los que haya un desequilibrio de fuerzas. (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

#### **4.3.1.1. Procedimientos de cálculo para los tipos de redes**

El diseño hidráulico podrá realizarse como redes abiertas, cerradas y combinadas.

Los cálculos deben realizarse tomando en cuenta los diámetros internos reales de las tuberías.

- Redes abiertas El Dimensionamiento de las redes abiertas o ramificadas se realizará de acuerdo con los siguientes criterios:
- Se admitirá que la distribución del caudal sea uniforme a lo largo de la longitud de cada tramo.
- La pérdida de carga en el ramal será determinada para un caudal igual al que se verifica en su extremo.
- Cuando por las características de la población se produzca algún gasto significativo en la longitud de la tubería, éste deberá ser considerado como un nudo más. Se recomienda el uso de un caudal mínimo de 0,10 lps para el diseño de los ramales.



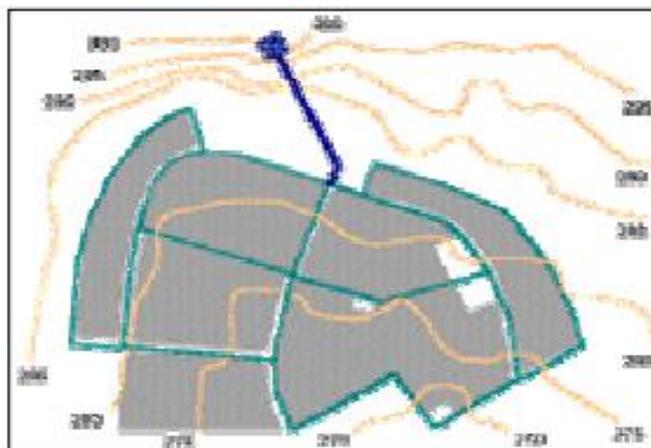
**Figura 1: El diseño hidráulico se realizará teniendo en cuenta los siguientes criterios: Darcy – Weisbach, Hazen – Williams, Flamant**

(Benitez & Álvarez, 2010)

**Redes cerradas** El flujo de agua a través de ellas estará controlado por dos condiciones:

El flujo total que llega a un nudo es igual al que sale.

La pérdida de carga entre dos puntos a lo largo de cualquier camino, es siempre la misma. Estas condiciones junto con las relaciones de flujo y pérdida de carga, nos dan sistemas de ecuaciones, los cuales pueden ser resueltos por cualquiera de los métodos matemáticos de balanceo.



**Figura 2: El diseño hidráulico se realizará teniendo en cuenta los siguientes criterios: Darcy – Weisbach, Hazen – Williams, Flamant (Benitez & Álvarez, 2010)**

En sistemas anillados se admitirán errores máximos de cierre:

- De 0,10 mca de pérdida de presión como máximo en cada malla y/o simultáneamente debe cumplirse en todas las mallas.
- De 0,01 lps como máximo en cada malla y/o simultáneamente en todas las mallas Se recomienda el uso de un caudal mínimo de 0,10 lps para el diseño de los ramales. Las redes cerradas no tendrán anillos mayores a 1 km.

## Métodos para determinación de caudales

### a) Redes cerradas

Para el cálculo de los caudales se puede disponer de los siguientes métodos:

Método de las Áreas Consiste en la determinación del caudal en cada nudo considerando su área de influencia. Este método es recomendable en localidades con densidad poblacional uniforme en toda la extensión del proyecto. El caudal en el nudo será:

$$Q_i = Q_u * A_i$$

Donde el caudal unitario de superficie se calcula por:

$$Q_u = Q_t / A_t$$

Dónde:

Qu: Caudal unitario superficial (L/s\*Ha)

Qi: Caudal en el nudo "i" (L/s)

Qt: Caudal máximo horario del proyecto (L/s)

Ai: Área de influencia del nudo "i" (Ha)

At: Superficie total del proyecto (Ha)

### Método de Densidad Poblacional

Este método considera la población por área de influencia de cada nudo. Para la aplicación de este método se deberá definir la población en cada sector del área del proyecto.

El caudal por nudo será:

$$Q_i = Q_p * P_i$$

Donde el caudal unitario poblacional se calcula por:

$$Q_p = Q_t / P_t$$

Dónde:

$Q_p$ : Caudal unitario poblacional (l/s\*hab)

$Q_t$ : Caudal total o caudal máximo horario para la totalidad de la población (L/s)

$Q_i$ : Caudal en el nudo "i" (l/s)

$P_t$ : Población total del proyecto (hab)

$P_i$ : población del área de influencia del nudo "i" (hab)

### **Método de la Longitud Unitaria**

Por este método se calcula el caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre la longitud total de la red. Para obtener el caudal en cada tramo, se debe multiplicar el caudal unitario por la longitud del tramo correspondiente.

Entonces:

$$Q_i = q * L_i$$

Dónde:

$$q = Q_{mh} / L_t$$

$q$ : Caudal unitario por metro lineal de tubería (l/s\*m)

$Q_i$ : Caudal en el tramo "i" (l/s)

$Q_{mh}$ : Caudal máximo horario (l/s)

$L_t$ : Longitud total de tubería del proyecto (m)

$L_i$ : Longitud del tramo "i" (m)

### **Método de la Repartición Media**

Consiste en la determinación de los caudales en cada tramo del sistema, repartiéndolos en partes iguales a los nudos de sus extremos. Por tanto, el caudal en un nudo, será la suma de los caudales de los tramos medios adyacentes.

El caudal de cada tramo puede ser calculado por el método de longitud unitaria.

### **Método del Número de Familias**

Por este método se calcula un caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre el número total de familias de la población. El caudal en el nudo, será el número de familias en su área de influencia, multiplicado por el caudal unitario.

$$Q_n = q_u * N_{fn}$$

Dónde:

$$q_u = Q_{mh} / N_f$$

$q_u$ : Caudal unitario (l/s\*fam)

$Q_n$ : Caudal en el nudo "n" (l/s)

$Q_{mh}$ : Caudal máximo horario (l/s)

$N_f$ : Número total de familias

$N_{fn}$ : Número de familias en el área de influencia del nudo "n"

### **B) REDES ABIERTAS**

Si la red abasteciera a más de 30 conexiones, podrán emplearse cualquiera de los métodos indicados anteriormente para el cálculo de los caudales. En caso de tener

menos de 30 conexiones, la determinación de caudales por ramales se realizará por el método probabilístico o de simultaneidad.

Se recomienda aplicar la siguiente fórmula:

$$Q_{RAMAL} = k * \sum Q_g$$

Dónde:

$$K = (x - 1)^{-0.5}$$

QRAMAL: Caudal de cada ramal (l/s)

Qg: Caudal por grifo (l/s). Este valor no será inferior a 0.1 l/s

k: Coeficiente de Simultaneidad. En ningún caso el coeficiente será menor a 0.20

x: Número de grifos  $\geq 2$

x: Número total de grifos en el área que abastece cada ramal (Guía de Diseño de redes de Distribución en Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua, 2015)

#### **4.3.1.2. Distribución de agua potable**

Cualquiera sea el nivel de servicio, la red de distribución será diseñada para el caudal máximo horario. La red podrá estar conformada por ramales abiertos, mallas o una combinación de los dos sistemas. La presión estática máxima será de 4 kg/cm<sup>2</sup>.

La presión dinámica máxima será de 3 kg/cm<sup>2</sup>. La presión dinámica mínima será de 0.7 kg/cm<sup>2</sup>. El diámetro nominal mínimo de los conductos de la red será de 19 mm (3/4"). La red debe disponer de válvulas que permitan independizar sectores para su

operación o mantenimiento, sin necesidad de suspender el servicio en toda la localidad.

En ramales aislados y sobre todo en tramos que involucren bombeo, la tubería deberá diseñarse considerando la sobre presión producida por el golpe de ariete.

La función primaria de un sistema de distribución es proveer agua potable a los usuarios entre los que deben incluirse, además de las viviendas, los servicios públicos, los comerciales y los de la pequeña industria; si las condiciones económicas del servicio, en general, y del suministro, en particular, son favorables.

Podrá atenderse, también, a la gran industria.

El agua debe ser provista en la cantidad determinada y a una presión satisfactoria.

La función secundaria del sistema de distribución es proveer agua, en cantidad y presión adecuadas, para extinguir incendios. Esta función podrá ser eliminada cuando se diseñe un sistema separado de abastecimiento para esta finalidad.

(Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

#### **4.3.1.3. Redes de alcantarillado**

Los sistemas de alcantarillado modernos son clasificados como sanitarios cuando conducen solo aguas residuales, pluviales cuando transportan únicamente aguas producto del escurrimiento superficial del agua de lluvia, y combinados cuando llevan los dos tipos de aguas pero para realizar un verdadero estudio se los ha clasificado

en 4 subtipos:

- Alcantarillado pluvial directo
- Alcantarillado combinado
- Alcantarillado semi-combinado o mixto
- Sistema de alcantarillado separado. ( Juan, Mendez, 2012)

Los sistemas de alcantarillado, separados o combinados, tienen ventajas y desventajas entre sí. Debido al deterioro ocasionado al medio ambiente y por los procesos de tratamiento, es conveniente la construcción de sistemas separados.

Los sistemas combinados tienen como ventajas el captar tanto las aguas residuales, como las pluviales, con lo cual el diseño, construcción y operación en apariencia es más económico. En este aspecto, los sistemas separados implican mayores inversiones y pueden resultar menos atractivos especialmente cuando una población contará por primera vez con un sistema de alcantarillado.

Por otra parte, los problemas ocasionados por la contaminación han obligado a las comunidades a enfrentarlos disminuyendo lo más posible el riesgo de estos tipos de problemas. Por consiguiente, para cuidar el ambiente es necesario contar con plantas de tratamiento que resultan más económicas por unidad de volumen tratado cuando las cantidades de agua que manejan son mayores.

Aquí surge la conveniencia de los sistemas separados, pues los volúmenes de aguas pluviales son muy superiores a los correspondientes de aguas residuales en proporción de 50 a 200 veces o más. Así, una planta de tratamiento es más económica si solo se encarga de tratar aguas residuales de cierto tipo. (Conagua Comisión Nacional del Agua, 2017)

Un factor más a favor de los sistemas de alcantarillado separados se debe a la mayor demanda de agua en las poblaciones, producto de su crecimiento, y a la escasez de la misma cerca de ellas. Esto ha llevado a las comunidades a tomar medidas integrales para que los habitantes dispongan del agua indispensable para cubrir sus necesidades y desempeñen sus actividades.

Tales medidas abarcan desde un mayor abastecimiento hasta un uso racional del agua, y en este aspecto se desarrollan acciones encaminadas al reúso del agua y del agua de lluvia.

#### **4.3.1.4. Alcantarillado directo**

Es el sistema que capta y conduce las aguas lluvias para su disposición final, que puede ser infiltración, almacenamiento o depósitos en cauces naturales.

#### **4.3.1.5. Alcantarillado combinado**

Es el sistema que capta y conduce simultáneamente al 100% las aguas de los sistemas mencionados anteriormente, pero que dada su disposición dificulta su tratamiento posterior y causa serios problemas de contaminación al descargarse a

cauces naturales y por las restricciones ambientales de hoy en día es imposible realizar dicha descarga directa e infiltración al subsuelo. ( Luis, Ramos, 2012)

#### **4.3.1.6. Alcantarillado semi-combinado o mixto**

Se lo denomina al que conduce el 100% de aguas negras y un porcentaje menor al 100% de las aguas pluviales captadas en esa zona, que se consideran excedencias. Que serían conducidas por este sistema de forma ocasional y como un alivio al sistema pluvial y /o de infiltración, para no ocasionar inundaciones en las vías y zonas pobladas Sistema de alcantarillado único.- es donde se recolectan las aguas servidas y lluvias en un mismo canal.

#### **4.3.1.7. Sistemas de alcantarillado separado**

Es la recolección de aguas lluvias independientemente. ( Luis, Ramos, 2012)

#### **4.3.1.8. Criterios de diseño de alcantarillado sanitario**

El diseño de un sistema de alcantarillado por gravedad se realiza considerando que durante su funcionamiento, se debe cumplir la condición de auto limpieza para limitar la sedimentación de arena y otras sustancias sedimentables (heces y otros productos de desecho) en los colectores.

La eliminación continua de sedimentos es costosa y en caso de falta de mantenimiento se pueden generar problemas de obstrucción y taponamiento. En el caso de flujo en canales abiertos la condición de auto limpieza está determinada por la pendiente del conducto.

Para tuberías de alcantarillado, la pendiente mínima puede ser calculada utilizando el criterio de velocidad mínima o el criterio de la tensión tractiva. Los criterios de diseño empleados en los sistemas de alcantarillado estudiados anteriormente son similares, a continuación se explica cada uno de ellos.

#### 4.3.1.9. Fórmulas para el diseño

Considerando que el flujo en las tuberías de alcantarillado será uniforme y permanente, donde el caudal y la velocidad media permanecen constantes en una determinada longitud de conducto, para los cálculos hidráulicos se pueden emplear las siguientes ecuaciones:

#### 4.3.1.10. Fórmula de ganquillet – kutter

El cálculo de la velocidad es mediante la ecuación de Chezy:

$$V = C\sqrt{RS}$$

El valor del coeficiente de descarga de C de Chezy, de acuerdo a Ganguillet – Kutter es:

$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + (23 + \frac{0.00155}{S}) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Donde

V= Velocidad (m/s)

C= Coeficiente de descarga de Chezy.

R= Radio hidráulico (m)

S= Pendiente (m/m)

N= Coeficiente de rugosidad.

#### 4.3.1.11. Fórmula de Manning

Tiene la siguiente expresión:

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

Dónde:

V = Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional).

R = Radio Hidráulico (m).

S = Pendiente (m/m).

Para tuberías con sección llena:

**Velocidad:**

$$V = \frac{0.397}{n} D^{2/3} S^{1/2}$$

**Continuidad:**      Q = V.A

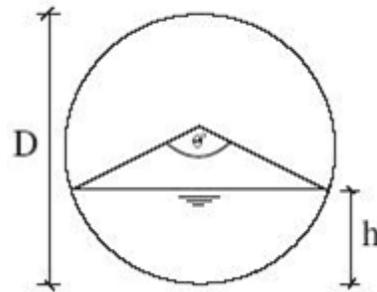
**Caudal:**

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{8/3} S^{1/2}$$

Para tuberías con sección parcialmente llena:

El grado central  $\theta$  en grado sexagesimal:

$$\Theta = 2 \arccos \left( 1 - \frac{2h}{D} \right)$$



**Radio hidráulico:**

$$R = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta}{2\pi \theta} \right)$$

**Velocidad:**

$$V = \frac{0.397 D^{2/3}}{n} \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta}{2\pi \theta} \right)^{2/3} S^{1/2}$$

**Caudal:**

$$Q = \frac{D^{8/3}}{7257.15 n (2\pi \theta)^{2/3}} (2\pi \theta - 360 \operatorname{sen} \theta)^{5/3} S^{1/2}$$

Analizando la ecuación de Manning se observa que la influencia del radio hidráulico sobre el caudal, al comparar tuberías de diámetros muy próximos y de características relativamente homogéneas, no es significativa. Este aspecto adquiere mayor importancia en las tuberías de diámetro reducido, de modo que en ellas la influencia del radio hidráulico puede no considerarse.

En base a este análisis Macedo (1987), determinó la ecuación de velocidad de flujo solo en función del caudal y la pendiente, la cual arroja resultados que tiene una desviación del 5% con respecto a los que se obtienen con la ecuación de Manning. Esta simplificación es solo aplicable para el diseño de redes de alcantarillado simplificadas (RAS), ramales condominiales y redes de aguas sedimentadas.

$$V = 2.81Q^{1/4}S^{3/8}$$

Dónde:

Q = Caudal en la sección (l/s).

V = Velocidad de flujo (m/s).

S = Pendiente del colector (m/m).

## **CAPITULO V -**

### **5.1. Coeficiente de rugosidad**

Para el diseño de alcantarillas nuevas y en la comprobación de la capacidad de alcantarillas existentes bien construidas, se recomienda emplear un coeficiente de rugosidad de Manning y Kutter-Ganguillet (n) de 0,013. Deberán utilizarse valores superiores de n en alcantarillas ya construidas, en las cuales se realice alguna de las siguientes observaciones: desgaste considerable, desviaciones en las alineaciones y pendientes, variaciones de las dimensiones interiores, existencia de sedimentos y construcción de baja calidad.

