



ABSTRACT

TÍTULO:“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO SAN FERNANDO, CALLE DE LOS LIBERTADORES LUCAS TIPÁN, UBICADA EN LA PARROQUIA SANGOLQUI, CANTÓN RUMIÑAHUI PARA CONOCER SUS FALENCIAS Y PLANTEAR PROPUESTAS DE SOLUCIÓN”

RESUMEN:

Objetivo:Conocer las falencias del sistema de alcantarillado del barrio San Fernando y plantear propuestas de solución

Para la evaluación del sistema se utilizó el método Manning, racional, armon mediante cálculos hidráulicos con la guía del manual de diseño de EPMAPS y RAS 2000. Como resultado de la evaluación se estableció propuestas administrativas y técnicas con la aplicación del FODA para las estrategias, elaboración de un manual de implementación, resultando el diseño de formularios. Obteniendo alternativas para solucionar los problemas presentados en el sistema de alcantarillado.

PALABRAS CLAVES:Alcantarillado, Pluvial, Sanitario, Alcantarillado separado, Estrategias, Caudal del cauce, coeficiente armon y Manning,



ABSTRACT:

TITLE: EVALUATION OF THE SEWER SYSTEM IN THE SAN FERNANDO'S NEIGHBORHOOD, LIBERTADORES LUCAS TPAN STREET, LOCATED IN THE SANGOLQUI PARISH, RUMIÑAHUI CANTON TO KNOW THEIR GAPS AND MAKE PROPOSED SOLUTION.

Objective: Know to weaknesses of the sewerage system in the San Fernando's neighborhood and make proposals for solution

For the evaluation of the sewerage system used Manning, rational, harmon methods with hydraulic calculations to guide design EPMAPS manual and RAS 2000. As a result of the evaluation it established administrative and technical proposals with the application of DAFO for strategies, development of a manual implementation, resulting form design. Getting alternatives to solve the problems in the sewer system.

WORDS:Sewerage, Stormwater, Sanitation, Sewer separately, strategies, channel flow rate coefficient and Manning harmon,



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA**
COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA



**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Investigación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Civil

TEMA: “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO
SAN FERNANDO, CALLE DE LOS LIBERTADORES LUCAS TIPÁN, UBICADA
EN LA PARROQUIA SANGOLQUI, CANTON RUMIÑAHUI PARA CONOCER
SUS FALENCIAS Y PLANTEAR PROPUESTAS DE SOLUCIÓN”

AUTOR: EDUARDO CHUQUÍN PONCE

TUTOR: ING. DIEGO FERNANDO CORONEL SACOTO

Cuenca-Ecuador

2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIA INTELECTUAL

Yo, Eduardo Chuquín Ponce autor del tema “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO SAN FERNANDO, CALLE DE LOS LIBERTADORES LUCAS TIPÁN, UBICADA EN LA PARROQUIA SANGOLQUI, CANTÓN RUMIÑAHUI PARA CONOCER SUS FALENCIAS Y PLANTEAR PROPUESTAS DE SOLUCIÓN”, certifico que todas las ideas, opiniones expuestas en el presente tema investigativo son exclusivos del autor.

Eduardo Chuquín Ponce

C.I 1001813714



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
CERTIFICADO DE AUTORÍA INTELECTUAL

ING. DIEGO FERNANDO CORONEL SACOTO

TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Por la presente dejo constancia de que he leído el Trabajo de Titulación presentado por el señor Eduardo Chuquín Poncepara optar por el título profesional de Ingeniero Civil, cuyo tema es: “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO SAN FERNANDO, CALLE DE LOS LIBERTADORES LUCAS TIPÁN, UBICADA EN LA PARROQUIA SANGOLQUI, CANTÓN RUMIÑAHUI PARA CONOCER SUS FALENCIAS Y PLANTEAR PROPUESTAS DE SOLUCIÓN”, la misma que reúne los requerimientos y los méritos suficientes para ser sometida a evaluación por el tribunal calificador.

Ing. Diego Fernando Coronel Sacoto

C.I



DEDICATORIA

Este trabajo dedico a mi esposa Emma Beatriz, a mis hijos Rony y Silvia, a mis padres Aide y Jorge, quienes me brindaron su apoyo incondicional para cumplir este sueño profesional.



AGRADECIMIENTO

A Dios por toda la bendición derramada en mi vida.

A mis maestros por brindarme sus conocimientos a lo largo de mi vida universitaria.

A mi tutor por su guía y sugerencias para realizar este proyecto de investigación.

Ya todas las personas que me brindaron su apoyo para lograr conseguir la meta de ser un profesional.



INDICE GENERAL

AUTORIA INTELECTUAL.....	iv
CERTIFICADO DE AUTORÍA INTELECTUAL	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
INDÍCE GENERAL	viii
Índice de Tabla	x
Índice de Gráficos.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT	i
TEMA.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
OBJETIVOS.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
CAPÍTULO I.....	6
1 Marco Teórico	6
1.1 Definición de Sistemas de Alcantarillado	6
1.2 Componentes del Sistema de Alcantarillado	11
1.2.1 Estructuras de captación.....	15
1.2.2 Colectores.....	15
1.2.3 Redes Secundarias.....	16
1.2.4 Conexiones Domiciliarias	17
1.2.5 Pozos o Cajas de Revisión	18
1.2.6 Sumideros.....	19
1.2.7 Descargas	19
1.3 Clasificación de los sistemas de Alcantarillado	22
1.3.1 Alcantarillados convencionales:.....	22
1.3.2 Clasificación de los alcantarillados no convencionales	27
1.3.3 Sistema de Alcantarillado In Situ.....	30
1.4 Metodologías de Evaluación del funcionamiento del Sistema de Alcantarillado	30
1.5 Instrumentos de Evaluación para el Sistema de Alcantarillado	33
CAPÍTULO II.....	35
2 Características y aspectos sanitarios de la red de sistema de alcantarillado del barrio San Fernando	36
2.1 Antecedentes de la localidad	36



2.2 Ubicación Geográfica.....	37
2.3 Caracterización de la Población	40
2.4 Clima	40
2.5 Hidrología.....	42
2.6 Estudio de Suelos	44
2.7 Aspectos Sanitarios	52
2.8 Normativa legal alrededor del sistema de alcantarillado.....	55
2.9 Red del sistema de alcantarillado	58
2.10 Descripción del sistema de red	60
CAPÍTULO III	61
3 Estudio y análisis del sistema de alcantarillado del barrio San Fernando	61
3.1 Funcionamiento del Sistema de red.....	61
3.2 Flujo del Sistema de Alcantarillado	63
3.3 Dimensiones del Sistema de Alcantarillado	64
3.4 Análisis de la red de alcantarillado en San Fernando.....	71
3.5 Diagnóstico del funcionamiento del sistema de alcantarillado	79
3.6 Características Medio Ambientales del sistema de alcantarillado	94
3.7 Problemas encontrados.....	97
CAPÍTULO IV	101
4 Alternativas de solución de las falencias encontradas en el sistema de alcantarillado de San Fernando.....	101
4.1 Propuesta de solución a los problemas encontrados	101
4.2 Estrategias de Solución	103
4.3 Mecanismos necesarios para la solución de problemas	110
4.4 Manual de implementación de las soluciones	114
4.5 Tratamiento y cuidado de los sistemas de alcantarillado	142
1.5.1 Tratamiento de aguas del sistema de alcantarillado.....	142
1.5.2 Cuidado del Sistema de Alcantarillado	149
4.6 Recursos	154
4.7 Presupuesto.....	156
CAPÍTULO V	158
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	158
5.1 Conclusiones	158
5.2 Recomendaciones.....	159
6 BIBLIOGRAFÍA.....	160
7 ANEXOS.....	167



Índice de Tabla

Tabla 1 Cronología del Sistema de Alcantarillado.....	7
Tabla 2 Evaluación del Sistema de Alcantarillado.....	32
Tabla 3 Evaluación de colectores por capacidad.....	33
Tabla 4 Barrio es Sangolqui	36
Tabla 5 Datos Climáticos de Sangolqui	41
Tabla 6 Precipitación mensual.....	42
Tabla 7 Residuos sólidos generados	53
Tabla 8 Recolección de la basura	53
Tabla 9 Usos del Agua	54
Tabla 10 Nivel de infiltración.....	63
Tabla 11 Períodos de retorno.....	64
Tabla 12 Dimensiones de la red del sistema.....	64
Tabla 13 Valores predeterminados de rugosidad de tuberías	65
Tabla 14 Revestimiento de tubería	66
Tabla 15 Género	74
Tabla 16 Servicios públicos más prioritarios	74
Tabla 17 Tipo de sistema.....	75
Tabla 18 Obras del sistema culminadas	75
Tabla 19 Implementación de obras.....	76
Tabla 20 Existencia de sistema de tratamiento de aguas.....	76
Tabla 21 Problemas presentados durante-después de ejecución de obras.....	77
Tabla 22 Implementación de sistema de tratamiento de aguas	78
Tabla 23 Diagnóstico de la red de alcantarillado	83
Tabla 24 Datos actuales de la red de alcantarillado.....	85
Tabla 25 Diagnóstico del alcantarillado sanitario	86
Tabla 26 Datos actuales alcantarillado pluvial	87
Tabla 27 Cálculos para el diagnóstico de la red de alcantarillado.....	89
Tabla 28 Población Histórica Barrio San Fernando	91
Tabla 29 Población Futura por el Método Geométrico	91
Tabla 30 Gastos (Q).....	92
Tabla 31 Evaluación medio ambiental de la red de alcantarillado	96
Tabla 32 Reasignación del Presupuesto General.....	105



Tabla 33 Necesidades Básicas Insatisfechas	105
Tabla 34 Precios de materiales para construcción alcantarillado	107
Tabla 35 Mecanismos de estrategia Administrativa.....	111
Tabla 36 Mecanismos de estrategia Técnica	112
Tabla 37 Modelo de Matriz de calificación administrativa	119
Tabla 38 Renovación Tuberías	125
Tabla 39 Datos Iniciales de diseño	128
Tabla 40 Método Geométrico.....	129
Tabla 41 Fórmulas.....	131
Tabla 42 Cálculos Hidráulicos de la Red de Alcantarillado Sanitario	133
Tabla 43 Formulario de Inspección	138
Tabla 44 Formulario de procedimientos.....	141
Tabla 45 Horario de limpieza de la Empresa Rumiñahui Aseo-EPM.....	145
Tabla 46 Recursos Técnicos para alcantarillado sanitario.....	155
Tabla 47 Recursos Técnicos para alcantarillado pluvial	155
Tabla 48 Presupuesto.....	156
Tabla 49 Cronograma	157



Índice de Gráficos

Gráfico 1. Cobertura de Alcantarillado en la Provincia de Pichincha.....	9
Gráfico 2. Pozos de Visita	12
Gráfico 3. Sifón invertido terminado.....	12
Gráfico 4. Tipos de sifón	13
Gráfico 5. Estructuras de Captación - DMQ	15
Gráfico 6. Colectores - DMQ	16
Gráfico 7. Redes Secundarias - DMQ	17
Gráfico 8. Conexiones Domiciliarias	17
Gráfico 9. Pozos - DMQ.....	18
Gráfico 10. Sumideros - DMQ	19
Gráfico 11. Descarga - DMQ	20
Gráfico 12. Sistema de Alcantarillado en el Distrito Metropolitano de Quito	21
Gráfico 13. Red de alcantarillado convencional.....	23
Gráfico 14. Sumideros pluviales	26
Gráfico 15. Sistema separado	27
Gráfico 16. Alcantarillado Simplificado	28
Gráfico 17. Alcantarillado Condominial	29
Gráfico 18. Alcantarillado Sin arrastre de sólidos.....	29
Gráfico 19. Mapa Sangolqui.....	38
Gráfico 20. Mapa San Fernando.....	39
Gráfico 21. Climograma	41
Gráfico 22. Topografía Hidrográfica.....	43
Gráfico 23. Hidrografía Sangolqui	43
Gráfico 24. Hidrografía Barrio San Fernando	44
Gráfico 25. Concentración de plomo, cromo y zinc en suelos	46
Gráfico 26. Topografía de Sangolqui	50
Gráfico 27. Topografía Barrio	51
Gráfico 28. Calles Barrio San Fernando.....	52
Gráfico 29. Sistema de red	61
Gráfico 30. Sistema de drenaje único	63
Gráfico 31. Tuberías para el sistema de red en el Barrio San Fernando	65
Gráfico 32. Sumidero de Calzada Barrio San Fernando	67