El valor de n de 0,013, se deberá emplear incluso con tuberías de materiales relativamente lisos como PVC o arcilla vitrificada, la resistencia al flujo de una tubería

no depende principalmente de su tipo de material, más bien de un conjunto de factores tales como: la capa de película biológica que se desarrolla en las paredes de las tuberías, el número de conexiones domiciliarías, pozos de registro y otras instalaciones complementarias que perturban el flujo permaneciendo invariables, independientemente del material del conducto.

Por tanto, teniendo en cuenta el grado de incertidumbre inherente al proyecto y construcción de alcantarillas, el valor de  $n$  a adoptar para el diseño de todos los sistemas de alcantarillado no debe de ser inferior de 0,013.

#### **5.1.1. Flujo mínimo en las redes**

Los cálculos de diseño de alcantarillas convencionales asumen condiciones de estado constante. En la práctica el flujo en los tramos iniciales de las redes de alcantarillado son muy variables, dependiendo en cualquier momento, de la cantidad de ramales que descargan y los sanitarios que son evacuados.

De lejos, los flujos máximos ocurren ante la descarga de los inodoros sanitarios, los cuales se extienden como ondas a través de las redes, siendo amortiguados por la fricción en las paredes internas de los colectores y por su paso por las cámaras de inspección, a mayor recorrido por las redes el amortiguamiento es mayor.

Es recomendable emplear un “flujo mínimo” en el diseño de alcantarillas, especialmente en las que se encuentran en los tramos iniciales de la red o donde no

se disponga información para los cálculos. Es decir, se deben emplear la ecuación para calcular el caudal máximo horario (flujo pico), pero sujeto a un mínimo valor especificado.

El flujo pico mínimo aplicado en el diseño de alcantarillas, representa el flujo pico que resulta de la descarga de un inodoro sanitario. Si el flujo pico en el tramo del colector en consideración es menor que  $q_{\min}$ , entonces este último se utiliza en el diseño.

De acuerdo a la experiencia Brasileña el flujo pico mínimo se fija en 1,5 l/s, aunque originalmente se empleaba un valor de 2,2 l/s.

### **5.1.2. Criterio de velocidad**

El diseño de redes de alcantarillado se debe realizar en función de un caudal inicial ( $Q_i$ ), que es el caudal máximo al inicio del proyecto, y un caudal final ( $Q_f$ ), que es el caudal máximo al final del periodo de diseño. A " $Q_i$ " le corresponde la velocidad promedio mínima del flujo ( $V_i$ ) y a " $Q_f$ " la velocidad promedio máxima ( $V_f$ ). El cálculo de la velocidad mínima ( $V_i$ ), es para evitar la deposición excesiva de materiales sólidos, y la de la velocidad máxima ( $V_f$ ), es para evitar que ocurra la acción abrasiva de las partículas sólidas transportadas por las aguas residuales. ( Paul, Pezantes, 2015)

### **5.1.3. Velocidad mínima permisible**

La determinación de la velocidad mínima del flujo reviste fundamental importancia, pues permite verificar la auto limpieza de las alcantarillas en las horas, cuando el caudal de aguas residuales es mínimo y el potencial de deposición de sólidos en la

red es máximo. A su vez, la velocidad mínima de auto limpieza es fundamental para conducir a la minimización de las pendientes de las redes colectoras, principalmente en áreas planas, haciendo posible economizar la excavación y reducir los costos. ( Paul, pezantes, 2015)

El criterio de velocidad mínima se emplea desde hace más de un siglo. En el año 1880, George Waring Jr. diseñó el primer sistema separativo de Estados Unidos, considerando una velocidad mínima de 0,60 m/s para los caudales máximos. Waring, argumentó que si esa velocidad se alcanzaba por lo menos una vez al día, el sistema podría funcionar sin problemas.

La práctica normal es proyectar el alcantarillado con una pendiente que asegure una velocidad mínima de 0,60 m/s, cuando el flujo de diseño se produce a sección llena (75% del diámetro de la tubería) o semi llena (50% del diámetros de la tubería).

En el primer caso, cuando el tirante sea menor al máximo (75% D), las velocidades serán menores de 0,60 m/s. En el segundo caso, cuando el tirante es menor a la mitad del diámetro de la tubería, la velocidad será menor de 0,60 m/s, mientras que para tirantes mayores a la mitad del diámetro, la velocidad estará ligeramente superior de 0,60 m/s.

Macedo (1962), en base a la experiencia Brasileña, comentaba que “obedeciendo el límite mínimo de velocidad de 0,15 m/s en las horas de mínimo consumo, la auto

limpieza estará garantizada si durante la ocurrencia del caudal máximo, ocurre por lo menos una velocidad de 0,6 m/s, simultáneamente con el tirante mojado mínimo necesario. En estas condiciones se removerán los sedimentos dejados por los caudales mínimos”.

Según Metcalf y Eddy (1995), la velocidad en la zona próxima a la solera de la alcantarilla tiene gran influencia sobre la velocidad global de circulación y que una velocidad media de 0,3 m/s es suficiente para evitar depósitos importantes de sólidos. Resultados similares se obtuvieron en Brasil, donde a principios de los años `80 se construyeron redes de alcantarillado, considerando una velocidad de 0,3 m/s, sin haberse comprobado que hubo perjuicios en el funcionamiento de la red.

Estos mismos investigadores han dejado entrever que la calidad esperada para la construcción de las alcantarillas influye en la selección de la velocidad mínima, si se espera una construcción con mano de obra no especializada y con materiales de relativa calidad se tendría que fijar un valor conservador de velocidad y viceversa si se espera una alta calidad de construcción, la velocidad que se selecciona para el diseño podría ser menor.

Con el desarrollo del alcantarillado simplificado, surgieron nuevos criterios de velocidad para asegura la condición de auto limpieza en las tuberías. A continuación

se mencionan estos criterios, los cuales también pueden aplicarse para el diseño de colectores condominiales.

Según Azevedo-Netto (1992), no es la mejor opción considerar la velocidad del flujo en la sección total o en la mitad de la sección, porque estas velocidades se producen en situaciones específicas que no corresponden a casos prácticos.

Es más exacto controlar las velocidades que corresponden a los flujos estimados. Para la velocidad mínima se deberá considerar el caudal máximo en la etapa inicial del proyecto y la velocidad máxima se calcula para el flujo máximo al final del periodo de diseño.

La velocidad mínima no debe ser menor de 0,45 ó 0,50 m/s. Es mejor aceptar un valor inferior para el flujo "real", que fijar un valor mayor para un flujo hipotético (sección llena o semi llena).

La velocidad mínima se deberá calcular para un tirante mojado de 0,20 veces el diámetro de la tubería y la velocidad máxima para un tirante de 0,8 veces el diámetro.

En las redes de alcantarillado de pequeño diámetro, no es necesario mantener una velocidad mínima de auto limpieza, ya que estas se diseñan para recolectar solamente la fase líquida del agua residual. Sin embargo, las velocidades a lo largo de las tuberías deben ser mayores que la velocidad mínima requerida para transportar mezclas de aire o gases con líquidos en tuberías descendientes después de las curvas:

$$V \geq 1.36\sqrt{9.8D\text{sen}\theta}$$

Dónde:

V = Velocidad en la red.

D = Diámetro de la tubería.

$\Theta$  = Angulo de inflexión de la red.

#### **5.1.3.1. Determinación de la velocidad máxima**

Como se mencionó anteriormente, la acción erosiva sobre la tubería es el factor más importante a efecto de la determinación de la velocidad máxima de las aguas residuales. Considerando los valores máximos de velocidad hay dos condiciones que observar:

- De los resultados de una amplia investigación hecha en Holanda se desprende que una velocidad de flujo entre 4,0 y 5,0 m/s causa menos erosión que las velocidades entre 2,5 y 4,0 m/s.
- Se debe evitar la mezcla de aguas residuales y aire, limitando velocidades más de 5 m/s.

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

Por otro lado, cuando la velocidad final ( $V_f$ ) sea superior a la velocidad crítica ( $V_c$ ), la altura máxima de lámina líquida admisible debe ser 0,5 del diámetro del colector, asegurando la ventilación del tramo. La velocidad crítica es definida por:

$$V_c = 6\sqrt{gR}$$

Dónde:

$V_c$  = Velocidad crítica (m/s).

$g$  = Aceleración de la gravedad.

$r$  = Radio hidráulico.

### **5.1.3.2. Tirante de agua**

El alcantarillado convencional usualmente se calcula para transportar el caudal de diseño, con una altura de flujo del 75% del diámetro de la tubería, no permitiéndose en ningún momento que la alcantarilla trabaje a presión. Este criterio de diseño no especifica un valor de nivel de agua mínimo en la alcantarilla.

Una publicación Brasileña (1985), indica que existen dos razones por el cual los sistemas convencionales eran diseñados sin considerar este criterio: a) Falta de estudios que sustente la adopción de un valor límite mínimo y b) Convencimiento de los diseñadores que no era necesario, en vista de la existencia de pruebas respecto a que las descargas frecuentes en la red, facilitan la re suspensión del material depositado cuando el agua discurre con tirantes mínimos.

Estudios más recientes recomiendan mantener el nivel de agua en las alcantarillas por encima del 20% del diámetro de la tubería (0,2 D). Con esta profundidad de flujo la velocidad será cerca del 56% de la velocidad con la sección total (75% D). Si la velocidad en un colector que va lleno es de 0,6 m/s, la velocidad con 0,2 D resultaría en 0,34 m/s. Para tener una velocidad de flujo de 0,45 m/s con 0,2 D, la velocidad en la sección total tiene que ser 0,80 m/s.

Los mismos estudios recomiendan fijar el nivel máximo de agua en la alcantarilla en el 80% del diámetro (0,8 D). Es fácilmente demostrable que con este nivel en un colector circular se alcanza la velocidad más alta. La parte vacía de la sección por encima de 0,8 D se emplea para ventilación, movimiento de los gases, sirviendo además para los flujos excepcionales.

Por tanto, el diseño de redes simplificadas y condominiales, recogiendo las recomendaciones de estos estudios considera mantener el nivel de agua en las alcantarillas en el siguiente rango:

$$0.2D \text{ ( } h/D \text{ ( } 0.8d \text{ ) )}$$

Dónde:

h = Nivel de agua en la tubería.

D = Diámetro de la tubería.

#### **5.1.3.3. Criterio de la tensión tractiva**

Se considera que este método es el más práctico para calcular alcantarillas que tiene en cuenta la configuración y la sección mojada del conducto. Su aplicación permite el control de la erosión, la sedimentación y la producción de sulfuros, principalmente, en

zonas de topografía plana, donde la aplicación del criterio de velocidad mínima arroja resultados menos ventajosos en términos de diámetro, pendiente y profundidad de tuberías. Las normas de alcantarillado de países como Bolivia y Brasil incluye este criterio para el diseño de colectores.

#### **5.1.3.4. Tensión tractiva**

La tensión tractiva o fuerza de arrastre ( $\tau$ ), es la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por el flujo de aguas residuales sobre un colector y en consecuencia sobre el material depositado. Como se muestra en la figura 5, en la masa de aguas residuales de un tramo de colector de longitud  $L$ , con área de sección transversal  $A$  y perímetro mojado  $P$ , la tracción tractiva estará dada por el componente del peso ( $W$ ) en dirección del flujo dividido por el área mojada:

$$T = \frac{W \sin \theta}{PL}$$

Dónde:

$T$  = Tensión Tractiva ( $N/m^2$ , Pa).

$P$  = Perímetro mojado (m).

$L$  = Longitud (m).

$W$  = Peso (Newtons).

El peso ( $W$ ) está dado por:

$$W = \rho g A L$$

Dónde:

$\rho$  = Densidad de aguas residuales ( $\text{kg/m}^3$ ).

$g$  = Aceleración de la gravedad ( $\text{m/s}^2$ ).

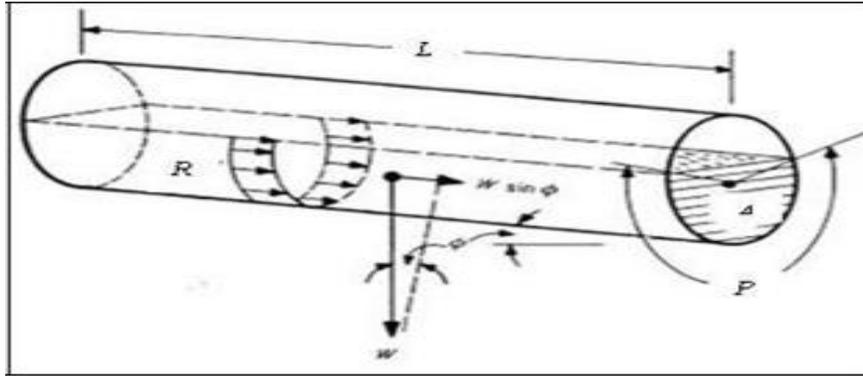


Figura 3: Definición de parámetros para tensión tractiva en un colector circular

Si se considera que  $A/P$  es el radio hidráulico,  $R$ :

$$T = \rho g R \sin \theta$$

Cuando  $\phi$  es pequeño,  $\sin \theta = \tan \theta$ , y como la  $\tan \theta$  es la gradiente del colector,  $S$  ( $\text{m/m}$ ), la ecuación de tensión tractiva puede ser escrita de la siguiente forma:

$$T = \rho g R S$$

La pendiente del colector será calculada con el criterio de la tensión tractiva, según la ecuación.

Pendiente para tuberías con sección llena:

$$S = \frac{T}{\rho g D/4}$$

Pendiente para tuberías parcialmente llenas:

$$S = \frac{T}{\rho g \frac{D^5}{4} \left( 1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi} \right)}$$

#### 5.1.3.5. Tensión tractiva mínima.

La tensión tractiva mínima para los sistemas de alcantarillado deberá tener como valor mínimo:

$$T_{\min} = 1 \text{ Pa}$$

En los tramos iniciales de los colectores (arranque), en los cuales se presentan bajos caudales promedio tanto al inicio como al fin del periodo de diseño, se recomienda calcular la pendiente con una tensión tractiva de 1 Pa, y posteriormente, su verificación con caudales de aporte reales, no deberá ser menor a 0,6 Pa.

Mara (2000), indica que cuando existen dudas sobre la calidad de la construcción, debido a la calidad de los materiales de construcción, podría ser apropiado un valor mínimo de tensión tractiva de 1.5 Pa.

## 5.2. Pendientes de alcantarillas

### 5.2.1. Pendiente mínima

El diseño usual del alcantarillado convencional considera que la pendiente mínima que tendrá una alcantarilla, viene dada por la inclinación de la tubería con la cual se lograra mantener la velocidad mínima de 0,6 m/s, transportando el caudal máximo con un nivel de agua del 75% (0,75 D) del diámetro.

De no conseguirse condiciones de flujo favorables debido al pequeño caudal evacuado, en los tramos iniciales de cada colector (primeros 300 m) se deberá mantener una pendiente mínima del 0,8%.

La pendiente mínima de las redes simplificadas y condominiales, deberá calcularse para una tensión tractiva media mínima de  $\tau = 1$  Pa y para un coeficiente de Manning de 0,013, la relación aproximada que satisface esta condición, de acuerdo a la norma Brasileña de alcantarillado, es la siguiente:

$$S_{\min} = 0.0055 Q_i^{-0.47}$$

Dónde:

$$S_{\min} = \text{m/m}$$

$$Q_i = \text{Flujo máximo de diseño (l/s)}$$

Si reemplazamos en la ecuación  $Q_i = q_{\min} = 1,5$  l/s, para obtener la pendiente mínima en los tramos iniciales de los colectores, se obtiene un valor de  $4,55 \times 10^{-3}$  m/m ó 1/220, esta cifra podrá redondearse a 1/200 o 5 por mil.

Esta pendiente es más ventajosa que la pendiente mínima recomendada en el diseño de redes convencionales (8 por mil), los costos de construcción se reducen debido a que demanda menores profundidades de instalación para las tuberías y a su vez menores costos de excavación, especialmente en zonas de topografía plana.

Para un coeficiente de Manning diferente de 0,013, los valores de tensión tractiva media o pendiente mínima a adoptar deben ser justificados.

Otro método para el cálculo de la pendiente mínima de un colector, especificada en la Norma Boliviana de alcantarillado, es la que relaciona los caudales medio diario en la etapa inicial del proyecto ( $Q_{mi}$ ) y el caudal máximo de diseño ( $Q_{II}$ ).

De acuerdo a este criterio la  $S_{min}$  debe determinarse para garantizar la condición de auto limpieza, desde la etapa inicial del proyecto, de acuerdo a la siguiente relación de caudales:

$$\frac{Q_{mi}}{Q_{II}} = 0.10 \text{ a } 0.15 (10\% \text{ a } 15\%)$$

La pendiente mínima admisible en este caso será calculada de la siguiente forma:

$$\frac{Q_{mi}}{Q_{II}} = 0.10 \Rightarrow \frac{h}{D} = 0.2136 \therefore \theta \Rightarrow 2\arccos 1 - \frac{2h}{D} = 110.11^\circ \Rightarrow RH = 0.1278D$$

$$S_{min} = \frac{T_{min}}{pg RH} = \frac{T_{min}}{pg 0.1278D (m/m)}$$

$$\frac{Q_{mi}}{Q_{II}} = 0.15 \Rightarrow \frac{h}{D} = 0.2618 \therefore \theta \Rightarrow 2\arccos 1 - \frac{2h}{D} = 123.10^\circ \Rightarrow RH = 0.1525D$$

$$S_{min} = \frac{T_{min}}{pg RH} = \frac{T_{min}}{pg 0.1525D (m/m)}$$

Mara y Peña (2002), comparando las normas de diseño Brasileño y Boliviano, manifiestan lo siguiente: “A manera de conclusión, comparado con el actual procedimiento de diseño Brasileño, la norma Boliviana para el diseño de alcantarillado condominial es muy conservativa; específicamente la falta de consideración de un valor para  $q_{min}$ , resulta en gradientes innecesariamente más pronunciados. Esto no solo incrementa los costos de la tecnología (particularmente en zonas planas) sino que además reduce el número de usuarios que pueden ser servidos por cada tamaño de colector”.

### **5.2.2. Pendiente máxima admisible**

La pendiente máxima admisible será calculada para la velocidad máxima permisible.

### **5.2.3. Diámetro mínimo de alcantarillas**

Los criterios de diseño de las redes convencionales especifican que el diámetro mínimo de las alcantarillas será 200 mm (8”), tanto en habitaciones de uso de vivienda como de uso industrial.

Excepcionalmente y sólo en habitaciones de uso de vivienda, podrá utilizarse alcantarillas de 150 mm (6”) de diámetro; siempre y cuando su necesidad se sustente en mejores condiciones hidráulicas de funcionamiento o por su ubicación en zonas accidentadas con calles angostas, pero de fuertes pendientes.

En el sistema simplificado se recomienda adoptar tuberías de diámetros más pequeños, ya que en los tramos iniciales de la red donde el caudal es bajo, causa mayor nivel del flujo y grandes velocidades, implementado la auto limpieza.

La experiencia en otros países, Latinoamérica y Estados Unidos, muestra que las alcantarillas con diámetros de 150 mm (6") instaladas en avenidas, no presentan mayores problemas de mantenimiento que los causados por las alcantarillas convencionales.

En Brasil para ramales de alcantarillado de zonas residenciales se usa diámetro mínimo de 100 mm, considerando una longitud máxima de 400 m. El diámetro de 100 mm es usualmente especificado para calles no pavimentadas de comunidades peri urbanas.

Por tanto, el diámetro mínimo que se recomienda en el diseño de redes simplificadas es 150 mm (6"), siendo limitado el uso de las tuberías de 100 mm (4") para los casos donde se justifique técnicamente su requerimiento.

El diámetro mínimo a emplear en las redes condominiales será 100 mm, de las experiencias de Brasil y Bolivia no se ha reportado problemas mayores usando tuberías de este diámetro.

En los sistemas de pequeño diámetro las tuberías pueden ser de 75 mm (3") o mayores, pero el tamaño mínimo recomendado de la tubería es 100 mm (4") ya que las tuberías de 75 mm no se consiguen fácilmente y tienen que ser encargadas sobre pedido. A continuación, se describe una secuencia de cálculo que se recomienda para el diseño de alcantarillas simplificadas y condominiales:

- Calcular los caudales inicial y final de aguas residuales ( $Q_i$  y  $Q_f$ , respectivamente, en L/s), que son los caudales en el inicio y final del periodo de diseño.
- Si el caudal calculado es menor el caudal mínimo pico diario de 1,5 L/s, entonces usar este valor para  $Q_i$ .
- Calcular la  $S_{min}$  con la ecuación 7,16. con  $q=Q_i$ .
- Calcular el diámetro con la ecuación 7,7 usando  $q=Q_f$ , nuevamente sujeto a un caudal mínimo de 1,5 l/s y para un tirante de 0,8d.

En este procedimiento, el valor del caudal mínimo ( $Q_i$ ) es usado para determinar la pendiente mínima y el valor del caudal máximo ( $Q_f$ ) para determinar el diámetro de la tubería. (Guía de Diseño de redes de Distribución en Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua, 2015)

#### 5.2.4. Hidrología

El sistema de drenaje y sus elementos se proyectan y dimensionan de manera que operen con los criterios señalados en esta guía cuando se les someta a una tormenta de diseño, la que se define para un período de retorno preestablecido, con una duración y precipitación total determinadas.

Para cualquier tormenta de igual o menor precipitación, duración o período de retorno, el sistema debe operar sin fallas ni inconvenientes. Para controlar el riesgo de falla del sistema, se fija un periodo de retorno de diseño, con lo cual se asegura la existencia de soluciones de similar calidad de servicio para el público. (Guía De Diseño Y Especificaciones De Elementos Urbanos De Infraestructura De Aguas Lluvias - Ministerio De Vivienda Y Urbanismo- 2005-gobierno de Chile)

Las características principales que definen la tormenta de diseño son el periodo de retorno, la duración y la precipitación total. Otras características secundarias son la distribución temporal de precipitaciones para intervalos menores a la duración total y la distribución espacial en una zona de mayor tamaño. La descripción y criterios para cuantificar estos parámetros, son los siguientes:

**a.- El periodo de retorno de diseño.-** se determina de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular, comercio, industria, etc. La

selección del periodo de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio.

**b.- La duración total.-** está relacionada con el tiempo de concentración de la cuenca aportante, de modo de seleccionar una duración que genere el máximo escurrimiento. Para el diseño de elementos de conducción la duración de la tormenta debe seleccionarse siempre mayor o igual al tiempo de concentración, recomendando una duración que no exceda al tiempo de concentración por más del doble. Para el dimensionamiento de obras de almacenamiento, como estanques o lagunas, debe considerarse duraciones largas, típicamente de 24 horas para elementos de la red secundaria.

**c.- El tiempo de concentración.-** es el tiempo que tarda el agua en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el colector, es decir, es el tiempo requerido desde el comienzo de la lluvia para que toda el área este contribuyendo al colector en cuestión. El tiempo de concentración está compuesto por el tiempo de entrada y el tiempo de recorrido en el colector.

El tiempo de entrada corresponde al tiempo requerido para que la escorrentía llegue al sumidero del colector, mientras que el tiempo de recorrido se asocia con el tiempo de viaje o tránsito del agua dentro del colector.

**d.-La precipitación total de la tormenta.-** es una característica climática del lugar que se puede obtener de las relaciones de Intensidad, Duración, Frecuencia, IDF. Seleccionados el período de retorno y la duración, de estas relaciones se obtiene la precipitación total de la tormenta. (Diseño Alcantarillado Pluvial, 2015)

**e.- Intensidad de Precipitación.-** la intensidad que debe usarse en la estimación del caudal pico de aguas lluvias, corresponde a la intensidad media de precipitación dada por la curva IDF para el periodo de retorno de diseño definido y una precipitación equivalente al tiempo de concentración de la escorrentía.

La distribución temporal de la precipitación durante una tormenta es de especial interés. Se debe adoptar distribuciones temporales de precipitación realistas y que maximicen el escurrimiento que genera la cuenca. Para estos efectos se recomienda diseñar la red secundaria con tormentas que concentran su mayor intensidad al inicio.

La distribución espacial de las precipitaciones para una misma tormenta es de interés cuando se analizan zonas extensas. Para el diseño de elementos de la red secundaria se consideran tormentas espacialmente uniformes en una urbanización.

Estas relaciones permiten caracterizar las tormentas en un lugar. Se establecen en base a un análisis estadístico de las lluvias registradas en pluviógrafos de la zona. Para

el caso de la Región interandina o sierra, se han efectuado varios estudios que permiten tener una buena estimación de estas relaciones.

**f.- Caudal de Diseño.-** Según las recomendaciones del manual de diseño INEN se utiliza el método racional para la determinación de los caudales de diseño, este método es adecuado para el cálculo de los caudales generados en superficies menores de 1.300 ha. Este método establece que el caudal superficial producido por una precipitación es:

$$Q = C \times I \times A$$

**Dónde:**

**Q** = caudal superficial (l/s)

**C** = coeficiente de escorrentía (adimensional)

**I** = intensidad promedio de la lluvia (L/s\* ha)

**A** = área de drenaje (ha)

**g.- Áreas de Drenaje.-** Para la determinación de las áreas de drenaje, primero se realizó la evaluación de los límites de la cuenca a drenar obteniendo, La zona que se acaba de enmarcar se considerará como la zona de estudio del proyecto y el objetivo es lograr drenar eficientemente el 100% de esta zona concentrándose en las zonas que hoy se identifican como anegables. En la delimitación del área de drenaje es necesario tener en cuenta el sistema de drenaje natural.

**h.- Coeficiente de Escorrentía.-** El coeficiente de escorrentía tiene un significado similar al del coeficiente de retorno en el cálculo de alcantarillado sanitario. No toda el agua lluvia precipitada llega al sistema del alcantarillado, pues parte se pierde por factores tales como evaporización, intercepción vegetal, detención superficial en cunetas, zanjas o depresiones, y por infiltración. De todos los factores anteriores el de mayor importancia es la infiltración, el cual es función de la impermeabilidad del terreno, por lo que en algunos casos se le llama coeficiente de impermeabilidad.

**i.- Tipo de superficie Coeficiente.-** Zonas comerciales- Desarrollos residenciales con casa continuas y predominio de zonas duras- Desarrollo residenciales multifamiliares con bloques contiguos y zonas duras entre ellos- Desarrollo residencial unifamiliar con casa contiguas y predominio de jardines- Desarrollo residencial con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados.- Áreas residenciales con predominio de zonas verdes y cementerios tipo jardines- Laderas desprovistas de vegetación- Laderas protegidas con vegetación.

**j.- El valor del coeficiente C.-** se estima tanto para la situación inicial como la futura al final del periodo de diseño, es así como se escogen los coeficientes de escorrentía para cada área aferente teniendo en cuenta las condiciones de tipo de superficie actual y futura.

**k.- Diámetro Mínimo.-** Para la red de tuberías del alcantarillado pluvial convencional, se especifica el diámetro mínimo de 10" (250 mm). Sin embargo con la debida

justificación, es posible reducir el diámetro mínimo a 8" (200 mm) en los tramos iniciales de poblaciones pequeñas.

**l.- Velocidad Mínima.-** La velocidad mínima requerida en los alcantarillados pluviales se especifica con el objeto de tener una tubería auto-limpiante. Las normas establecen una velocidad mínima real de 0.75 m/s para el caudal de diseño. En cada tramo se verifica el comportamiento auto-limpiante del flujo, para lo cual se utiliza el criterio de esfuerzo cortante medio.

**m.- Velocidad Máxima.-** Para aguas con cantidades no significativas de sedimentos suspendidos, la velocidad máxima es función del material de la tubería. En la medida en que el tamaño de los sólidos aumenta, se debe reducir la velocidad a causa de la posible abrasión de la tubería. (Diseño Alcantarillado Pluvial, 2015)

**n.- Pendiente Mínima.-** El valor de la pendiente mínima del colector debe ser aquel que permita tener condiciones de auto limpieza, de acuerdo con los criterios de la velocidad mínima especificados en las normas.

**ñ.- Pendiente Máxima.-** El valor de la pendiente máxima admisible es aquella para la cual se tenga una velocidad máxima real, según los criterios especificados en el reglamento.

### 5.2.5. Cálculo de caudales pluviales

Para la estimación de los gastos “pico” pluviales o avenidas extraordinarias, se mencionan algunos de los métodos utilizados para este fin:

- a) método racional americano.
- b) método grafico alemán.
- c) método del Road Research Laboratory.
- d) hidrograma unitario triangular. (Diseño Alcantarillado Pluvial , 2015)

### 5.2.6. Método racional americano

Este método desarrollado en el año de 1889, pero por su sencillez todavía se sigue utilizando. Hipótesis fundamental: una lluvia constante y uniforme que cae sobre la cuenca de estudio, producirá un gasto de descarga el cual alcanza su valor máximo cuando todos los puntos de la cuenca está contribuyendo al mismo tiempo en el punto de diseño. La figura 3.3 muestra la hipótesis básica de la fórmula racional.

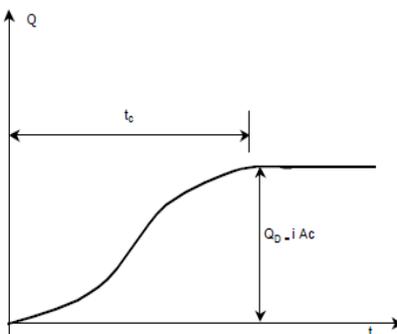


Figura 4: Hipótesis fundamental de la formula Racional

Fuente: (Araujo, 2013).

La hipótesis se satisface para un lapso de tiempo, denominado tiempo de concentración  $t_c$ , definido como el tiempo que tarda el agua en fluir desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de aforo o de estudio. El gasto pico o máximo se define con la expresión :

$$Q_p = 0.278 C.i.A$$

**Dónde:**

**Q<sub>p</sub>** = es el gasto máximo, en m<sup>3</sup>/s;

**C** = es el coeficiente de escurrimiento;

**i** = es la intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, en mm/h

**A** =es el área de la cuenca drenada, en km<sup>2</sup>. (Diseño Alcantarillado Pluvial , 2015)

### **5.2.7. Método gráfico alemán**

El método gráfico que tiene una aplicación muy fecunda en la hidrología urbana. En el caso específico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, se utilizó para diseñar el sistema del drenaje profundo.

### **5.2.8. Método del road research laboratory (rri)**

El método del RRL se ha desarrollado para analizar los escurrimientos en zonas urbanas. Aspecto básico del método, el gasto de diseño depende únicamente de las superficies impermeables conectadas al sistema de drenaje.

No toma en cuenta las superficies permeables o las impermeables que no están conectadas al sistema de drenaje.

### 5.2.9. Hidrograma unitario triangular

Se ha desarrollado para determinar hidrógramas en cuencas pequeñas y su forma es triangular tal como se observa en la figura

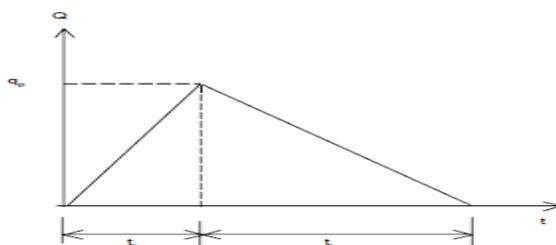


Figura 5: Hidrógrama unitario triangular

( Carlos, Araujo, 2013)

### 5.2.10. Sistema de redes de alcantarillado pluvial

El alcantarillado tiene como su principal función la conducción de aguas pluviales en forma unitaria o combinada, hasta sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de poblaciones de donde provienen o a las cercanas.

Consiste en un sistema de tuberías, sumideros e instalaciones que permita el rápido desalojo de aguas de lluvia para evitar daños. La principal importancia se manifiesta en drenar las aguas de las zonas con altas precipitaciones y superficies poco permeables.

El alcantarillado pluvial sirve para desalojar el agua de lluvia para evitar inundaciones de viviendas, negocios, industrias, etc. La urbanización incrementa los volúmenes de agua de lluvia que escurren superficialmente por la impermeabilidad del concreto y pavimento. (Diseño Alcantarillado Pluvial, 2015)

Su principal función y objetivo es la conducción de aguas lluvias hasta sitios donde no provoquen daños. Está constituido por una red de conductos e instalaciones complementarias que permiten la operación, mantenimiento y reparación del mismo. De ese modo se impide la generación y propagación de enfermedades relacionadas con aguas contaminadas.

Los sistemas de alcantarillado pluviales modernos son considerados cuando transportan únicamente aguas producto del escurrimiento superficial del agua de lluvia, y combinados cuando llevan los dos tipos de aguas.