Gráfico 33. Sumidero de calzada en colector pluvial y sanitario	67
Gráfico 34 Colector Barrio San Fernando	68
Gráfico 35. Cámara de inspección.....	68
Gráfico 36. Tapas de la red de alcantarillado	69
Gráfico 37. Tapa con ventilación tipo agujero	70
Gráfico 38. Rejillas de piso y banqueteta	70
Gráfico 39. Ubicación de rejillas de piso y banqueteta	70
Gráfico 40. Calle Los Libertadores Lucas Tipán y San Marcos	72
Gráfico 41. Ubicación del alcantarillado en el Barrio San Fernando	73
Gráfico 42. Género	74
Gráfico 43. Servicios públicos más prioritarios	74
Gráfico 44. Tipo de sistema.....	75
Gráfico 45. Obras del sistema culminadas	75
Gráfico 46. Implementación de obras.....	76
Gráfico 47. Existencia de sistema de tratamiento de aguas.....	77
Gráfico 48. Problemas presentados durante-después de ejecución de obras.....	78
Gráfico 49. Implementación de sistema de tratamiento de aguas	79
Gráfico 50. Diagnóstico de la red de alcantarillado sanitario.....	82
Gráfico 52. Gastos (Q).....	93
Gráfico 53. Capacidad Hidráulica	93
Gráfico 54. Calidad de agua	95
Gráfico 55. Obstrucción en el drenaje	98
Gráfico 56. Obstrucción en la cuneta	98
Gráfico 57. Modelo de Gestión Administrativa	116
Gráfico 58. Olfatómetro	122
Gráfico 59. Proceso para elevación invertida de tubería	124
Gráfico 60. Áreas de aportación	130
Gráfico 61. Etapas de Construcción	135
Gráfico 62. Proceso de Tratamiento de aguas residuales	143
Gráfico 63. DAF	146
Gráfico 64. Proceso de solución-Red de recolección	151
Gráfico 65. Tipos de limpieza de tuberías	152



RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo investigativo sobre la “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO SAN FERNANDO, CALLE DE LOS LIBERTADORES LUCAS TIPÁN, UBICADA EN LA PARROQUIA SANGOLQUI, CANTÓN RUMIÑAHUI PARA CONOCER SUS FALENCIAS Y PLANTEAR PROPUESTAS DE SOLUCIÓN”, constan de cinco capítulos, detallados de la siguiente manera:

Capítulo I: Se refiere al Marco Teórico, se describe la definición de los sistemas de alcantarillado, los componentes del sistema de red en relación a la estructura de captación, colectores, redes secundarias, conexiones domiciliarias, cajas de inspección sumideros y descargas de las aguas, posterior, se detallan la clasificación del sistema de red como los convencionales pluvial y sanitario (separado) y no convencionales (simplificado, condominial y sin arrastre de sólidos), la descripción del alcantarillado in situ. Además de la metodología de evaluación del sistema considerando la capacidad de transporte, estabilidad del flujo, dimensiones, pendientes y tiempo de funcionamiento, con la descripción de los instrumentos de evaluación para la red.

Capítulo II: Menciona las características y aspectos sanitarios de la red del sistema de alcantarillado del barrio San Fernando, en este capítulo se describen los antecedentes del barrio, la ubicación, la población, clima, hidrología, estudio de suelos, aspectos sanitarios, normativas legales para el sistema, red del sistema y la descripción de la misma.

Capítulo III: Estudio y análisis del sistema de alcantarillado del barrio San Fernando, se detalla el funcionamiento de la red, el flujo (velocidad mínima-máxima), dimensiones del sistema (estructura, equipos y materiales), la rugosidad, diámetros de la



tubería y la estructura en general de la red de alcantarillado. Luego se presenta un análisis de los tramos de la red, la estructura, la ubicación de los pozos de inspección, posterior, se diagnostica el estado de la red, es decir, el funcionamiento. Otro aspecto que se analiza es el factor medio ambiental y finalmente los problemas presentados en el alcantarillado.

Capítulo IV: Alternativas de solución de las falencias encontradas en el sistema de alcantarillado, en esta parte se describe la propuesta de solución a problemas encontrados, para ello establece objetivos y fin que persigue la propuesta, considerando factores de solución administrativa y técnica. Luego se describe las estrategias de solución, mecanismos necesarios para solucionar los problemas, manual de implementación de soluciones, tratamiento y cuidado del sistema de alcantarillado, recursos y presupuesto.

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.

Finalmente se presenta la bibliografía utilizada durante todo el proceso de investigación del tema.



TEMA

Evaluación del sistema de alcantarillado del barrio San Fernando, calle de los Libertadores Lucas Tipán, ubicado en la parroquia Sangolqui, Cantón Rumiñahui para conocer sus falencias y plantear propuestas de solución.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente tema investigativo se trata de conocer los problemas presentados en el sistema de alcantarillado del barrio San Fernando, pues, se conoce que el sistema tiene aproximadamente 10 años de funcionamiento, principalmente el sistema de alcantarillado sanitario, hace 4 años se implementó el sistema pluvial, convirtiéndose en un sistema separado.

El sistema de alcantarillado sanitario consta de 7 pozos que se encuentran en la calle Los Libertadores Lucas Tipán (3 pozos), San Marcos (2 pozos), Sin Nombre (1 pozo) y Rio Toachi (1 pozo), al conocer que la mayoría de la población vive principalmente en la calle Los Libertadores Lucas Tipán, esto representa más del 40% de la población, pues, el sistema de esta calle no abastece a los mismos.

De igual forma el sistema pluvial consta de 7 pozos pero estos sólo llegan hasta la calle San Marcos, pues, 5 se ubican en la Libertadores Lucas Tipán y 2 en San Marcos.

A pesar que existe una planta de tratamiento que abastece al Barrio San Fernando, es decir, al tramo de estudio la calle Los Libertadores Lucas Tipán, los inconvenientes se presentaron por el incumplimiento en los horarios para la recolección de las aguas a ser tratadas.



FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué estado se encuentra, el alcantarillado de la calle de los Libertadores Lucas Tipán, ubicada en el Barrio San Fernando, Parroquia Sangolqui?

OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar el sistema de alcantarillado del barrio San Fernando, calle de los Libertadores Lucas Tipán, ubicado en la parroquia Sangolqui, Cantón Rumiñahui para conocer sus falencias y plantear propuestas de solución.

Objetivos Específicos

- Analizar y diagnosticar la red de alcantarillado del barrio que ayude a conocer los problemas existentes en el sistema.
- Conocer el criterio de los habitantes del barrio sobre el sistema de alcantarillado que ayude a tener una visión más amplia sobre el funcionamiento del mismo.
- Establecer estrategias de solución alterna que ayuden a mejorar la calidad de vida de los habitantes del barrio.
- Diseñar un manual de implementación de soluciones a problemas presentados en el sistema de alcantarillado.
- Optimizar de manera positiva el tratamiento que se realiza de las aguas residuales del barrio San Fernando.



JUSTIFICACIÓN

El presente tema investigativo sobre la Evaluación del sistema de alcantarillado del barrio San Fernando se considera importante desarrollar para conocer la situación actual de la red del sistema y proponer alternativas de solución óptima que ayude al mejoramiento del mismo, considerando el bienestar de la población del barrio, es decir, dotar del servicio al 100% de la población, ayudando en mejora las condiciones de vida de los mismos. Por tal razón, las opiniones de los habitantes se tornan relevantes

Además la importancia del tema radica en establecer solución óptima para el tratamiento de aguas residuales que a través del empleo de guías para el mantenimiento de la misma, beneficiando a la población que habita en el tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipandel barrio San Fernando.

Con las soluciones alternas ayuda a que las autoridades competentes consideren la opción de ejecutar proyectos para abastecer de servicios de la red del sistema a barrios aledaños de la parroquia Sangolqui.

El desarrollo de este tema y la aplicación de un manual de implementación de soluciones servirán como una guía alterna para futuras investigaciones relacionadas con el tema, además de brindar información del procedimiento a realizar en caso de evaluaciones aplicadas en otros barrios de la ciudad.



INTRODUCCIÓN

El sistema de alcantarillado del barrio San Fernando tiene más de 10 años de haberse instalado pero el sistema pluvial se implementó hace cuatro años. La red del sistema se encuentra principalmente ubicado en la calle Los Libertadores Lucas Tipán, consta de varios tramos, al agregarse hace cuatro años el sistema pluvial por el barrio se ha presentado inconvenientes, pues, las obras del sistema de alcantarillado se encuentran inconclusas, es decir, presenta el 40% de avance de la obra.

Las obras inconclusas son causadas porque las autoridades han dado prioridad a otros proyectos como abastecimiento de agua potable, construcción de planta de tratamiento, el presupuesto se destinó para el desarrollo de otras obras. Además de la reducción de presupuestos para los Gobiernos Autónomos Descentralizados, para este barrio las obras inconclusas se culminaran a partir del 2020, puesto, esto se menciona dentro del plan maestro.

El servicio del sistema de red de alcantarillado del barrio aporta a 304 habitantes de un total de 368. El tramo del sistema de alcantarillado comienza a 700 m de la Iglesia Carlos Gavilanes en la calle Los Libertadores Lucas Tipán en sentido norte sur, con una intersección en la calle San Marcos, la red del sistema atraviesa por el centro del barrio, pues, la vía principal se ubica en ese lugar.

El sistema pluvial se ubica en su mayoría en la vía principal pero diseñada en forma de cunetas sin rejillas, tanto en la parte derecha e izquierda de la vía, las aguas pasan por un tubo PVC.

Por tal razón, mediante el presente estudio de evaluación del sistema de alcantarillado del Barrio San Fernando, parroquia Sangolqui se pretende optimizar de manera positiva el tratamiento que se realiza de las aguas residuales del lugar y así



aportar al mejoramiento de la calidad de vida de la población y contribuir al cuidado del medio ambiente.

Además de dar a conocer a las autoridades competentes sobre los problemas presentados en este sistema, para lo cual se presenta algunas alternativas de solución en forma administrativa y técnica.



CAPÍTULO I

1 Marco Teórico

1.1 Definición de Sistemas de Alcantarillado

El sistema de alcantarillado está compuesto por una red de tuberías que se unen entre sí con la finalidad de recibir las aguas residuales que se generan en los domicilios, casas comerciales o industrias, así como también las aguas que se acumulan por efectos de la lluvia. El uso de este tipo de sistema no es nuevo, en realidad se han encontrado vestigios de su utilización en los lugares en donde se asentaron las grandes civilizaciones alrededor del mundo.

La palabra alcantarillado proviene de la palabra árabe *al-gántara* (القنطرة), que traducido al español significaría puente, o lo que en la actualidad se conoce como red de alcantarillado. Los primeros indicios que se tiene es en el siglo XIX en algunas ciudades de Europa, los mismos que fueron ideados como una manera de enfrentar los problemas epidemiológicos y de salubridad que en esa época afectaban a gran parte de la población. Sin embargo, anterior a esto, en ciudades como Grecia y Creta se han encontrado vestigios prehistóricos de lo que hoy en día se conoce como sistemas de drenaje. (ECURED, 2016)

Similar a lo que ha sucedido con todos los procesos ideados por los seres humanos, estos también han evolucionado. En la actualidad, esta red de tuberías, en esencia, sigue cumpliendo las mismas funciones pero con procedimientos, elementos y materiales distintos. Es pertinente afirmar que hoy en día se ha organizado su funcionamiento de manera más efectiva y en miras a conservar la salud de las personas y para la protección del entorno natural.