Un sistema de alcantarillado pluvial está constituido por una red de conductos e instalaciones pluviales complementarias que permiten la operación, mantenimiento y reparación del mismo. Su objetivo es la evacuación de las aguas pluviales, que escurren sobre las calles y avenidas, evitando con ello su acumulación y propiciando el drenaje de la zona a la que sirven. De este modo se impide la generación de daños materiales y la propagación de enfermedades relacionadas con las aguas contaminadas. (Diseño Alcantarillado Pluvial, 2015)

## **CAPITULO VI -**

### **6.1. Componentes**

#### **6.1.1. Componentes del sistema agua potable**

Se aceptan en general tuberías de: asbesto-cemento, PVC, fibra de vidrio, hierro fundido, hierro dúctil, hierro galvanizado y acero. Las que lo necesiten deberán tener la debida protección contra la corrosión tanto interna como externamente.

El material más adecuado deberá seleccionarse de acuerdo a la calidad del agua, calidad del suelo y la economía del proyecto. Si el índice de agresividad del agua, definido por:

$$I.A.= Ph + \log Alc + \log Ca.$$

En la que tanto la alcalinidad como la concentración de Ca están expresadas en mg/l como  $CaCO_3$ , es inferior a 12, las tuberías de AC deberán estar recubiertas con material que impida la desintegración de la tubería y la liberación de fibras de asbesto. Este material no deberá emitir ningún tipo de sustancias tóxicas o nocivas para la salud humana.

La utilización de pinturas o esmaltes a base de alquitrán de hulla o de materiales afines, que puedan emitir hidrocarburos poli nucleares aromáticos en contacto con el agua.

(Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

**6.1.2. Tuberías y piezas de conexión de PVC, hierro ductil, acero, pead y grp para agua potable.**

**6.1.3. Tuberías y piezas de conexión de PVC.**

Comprende la provisión de tubería de PVC y piezas de conexión (accesorios), en obra, bodegas, o donde se indique en las bases. Su fabricación deberá cumplir con las especificaciones técnicas que se expresan en cantidades y diámetros que se definen en el proyecto y bajo la certificación de cumplimiento de los requisitos de fabricación en sus fases y componentes.

Todas las tuberías y piezas de conexión, estarán sujetas a inspección y aprobación del Fiscalizador, pudiendo rechazar, sin requerimiento de prueba hidrostática, cualquier material o producto terminado que no conforme con los requerimientos de fabricación. (Estudio de Impacto Ambiental, 2014)

### **Especificaciones Técnicas de fabricación generales.**

Las tuberías de PVC y piezas de conexión (accesorios), se fabricarán cumpliendo con la normativa nacional INEN 1373, primera revisión, con la norma AWWA – Designación C-900 “PolyvinilChloride (PVC) Pressure Pipe 4in through 12 in for 68fici”, y con la norma ASTM D 1785 –99 Clase 1254-B, o normas internacionales equivalentes, aprobadas para cada caso específico, por escrito, por INTERAGUA, salvo las modificaciones que pudieran incorporarse para cada proyecto específico.

En adición, la fabricación de la tubería y accesorios de PVC deben cumplir con la norma ASTM D 1784 y con el dimensionamiento SDR de la norma ASTM 2241, o equivalente a ser determinado por INTERAGUA.

**Parámetros de Diseño de la tubería y piezas de conexión (accesorios).**

Las tuberías se diseñarán y fabricarán para soportar una carga mínima externa correspondiente a la mayor de las siguientes.

Un relleno de tierra compactada de un metro de profundidad sobre la cual está actuando una carga móvil de acuerdo a la norma de la American Association of State Highways Officials, Designación AASHO H-20, o una carga mínima externa equivalente a  $1.750 \text{ kg/m}^2$ , actuando sobre el diámetro exterior de la tubería.

Se tomará en consideración cargas externas mayores que pudieran resultar por condiciones o problemas particulares de la instalación, así como, las  
22 sobrepresiones y supresiones causadas por golpe de ariete o vacío respectivamente, que pudieran suscitarse en el sistema.

Las tuberías deberán resistir las cargas exteriores indicadas anteriormente, incluyendo el peso propio del tubo y el peso del agua contenida en su interior, así como las presiones internas a que estarán sujetas dependiendo de las características de cada proyecto. Además, deberán resistir las mismas cargas indicadas cuando el tubo esté vacío

Para el diseño de las tuberías se tomará en consideración que los tubos descansarán sobre un lecho de tierra fina afirmada o arena, y que el relleno será correctamente efectuado.

Las piezas de conexión se diseñarán de acuerdo con las especificaciones de la tubería a suministrarse. Estas incluyen cierres, uniones de amarre, adaptadores para conectar a otras tuberías, tees, reducciones, cruces, codos, conexiones especiales, etc. ( Paul, Pezantes, 2015)

## **Uniones.**

### **Por sellado elastomérico**

El aro de sellado elastomérico debe ser resistente a los ataques biológicos, tener la suficiente resistencia mecánica para soportar las fuerzas ocasionales y las cargas durante la instalación y servicio, además deberá estar libre de sustancias que puedan producir efectos perjudiciales en el material de los tubos y accesorios, de acuerdo con la Norma ASTM. D –2000 y ASTM-D -1149. ( Paul, Pezantes, 2015)

#### **6.1.4. Tuberías y piezas de conexión (accesorios) de hierro dúctil**

Comprende la provisión de las tuberías y piezas de conexión (accesorios) de hierro dúctil en obra, en bodegas de INTERAGUA, o donde se indique en las bases. La fabricación deberá cumplir con las especificaciones, en los diámetros, longitudes y unidades que se definan en el proyecto y bajo la certificación de cumplimiento de los requisitos de fabricación en sus fases y componentes.

Toda la tubería y piezas de conexión (accesorios) de hierro dúctil estarán sujetas a inspección y aprobación por parte del Fiscalizador, pudiendo rechazar, sin requerimiento de prueba hidrostática, cualquier material o producto terminado que no conforme con los requerimientos de las especificaciones. ( Paul, pezantes, 2015)

### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FABRICACIÓN GENERALES.**

Las tuberías y piezas de conexión (accesorios) de hierro dúctil se fabricarán cumpliendo con los requerimientos de la más reciente edición de las normas

AWWA (American Water Works Association), ANSI (American National Standard Institute), ISO (International Organization for Standarization), que se expresan a continuación con las excepciones, o modificaciones que se determinen para cada proyecto en particular.

La fiscalización podrá a su criterio, aprobar o autorizar la fabricación de tuberías y accesorios de hierro dúctil, bajo cualquier norma internacional reconocida que garantice iguales o mejores condiciones y resultados que las antes mencionada. Normativa AWWA y ANSI para fabricación de tuberías y piezas de conexión de hierro dúctil:

- AWWA C-104 Cement Mortar Lining for Ductile. Iron and Gray Iron Pipe and Fittings for Water Ductile Iron.
- (ANSI A21.4) Pipe and Fiting for Water.
- AWWA C-105 Polythylene Encasement for Ductile 24
- (ANSI A21.5) Iron Pipe Systems.

- AWWA C-110 Ductile-Iron and Gray-Iron Fittings 2.In.
- (ANSI A21.10) through 48 In. for Water.
- AWWA C-111 Rubber-Gasket Joints for Cast Iron and Duc-
- (ANSI A21.11) tile Iron Pressure Pipe and Fittings.
- AWWA C-115 Flagend Cast Iron and Ductile Iron Pipe
- (ANSI A21.15) with Thereaded Flanges.
- AWWA C-150 Thickness Design of Ductile Iron Pipe.
- (ANSI A21.50)
- AWWA C-151 Ductile Iron Pipe Centrifugally Cast in
- (ANSI A21.51) metal Molds or Sand Lined Molds for Water or otherliquids.
- Normativa ISO 2531 Tubos, uniones y piezas especiales de hierro fundido dúctil para canalización con presión.
- ISO 4633 Anillos de caucho: especificación de los materiales.
- ISO 8179 Revestimiento exterior con zinc.
- ISO 8180 Manga de polietileno.
- ISO 4179 Revestimiento interno con mortero de cemento centrifugado.
- ISO 9002 Modelo para el aseguramiento de la calidad en producción e instalación.
- ISO 9001 Modelo para el aseguramiento de calidad en diseño, producción y comercialización.

**Revestimientos.**

El objetivo del revestimiento exterior es garantizar una protección duradera del tubo contra la agresividad de los suelos. Dependiendo de la calidad de los terrenos donde se vaya a instalar la tubería y accesorios, deberá preverse el recubrimiento en forma progresiva de la siguiente manera:

- TUBERIA: Zinc metálico + Barniz bituminoso + Manga de polietileno.
- ACCESORIO: Barniz bituminoso + Epóxico+ Manga de polietileno.

Los tubos serán revestidos exteriormente de 200 gr/m<sup>2</sup> de zinc metálico de acuerdo con la Norma Internacional ISO 8179 o equivalente. La capa de pintura bituminosa tendrá un promedio de espesor no menos de 100 micras de acuerdo con la Norma Internacional ISO 8179 o equivalente.

El recubrimiento exterior adicional de manga de polietileno a aplicarse en sitio se fabricarán de acuerdo a las especificaciones AWWA C-105 ó ISO 8180. La protección de la tubería deberá ser continua, incluyendo las piezas especiales y accesorio en toda su longitud. (Estudio de Impacto Ambiental, 2014)

El revestimiento interior tiene por objeto garantizar la conservación de las características hidráulicas de la tubería al paso del tiempo; evitar el ataque físico químico del agua a transportarse. Deberá preverse el recubrimiento interior en forma progresiva de la siguiente manera:

- Tubería: Mortero de cemento.
- Piezas de conexión (Accesorios): Barniz bituminoso + Epóxido.

Los tubos serán revestidos interiormente de mortero de cemento de acuerdo con la Norma Internacional ISO 4179 o equivalente. Las uniones de los tubos podrán ser de campana y espiga, acerrojadas o de bridas; de acuerdo con las Normas Internacionales respectivas y las recomendaciones del fabricante. (Estudio de Impacto Ambiental, 2014)

#### **6.1.5. Tuberías y piezas de conexión (accesorios) de acero.**

Comprende la provisión de tubería de acero y sus piezas de conexión, cuya Fabricación deberá cumplir la especificaciones técnicas de acuerdo con los diámetros y longitudes que se definen en el proyecto y bajo la certificación de cumplimiento de los requerimientos de fabricación en todas su fases o componentes.

El Contratista someterá a la aprobación del Fiscalizador los diseños de las tuberías y piezas de conexión a suministrar, presentando toda la documentación técnica que incluye los certificados de cumplimiento de especificaciones, tanto de materiales, como del proceso de fabricación y controles de calidad.

Toda la tubería y piezas de conexión estarán sujetas a inspección y aprobación y se podrá rechazar sin requerimiento de prueba hidrostática cualquier material o producto

terminado que no esté conforme a los requerimientos de esta especificación. (Estudio de Impacto Ambiental, 2014)

### **Especificaciones técnicas de fabricación de materiales.**

Las tuberías y piezas de conexión se fabricarán cumpliendo los siguientes requisitos:

**Acero:** El acero deberá cumplir los requerimientos de la Norma ASTM Designación A 570/A 570 M Grados 30,33 36 o 40 si es en láminas o rollos o con la Designación A 283 grados C o D si es en planchas, pero en ningún caso el porcentaje (%) de carbón en el acero será mayor que 0,25 con cada despacho de acero.

El fabricante proporcionará certificados debidamente protocolizados de que los suministros cumplen con las especificaciones. (Estudio de Impacto Ambiental, 2014)

**Cemento:** En el caso de que las tuberías sean revestidas interiormente con mortero de cemento y arena, el cemento a utilizarse en la preparación del mortero será PÓRTLAND TIPO I o TIPO II, según Norma ASTM DESIGNACIÓN C-150.

El recubrimiento exterior será con mortero de cemento y arena, utilizando cemento tipo I, II o V según la calidad del suelo.

### **Criterio de diseño.**

El diseño deberá estar de acuerdo con las recomendaciones del “Manual de Diseño para Tuberías de Acero AWWA M-11” de AWWA, Capítulo 4-5-6. El espesor mínimo de la plancha - lámina se la establece mediante dos fórmulas:

$$T = \frac{D}{288}$$

**D = Diametro en mm hasta 1350 mm (diametro interno).**

$$T = \frac{D + 20}{400}$$

**D = Diametro en mm mayor 1350 (diametro interno).** (Estudio de Impacto Ambiental, 2014)

En ningún momento se deberá adoptar espesores menores de 2 mm.

El espesor mínimo de la pared del cilindro será el que se determine de acuerdo a las condiciones de trabajo para la cual ha sido diseñada la tubería, tales como: presión interna, cargas externas, golpe de ariete, vacío brusco, etc., y de acuerdo a las Normas de cálculo establecidas.

Además de los requisitos antes mencionados, la tubería deberá diseñarse de tal forma que las deflexiones de la misma al estar sujeta a cargas externas, esté limitada a lo siguiente:

- Para tubería de acero con revestimiento interior de pintura de resina epóxica y recubrimiento exterior de alquitrán de hulla, las deflexiones no deberán exceder

de la máxima recomendada por el fabricante de pintura y/o el fabricante de la tubería, pero en ningún caso deberá exceder del cinco por ciento (5%) del diámetro nominal de la tubería.

- Para una tubería de acero con revestimiento interior y exterior de mortero de cemento y arena, la deflexión de la tubería no deberá exceder de la máxima recomendada por el fabricante de la tubería, pero en ningún caso esta deflexión podrá ser mayor del dos por ciento (2%) del diámetro nominal.
- Para calcular la deflexión de la tubería deberá tomarse en cuenta las condiciones del relleno y los métodos y materiales de relleno a utilizarse en la instalación de las tuberías. Las tuberías serán instaladas sobre un lecho de tierra fina, afirmada o arena. (Estudio de Impacto Ambiental, 2014)

#### **6.1.6. Tubería y piezas de conexión de polietileno de alta**

##### **Densidad (PEAD).**

Comprende la provisión de tubería de PE y piezas de conexión (accesorios) en obra, bodegas, o donde se indique en las bases.

La fabricación deberá cumplir con las especificaciones técnicas en cantidades y diámetros que se definen en el proyecto y bajo la certificación de cumplimiento de los requisitos de fabricación en sus fases y componentes.

Todas las tuberías y piezas de conexión estarán sujetas a inspección y apelación del Fiscalizador, pudiendo rechazar, sin requerimiento de pruebas hidrostática cualquier material o producto terminado que no esté de acuerdo con los requerimientos de fabricación.

### **Especificaciones técnicas de fabricación generales.**

La tubería de PEAD y pieza de conexión (accesorios) se fabricarán cumpliendo con la Normativa INEN 1744-2002 o Norma ANSI/AWWA C901-96 para diámetros de 13 mm a 76 mm y la norma ANSI/AWWA C906-99 para diámetros de 100 mm a 1.575 mm, Norma Europea CE EN 12201.2 para tubería y Norma Europea CE EN 12203.2 para accesorios ó Normas Internacionales equivalentes aceptadas por INTERAGUA, sobre las modificaciones que pudieren incorporarse para cada proyecto específico. (Estudio de Impacto Ambiental, 2014)

### **Diseño de la tubería y piezas de conexión (accesorios).**

Las tuberías se diseñarán y fabricarán para soportar una carga mínima externa correspondiente a la mayor de los siguientes:

Un relleno de tierra compactada de un metro de profundidad sobre la cual está actuando una carga móvil de acuerdo a la Norma de la American Association of State Highways official, designación AASHO H.20, o una carga mínima externa equivalente a 1.750 Kg/cm<sup>2</sup>, actuando sobre el diámetro externo de la tubería.

Se tomará en consideración cargas externas mayores que pudieren resultar por condiciones a problemas particulares de la instalación, así como, las sobrepresiones y supresiones causadas por golpe de ariete o vacío respectivamente, que pudieren suscitarse en el sistema.

Las tuberías deberán resistir las cargas exteriores indicadas anteriormente incluyendo el peso propio del tubo y el peso del agua contenida en su interior, así como las presiones internas a que estarán sujetas dependiendo de las características de cada proyecto.

Además deberán resistir las mismas cargas indicadas cuando el tubo está vacío. Para el diseño de las tuberías se tomará en consideración que los tubos descansarán sobre un lecho de tierra fina afirmada o arena y que el relleno será correctamente efectuado.

Las piezas de conexión se diseñarán de acuerdo con las especificaciones de la tubería a suministrarse, de acuerdo a las Normas Internacionales. Estas incluyen cierres, uniones, adaptadores para conectar a otras tuberías y tees, reducciones, codos, conexiones especiales, etc. Las juntas deberán asegurar su impermeabilidad bajo las condiciones de presión de prueba. ( Paul, Pezantes, 2015)

### **Uniones**

Todas las superficies y sus inmediaciones que vayan a ser unidos por medio de soldadura, deberán ser previamente limpiadas de incrustaciones, de materias extrañas que interfieran con las operaciones de soldado. La superficie que forma la junta deberá

encontrarse lisas, libre de todo defecto que pueda afectar adversamente el proceso de soldadura podrán ser los siguientes tipos:

- Soldadura con embargue de electro fusión
- Soldadura tubo o tubo con termoelemento que necesitaría un equipo de las siguientes características:

Dispositivos de prensa hidráulica el cual deberá garantizar la integridad del stress y evitar eventual ovalización y también garantizar la presión durante la soldadura  
Dispositivos de fresa para limpiar la faz del tubo y garantizar un perfecto paralelismo.

Un dispositivo térmico para calentar las superficies a soldar.

## **6.2. Tuberías de hormigón simple, hormigón armado, hierro dúctil, grp y PVC para alcantarillado**

### **6.2.1. Tuberías de hormigón simple y hormigón armado**

Comprende el suministro en obra o bodegas, de las tuberías para sistema de Alcantarillado pluvial o sanitario, para la ejecución de los proyectos, de acuerdo a especificaciones y demás requerimientos técnicos definidos para cada caso en particular.

Las tuberías serán de hormigón simple y/o de hormigón armado con uniones de mortero o de empaques flexibles e impermeables, según el caso.

**Especificaciones técnicas de fabricación tuberías de hormigón simple.**

Se usarán en diámetros de 6" (160 mm.) a 18" (450 mm.) y deberán cumplir con las especificaciones ASTM C14 –75 "Concrete Sewer, Storm, Drain, and Culvert Pipe" ó Norma INEN 1590. ( Paul Pezantes, 2015)

**6.2.2. Tuberías de hormigón armado**

Se utilizarán a partir de diámetros de 20" (500 mm) y cumplirán con las normas de la Especificación ASTM C – 76 – 73 "Reinforced Concrete Culvert, Storm, Drain, and Sewer Pipe" Las juntas de tuberías de hormigón serán ejecutadas de acuerdo con las especificaciones ASTM C – 443 – 72 "Joins For Circular Concrete Sewer and Culvert Pipe, using Rubber Gaskets".

En caso de emplearse otro tipo de empaque que cumpla especificaciones similares, necesitará la aprobación de la Fiscalización. Norma INEN 1591

**6.2.3. Tuberías de PVC rígido de pared estructurada con interior liso**

Comprende el suministro en obra o bodegas, de las tuberías para sistemas de Alcantarillado pluvial o sanitario de acuerdo a especificaciones técnicas y demás requerimientos definidos para cada proyecto.

Las tuberías serán de PVC rígido con superficie interior y exterior lisa, o superficie interior lisa y exterior corrugada, con uniones de cementado solvente o con sellos de

caucho o elastómeros y cumplirán las especificaciones de fabricación, pruebas y ensayos.

### **Especificaciones de fabricación**

Normas INEN 2059-98; 2059-2000 y 2059-2003 Primera, segunda y tercera Revisión.

Las especificaciones contemplan tubos de cloruro de polivinilo (PVC) rígido de pared estructurada con interior liso, uniones y accesorios para sistemas de alcantarillado, en los siguientes tipos:

**PERFILADO:** Tubo con pared interior lisa y pared exterior estructurada para aumentar su rigidez anular y alivianar su peso con relación a los tubos de pared maciza.

- TIPO A1: Tubo con un perfil abierto nervado que se ensambla en circunferencia o en espiral para formar un conducto liso en su parte interior, con nervaduras exteriores.
- TIPO A2: Tubo con un perfil cerrado que se ensambla en circunferencia o en espiral para formar un conducto liso en sus paredes exterior e interior.
- TIPO B: Tubo con un perfil de extrusión continua son fabricados por extrusión simultánea de las paredes lisa y corrugada, fusionando la pared lisa interna con la exterior corrugada Las tuberías se fabrican de acuerdo a las especificaciones INEN 2059-98 Primera revisión, INEN 2059-2000 Segunda Revisión; INEN 2059-2003 Tercera Revisión que cubre el dimensionamiento de tubos y accesorios, diámetros, espesores, métodos de ensayo, uniones.

Los tubos sirven para evacuación de aguas servidas y/o pluviales y están diseñadas para soportar rellenos con densidad no menor de 1700 kg/m<sup>3</sup> y compactación entre el 85% y 95% de la máxima densidad, según ensayo Proctor Standard.

Los tubos se suministran en longitudes fijas de 3, 5, 6, 10 o 12 metros. Otras longitudes podrán ser suministradas mediante acuerdo entre fabricante. Los extremos del tubo deben cortarse en ángulo recto de su eje.

- Los tubos Tipo A1, se fabricarán en diámetros de 100 mm a 3000 mm
- Los tubos Tipo A2, se fabrican en diámetros de 315 mm a 2600 mm.
- Los tubos Tipo B, se fabrican en diámetros de 110 mm a 1200 mm.

Las uniones entre los tubos o entre tubos y accesorios deben realizarse por medio de sello de caucho o elastómeros, cemento solvente o adhesivo especial que garanticen la hermeticidad de la unión, de acuerdo con las Normas:

- Para cemento solvente, las Normas ASTM D 2564 y ASTM 2855.
- Para sellos de caucho o elastómeros, la Norma ASTM F 477
- Para los adhesivos especiales, éstos deben ser recomendados por los fabricantes y garantizar la durabilidad y buen comportamiento de la unión. ( Paul, Pezantes, 2015)

El diseño de la unión será responsabilidad del fabricante y debe cumplir con los requisitos aplicables y establecidos en esta Norma. Los tubos deben tener una campana y una espiga terminal o dos espigas terminales. Norma INEN 1374.- Primera Revisión.

Es aplicable a la fabricación de tubos y accesorios de PVC rígido utilizada para conducción de aguas residuales, aguas lluvias o aguas negras en sistemas a gravedad. La norma comprende las tuberías de PVC rígido siguientes:

- TIPO A: Sistema de ventilación.
- TIPO B: Sistema de desagüe, evacuación de aguas residuales, aguas lluvias y aguas negras en el interior de las construcciones y para alcantarillado en general.

El material de la tubería y accesorio está compuesto sustancialmente de cloruro de polivinilo (PVC), al cual se puede añadir los aditivos necesarios para facilitar el procesamiento de este polímero y la producción de tubos y accesorios sanos, durables, con buen terminado en sus superficies y con buena resistencia mecánica y opacidad.

El material del producto de la tubería y accesorio debe ser homogéneo a través de la pared y uniforme en color, opacidad y densidad. Las uniones se efectuarán por cementado solvente o sellado elastomérico.

En general la fiscalización, puede a su discreción aceptar el suministro de tubos de PVC, cuya fabricación se rija por normas internacionales aceptadas, que permitan obtener productos de iguales o mejores características técnicas y resultados que las normas aquí expresadas. ( Paul Pezantes, 2015)

#### **6.2.4. Piezas de conexión de poliéster reforzado con fibra de vidrio (prfv o grp) para sistema de alcantarillado**

Comprende la provisión de la tubería GRP y piezas de conexión (accesorios) en obra , bodegas de INTERAGUA , o donde se indiquen las bases.

La fabricación deberá cumplir con las especificaciones técnicas en cantidades y diámetros que se definan en el proyecto y bajo la certificación de cumplimiento de los requisitos de fabricación en sus fases y componentes. (Estudio de Impacto Ambiental , 2014)

#### **6.2.5. Especificaciones técnicas de fabricación generales**

La tubería GRP y piezas de conexión ( accesorios ) se fabricarán cumpliendo con la Norma ASTM D3262 a gravedad , D3754 Alcantarillado a presión , AWWA C950 , Manual de diseño AWWA M-45, DIN 16868 y BS 5480 y otras de acuerdo con las Normas Internacionales y catálogo del fabricante.

### **6.2.6. Diseño de la tubería y piezas de conexión (accesorios)**

Las tuberías se diseñarán y fabricarán para soportar una carga mínima externa correspondiente a la mayor de los siguientes:

Un relleno de tierra compactada de un metro de profundidad sobre la cual está actuando una carga móvil de acuerdo a la Norma de la American Association of State Highways official, designación AASHO H.20, o una carga mínima externa equivalente a  $1.750 \text{ Kg/cm}^2$ , actuando sobre el diámetro externo de la tubería. Se tomará en consideración cargas externas mayores que pudieren resultar por condiciones a problemas particulares de la instalación, así como, que pudieren suscitarse en el sistema.

Las tuberías deberán resistir las cargas exteriores indicadas anteriormente incluyendo el peso propio del tubo y el peso del agua contenida en su interior, así como las presiones internas a que estarán sujetas dependiendo de las características de cada proyecto.

Además deberán resistir las mismas cargas indicadas cuando el tubo está vacío. Para el diseño de las tuberías se tomará en consideración que los tubos descansarán sobre un lecho de tierra fina afirmada o arena y que el relleno será correctamente efectuado.

Las piezas de conexión se diseñarán de acuerdo con las especificaciones de la tubería a suministrarse, de acuerdo a las Normas Internacionales. Estas incluyen cierres,

uniones, adaptadores para conectar a otras tuberías y tees, reducciones, codos, conexiones especiales, Cámaras de inspección en GRP, y otros. Las juntas deberán asegurar su impermeabilidad bajo las condiciones de presión de prueba. ( Paul, pezantes, 2015)

### **Uniones**

Las tuberías son ensambladas normalmente utilizando uniones de GRP con doble empaque de caucho elàstomeric REKA para el sellado, pero también existen otros métodos como son bridas tipo GRP , uniones flexibles de acero , uniones por laminación GRP , uniones mecánicas de acero y otras , las mismas que son fabricadas con las Normas internacionales, que están descritas en el catálogo del fabricante, así como también los diferentes tipos de accesorios como TEE , Codos , reducciones, cámaras de inspección en GRP y otros.

#### **6.2.7. Válvulas de seccionamiento y piezas especiales de conexión e hidrantes para sistemas de agua potable.**

Se entenderá por suministro e instalación de válvulas de seccionamiento y piezas especiales de conexión, el conjunto de operaciones que deberá realizar el contratista para suministrar y colocar, según el proyecto y/o las órdenes del Fiscalizador, dichos elementos en los sitios en que indique el diseño, formando parte de las redes de distribución de agua potable. ( Paul, pezantes, 2015)

### **6.2.8. Especificaciones técnicas de fabricación de las válvulas**

#### **Válvulas de mariposa.**

Las válvulas de mariposa serán de asiento de caucho de cierre hermético.

Deberán reunir o exceder los requisitos permitidos para su aplicación en sistemas de agua, como se expresa en las normas AWWA Designación C-504.

Clase 150-B. Stándard for Rubber Butherflay Valves ó Normas Internacionales equivalentes ISO 5752 Serie 14 (Válvulas con mecanismo de reducción de, tipo irreversible con o sin reductor primario estanqueidad de grado IP 67 mínimo) aprobados para cada caso específico por escrito por INTERAGUA.

El cuerpo de la válvula deberá ser de hierro fundido ASTM A-126 Clase B, para altos esfuerzos y el cuerpo del asiento de acero inoxidable 18-8 tipo 304. La compuerta de la válvula deberá ser de hierro dúctil fundido ASTM A-48 Clase 40 para altos esfuerzos, ó Normas Internacionales equivalentes aprobadas para cada caso específico por INTERAGUA.

El revestimiento del cuerpo de hierro fundido dúctil será de epoxi alimentario con mínimo de 250 micras. La limpieza será de SA 2.5 según ISO 8501 ó equivalente. Deberá tener un asiento mecánico de caucho, asegurado por una abrazadera inoxidable 18-8, sujetado por tornillos de acero inoxidable 18-8 y revestido de nylon.

El asiento de caucho será un anillo completo (360 grados) que no cruza por el eje de la válvula, el cual será de una sola pieza extendiéndose a través del cuerpo de la válvula y mecanismo de operación, sin cuellos, llaves o agujeros que puedan debilitarlos. El eje de la válvula será de acero inoxidable con cojinetes de teflón reforzado para trabajar en dos direcciones.

Las válvulas deberán cerrar fácilmente por un operador, usando una llave de válvula estándar, incluso bajo emergencia de cierres de flujo. Todas las válvulas abrirán de izquierda a derecha y estarán equipados con una tuerca cuadrada 5 cm para operar, se deberá indicar el sentido de operación de la válvula, según requerimientos de AWWA o Norma Internacionales equivalentes aprobadas para cada caso específico. (Bravo Cedeño, Galo, 2015).

Las válvulas serán aprobadas por el fabricante mediante aire o agua, con las presiones siguientes o de acuerdo con la Norma internacional ISO 5208. Válvulas Presión de prueba 100 - 300 mm (4" a 12") 12 kg/cm<sup>2</sup> (175 lb/pg<sup>2</sup>)  
350 mm y mayores (14") 10.5 kg/cm<sup>2</sup> (150 lb/pg<sup>2</sup>)

Adicionalmente, una prueba hidrostática a 21 kg/cm<sup>2</sup> (300 lb/pg<sup>2</sup>), se realizará cuando la válvula se encuentre ensamblada. Esta presión también se aplicará contra la compuerta de cada válvula cuando esté completamente cerrada, para verificar las buenas condiciones estructurales y garantizar la compatibilidad de funcionamiento en campo, con los procedimientos de prueba realizados en fábrica.

Las bridas deberán estar de acuerdo con ANSI B-16.1 para bridas de hierro fundido. Los empaques para bridas serán de caucho natural o sintético equivalente, cubrirán toda la superficie de las bridas y vendrán cortadas y perforadas. El material será moldeado en frío a presión o estirado por métodos que produzcan una sección transversal uniforme, densa, lisa, libre de cavidades, burbujas, porosidad u otras imperfecciones. Se diseñarán de acuerdo a las especificaciones AWWA Designaciones C-111-72 y 115-72 ó Normas internacionales equivalentes aprobada para cada caso específico por INTERAGUA

#### **Válvulas de compuerta.**

Las válvulas de compuerta se fabricarán de hierro fundido, con sello elástico de caucho y una sola compuerta recubierta con caucho sintético, de acuerdo con las especificaciones de AWWA. Standard for Gates Valves 3 inches trough 48 inches for Water and Liquids, Designación C-509, ó Normas Internacionales ISO 7259 ó equivalente aprobada para cada específico por INTERAGUA.

Serán para una presión de trabajo no menor a  $10.5 \text{ kg/cm}^2$  ( $150 \text{ lb/pg}^2$ ), y para una presión de prueba no menor a  $21 \text{ kg/cm}^2$  ( $300 \text{ lb/pg}^2$ ). Las válvulas deberán tener sellos anulares (Ring Seals). Los extremos de las válvulas serán de acuerdo al tipo de tubería a acoplarse.

Las válvulas de compuerta serán del tipo de vástago no ascendente, y estarán equipadas con tuercas de operación. Cuando las válvulas se instalen dentro de una caja de válvulas, deberán tener extremos bridados. Las bridas estarán de acuerdo a la norma ASA B-16.1 Clase 125.

Sí las válvulas se instalan bajo la superficie del terreno, deberán acoplarse a las tuberías mediante juntas mecánicas acordes a norma ASA 21.110 Uniones bridas mecánicas acorde a norma ASA B-16.1 Clase 125 ó Norma. Internacional equivalente aprobada para cada caso específico

Las válvulas de compuerta a instalarse dentro de la caja de válvulas, deberán estar provistas de volante en lugar de tuerca de operación. Todas las válvulas abrirán, en sentido contrario a las agujas del reloj. Deberá indicarse el sentido de operación de la válvula. (Estudio de Impacto Ambiental, 2014)

### **Hidrantes.**

Los hidrantes serán Modelos de Tráfico de tipo de compresión con barril seco y serán fabricados conforme con la norma AWWA C502-94, o la más reciente revisión de esta norma, incluyendo pruebas hidrostáticas y las especificaciones siguientes.

**Tamaño:** La válvula de paso del hidrante tendrá diámetro interior de 4½- pulgadas. En caso de que el hidrante sufra daños físicos, la válvula principal permanecerá cerrada.

**Longitud:** La longitud de los hidrantes será determinada por la profundidad de la zanja debajo del nivel del terreno. Las longitudes comerciales están en múltiplos de seis pulgadas. (Estudio de Impacto Ambiental, 2014)

**El barril:** La sección superior del barril (la sección de boca) debe tener conexiones de rosca para mangueras de incendio. La vía de flujo de agua será uniforme en diámetro para todo el tramo del barril.

**Soporte del hidrante:** El zapato o codo de soporte del hidrantes se proporcionará con una brida o con conexión de junta mecánica para acoplar el tubo que conecta. Todos los zapatos o codos de soporte, menos los que vienen ya con brida, se proporcionarán con agarraderas para abrazaderas.