Los sistemas de alcantarillado ayudan a mantener las condiciones salubres dentro de una ciudad ya que además de recoger las aguas residuales y pluviales, en muchos casos se puede realizar un tratamiento de estas aguas para así contaminar en menor grado el medio ambiente. Cronológicamente el sistema de alcantarillado tal como se lo conoce hoy en día puede ser explicado de la siguiente manera:

Tabla 1
Cronología del Sistema de Alcantarillado

Fecha	Acontecimiento
1815	En Londres se empieza a realizar la descarga de desechos fecales en las alcantarillas.
1833	En Boston se empieza a depositar los residuos provenientes de las letrinas en las alcantarillas.
1842	Edwin Chadwick propone usar tuberías para optimizar el funcionamiento de las alcantarillas.
1842	Edwin Chadwick propone que se debe utilizar sistemas separados.
1842	En Hamburgo se construye el sistema de alcantarillado.
1847	Londres establece como obligatorio el desecho de residuos fecales en las alcantarillas.
1847	John Philips, construye sistemas separados en Inglaterra.
1850	En Londres se inicia la construcción del drenaje principal.
1857	En Brooklyn es construido el alcantarillado por Julius Adams.
1874	Herbert Shedd presenta el proyecto de alcantarillado para Providence R.I.
1876	Chosborough, Lane y Folsom realizan el estudio y proyecto para la implementación del alcantarillado en la ciudad de Boston.
1880	En Memphis, Tennessee se construye el sistema de alcantarillado separado, proyecto realizado por Waring. Sin embargo no fue exitoso por que el tamaño de las alcantarillas era demasiado pequeño.

Fuente y Elaboración: (Valdez & Vázquez, 2003)

Históricamente, alrededor del mundo la preocupación por mejorar las condiciones de vida de la población ha generado que se busque implementar nuevas y mejores maneras de tratar los residuos que diariamente se producen, en este caso, específico las aguas residuales a través de la implementación y constante mejora de los sistemas de alcantarillado.

Existen diferentes criterios que se deben tomar en cuenta para la creación de un sistema de alcantarillado, entre los que se encuentran:

- Diseño hidráulico



- Profundidades del sistema de alcantarillado
- Especificaciones para la construcción del sistema de alcantarillado
- Criterios de cálculo para el sistema, etc. (SIAPA, 2014)

En la ciudad de Quito, los primeros antecedentes datan del año 1906. Es durante la presidencia del General Eloy Alfaro que se considera como una prioridad la gestión del agua y los sistemas de alcantarillado. Se creó la Junta de Agua Potable y Canalización de Quito, la misma que ejerció sus funciones hasta 1915, año en el que el Congreso Nacional de la República estableció que la gestión de este tema debe ser responsabilidad del Municipio de la Ciudad. (EPMAPS, 2016)

En el 2008, el señor Juan Neira, gerente de la empresa de alcantarillado, expresó que “el sistema de alcantarillado del DMQ, resulta insuficiente, ya que colapsa en gran parte, en épocas de lluvia”, siendo indispensable la readecuación o mejoras en los sistemas de alcantarillado. (Ecuador Inmediato, 2008)

El crecimiento poblacional ha sido una de las razones para que el sistema sea insuficiente, generando la posibilidad de desarrollar nuevos estudios en pro de mejorar la calidad de vida de la población capitalina. El mismo gerente, afirmó que una solución alterna sería la implementación de colectores, que ayuden al mejoramiento del sistema de alcantarillado del distrito.

Por tal razón, se evidencia la necesidad de mejorar o implementar nuevos proyectos enfocados en un sistema de alcantarillado, regido por las normas de diseño, para ampliar la cobertura y la calidad del servicio. El Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, incluye éstos aspectos, inclusive cuenta con un plan maestro sobre estudios de mejora de los sistemas de alcantarillado.

En el siguiente mapa se puede observar el nivel de cobertura del servicio de alcantarillado que tiene cada uno de los cantones del Distrito Metropolitano de Quito:

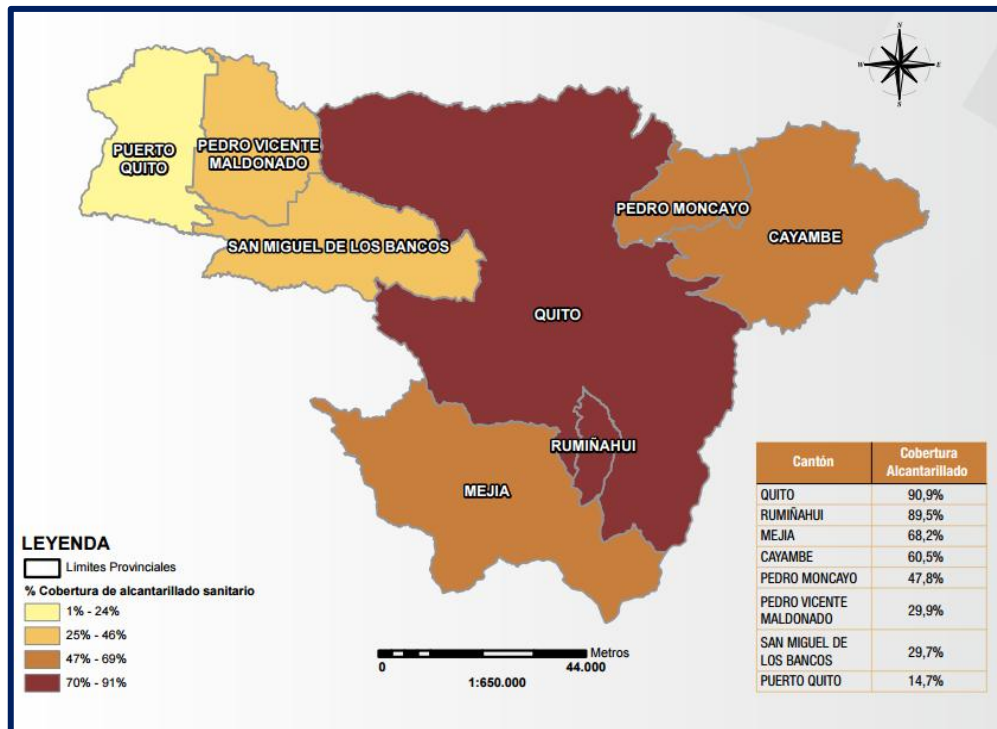


Gráfico 1. Cobertura de Alcantarillado en la Provincia de Pichincha

Fuente y Elaboración: Sistema Nacional de Información (SENPLADES), (2014).

La población que dispone del sistema de alcantarillado en la Provincia de Pichincha corresponde al 93.6%. El Cantón Quito es el mayor porcentaje de cobertura con el 90,9%. El Cantón Mejía el 68,2%, seguido del Cantón Cayambe con el 60,5%. El Cantón Pedro Moncayo con el 47,8%. Los niveles más bajos los presentan Pedro Vicente Maldonado con el 29,9%, San Miguel de los Bancos con el 29,7 % y Puerto Quito con apenas el 14,7%. En el Cantón Rumiñahui, que es el barrio en donde se ubica el barrio “San Fernando” el porcentaje alcanza el 85,9% del total de habitantes.

Según datos proporcionados por la Empresa Pública de Agua Potable y Saneamiento, el tipo de sistema que se utiliza en el Distrito Metropolitano de Quito es de tipo combinado. Realiza una recolección de aguas pluviales y residuales y su longitud alcanza los 5220 Km. En la actualidad, su caudal recibe un promedio de 5 m³ por segundo, esto apenas representa un 5% de su capacidad total. (MDMQ, 2011)



A partir del 2013, se destinó más de \$166 millones de dólares para el mejoramiento y ejecución de nuevas obras para el sistema de alcantarillado para la población del DMQ, dando un total aproximado de 539 obras, que benefician a los habitantes. (EPMAPS, 2013)

Debido a las características de la topografía de Quito, las aguas que contiene el sistema de alcantarillado se conducen por la gravedad. Una de las grandes dificultades es que estas, llegan a los ríos sin recibir ningún tipo de tratamiento, afectando las condiciones del ambiente. Además por las pendientes que presentan en el terreno y la velocidad con la que avanzan se afecta la infraestructura del alcantarillado. En definitiva el sistema de alcantarillado puede ser conceptualizado como:

Un sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir, conducir, ventilar y evacuar las aguas residuales de la población. De no existir esas redes de recolección de agua, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además, se causarían importantes pérdidas materiales. (CONAGUA, 2009)

Para el 2016, el Municipio del DMQ y EPMAPS, registran el avance en más del 60% en mejoramiento e implementación de nuevos proyectos para los sistemas de alcantarillado. A diferencia del 2011, las características del sistema de alcantarillado del DMQ, en relación a la longitud aumenta a 5.338 km, con aproximadamente 596 km entre los principales colectores, lo que significa que tiene mayor capacidad, sin embargo las lluvias intensas durante este año, han puesto en evidencia la necesidad de establecer nuevos proyectos que mejore y potencialicen su funcionamiento. En este sentido las autoridades han planteado la ejecución de un plan de contingencia.

El alcantarillado es un servicio básico que requiere de especial tratamiento y atención por parte de las autoridades. Entre mayor acceso tenga la población, mejores serán sus condiciones de vida. No se trata simplemente de una red de tuberías, es sobre todo un



medio para garantizar la salud de la población y del medio en el que habitan y desarrollan sus actividades cotidianas.

1.2 Componentes del Sistema de Alcantarillado

El sistema de alcantarillado se encuentra estructurado por diversos componentes, los mismos que cumplen funciones determinadas para que el proceso de recolección y tratamiento de las aguas residuales sea el adecuado.

Los elementos más comunes son:

- Las tuberías, de tipo metálico y no metálico, en las primeras los materiales son acero, hierro fundido y hierro dúctil, mientras que para las otras, son cerámica, fibrocemento, PVC, termoplástica, hormigón, y fibra de vidrio.
- Las conexiones son realizadas con elementos o accesorios de T de tipo común o sanitaria.
- Los Anillos son utilizados para la adaptación a la profundidad de las tuberías.
- Las descargas domiciliarias son un tipo de tubería que ayudan a desechar adecuadamente las aguas servidas, el tamaño de colector es aproximadamente 15m como máximo.
- Los pozos de visita se encuentran estructurados de tabique cilíndrico desde la parte inferior, aquí se encuentra la troncocónica, atravesada por conductos en la plataforma. (Organización Panamericana de la Salud, 2015)

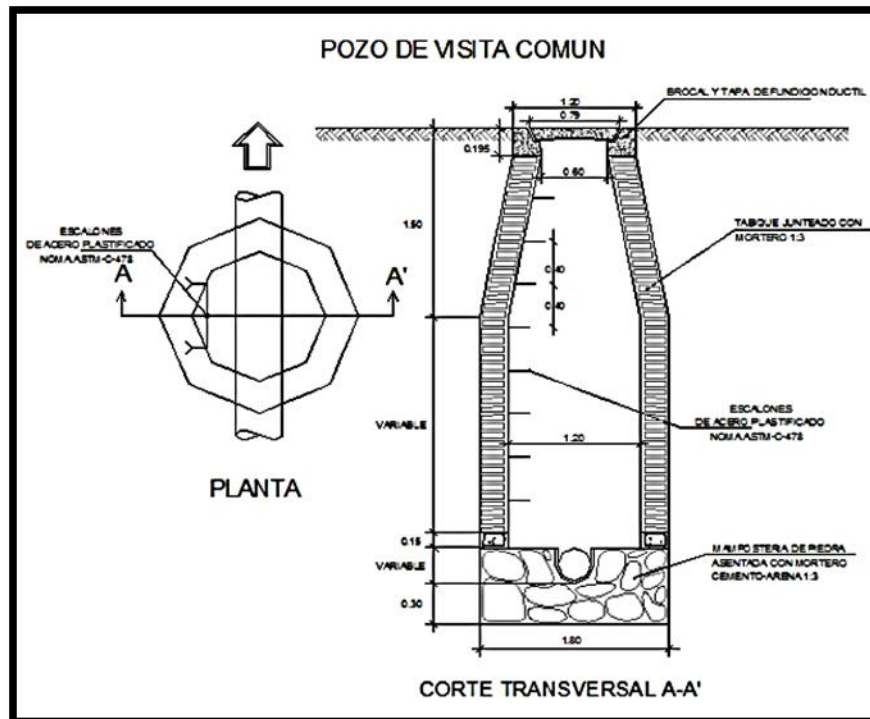


Gráfico 2. Pozos de Visita

Fuente y Elaboración: SIAPA (2014)

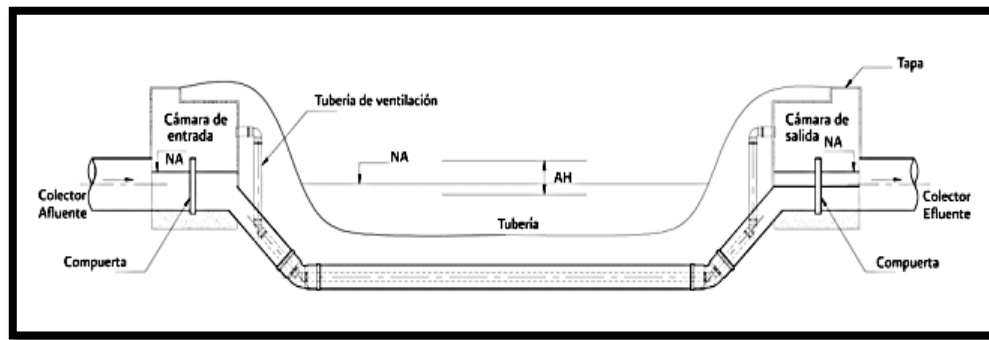
- Estructuras de caída ayudan a realizar los cambios bruscos existentes dentro de las estructuras, de tal forma, que existen varias formas como caídas libres de hasta 0,50 m, adosada desde 0,20 m hasta 0,25 m, y escalonada desde 0,50 m hasta 2,50 m. Sifones son parecidos al trapecio no tiene una base mayor pero su base menor es hacia abajo, es decir, es de tipo invertido, estos, se utilizan para los obstáculos de aguas pluviales o subterráneos. (UNAD , 2009)



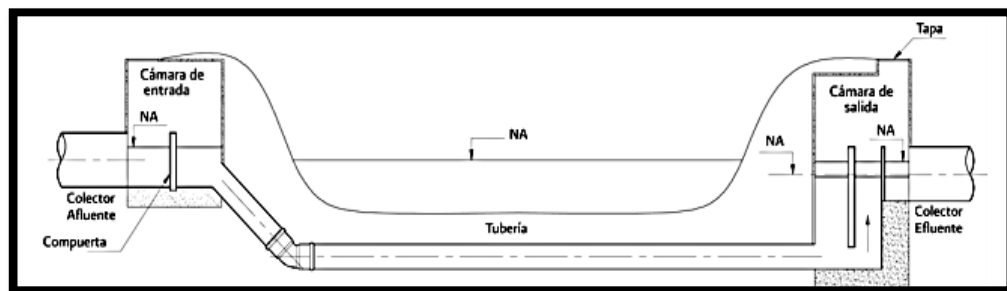
Gráfico 3. Sifón invertido terminado

Fuente y Elaboración: COEPSA (2009)

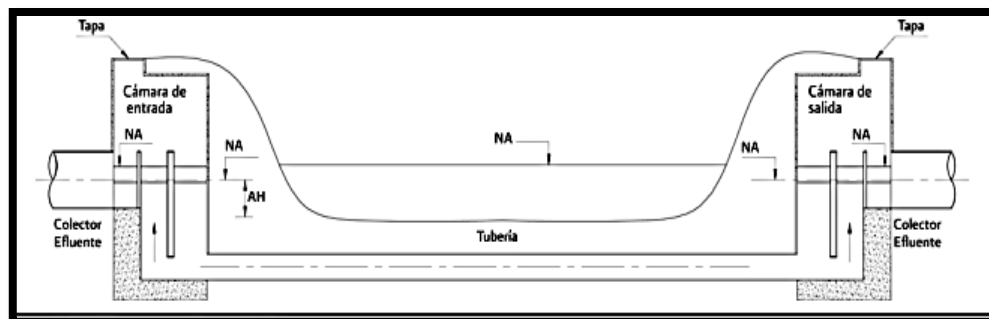
Ramas oblicuas



Pozo vertical



Ramas verticales



Cámaras de limpieza

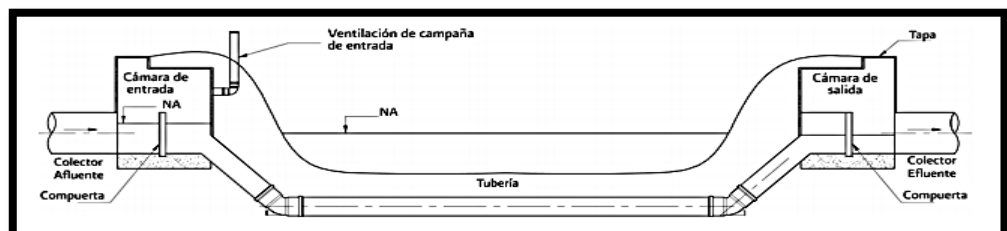


Gráfico 4.Tipos de sifón
Fuente y Elaboración: CONAGUA (2009)



- Los sifones de rama oblicua se emplean en terrenos que no posean mayor dificultad para ejecutar el proyecto del sistema de alcantarillado. Los sifones de pozos y ramas verticales son para terrenos que presentan mayor dificultad y los sifones de cámaras de limpieza son utilizados en zonas de cruce subterráneo. Para obtener una óptima auto limpieza de los sifones, se debe establecer condiciones de escurrimiento, determinando minuciosamente los caudales de aguas residuales que atraviesan por el sifón, es decir, el sifón debe soportar la presión de las aguas residuales. El diámetro mínimo recomendado para el sifón es de 150mm.
- Los cruzamientos son de tres tipos, el primero es el cruzamiento elevado, que se relaciona con el cruce por una depresión profunda, siendo un soporte para la tubería, sobretudo en cañadas de menor longitud. Mientras que el segundo, es utilizado en cruces subterráneos pero con carreteras, se realiza con concreto reforzado mediante un tipo de conducto rectangular. El tercer es el cruce subterráneo con ríos. Para evitar fallas en el sistema es recomendable utilizar tubería de acero con un tipo de concreto reforzado, es importante que las conexiones de las tuberías sigan el nivel de los ríos.

La Empresa Pública de Agua Potable y Saneamiento, en su página web, presenta la siguiente información sobre el sistema de alcantarillado:

Las redes de Alcantarillado en el Distrito Metropolitano de Quito mantienen un régimen de evacuación combinado que recolecta las aguas lluvias y servidas, funciona a gravedad y sus componentes principales son: estructuras de captación, colectores principales, redes secundarias, conexiones domiciliarias, cajas de revisión domiciliarias, pozos, sumideros y descargas. (EPMAPS, 2016)

Es importante conocer la definición de los componentes que conforman la red de alcantarillado del Distrito Metropolitano de Quito, pues, cada uno es utilizado dentro de

este sistema, para conocer mejor su funcionamiento y realizar la evaluación oportuna para tratamiento del tema planteado alrededor de esta investigación.

1.2.1 Estructuras de captación

Las estructuras de captación permiten realizar la recolección de las aguas que serán transportadas a través del sistema de alcantarillado. En algunos casos se utilizan coladeras o sumideros para que cumplan esta función. Además en los hogares se pueden usar cunetas, viseras, o diversas estructuras que ayuden a recoger las aguas y dirigir las hacia los lugares creados para el drenaje respectivo.



Gráfico 5. Estructuras de Captación - DMQ
Fuente y Elaboración: EPMAPS (2016)

1.2.2 Colectores

Los colectores son identificados como los conductos que tienen mayor tamaño, se puede decir que son la “parte medular de todo el sistema de alcantarillado”. La función que cumplen es la de recoger todas las aguas y conducir las hasta el punto de salida al cual se encuentran conectados.

Los colectores más utilizados en un sistema de alcantarillado son los colectores principales, secundarios y terciarios. Los principales son de grandes diámetros, transportando aguas servidas, los secundarios son los que recolectan aguas tercerías y trasladan a los principales. Finalmente, los colectores terciarios, son de diámetro pequeño y están conectados a las acomedidas de los domicilios. (Rincón , López, Pareja , & Balanta , 2015)



Gráfico 6. Colectores - DMQ
Fuente y Elaboración: EPMAPS (2016)

1.2.3 Redes Secundarias

También se les denomina atarjeas, son conductos de un diámetro menor al de los colectores, se colocan en la calle y reciben directamente las aguas residuales de los hogares, su diámetro menor es de alrededor de 20 cm.



Gráfico 7. Redes Secundarias - DMQ
Fuente y Elaboración: EPMAPS (2016)

1.2.4 Conexiones Domiciliarias

Las conexiones domiciliarias son de exclusiva responsabilidad del Municipio de cada ciudad, y las especificaciones técnicas son emitidas por el mismo organismo. Se encuentra conformada por elementos como: caja de registro, tubería de descarga, elemento de empotramiento.



Gráfico 8. Conexiones Domiciliarias
Fuente y Elaboración: EPMAPS (2016)

1.2.5 Pozos o Cajas de Revisión

Los pozos generalmente están contruidos a nivel del suelo, a los cuales es necesario colocarles una tapa. Su forma varía dependiendo de sus dimensiones, pero es más frecuente encontrar los que son cilíndricos en la parte inferior y cónica en la parte superior. Su tamaño permite que una persona pueda ingresar a ellas para repararlas o inspeccionar que funcionen adecuadamente. El piso tiene diferentes conductos que hacen que el flujo pueda conducirse de una tubería a otra, además tiene una escalera que permite el acceso y la salida del mismo. Están protegidos por tapas de hierro o de concreto. (Comisión Nacional de Agua, 2009)

El procedimiento de limpieza de las cajas de revisión se basa en primera instancia en la separación adecuada de elementos sólidos, seguida de aplicación del producto de limpieza y por último, se realiza la eliminación y evacuación de sedimentos en el tanquero de la cisterna para su posterior disposición final de los elementos evacuados. (Semanza, 2012)



Gráfico 9. Pozos - DMQ
Fuente y Elaboración: (EPMAPS, 2016)

1.2.6 Sumideros

Los sumideros tienen la función de recoger el agua de los bordes de las calles para que cuando llueva o existan grandes cantidades de agua estas no representen un riesgo de inundación para los diferentes barrios de la ciudad. Es importante mencionar que por su estructura, impiden que basura o cualquier otro tipo de elemento sólido, sea introducido a los colectores. Existen diferentes tipos de colectores como: sumideros de ventana o acera, de reja o calzada, mixtos o combinados y especiales.