Las dos aperturas de desagüe en el zapato del hidrante serán de material de bronce. Todos zapatos o soportes se protegerán de la corrosión con un revestimiento de epóxido fundido según los requisitos de AWWA C550-01. Bocas de manguera:

Las bocas de manguera deberán ser del tipo de rosca. Las conexiones de mangueras serán provistas con tapones de junta de rosca con zapatillas de caucho y con cadenas permanentemente fijadas al hidrante.

**Mecanismo operador y piezas móviles:** El mecanismo operador y las piezas de trabajo de cada hidrante tendrán las características siguientes:

La barra principal de válvula será fabricada de acero y tendrá un vaina de bronce El bushing del anillo deberá estar fijo al soporte o zapato del hidrante El anillo principal del asiento de válvula debe estar enroscado al anillo principal para proporcionar un acoplamiento de bronce a bronce.

El material principal del asiento de válvula será caucho. Todas piezas móviles, inclusive el asentamiento principal de válvula, serán removible por la parte superior del hidrante sin necesidad alguna de excavación.

Todas piezas móviles, inclusive el asentamiento principal de válvula, serán removible por la parte superior del hidrante sin necesidad alguna de excavación.

Las válvulas de desagüe de activación positiva serán partes integrales del asentamiento principal de la válvula. Las piezas de todos los hidrantes deben ser idénticas e intercambiables sin necesidad de ningún adaptador especial. El protector operador de contratuerca y tiempo proporcionará la protección completa de los elementos.

**Tope seco:** Las roscas operadores serán aisladas del conducto de flujo y deberán tener un sello doble de anillos tipo "O". La tuerca del operador debe tener un hoyo en el tope seco para la lubricación de las roscas del operador y del cojinete de empuje.

**El Barril seco:** Cuando la válvula principal del hidrante se cierra, las dos válvulas de desagüe del zapato del hidrante se abrirán automáticamente y permitirán el desagüe rápido y completo del barril del hidrante.

**Materiales de Construcción:** Todas partes de hierro se harán de hierro gris de alta resistencia, conforme a ASTM A-126, Class B. Las piezas susceptibles a corrosión deben ser de compuestos metálicos con cobre según se indica en la norma AWWA C502-94.

**Pruebas de presión:** Los hidrantes serán probados a una presión hidrostática de 175 psi y a una presión de trabajo de 350 psi, conforme a la versión más reciente de la AWWA C550.

**Revestimiento:** Todos los hidrantes deben tener un revestimiento de fábrica que esté de acuerdo con la norma AWWA C550-01. El exterior del hidrante se pintará en rojo. Los zapatos de la boca del hidrante tendrán una capa protectora con un revestimiento de epoxy que fragua aplicado dentro y fuera antes de ensamblaje. Antes de aplicar el revestimiento, los zapatos se limpiarán mecánica y químicamente. El zapato o soporte del hidrante debe tener un revestimiento interior y sus superficies exteriores de debe tener un espesor mínimo de 3 mm.

**Información requerida del proveedor de los hidrantes:** El proveedor entregara toda la información y documentos requeridos por las Condiciones Generales Uniformes y las

Condiciones Suplementarias de la licitación de hidrantes. Además, el Contratista proporcionará las certificaciones de conformidad con las normas AWWA C502 y resultados de pruebas de presión. ( Paul Pezantes, 2015)

## **CAPITULO VII -**

### **7.1. Descripción del sitio del proyecto**

#### **7.1.1. Componente biofísico**

##### **7.1.1.1. Relieve**

El relieve de la comuna de Barrio Lindo demuestra topográficamente dos sectores bien definidos, uno mayoritariamente plano, con pendientes que oscilan entre 0 a 3% que usualmente se asocian con valles indiferenciados, inundados parte del año y aprovechados en mayoritaria extensión para cultivos (zonas aluviales) y que representan aproximadamente el 80% de la extensión de la comuna.

##### **7.1.2. Geología**

La comuna Barrio Lindo se ubica sobre tres unidades geológicas que tienen origen de tipo de posicional y tectónico erosivo: Llanura aluvial reciente con 64,5%, Llanura aluvial antigua con 21,33% y Cordillera Chongón – Colonche con el restante 10,32%.

En estos sectores se desarrolla una llanura aluvial donde predominan sedimentos del cuaternario y terrenos superficiales. Por las características litológicas los materiales son de fácil erosión especialmente con la presencia de fuertes precipitaciones.

### **7.1.3. Clima**

Las características climáticas de la comuna Barrio Lindo son bastante uniformes, se encuentra en dos zonas climáticas (según la clasificación de Pierre Pourrot, 1995). Una parte sur y occidental con clima Tropical Mega térmico Semi-Húmedo, con temperatura entre 25 y 26°C y precipitación entre 900 y 1.000 mm que corresponde al sector del bosque seco. El resto de la comuna con clima Tropical Mega térmico Húmedo.

#### **7.1.3.1. Temperatura**

En lo relacionado a la temperatura, el promedio anual de la comuna Barrio Lindo es de 26 °C, información proporcionada por el INAMHI.

#### **7.1.3.2. Precipitación**

Registra una precipitación media anual de 1.210 mm, con un promedio mensual de 100 mm. La estación lluviosa se extiende de noviembre hasta abril, mientras que la estación seca comienza en mayo a octubre.

#### **7.1.3.3. Humedad relativa**

Registra una humedad relativa anual de 88%, según datos del INAMHI.

#### **7.1.3.4. Vientos**

De acuerdo a datos de anuarios del INAMHI, la velocidad mayor observada promedio es de 6,24 m/s. En el área de influencia los vientos que predominan provienen del este al oeste, en tanto que los otros son irregulares.

#### **7.1.3.5. Nubosidad**

El cielo de la comuna Barrio Lindo se muestra con alta nubosidad, presenta valores casi constantes durante todo el año de 7/8, el tipo de nubes varía de acuerdo a la época del año.

### **CAPITULO VIII -**

#### **8.1. Infraestructura existente**

##### **8.1.1. Hospitales o centro de salud cercanos**

El sector de Barrio Lindo en la actualidad no cuenta con un centro de salud. Existía un pequeño centro de salud que ha dejado de funcionar por falta de recursos económicos. En casos de emergencia los pobladores llevan a sus pacientes al centro de salud de Petrillo.

##### **8.1.2. Escuela o unidad educativa**

En el sector de Barrio Lindo, se encuentra ubicada la escuela "INES MARIA BALDA" con una capacidad aproximada de 800 alumnos. Esta escuela educa a niños de varios sectores de PETRILLO y NOBOL. En horarios matutinos y vespertino. Los servicios básicos que ofrece esta escuela son de mala calidad, evitando un mejor desarrollo y desempeño del estudiante



**Foto 1: Escuela "Inés María Balda". Ubicada en el KM 31 de la vía Guayaquil-Nobol**

### **8.1.3. Agua potable**

El agua potable que es abastecida por EMAPAG EP al sector de Barrio Lindo ubicado en el KM 31 vía a Daule, llega por medio de tubería flexible de PVC que se conecta al acueducto de 400 mm que pasa por la carretera Guayaquil-Nobol.



**Foto 2: Tubería PVC domiciliar del sector de Barrio Lindo**

El líquido vital llega con baja presión. Esta pérdida de presión es provocada por el mal estado de la tubería y diámetro no adecuado.

#### **8.1.4. Agua servida**

El sector de Barrio Lindo no cuenta con un sistema de alcantarillado para la recolección de sus aguas servidas. Los habitantes han construido pozos sépticos en cada una de sus casas para la recolección de aguas servidas.

#### **8.1.5. Aguas lluvia**

El sistema de alcantarillado para la recolección de aguas lluvias que se generen en el sector de Barrio Lindo es precario, como se puede apreciar en las fotos #3 y #4. Las calles han sido rellenadas complicando aún más la evacuación del agua.



**Foto 3: Canales de evacuación y sumideros para aguas lluvias del sector de Barrio Lindo en mal estado**

#### **8.1.6. Desechos sólidos**

La recolección de desechos sólidos del sector de Barrio Lindo se la realiza con carros

recolectores del municipio de Nobol los días martes jueves y sábados.



Foto 4: Recolección de desechos sólidos por el Municipio de Nobol

#### 8.1.7. Telefonía

El servicio de Telefonía del sector de Barrio Lindo, es suministrado por la empresa pública CNT. No todos los habitantes han adquirido este servicio.



Foto 5: Servicio de telefonía por cable de CNT

### 8.1.8. Energía eléctrica

La Energía Eléctrica en el sector de Barrio lindo, es suministrada por la empresa pública CNEL EP. Por medio de cableado aéreo, postes de hormigón, postes improvisados de madera y caña.



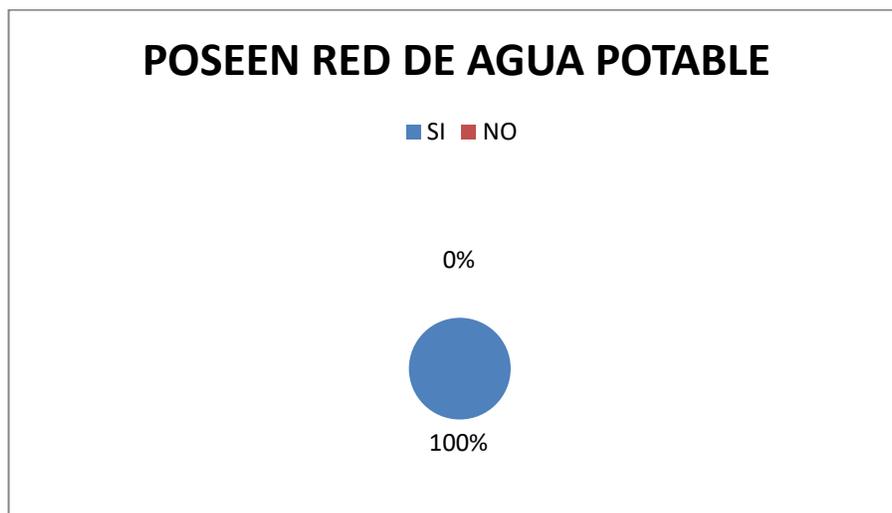
**Foto 6: El servicio de Energía Eléctrica por CNEL EP, Medidores digitales de Energía, Cableado aéreo y Transformadores de corriente**

### 8.1.9. resultados de encuesta

El 18 de noviembre de 2016 se efectuó la encuesta en la población de Barrio Lindo, se hizo la encuesta al 18% de las familias de un total de 140. Los resultados de la encuestas se presentan a continuación.

**Tabla 6: Número de persona encuestada**

Poseen agua potable	
Respuesta	# de persona encuestada
Si	25
No	0
Total	25

**Gráfico 1: Red de agua potable****Tabla 7: Está satisfecho con el abastecimiento de agua potable**

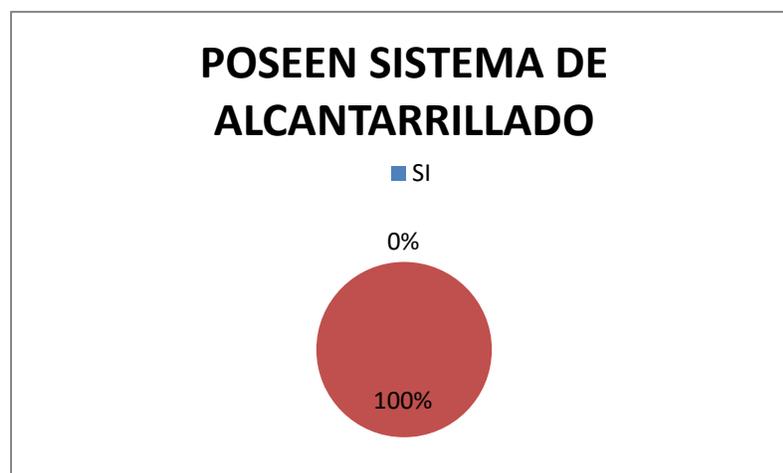
Respuesta	# de persona encuestada
Si	10
No	13
Indiferente	2
Total	25



**Gráfico 2: Abastecimiento de agua potable**

**Tabla 8: Poseen sistema de alcantarillado sanitario**

Respuesta	# de persona encuestada
Si	0
No	25
Total	25



**Gráfico 3: Sistema de alcantarillado**

## **CAPITULO IX -**

### **9.1. EPANET**

Es un programa de ordenador, desarrollado por la U.S. EPA, que realiza simulaciones en periodos extendidos (o cuasiestáticos) del comportamiento hidráulico y la calidad del agua en redes de tuberías a presión. Una red puede estar construida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. EPANET permite seguir la evolución del flujo del agua en las tuberías, de la presión de los nudos de demanda, del nivel del agua en los depósitos, y de la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución durante un período prolongado de simulación. Además de las concentraciones, permite también determinarlos tiempos de permanencia del agua en la red y su procedencia desde los distintos puntos de alimentación.

**EPANET** ha sido diseñado como una herramienta de investigación para mejorar el conocimiento del movimiento y evolución de los constituyentes del agua en el interior de los sistemas de distribución. El módulo de calidad del agua EPANET permite modelizar fenómenos tales como la reacción de los constituyentes en el seno del agua, la reacción con las paredes de las tuberías, y el transporte de masa entre las paredes y el fluido trasegado.

El programa EPANET es un simulador dinámico en período extendido para redes hidráulicas a presión compuesto por:

- ✓ Un módulo de análisis hidráulico que permite simular el comportamiento dinámico de la red bajo determinadas leyes de operación. Admite tuberías (tres opciones para el cálculo de las pérdidas), bombas de velocidad fijas y variable, valvula de estrangulación, reductoras, sostenedora, controladoras de caudal, rotura de carga, depósitos de nivel fijo o variables, leyes de control temporales o de consignas de presión o nivel, curvas de modulación, etc.
- ✓ Un módulo para el seguimiento de la calidad del agua através de la red. Admite contaminantes reactivos y no reactivos, cálculos de concentraciones, procedencias y tiempos de permanencia.

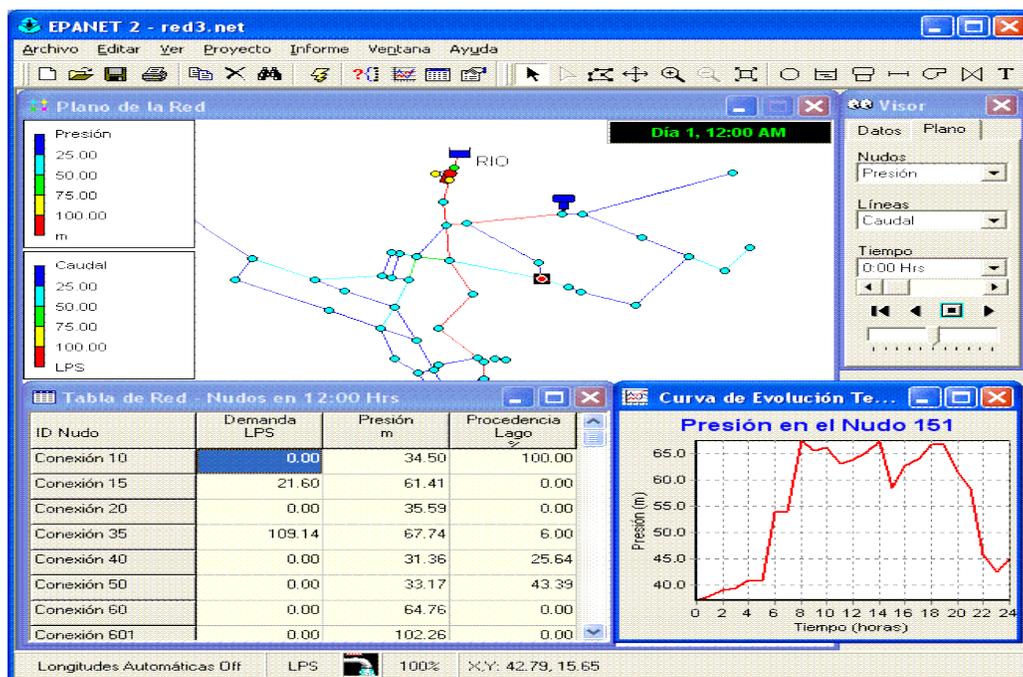


Gráfico 4: (Plano de red, Tabla de red – Nudos, Curva de evolución).

**EPANET** permite calcular:

- ✓ el caudal que circula por cada una de las conducciones,
- ✓ la presión en cada uno de los nudos,
- ✓ el nivel de agua en cada tanque,
- ✓ la concentración de diferentes componentes químicos a través de la red,
- ✓ el tiempo de permanencia del agua en las tuberías, (Alcantarillado Pluvial, 2015)

## **CAPITULO X -**

### **10.1. Diseño de la red de distribución de agua potable**

#### **10.1.1. Bases de diseño**

#### **10.1.2. Período de diseño**

Las obras civiles de los sistemas de agua potable o disposición de residuos líquidos, se diseñará. n para un período de 20 años.

Los equipos se diseñarán para el período de vida útil especificado por os fabricantes.

Se podrá adoptar un período de diseño diferente en casos justificados, sin embargo, en ningún caso la población futura será mayor que 1.25 veces la población presente.

#### **10.1.3. Población de diseño**

La población de diseño se calculará a base de la población presente determinada mediante un recuento poblacional. En función de las características de cada comunidad, se determinará la población flotante y la influencia de esta en el sistema a diseñarse.

Para el cálculo de la población futura, se empleará el método geométrico:

$$P_f = P_a * (1+r)^n$$

En donde:

**Pf:** Población futura (habitantes)

**Pa:** Población actual (habitantes)

**r:** Tasa de crecimiento geométrico de la

Población expresada como fracción decimal.

**N:** Período de diseño (años)

Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, se tomará como base los datos estadísticos proporcionados por los censos nacionales y recuentos sanitarios.

A falta de datos, se adoptarán los índices de crecimiento geométrico indicados en la tabla #9

**Tabla 9: Tasas de Crecimiento Poblacional**

Tasa de crecimiento poblacional	
Región Geográfica	R (%)
Sierra	1,0
Costa, Oriente Galápagos	1,5

### 10.1.4. Niveles de Servicio

**Tabla 10: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua disposición de excretas y residuo líquidos**

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
	AP	
0	EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario.
	AP	Grifos públicos
la	EE	Letrinas sin arrastre de agua
	AP	Grifos públicos más unidades de agua lavado de ropa y baño.
lb		Letrinas sin arrastre de agua
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
lla	AP	Conexiones domiciliars, con un grifo por casa
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
llb	AP	Conexiones domiciliars, con más de un grifo por casa.
	ERL	Sistema de alcantarillado

Simbología utilizada

AP: Agua potable

EE: Eliminación de excretas

ERL: Eliminación de residuo líquido

(NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, 2014)

### 10.1.5. Dotaciones

Tabla 11: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO L/HAB*Dia	CLIMA CALIDO L/HAB*Dia
la	25	30
lb	50	65
lla	60	85
llb	75	100

### 10.1.6. Variaciones de Consumo

#### 10.1.7. Caudal medio

El caudal medio será calculado mediante la ecuación

$$Q_m = f \times (P \times D) / 86400$$

En donde:

$Q_m$  = Caudal medio (l/s)

F = Factor de fugas

P = Población al final del período de diseño

D = Dotación futura (l/hab x día)

#### 10.1.8. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario, se calculará con la ecuación:

$$Q_{MD} = K_{MD} \times Q_m$$

En donde:

$Q_{MD}$  = Caudal máximo diario (l/s)

$K_{MD}$  = Coeficiente de flujo máximo diario

Coeficiente de flujo máximo diario ( $K_{MD}$ ) tiene un valor de

1.25, para todos los niveles de servicio.

### 10.1.9. Caudal máximo horario

El caudal máximo horario se calculará con la ecuación:

$$QMH = KMH \times Qm$$

En donde:

QMH= Caudal máximo horario (l/s)

KMH= Coeficiente de flujo máximo horario

El Coeficiente de flujo máximo horario (KMH) tiene un valor

De 3 para todos los niveles de servicio.

### 10.1.10. Fugas

Para el cálculo de los diferentes caudales de diseño, se tomará en cuenta por concepto de fugas los porcentajes indicados en la tabla 5.4

**Tabla 12: Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable**

<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>PORCENTAJE DE FUGAS (f %)</b>
la y lb	10 %
IIa y IIb	20%

(NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE,  
2014)

## CAPITULO XI -

### 11.1. . Diseño de la red de agua potable del sector de barrio lindo.

#### 11.1.1. POBLACIÓN ACTUAL.

En el SECTOR DE BARRIO LINDO; COMUNA PETRILLO; CANTÓN NOBOL; PROVINCIA DEL GUAYAS. La población actual es aproximadamente:

Po = 650 personas.

#### 11.1.2. Periodo y población de diseño.

Se ha proyectado la red para un periodo de diseño de 25 años. Se tomó una tasa de crecimiento poblacional según Tabla No.6 para región geográfica Costa, Oriente y Galápagos es de 1,5 %.

Se efectuó el cálculo de la población de diseño usando el método geométrico.

$$Pf = Po(1 + i)^{25}$$

$$Pf = 650(1 + 0.015)^{25}$$

$$Pf = 943. \text{ hab.}$$

#### 11.1.3. Cálculo del caudal medio diario

$$Q = \frac{Pob \times Dot \times f}{86400}$$

$$Q = \frac{943p \times 100 \text{ l/p/d} \times 1.2}{86400}$$

$$Q = 1.31 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Para el nivel de servicio IIb con clima cálido se tiene una dotación de  $100l/p/d$

f = factor de fugas en un nivel de servicio lib equivale a 20%

#### **11.1.4. Cálculo del caudal máximo diario**

$$QMD = KMD \times Qmd$$

$$QMD = 1.3 \times 1.31 \text{ l/s.}$$

$$QMD = 1.7 \text{ l/s.}$$

#### **11.1.5. Cálculo del caudal máximo horario**

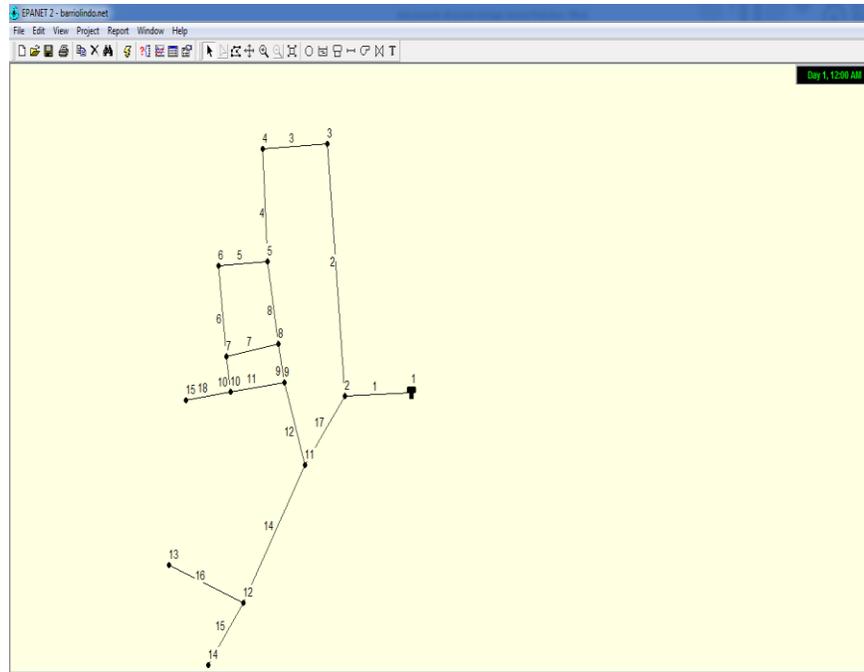
$$QMH = KMH \times Qmd$$

$$QMH = 3 \times 1.31 \text{ l/s.}$$

$$QMH = 3.93 \text{ l/s.}$$

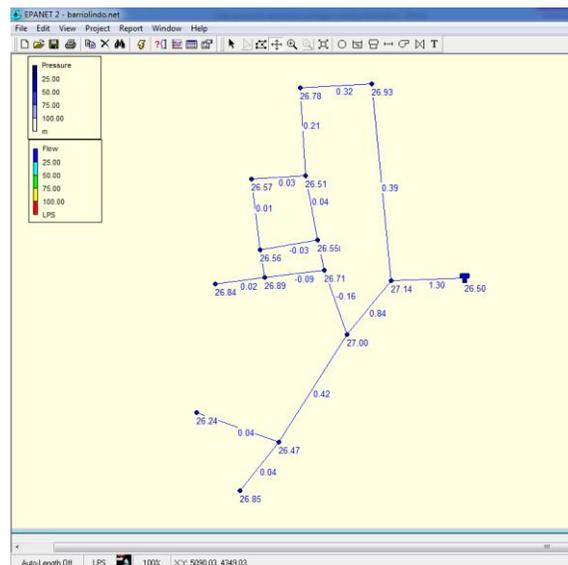
#### **11.1.6. Cálculos de EPANET**

En la siguiente Figura se aprecia la identificación de los nudos y tuberías de la red de distribución diseñada para el recinto Barrio Lindo.



**Gráfico 5: Nodos y tuberías de red**

En la siguiente Figura se observan los cálculos obtenidos de presión y caudal en cada una de los nodos y tuberías, respectivamente calculados con el programa EPANET.



**Gráfico 6: Presión y caudal**

Tabla 13: Resultado de EPANET carga ( m ) presión ( m.c.a.)

<b>Identificación nudo</b>	<b>Cota ( m )</b>	<b>Demanda ( Lps)</b>	<b>Carga ( m )</b>	<b>Presión ( m.c.a)</b>
Nudo 2	5.73	0.07	32.87	27.14
Nudo 3	5.72	0.07	32.65	26.93
Nudo 4	5.84	0.11	32.62	26.78
Nudo 5	5.78	0.13	32.29	26.51
Nudo 6	5.72	0.02	32.29	26.57
Nudo 7	5.72	0.06	32.28	26.56
Nudo 8	5.74	0.04	32.29	26.55
Nudo 9	5.58	0.05	32.29	26.71
Nudo 10	5.4	0.05	32.29	26.89
Nudo 11	5.32	0.26	32.32	27.00
Nudo 12	4.64	0.34	31.11	26.47
Nudo 13	4.85	0.04	31.09	26.24
Nudo 14	4.25	0.04	31.10	26.85
Nudo 15	5.44	0.02	32.28	26.84
Nudo 1	6.5	NA	33.00	26.50

Es necesario indicar que el programa EPANET indica erróneamente la presión de 26.50 en el sitio del Tanque 1, debido a que esto no es un Tanque sino un punto de conexión o de alimentación del sistema desde la tubería existente de diámetro 400 mm.

Tabla 14: Resultado de EPANET Diámetro, caudal y velocidad

Identificación Nudo	Longitud	Diámetro (mm)	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)
Tubería 2	182	50	0.39	0.20
Tubería 3	37.8	50	0.32	0.16
Tubería 4	94.81	32	0.21	0.26
Tubería 5	40.3	32	0.03	0.04
Tubería 6	60	32	0.01	0.02
Tubería 7	39.4	32	0.03	0.04
Tubería 8	58	40	0.04	0.03
Tubería 9	18.5	32	0.03	0.03
Tubería 10	19	32	0.02	0.02
Tubería 11	29.2	40	0.09	0.07
Tubería 12	40.2	40	0.16	0.13
Tubería 13	295.3	40	0.42	0.33
Tubería 14	51	32	0.04	0.05
Tubería 15	102	32	0.04	0.05
Tubería 16	39.5	40	0.84	0.67
Tubería 17	38.1	32	0.02	0.02
Tubería 1	200	90	1.30	0.20

## CAPITULO XII -

### 12.1. Diseño de la red de alcantarillado sanitario

#### 12.1.1. Cálculo del caudal medio de agua servida

$$Q = C \times Q_{md}$$

$$Q = 0.8 \times 1.31 \text{ l/s.}$$

$$Q = 1.05 \text{ l/s.}$$

**12.1.2. Cálculo de la k de coeficiente de flujo máximo**

$$K = 1 + \frac{14}{4 + p^{0,5}}$$

$$K = 3.8$$

**12.1.3. Cálculo del caudal de diseño**

$$Q_{MH} = Q_{md} \times K + Q \text{ aguas infiltración} + Q \text{ aguas ilícitas}$$

$$Q_{MH} = \frac{1.05L}{s} \times 3.8 + 0.17 + 0.08 \quad Q_{MH} = 4.22 \text{ L/S}$$



Pozo N°	Long. m	Area ha	AS ..	Dens. hab/ha	POBLACION		Dot. lit/día	Factor Cofecic	AGUAS SERVIDAS			Caudal Infiltración Agua litras/lis	Caudal Agua litras/lis	Caudal Diseño litras/lis	φ mm	I 0.0	TUBO LLENO		q V	v m/s	H m	R m	COTAS		CORTE	
					Parcial Habitanes	Acum. Habitanes			Parcial litras/lis	Acum. litras/lis	Kxq litras/lis						V m/s	Q litras/lis					msnm	msnm		
P4																							5.39	3.89	1.70	
	87.60	0.28	0.800	207	58	58	100	1.2	3.80	0.05	0.05	0.24	0.03	0.01	0.29	0.3	0.21	6.71	0.043	0.418	0.09	0.26	0.05	0.15		
P5																							5.73	3.63	2.10	
P5																							5.73	3.63	2.20	
	38.80	0.12	0.800	383	46	104	100	1.2	3.80	0.04	0.09	0.41	0.04	0.02	0.47	0.3	0.21	6.71	0.070	0.493	0.11	0.12	0.05	0.15		
P3																							5.51	3.41	1.90	

## **CAPITULO XIII -**

### **13.1. Diseño de la red de alcantarillado pluvial**

#### **13.1.1. Parámetros de diseño.**

#### **13.1.2. Periodo de diseño.**

Se ha proyectado el sistema de alcantarillado pluvial para un periodo de diseño de 25 años.

#### **13.1.3. Área del proyecto.**

El proyecto tiene un área de 2.83 Hectáreas incluyendo las áreas pobladas y no pobladas cuantificadas de acuerdo a la distribución determinada en las planimetrías de los planos del sector.

#### **13.1.4. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial.**

##### **a) caudal de diseño (Q)**

Para el cálculo de los caudales de diseño se utilizara la fórmula del método racional, este método establece que el caudal superficial producido por una precipitación es:

$$Q = 2.78 \times C \times I \times A$$

Dónde:

Q = Caudal que escurre superficialmente en m<sup>3</sup>/seg.

C = Coeficiente adimensional de escurrimiento superficial que depende de las características físicas de la cuenca.

I = Intensidad media de la lluvia en mm/h.

A = Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

### b) Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento C es la relación entre los volúmenes totales de escurrimiento superficial y los volúmenes de precipitación durante el periodo de lluvia. En su determinación se deben considerar las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores. La determinación de este coeficiente C, debería hacerse mediante ensayos directos, ante la imposibilidad, podrá obtenerse de los valores de la tabla 16:

**Tabla 16: Coeficientes de escurrimiento superficial**

Tipo de zona	Valor de "c"
Zona comerciales o densamente poblada	0.70 - 0.90
Zona adyacente a las anteriores	0.50 - 0.70
Zona residenciales con casas separadas	0.25 - 0.50
Zonas suburbanas no desarrolladas totalmente	0.11 - 0.25

( Carlos Araujo, 2013)

Para nuestro proyecto el valor de C a utilizar es 0.50.

### c) Tiempo de concentración

Tiempo en minutos que tarda la gota teórica de agua para ir del punto más alejado de la cuenca de drenaje hasta el punto de concentración considerado. Es la suma de los tiempos de entrada y de trayecto en las alcantarillas.

$$t_c = 0,9545(L^3/H)^{0,385}$$

Dónde:

**tc** = Tiempo de concentración (min)

**L** = Longitud (km)

**H** = Diferencia de altura (m)

#### **d) Intensidad de lluvia**

El espesor de la lámina de agua caída por unidad de tiempo es llamado intensidad de lluvia, suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. La intensidad de lluvia es medida en mm / hora.

Para el cálculo de la intensidad de lluvia, es necesario conocer las curvas de intensidad –duración – frecuencia del sector en estudio; en nuestro caso la municipalidad no cuenta con estas curvas, por lo que utilizaremos las fórmulas de la estación de Daule para calcular la intensidad máxima de un lugar cercano a la comunidad del sector de BARRIO LINDO.

En la tabla del Manual para la Estación de Daule encontramos las siguientes fórmulas que nos servirán para el cálculo de la Intensidad de lluvia.