Gráfico 10. Sumideros - DMQ
Fuente y Elaboración: (EPMAPS, 2016)

1.2.7 Descargas

Las estructuras de descarga son aquellas que representan el paso final del sistema de alcantarillado, está puede ser un espacio natural, uno creado o incluso directamente en las aguas del mar y son de dos tipos:

- **Descarga con conducto cerrado**, se la utiliza cuando es necesario que las aguas sean vertidas a una corriente que cumple con determinadas especificaciones de velocidad y dirección para evitar que el canal se tapone y provoque desbordamientos. (SIAPA, 2016)

- **Descarga con canal abierto**, se construye en base a una estructura de mampostería que se va haciendo más ancha conforme se va acercando al lugar en donde serán depositados los desechos, de esta manera se protege las condiciones naturales del sitio ya que la velocidad de las aguas va disminuyendo gradualmente, haciendo que el impacto sea menor. (SIAPA, 2016)

En relación a las normas de descargas de fluentes del sistema de alcantarillado, se prohíbe explícitamente las descargas de sustancias tóxicas o elementos que obstruyan los colectores, por ejemplo fibras, piedras, basura, gasolina, plásticos, aceites, resinas, y cualquier elemento contaminante. (Ministerio del Ambiente, 2014)

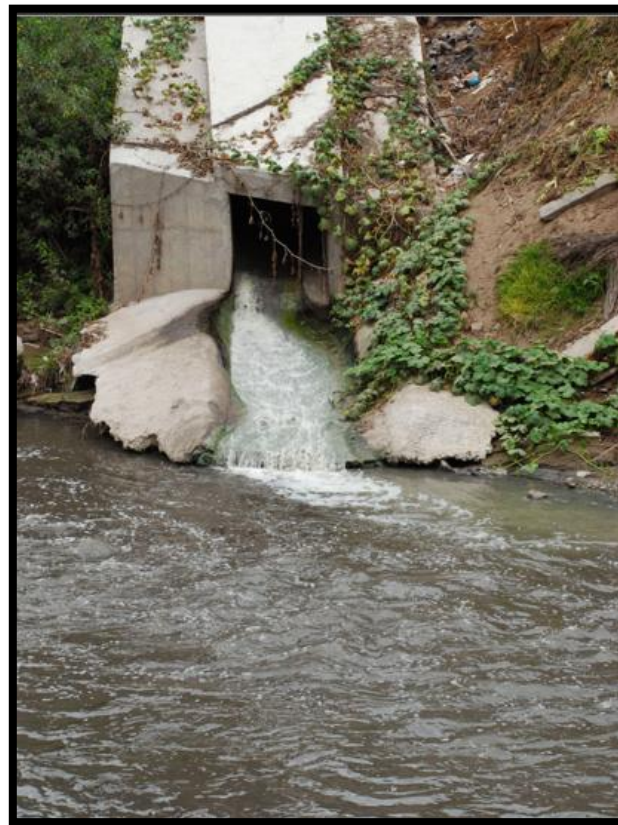


Gráfico 11. Descarga - DMQ
Fuente y Elaboración: (EPMAPS, 2016)

En el esquema que se presenta a continuación se puede observar cómo se encuentra estructurado el sistema de alcantarillado en el Distrito Metropolitano de Quito, además de los componentes que los conforman:

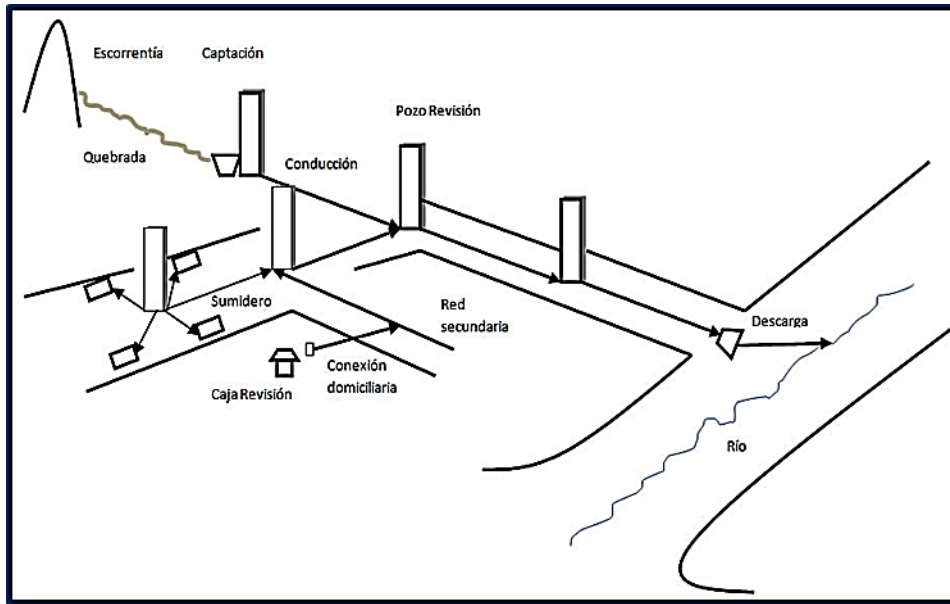


Gráfico 12. Sistema de Alcantarillado en el Distrito Metropolitano de Quito

Fuente y Elaboración: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.

Tal como se puede apreciar en el gráfico, el Distrito Metropolitano de Quito posee un terreno irregular, lo que hace necesario que su sistema de alcantarillado sea especial y se adapte a las condiciones topográficas que lo conforman. Resulta evidente que un sistema de alcantarillado en una ciudad plana, tiene un funcionamiento diferente al de una ciudad que tienen elevaciones distintas en su entorno.

Por lo tanto, el sistema de alcantarillado del DMQ, es un modelo separado debido a que, conduce las aguas residuales y las aguas de la lluvia, su capacidad es el 5%, es decir el volumen de aguas que conduce es de 5m^3 por segundo. (Municipio del DMQ, 2014)

Sin embargo de acuerdo a las demandas y especificaciones actuales el sistema de alcantarillado implementado recientemente es el separado, con la finalidad de cuidar el medio ambiente, evitar la contaminación y mejorar la calidad de vida de los habitantes de Quito.



1.3 Clasificación de los sistemas de Alcantarillado

La clasificación de los sistemas de alcantarillado ayudará a conocer y evaluar el sistema que funciona en el barrio de estudio. Previo a conocimientos teóricos de todos los tipos de sistemas se podrá enfocar en el ya existente, y posteriormente seleccionar uno de ellos, para el barrio de San Fernando. De acuerdo a las especificaciones y normas de diseño actuales del municipio, el sistema de alcantarillado en la ciudad es de tipo separado. Por lo tanto, se enfocará principalmente en el sistema de alcantarillado separado (sanitario-pluvial), los demás serán descritos en forma breve.

Los sistemas de alcantarillado se clasifican de acuerdo al tipo de función que cumplen y pueden ser de los siguientes tipos:

- Alcantarillados convencionales.
- Alcantarillados no convencionales.
- In Situ.

1.3.1 Alcantarillados convencionales:

Los alcantarillados de tipo convencional son basados en un sistema tradicional, mediante este sistema se transporta las aguas residuales y de lluvia, que posteriormente son enviados a la disposición final, es decir, al alcantarillado sanitario, pluvial y combinado. (UNAD, 2015)

En el siguiente esquema, se puede observar la red de un sistema de alcantarillado convencional, el mismo que se encuentra diseñados de la siguiente manera:

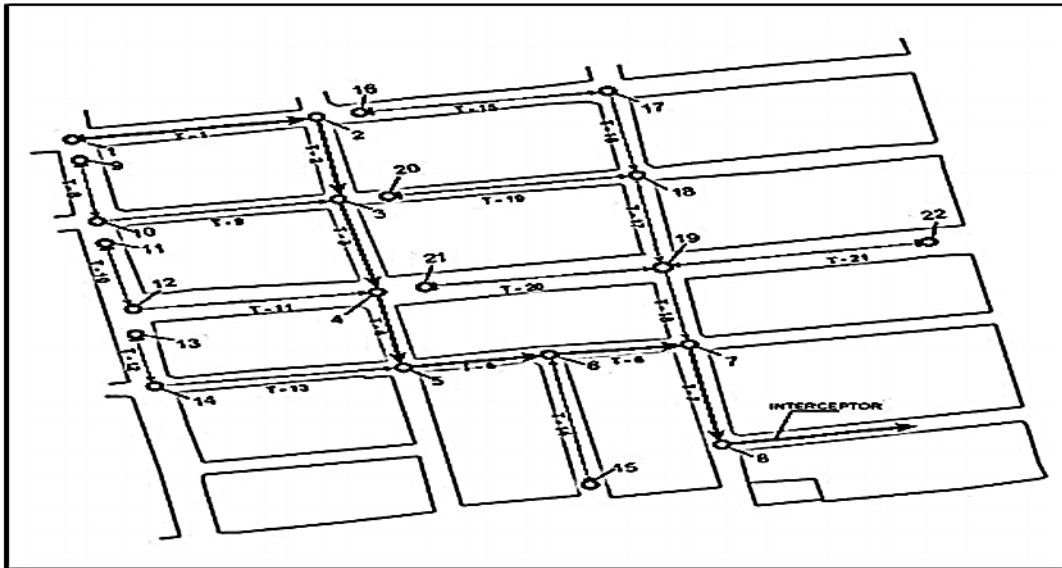


Gráfico 13. Red de alcantarillado convencional

Fuente y Elaboración: (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

1.3.1.1 Alcantarillado Sanitario

Se encuentra diseñado de manera exclusiva para recolectar las aguas residuales que se generan en los domicilios, establecimientos comerciales e industrias. Está estructurado por una red de tuberías y elementos complementarios que son esenciales en el proceso de recibir, conducir, ventilar y descargar los desechos generados por la población.

Entre los principales parámetros a considerar para el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario, se presentan los siguientes:

- **Población actual y futura:** En relación a datos censales.
- **Contribuciones de aguas residuales:** Nivel de volumen de aguas residuales de domicilios, industrias, etc.
- **Caudal máximo horario:** Establece el caudal de diseño de red de colectores de aguas residuales.
- **Factor de mayoración:** Factor por variaciones de consumo.



- **Caudal de diseño:** Relacionadas con las contribuciones acumuladas que llegan hasta el tramo de inspección inferior.
- **Diámetro interno real mínimo:** El diámetro mínimo permitido es de 20mm
- **Velocidad mínima y máxima:** La velocidad mínima es de 0,45m/s y la máxima 5m/s.
- **Pendiente mínima y máxima:** Auto limpieza, control de gases y velocidad máxima real.
- **Profundidad hidráulica máxima:** Profundidad real entre 70% y 85%
- **Profundidad mínima y máxima a la cota clave:** Mínima 1.95m y máximo 5m.
- **Retención de sólidos:** Para sistemas no convencionales, aguas residuales receptadas a un tanque para ser transportados al sistema de colectores. (UNAD, 2015)

Para el trazado de alcantarillado sanitario se tienen las siguientes consideraciones:

- Diseño del sistema en relación a la evacuación de líquidos residuales y su disposición final.
- Para el sistema de alcantarillado sanitario se debe garantizar la durabilidad de los materiales y equipos, garantizando el funcionamiento durante la vida útil del proyecto.
- Debe garantizar la inexistencia de filtraciones, que pueden causar contaminación al suelo.
- Diseño de trazado de tuberías en tramos rectos, realizar en lo posible en menor profundidad, es decir, en la calzada de la vereda, considerando la localización de la tubería de agua potable.



- En topografías de elevada pendiente, debe considerarse los saltos, en base al cálculo hidráulico, que ayuden a la desobstrucción.
- No se permiten las descargas de aguas servidas a cauces secos, sin previo tratamiento. (EMAAPS, 2009)

1.3.1.2 Alcantarillado Pluvial

El sistema de alcantarillado pluvial tiene como función recoger las aguas que provienen de la lluvia, generalmente éstas desembocan en fuentes naturales de agua. Son importantes en zonas que son propensas a sufrir grandes tormentas. Permiten preservar las buenas condiciones de vida de las personas evitando inundaciones o derrumbos por la excesiva acumulación de agua. (IBNORCA, 2007)

La implementación del sistema de alcantarillado pluvial, ayuda en los siguientes casos:

- Evacuación rápida de escorrentía pluvial en vías públicas.
- Evita la acumulación excesiva de aguas en las calzadas y en vías de tránsito.
- Evita la paralización del tráfico y paso peatonal por fuertes precipitaciones de lluvia.

RAS (2000) menciona:

Para el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial se debe considerar factores como el tráfico vehicular, tráfico peatonal, valor de propiedades sujetas a daños por inundaciones, profundidad de los colectores y análisis para solucionar mediante canales abiertos o cerrados. (pág. 88)

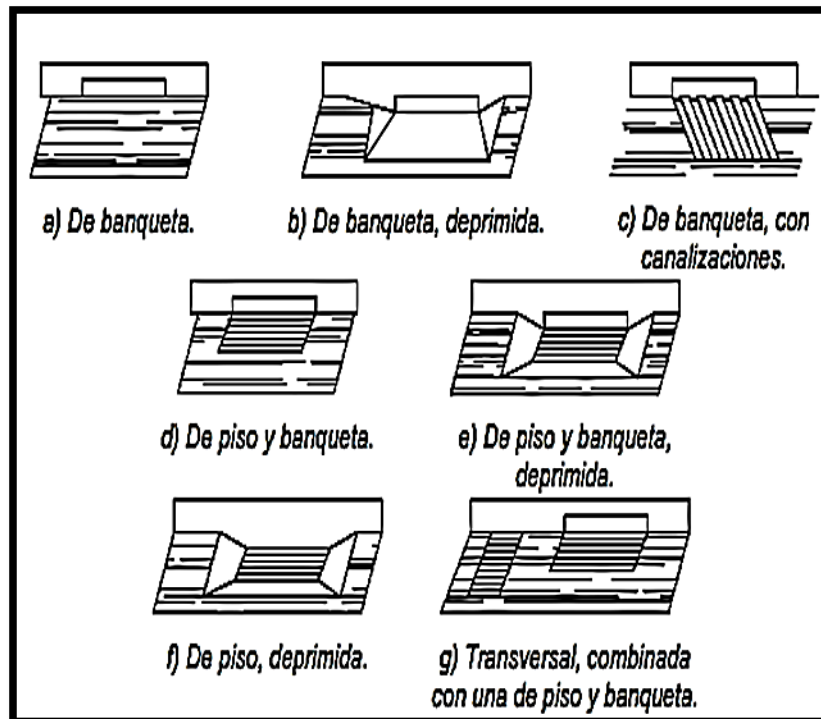


Gráfico 14. Sumideros pluviales

Fuente y Elaboración: (CONAGUA, 2007)

1.3.1.3 Alcantarillado combinado

A través de este sistema se recogen tanto las aguas residuales como las que provienen de la lluvia. Los sistemas combinados deben ser utilizados en lugares en los que después de realizados los estudios técnicos necesarios, se determine que es lo más adecuado para el tratamiento del flujo de aguas del lugar.

1.3.1.4 Alcantarillado separado

En este sistema de alcantarillado se recolectan y transportan aguas residuales, comerciales e industriales y pluviales de manera independiente, es decir, se divide en dos redes de sistema de alcantarillado. Las aguas residuales van transportadas a una estación de depuración mientras que las pluviales a un medio de recepción. (ECURED, 2016)

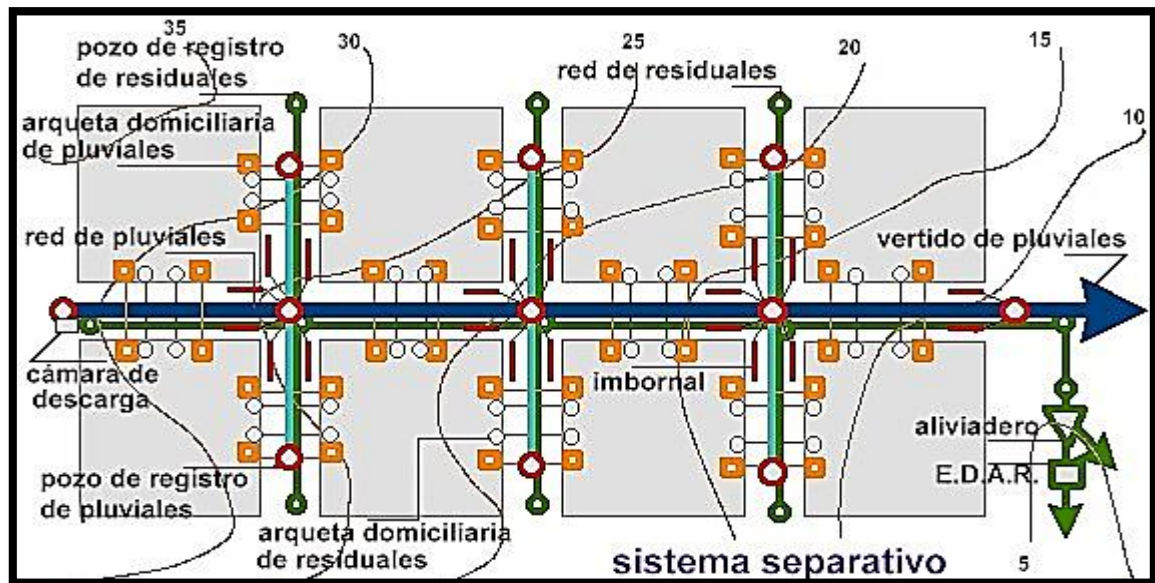


Gráfico 15. Sistema separado

Fuente y Elaboración:(Universidad de las Palmas Gran Canaria, 2005)

Entre las principales ventajas del sistema separado se encuentra el costo económico bajo, la red tiene menos sedimentos, y el sistema pluvial ayuda en la evacuación inmediata de las aguas, debido a que no se encuentran muchos elementos contaminantes y pueden ser fácilmente descargados.

Con este sistema de alcantarillado se evita la contaminación por descarga de aguas residuales o negras. Al ser independientes no se mezclan y pueden ser tratadas, reduciendo los efectos contaminantes para la población y el entorno en general, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de las personas.

1.3.2 Clasificación de los alcantarillados no convencionales

1.3.2.1 Alcantarillado Simplificado

Los alcantarillados simplificados cumplen la función de recoger y transportar las aguas residuales de una comunidad. La diferencia entre este sistema y uno tradicional es

que se puede dotar de este servicio con menores elementos a una población cuya administración municipal no posee los recursos económicos necesarios.

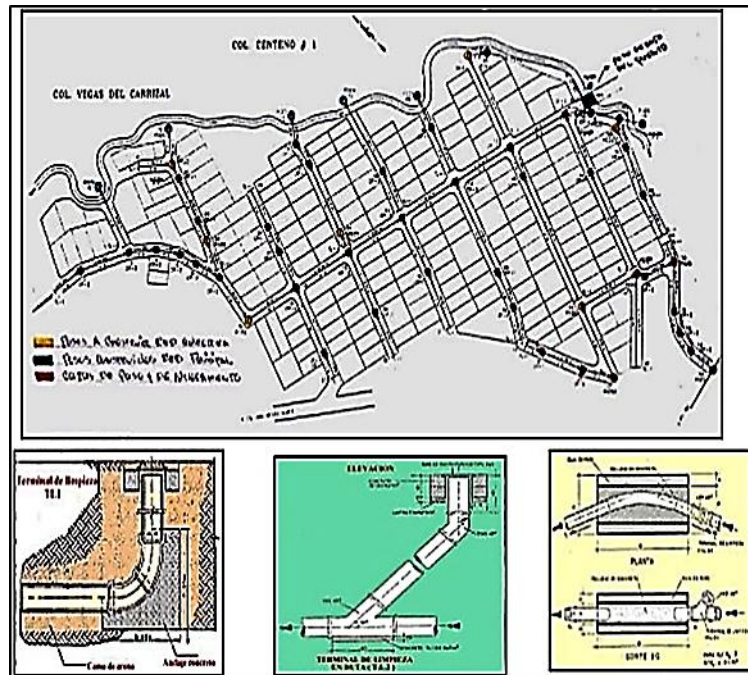


Gráfico 16. Alcantarillado Simplificado
Fuente y Elaboración: (Ing. Martínez, 2016)

1.3.2.2 Alcantarillado Condominial

El alcantarillado condominial es una red que contribuye a la protección del ambiente, y también permite el ahorro de recursos económicos para su implementación, con este tipo de sistema se utiliza entre el 30 y el 60% del presupuesto que se utiliza en el alcantarillado convencional. (Lampoglia & Rolim, 2006)

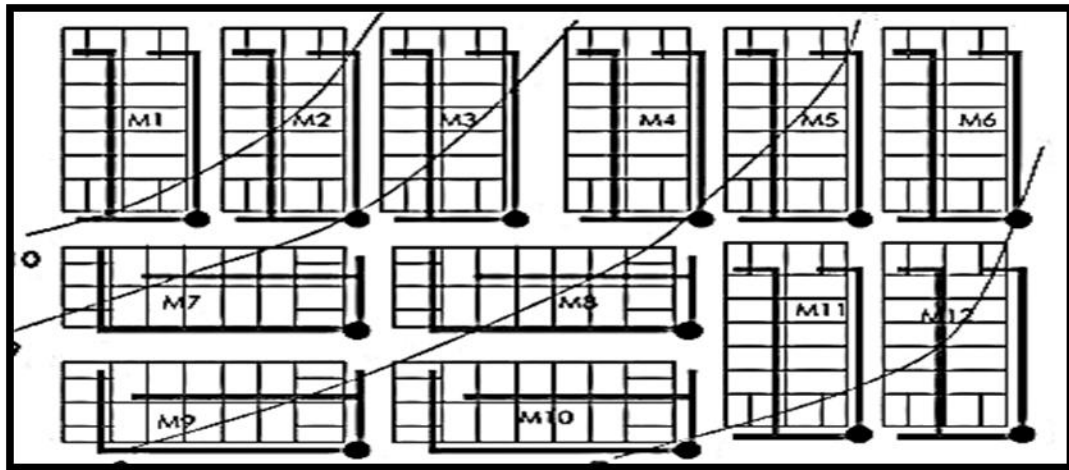


Gráfico 17. Alcantarillado Condominial

Fuente y Elaboración: (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

1.3.2.3 Alcantarillado Sin arrastre de sólidos

También se les conoce con el nombre de RASAS. Se les denomina así porque las aguas residuales provenientes de las viviendas son recolectadas y transportadas hacia un tanque interceptor en el cual son retenidas, aquí sucede un proceso de degradación de los sólidos para que puedan ser conducidos a través de colectores de menor tamaño a los convencionales y de poca profundidad. (Solís, 2007)

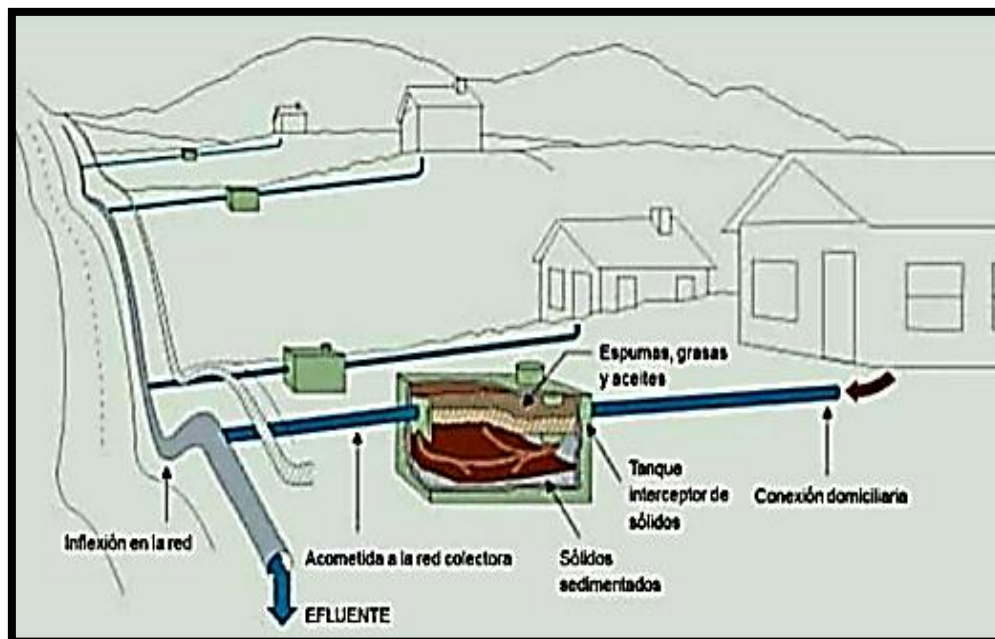


Gráfico 18. Alcantarillado Sin arrastre de sólidos

Fuente y Elaboración: (Ing. Martínez, 2016)



1.3.3 Sistema de Alcantarillado In Situ

Los sistemas de alcantarillado In Situ son aquellos que permiten la recolección de las aguas residuales en el mismo lugar en el que son generadas, estas pueden ser: letrinas, campos de riego, pozos sépticos. El costo de estos es menor al de todos los otros sistemas, su efectividad va a depender del tipo de suelo en el que sean construidos o colocados. (UNAD, 2016)

1.4 Metodologías de Evaluación del funcionamiento del Sistema de Alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado son evaluados en base al funcionamiento de los diferentes elementos que los conforman. El Distrito Metropolitano de Quito cuenta con su propio método de diagnóstico, el mismo que se encuentra detallado en el Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado.