**5 a 25 min:**

$$i = 4,54 \frac{T^{0,19}}{t^{0,61}}$$

**25 a 120 min:**

$$i = 11,37 \frac{T^{0,17}}{t^{0,86}}$$

Dónde:

**i** = Intensidad de lluvia en mm/h.

**t** = Duración de la lluvia en min.

**T** = Tiempo de retorno en años.

**e) Área de drenaje.**

El área de drenaje se obtiene graficándolas en programa AutoCAD, las respectivas áreas aferentes a cada tramo del colector. Las mismas que se obtendrán del plano digitalizado



Tabla 18: Cálculos hidráulico de red colector 2 en barrio lindo

CALCULOS HIDRAULICOS DE RED COLECTORA 2 EN BARRIO LINDO																															
ALCANTARILLADO PLUVIAL CON PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS																															
CALLE	PONO #	AGUAS LLUVIAS										CAUDAL						DISEÑO DE TUBERIA								CORTES					
		AREA		TIEMPO		COEF		AREA EQUIV		P278		CAUDAL		DISEÑO		DAME		J		SECCION LLENA		DATOS HIDRAULICOS				TIEMPO		DAME		CORTES	
		PARCIAL	A (Ha)	CONCE	ESCORR	C	PARCIAL	ACUMUL	ls/ha	Q	ls	q	Q	ls	mm	%	V	ils	Q	qIQ	vIV	v	H	de flujo	mm	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
		m	7	min	8	8	9	10	11	12	15	1	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	1	4	5	7	8	9	10	11	12	15	1	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	C4																														
	Tramo 1	90,0	0,280	10,00	0,80	0,280	0,280	389,200	87,18	87,18	400	0,20	0,88	110,111	0,792	1,128	0,99	0,18	1,517	PVC	400	5,59	5,73	4,29	4,11	1,30	1,62				
	C5																														
	C5																														
	Tramo 2	39,2	0,120	11,52	0,80	0,120	0,400	389,200	124,54	124,54	400	0,70	1,64	205,998	0,605	1,132	1,86	0,27	0,352	PVC	400	5,73	5,31	4,11	3,84	1,62	1,47				
	C6																														

F= 5 años  
PVC/ε= 0,011

### 13.1.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se elaboró un diseño del sistema de recolección del agua servida generada en la población de Barrio Lindo con diámetros y pendientes aceptables, siguiendo las Normas y Criterios de diseño vigentes en el Ecuador y a nivel mundial.

- Se encontraron presiones altas en los nudos del diseño del sistema de distribución de agua potable, debido principalmente a que la población se abastecería de una conexión de la tubería madre que va a Petrillo desde la Planta La Toma.
  
- Se elaboró un diseño del sistema de recolección del agua servida generada en la población de Barrio Lindo con diámetros y pendientes aceptables, siguiendo las Normas y criterios de diseño vigentes en el Ecuador y a nivel mundial.
  
- El sistema de recolección de agua lluvia fue diseñado para descargar una lluvia fuerte de periodo cada 10 años, por eso el diámetro de la tubería de descarga salió de 700 mm. Además, el sistema deberá contar al final de la descarga una válvula tideflex, con el fin de evitar el refluo del agua del canal hacia el interior del sistema de alcantarillado pluvial proyectado.

- Se recomienda efectuar el diseño y posterior construcción de una Planta de Tratamiento de aguas residuales para que ésta reciba las aguas recolectadas del sistema de alcantarillado diseñado. Con la implementación de la Planta el agua que salga de ésta cumplirá los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua tal como lo estipula el Acuerdo Ministerial vigente del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.
  
- Se recomienda que los diseños sean cumplidos íntegramente por la contratista encargada de su ejecución, para lo cual ésta deberá cumplir las especificaciones técnicas de las obras.

## Bibliografía

- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (22 de 01 de 2013).
- Estudio de Impacto Ambiental . (11 de Mayo de 2014). Obtenido de <http://docplayer.es/8450767-Ficha-tecnica-del-estudio-de-impacto-ambiental.html>
- Alcantarillado Pluvial. (26 de mayo de 2015). Obtenido de <http://documents.mx/education/alcantarillado-pluvial.html>
- Diseño Alcantarillado Pluvial . (12 de Julio de 2015). Obtenido de <http://myslide.es/documents/disenio-alcantarillado-pluvial.html>
- Enciclopedia del Ecuador. (13 de Octubre de 2015). Obtenido de <http://enciclopedia.webdesignec.com/articulos/category/uncategorized/page/30/>
- Guia de Diseño de redes de Distribución en Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua. (2015). Lima.
- Conagua Comisión Nacional del Agua. (7 de Julio de 2017). Obtenido de <http://www.gob.mx/conagua>
- Organización Mundial de la salud. (24 de Junio de 2017). Obtenido de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/mdg1/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/)
- Agua, S. (2014). NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. Guayaquil.
- Araujo, C. (2013). Diseño de Alcantarillado Pluvial. Colta.
- Benitez, M. A., & Álvarez, M. A. (5 de 12 de 2010). Hidráulica de Tubería. Obtenido de Redes Ramificada: <http://es.slideshare.net/MarcoAntoniolvarezBenitez/c256-c619d01>
- Bravo Cedeño, G. (2015). Universidad Estatal . Manabí.
- Diseño Alcantarillado Pluvial. (12 de Julio de 2015). Obtenido de <http://myslide.es/documents/disenio-alcantarillado-pluvial.html>
- Estrada Ycaza, J. (s.f.). Guía Historica de Guayaquil. Tomo II.

Manual de Diseño para Proyectos de Hidraulica. (09 de 2013). Obtenido de <http://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-deHidraulica.pdf>

Mendez, J. (15 de Julio de 2012). Alcantarillado Pluvial. Obtenido de <http://www.slideshare.net/carlos1237/alcantarillado-pluvial>

NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. (2014). Guayaquil.

Pezantes, P. (2015). Guayaquil.

Ramos, L. (31 de Julio de 2012). Caracteristicas Generales de los Sistemas de Alcantarillado. Obtenido de <https://www.slideshare.net/orbirtel/caracteristicas-generales-de-los-sistemas-de-alcantarillado>

**ANEXO 1**

**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

<b>CUADRO DE COORDENADAS</b>			
<b>TESIS-BARRIO LINDO-PETRILLO</b>			
<b>PUNTOS</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTAS</b>
2	9783239	610020,7	4,939
3	9783239	610020,7	4,934
4	9783255	609972,2	5,442
5	9783248	609970,3	5,526
6	9783242	609959,8	5,778
7	9783255	609949,1	5,713
8	9783257	609947,3	5,616
9	9783255	609946,2	5,43
10	9783279	609943,8	5,318
11	9783286	609942,9	5,301
12	9783297	609941,5	5,762
13	9783297	609944,6	5,597
14	9783299	609942	5,618
15	9783298	609939,1	5,539
16	9783295	609936,9	5,693
17	9783291	609932,5	5,664
18	9783292	609932	5,475
19	9783292	609932	5,642
20	9783285	609926,9	5,625
21	9783285	609925,8	5,408
22	9783279	609922,2	5,597
23	9783269	609915,7	5,51
24	9783271	609916,1	5,314
25	9783263	609911,5	5,264
26	9783268	609914,2	5,477
27	9783262	609902,4	5,219
28	9783263	609902,8	5,204
29	9783257	609896,3	5,343
30	9783266	609903,2	5,421
31	9783275	609909,9	5,544
32	9783275	609910,4	5,305
33	9783276	609910,5	5,317
34	9783282	609914	5,423
35	9783282	609915,4	5,399

<b>CUADRO DE COORDENADAS</b>			
<b>TESIS-BARRIO LINDO-PETRILLO</b>			
<b>PUNTOS</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTAS</b>
36	9783281	609915,1	5,343
37	9783283	609914,7	5,596
38	9783291	609922	5,643
39	9783290	609922,8	5,414
40	9783291	609922,4	5,648
41	9783306	609936,7	5,734
42	9783311	609934,3	5,61
43	9783322	609932,5	5,668
44	9783332	609931,5	5,807
45	9783331	609932,4	5,797
46	9783348	609929,8	5,789
47	9783360	609928,4	5,885
48	9783370	609930	5,698
49	9783378	609928,5	5,567
50	9783388	609927,2	5,597
51	9783395	609926	5,431
52	9783403	609924,9	5,685
53	9783489	609946,6	5,274
54	9783488	609945,2	5,318
55	9783481	609925,1	5,646
56	9783481	609923,6	5,788
57	9783312	609941	4,811
58	9783313	609942,9	5,635
59	9783312	609942,7	5,615
60	9783293	609954,4	5,754
61	9783293	609956,1	5,736
62	9783258	609909,8	5,338
63	9783259	609909,2	5,161
64	9783258	609908,8	5,124
65	9783176	609833,3	5,161
66	9783173	609828,9	5,009
67	9783145	609805,4	5,083
68	9783159	609809,8	4,996
69	9783165	609812,6	5,205

<b>CUADRO DE COORDENADAS</b>			
<b>TESIS-BARRIO LINDO-PETRILLO</b>			
<b>PUNTOS</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTAS</b>
70	9783165	609812,8	5,201
71	9783172	609817,9	5,2
72	9783177	609824	4,997
73	9783179	609824,2	5,15
74	9783187	609831,2	5,153
75	9783192	609836,1	5,176
76	9783197	609841,2	5,194
77	9783201	609846	5,12
78	9783207	609850,6	5,139
79	9783219	609863,6	4,952
80	9783226	609867,8	5,116
81	9783235	609876,1	5,132
82	9783235	609877,4	5,112
83	9783240	609880	5,128
84	9783243	609883,5	5,128
85	9783243	609884,7	5,167
86	9783248	609887,6	5,155
87	9783248	609889,3	4,952
88	9783263	609902,9	5,131
89	9783275	609909,8	5,471
90	9783284	609905,3	5,584
91	9783286	609905	5,447
92	9783288	609903,3	5,66
93	9783295	609901,4	5,656
94	9783295	609902,5	5,447
95	9783304	609900,1	5,729
96	9783311	609898,9	5,739
97	9783311	609900	5,519
98	9783312	609898,7	5,527
99	9783312	609899,8	5,54
100	9783314	609899,1	5,573
101	9783327	609897,2	5,562
102	9783328	609897,6	5,556

<b>CUADRO DE COORDENADAS</b>			
<b>TESIS-BARRIO LINDO-PETRILLO</b>			
<b>PUNTOS</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTAS</b>
103	9783326	609896,9	5,602
104	9783328	609896,1	5,798
105	9783288	609910,1	5,645
106	9783287	609909,6	5,41
107	9783268	609914,2	5,293
108	9783293	609908,9	5,542
109	9783297	609908,8	5,572
110	9783307	609907,6	5,634
111	9783312	609906,9	5,679
112	9783319	609905,7	5,74
113	9783319	609904,6	5,513
114	9783328	609903,9	5,736
115	9783357	609899,3	5,602
116	9783386	609895	5,763
117	9783429	609888,7	5,633
118	9783483	609883	5,687
119	9783482	609881,5	5,886
120	9783482	609879,8	5,5012
121	9783481	609879,1	5,4885
122	9783483	609878,2	5,696
123	9783478	609878,6	5,7073
124	9783478	609879,6	5,5309
125	9783471	609879	5,7158
126	9783442	609881,4	5,7897
127	9783433	609882,4	5,7807
128	9783426	609883,1	5,8253
129	9783423	609884,1	5,5955
130	9783422	609883,5	5,8189
131	9783416	609884,1	5,8415
132	9783409	609885,2	5,8644
133	9783403	609886,1	5,873
134	9783387	609888,1	5,9481
135	9783387	609889	5,7251

<b>CUADRO DE COORDENADAS</b>			
<b>TESIS-BARRIO LINDO-PETRILLO</b>			
<b>PUNTOS</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTAS</b>
136	9783387	609888,6	5,7218
137	9783386	609888,3	5,7223
138	9783381	609889,2	5,7025
139	9783381	609889,9	5,7135
140	9783381	609890,3	5,7316
141	9783381	609889,1	5,9138
142	9783387	609888,7	5,927
143	9783370	609890,5	5,889
144	9783360	609892	5,866
145	9783350	609893,5	5,842
146	9783340	609894,6	5,809
147	9783326	609893,5	5,521
148	9783325	609884,7	5,688
149	9783323	609872,8	5,696
150	9783322	609872,9	5,724
151	9783313	609874,5	5,421
152	9783313	609875,2	5,421
153	9783310	609856,9	5,702
154	9783308	609852,7	5,763
155	9783297	609841,7	5,366
156	9783300	609843,6	5,442
157	9783300	609860,2	5,495
158	9783303	609875,7	5,652
159	9783304	609875,7	5,398
160	9783305	609876,1	5,397
161	9783308	609890,7	6,025
162	9783268	609914,2	5,124
163	9783169	609827,1	5,068
164	9783160	609819,8	5,101
165	9783155	609815,3	4,94
166	9783150	609812,2	5,096
167	9783142	609806	5,044
168	9783142	609806	5,044

<b>CUADRO DE COORDENADAS</b>			
<b>TESIS-BARRIO LINDO-PETRILLO</b>			
<b>PUNTOS</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTAS</b>
169	9783131	609798,2	4,99
170	9783127	609793,6	4,723
171	9783126	609793,9	4,991
172	9783121	609789,6	4,912
173	9783113	609782	4,888
174	9783104	609773,2	5,001
175	9783100	609769,2	5,064
176	9783096	609763,8	4,605
177	9783095	609763,2	4,812
178	9783090	609757,9	4,76
179	9783085	609752,9	4,765
180	9783079	609746,4	4,712
181	9783074	609740,5	4,821
182	9783065	609730,9	4,64
183	9783059	609723,1	4,621
184	9783062	609724,6	4,414
185	9783061	609723,3	4,405
186	9783054	609717,3	4,659
187	9783055	609716,9	4,666
188	9783047	609708,7	4,599
189	9783047	609706,8	4,38
190	9783061	609716,7	4,638
191	9783068	609731,9	4,636
192	9783118	609775,7	4,717
193	9783113	609770,1	4,693
194	9783108	609765,1	4,67
195	9783104	609760,4	4,508
196	9783101	609758,8	4,439
197	9783099	609754,9	4,623
198	9783091	609746,3	4,623
199	9783086	609739,7	4,61
200	9783082	609735,1	4,606
201	9783078	609730,5	4,571
202	9783072	609725,1	4,55

<b>CUADRO DE COORDENADAS</b>			
<b>TESIS-BARRIO LINDO-PETRILLO</b>			
<b>PUNTOS</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTAS</b>
203	9783071	609723,4	4,579
204	9783064	609716,7	4,345
205	9783063	609714,7	4,359
206	9783063	609715,2	4,353
207	9783064	609715,2	4,576
208	9783070	609701,8	4,615
209	9783074	609689,5	4,691
210	9783078	609680,4	4,75
211	9783084	609664,9	4,634
212	9783087	609655,7	4,68
213	9783091	609645,4	4,599
214	9783095	609636,4	4,597
215	9783097	609626,5	4,849
216	9783097	609615,9	5,169
217	9783090	609618,6	4,855
218	9783075	609666,3	4,566
219	9783070	609680	4,766
220	9783068	609686	4,51
221	9783065	609692	4,682
222	9783060	609701,5	4,779
223	9783057	609708,2	4,588
224	9783059	609709,2	4,376
225	9783057	609709,5	4,358
226	9783058	609710,5	4,64
227	9783050	609704,2	4,3
228	9783047	609700,8	4,495
229	9783037	609694,2	4,397
230	9783035	609693,5	4,395
231	9783030	609688,7	4,347
232	9783022	609685,7	4,107
233	9783022	609684,6	4,175
234	9783014	609685,6	4,264
235	9783012	609685,2	4,202
236	9783023	609692,3	4,321

<b>CUADRO DE COORDENADAS</b>			
<b>TESIS-BARRIO LINDO-PETRILLO</b>			
<b>PUNTOS</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTAS</b>
237	9783031	609697,2	4,394
238	9783037	609701,5	4,459
239	9783035	609698,7	4,211
240	9783483	609882,9	5,772
241	9783477	609884,7	5,554
242	9783478	609885,2	5,549
243	9783478	609884,8	5,551
244	9783476	609886,3	5,841
245	9783480	609914,9	5,71
246	9783483	609921,4	5,503
247	9783481	609923,1	5,031
248	9783488	609921	5,484
249	9783488	609913,6	5,72
250	9783488	609909,5	5,741
251	9783505	609907,7	5,787
252	9783467	609916,7	5,514
253	9783458	609919,4	5,611
254	9783450	609919,8	5,655
255	9783440	609921,1	5,741
256	9783432	609921,8	5,545
257	9783426	609922,6	5,418
258	9783419	609923,4	5,364
259	9783409	609924,5	5,458
260	9783408	609930,8	4,662
658	9783239	610020,7	4,937
659	9783239	610020,7	4,937

**ANEXO 2**  
**ENCUESTA**

**ANEXO 3**

**PLANO**