Es importante que para realizar un tipo de evaluación se recoja todos los estudios previos que se hayan realizado sobre el funcionamiento del alcantarillado, para determinarlas mejores alternativas que contribuyan al mejoramiento del sistema.

Las actividades de evaluación del alcantarillado hacen posible conocer el funcionamiento de los componentes que lo conforman, los parámetros que se toman en cuenta para esto son:

- Capacidad de Transporte.
- Estabilidad y velocidad del flujo.
- Tamaño de las diferentes secciones.
- Pendientes predominantes.
- Tiempo de funcionamiento.



- Forma de las diferentes secciones del alcantarillado.
- Tipo de materiales empleados en la construcción de la red, la selección debe hacerse en base a la dimensión hidráulica, la verificación en relación con cargas externas y su evaluación en comparación con otros materiales de prestación similar.

Los parámetros que se toman en cuenta para la evaluación de colectores son:

- **Periodo de Retorno:** Se elige un periodo de tiempo de retorno de las aguas de lluvia.
- **Población:** Es importante realizar una estimación de la población que existe en el periodo de tiempo seleccionado para evaluar el sistema de alcantarillado.
- **Definición del Área de Drenaje:** Para poder realizar una adecuada definición del área que se va a evaluar, es necesario contar los planos del sistema de colectores para de esta manera localizar el área a diagnosticar.
- **Contribución de Aguas Residuales:** La contribución de las aguas residuales que provienen de los hogares, instituciones, comercios e industrias se calcula en base a estudios históricos y de campo.
- **Hidrogramas de Diseño – Caudales y Volúmenes de Diseño:** Los Hidrogramas se calculan teniendo en cuenta el periodo de tiempo retorno elegido de los caudales de la lluvia y el volumen generado por una lluvia de 60 minutos. Se toma esta estimación para así poder conocer el caudal y el volumen promedio.
- **Curvas de Intensidad – Frecuencias y Duración:** Para poder medir la intensidad, frecuencia y duración del caudal se toma en cuenta la intensidad, duración, y magnitud de la lluvia.

El párrafo que sigue a continuación es tomado íntegramente del Plan Maestro de Alcantarillado de la EPMAPS, en él se explica la forma como se realiza la evaluación con la utilización de estos parámetros:

La evaluación de la capacidad hidráulica está dada por la relación del caudal a sección llena (Q_0) con el caudal máximo para una lluvia TR 25 años (Q); cuando esta relación es mayor a 1, debemos entender que la tubería puede llevar más de una vez el caudal generado por la cuenca hidrográfica y por lo tanto la evaluación por capacidad es excelente - aceptable, en tanto que valores menores a 1, expresan la deficiencia del colector, y pueden ser catalogados como ligeramente deficientes si la relación está en un rango de 0,8 a 1 y medianamente deficientes si los valores son menores a 0,8 y deficientes si los valores son menores. (EPMAPS, 2011)

Tabla 2
Evaluación del Sistema de Alcantarillado

CARACTERIZACIÓN	VALORACIÓN
Deficiente	Menor a 0,6
Medianamente Deficiente	0,6 – 0,8
Ligeramente Deficiente	0,8 – 1,0
Excelente – Aceptable	Mayor a 1,0

Fuente y Elaboración: (EPMAPS, 2011)

Esta tabla de valoración permite tener un registro claro del grado de funcionamiento del sistema de alcantarillado del Distrito Metropolitano de Quito, para así continuar reforzando las fases que trabajan de manera adecuada y al mismo tiempo tomar las medidas necesarias para mejorar los puntos del barrio en los que se puede observar un nivel deficiente, que atenta contra la seguridad de la población.

En la evaluación hidráulica de los sistemas de alcantarillado del DMQ, se evaluaron 663 km con diámetros iguales o superiores a 600mm, para esta evaluación, se consideró las condiciones de flujo y velocidad en las tuberías, de tal forma, que se registran los siguientes valores:

Tabla 3
Evaluación de colectores por capacidad

El Batán	% Longitud Tuberías	Longitud Tuberías (m)
Excelente – Aceptable	62,78%	93,919,10
Ligeramente deficientes	10,99%	16,446,30
Medianamente deficientes	9,68%	14,479,60
Deficiente	16,54%	24,747,30
Total General	100,00%	149,592,30
El Colegio-Rumihurco	% Longitud Tuberías	Longitud Tuberías (m)
Excelente – Aceptable	63,42%	43,318,70
Ligeramente deficientes	8,21%	5,607,30
Medianamente deficientes	7,54%	5,151,90
Deficiente	20,83%	14,231,10
Total General	100,00%	68,309,00
Singuna	% Longitud Tuberías	Longitud Tuberías (m)
Excelente – Aceptable	89,55%	28,732,10
Ligeramente deficientes	1,87%	,598,80
Medianamente deficientes	1,33%	,425,30
Deficiente	7,25%	2,327,10
Total general	100,00%	32,083,30
Proyectos Sur	% Longitud Tuberías	Longitud Tuberías (m)
Excelente – Aceptable	75,14%	214,454,80
Ligeramente deficientes	6,25%	17,849,70
Medianamente deficientes	5,81%	16,576,30
Deficiente	12,79%	36,515,70
Total General	100,00%	285,396,50
La Mica	% Longitud Tuberías	Longitud Tuberías (m)
Excelente – Aceptable	96,69%	51,787,80
Ligeramente deficientes	0,44%	,236,60
Medianamente deficientes	1,54%	,826,50
Deficiente	1,32%	,707,00
Total General	100,00%	53,557,90
Sistemas Nororientales	% Longitud Tuberías	Longitud Tuberías (m)
Excelente – Aceptable	81,53%	46,148,20
Ligeramente deficientes	6,58%	3,725,60
Medianamente deficientes	4,72%	2,672,30
Deficiente	7,16%	4,053,50
Total General	100,00%	56,599,60

Fuente y Elaboración: (EPMAPS, 2011)

Además se considera el método de investigación a través de la encuesta a los habitantes del barrio, para este estudio la muestra es de 72 personas que viven cerca del tramo en el que se ubica el sistema de alcantarillado del barrio.

1.5 Instrumentos de Evaluación para el Sistema de Alcantarillado

Los instrumentos que se utilizan para realizar la evaluación de los sistemas de alcantarillado son generalmente los documentos previos existentes con estudios similares, los sistemas informáticos que albergan la información sobre la red de tuberías de una ciudad, así como el trabajo de campo realizado por los operarios de las empresas



encargadas de mantener en óptimas condiciones el alcantarillado de los distintos lugares.

En el caso que interesa a este estudio, los instrumentos que se utilizan son:

- Plan Maestro TAHAL – IDCO (1997), en este se establece el planteamiento de alternativas de mejora para el sistema de alcantarillado del DMQ, en base a la solución óptima de aspectos técnicos, económicos y socio ambientales. El plan maestro del sistema de alcantarillado, amplía la capacidad de transporte, implementa proyectos de mejora como recolección de escorrentía pluvial en zonas planas y pendientes altas, así como la gestión en el manejo de laderas.
- Sistema de Información Geográfica de Alcantarillado (SIGAL), muestra información sobre la localización, condición, rutas, tendencia, pautas y modelos del sistema de alcantarillado. Mediante la información digitalizada se gestiona los programas de mejora para realizar los correctivos necesarios de éstos sistemas mediante la inspección y evaluación.
- Instrumentos informáticos para cálculos.
- Proyecto la Mica, en este se ubica la planta de tratamiento, que conduce 1.700 l/s, interceptando aguas del río Desaguadero, incluyen dos líneas de transmisión de agua potable, estación de bombeo de 125 y 200 HP, con un tanque rompe presión.
- Diseños de alcantarillado de los barrios urbanos y rurales del Distrito Metropolitano de Quito.
- Trabajo de Campo.
- Informes de diagnóstico, resultado del trabajo de Campo.

Los instrumentos para el proceso de evaluación del sistema de alcantarillado tienen relación directa con el presupuesto que cada localidad posee exclusivamente para estos



finés. Es importante tomar en cuenta que los territorios son distintos y que deben ser adaptados a las características específicas de cada barrio.

Paralelo a estos instrumentos se utilizan estudios que permiten medir los niveles de contaminación, de gases y de los diferentes elementos que se encuentran presentes en las aguas residuales y que son peligrosos para la salud de las personas y del ecosistema en general.

Para los estudios de evaluación del sistema de alcantarillado, la EPMAPS, ha utilizado un programa adicional, llamado Inforworks-CS, que ayuda a la validación de los diseños del sistema y al conocimiento de la respuesta hidráulica del diseño implementado. Los problemas que se han encontrado en el territorio del DMQ, son:

- Pendientes Altas
- Fuertes velocidades
- Cambios de sección
- Cambios de dirección
- Rejillas y sumideros inapropiados

Para conocer la opinión de los habitantes sobre el sistema de alcantarillado se diseña un instrumento de cuestionario estructurado para la aplicación de una encuesta.

CAPÍTULO II



2 Características y aspectos sanitarios de la red de sistema dealcantarillado del barrio San Fernando

2.1 Antecedentes de la localidad

El Barrio San Fernando, se encuentra ubicado dentro de la parroquia Sangolqui. *Sangolen* término quichua significa “manjar de los dioses”, mientras que *quíse* traduce como “abundancia”, uniendo ambos términos, Sangolqui representa el “manjar de los dioses en abundancia”. (El Tiempo, 2008)

La historia de Sangolqui comienza cuando Rumiñahui y Quimbalembóse unen para luchar contra los conquistadores en el año 1543 y mueren. En 1580, surge un nuevo sucesor, de nombre Juan Sangolqui, es de ahí donde proviene el nombre de la parroquia, denominada San Juan Bautista de Sangolqui.

Más tarde, el 31 de mayo de 1938, el Congreso Nacional, establece la separación de la parroquia Sangolqui para que se convierta en un nuevo cantón, el cuál fue nombrado como Rumiñahui, de ahí surgen varias confusiones, sobre si esta localidad es una parroquia o un cantón. En realidad Sangolqui es una parroquia urbana del Cantón Rumiñahui.

Dentro de su jurisdicción, existen instituciones académicas de gran tradición en el país como la Escuela Politécnica del Ejército, y la Unidad Educativa Naval César Endara. Además se caracteriza por poseer diversas tradiciones, como las corridas de toros o la fiesta del maíz, es un lugar lleno de costumbres y tradiciones culturales dentro de un paisaje andino. (La Hora , 2013)

En Sangolqui existen 50 barrios, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 4
Barrio es Sangolqui

Barrios de Sangolqui	
El Camal	Jatumpungo



El Turismo	El Rancho
Barrio Central	San Francisco
Santa Bárbara	Los Ángeles
La Paz	Poncho Verde
La libertad	Santa Clara
San Sebastián	Jatumpamba
El Cabré	Gavilanes
El Oasis	San Fernando
La Tola	Pinllocoto
San Nicolás	Luz de América
Carolina	Loreto
Alegre	Cashapamba
Salcoto	Lourdes
Chillos	Santa Rosa
El Vínculo	El Carmen
San Juan	San Carlos
La Palma	Patagua
El Milagro	El Bosque
Cuendina	Mushuñan
Inchalillo	Albornoz
Salgado	Santa Ana
La Esmeraldita	San Vicente
El Cortijo	El Carmelo
Curipungo	La Leticia

Fuente: (GAD Rumiñahui, 2013)

Elaborado por: Investigador

San Fernando es uno de los 50 barrios de la parroquia urbana de Sangolqui, presenta un paisaje natural pese a que en la actualidad es posible observar mayor asentamiento poblacional.

2.2 Ubicación Geográfica

Sangolqui se encuentra ubicado en el Valle de los Chillos, con una superficie de 49.61 km², a una altitud promedio de 2500 msnm, es parte de la hoya de Guayllabamba.

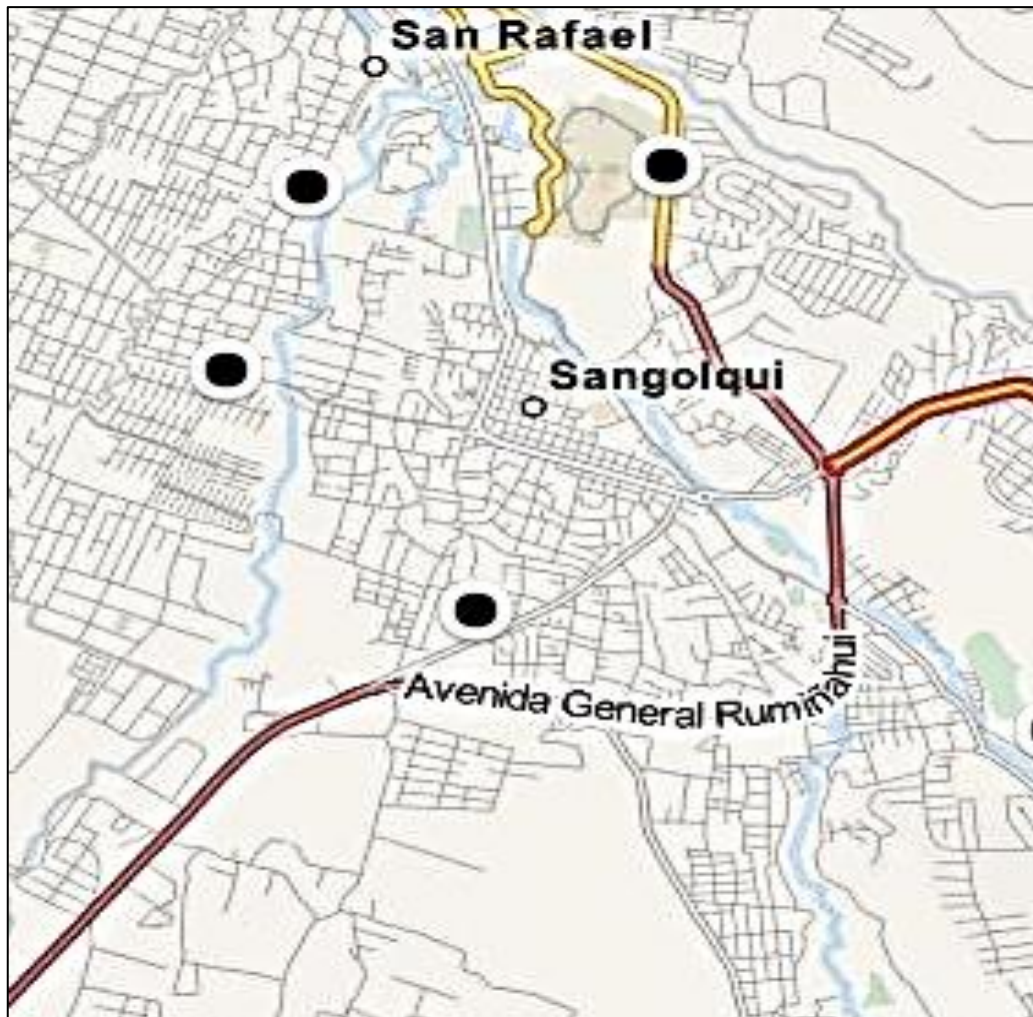


Gráfico 19. Mapa Sangolquí
Fuente:(Minubeapp, 2016)

Para este estudio se considera al barrio San Fernando, ubicado en la parroquia urbana de Sangolquí, Cantón Rumiñahui, se ubica a 6.9 km del centro de Sangolquí, aproximadamente a 17 minutos por la calle Libertadores.

Se encuentra localizado en las calles Los Libertadores Lucas Tipán, desde la intersección con la calle San Marcos, hasta la intersección con la Av. Juan Salinas. Las coordenadas son -0°22'27"Norte y 78°25'12"Este. Existen calles sin nombre las cuales serán denominadas como 1 y 2 para fines de este estudio.



Gráfico 20. Mapa San Fernando

Fuente: (Google Maps, 2016)

Las calles del barrio están adoquinadas y a su alrededor se encuentran ubicadas varias viviendas que depositan ahí las aguas residuales generadas por la población producto de sus actividades cotidianas.

También se pueden observar algunos volcanes como:

- Atacazo a 23km
- Cotopaxi a 35 km
- Los Ilinizas a 46 km

2.3 Caracterización de la Población

Según el censo del 2010, la parroquia Sangolqui ha experimentado un incremento poblacional de aproximadamente el 30%, en comparación con el 2001. En el 2010, el total de la población fue de 85.852 habitantes, el 58% corresponde a las mujeres, y el 42% a los hombres.

En esta parroquia en la que existen un porcentaje mayor de jóvenes, seguidos de niños, adolescentes y tercera edad. Más del 50% tienen edades entre 20 y 54 años, el 37% son menores de 20 años y aproximadamente el 13% tienen más 55 años. (La Hora , 2011)

El número de habitantes en San Fernando representa el 0,55% del total de la población de la parroquia Sangolqui, según datos proporcionados por los dirigentes del barrio, el total de habitantes del barrio es de 468.

2.4 Clima

Sangolqui, por estar ubicado dentro del Valle de los Chillos, cuenta con un clima cálido y templado. Su temperatura oscila en un promedio entre 10 °C mínimo y un máximo de 29 °C, humedad del 72%, y vientos a 11 km/h. Los meses más calurosos son entre julio y agosto, también se presentan precipitaciones de 23 mm. El mes de mayor precipitación es en abril, alcanzando niveles de 202 mm y anualmente se registran precipitaciones de 1.390 mm. (ClimateData Org., 2016)

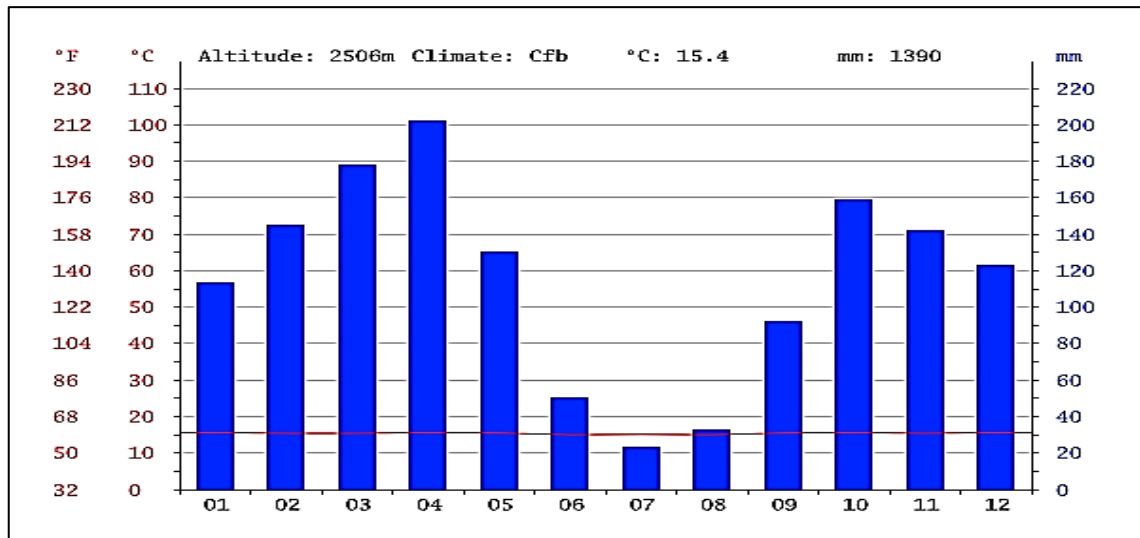


Gráfico 21. Climograma

Fuente: (ClimateData Org., 2016)

Tabla 5

Datos Climáticos de Sangolquí

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	113	145	178	202	130	50	23	33	92	159	142	123
°C	15.6	15.4	15.4	15.6	15.5	15.0	15.1	15.0	15.5	15.6	15.4	15.6
°C (min)	8.6	8.4	8.6	9.0	8.5	7.7	7.3	7.2	7.7	8.4	8.4	8.3
°C (max)	22.7	22.5	22.3	22.2	22.6	22.4	22.9	22.9	23.3	22.8	22.5	22.9
°F	60.1	59.7	59.7	60.1	59.9	59.0	59.2	59.0	59.9	60.1	59.7	60.1
°F (min)	47.5	47.1	47.5	48.2	47.3	45.9	45.1	45.0	45.9	47.1	47.1	46.9
°F (max)	72.9	72.5	72.1	72.0	72.7	72.3	73.2	73.2	73.9	73.0	72.5	73.2

Fuente y elaboración: (ClimateData Org., 2016)

Entre la precipitación de los meses calurosos (julio-agosto) y el mes lluvioso (abril), existe una diferencia de 179mm. La temperatura mínima en los meses calurosos llega a los 15 °C.



Tabla 6
Precipitación mensual

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
SANGOLQUI	2	1	2	2	1	3	3	3	1	2	1	1	18
	01,1	74,0	51,3	58,2	85,1	8,0	9,7	8,5	07,3	05,7	60,9	44,9	04,8

Fuente: (INAMHI, 2010)
Elaboración: IEE-MAGAP

Como se observa en la Tabla 6, el mes de mayor precipitación de lluvia abril, con 258,2 mm y el de menor precipitación es en junio, con 38,0 mm, seguido de julio y agosto, esto quiere decir que existe menor precipitación en meses calurosos.

En el caso específico de San Fernando, la temperatura climática oscila entre 16 y 20 °C, los cuales varían cada año.

Al ser parte de la parroquia de Sangolqui, el clima corresponde a las características cálido-templado, parecido a un clima subtropical, esta razón existen mayores precipitaciones de lluvia en abril y un clima caluroso en julio y agosto.

2.5 Hidrología

En la parroquia de Sangolqui, el sistema de hidrografía está formado por varias afluentes, específicamente de cinco ríos y diez quebradas. Entre los ríos, se encuentran Pita, San Pedro, San Nicolás, Sambache y Tinajillas. Las quebradas existentes son: Alpachaca, Carihuaycu, San Lorenzo, Del Payaso, Grande, Huasipungo, Alemanes, Paccha, Del Canal y Barroteta. (Instituto Geográfico Militar , 2013)

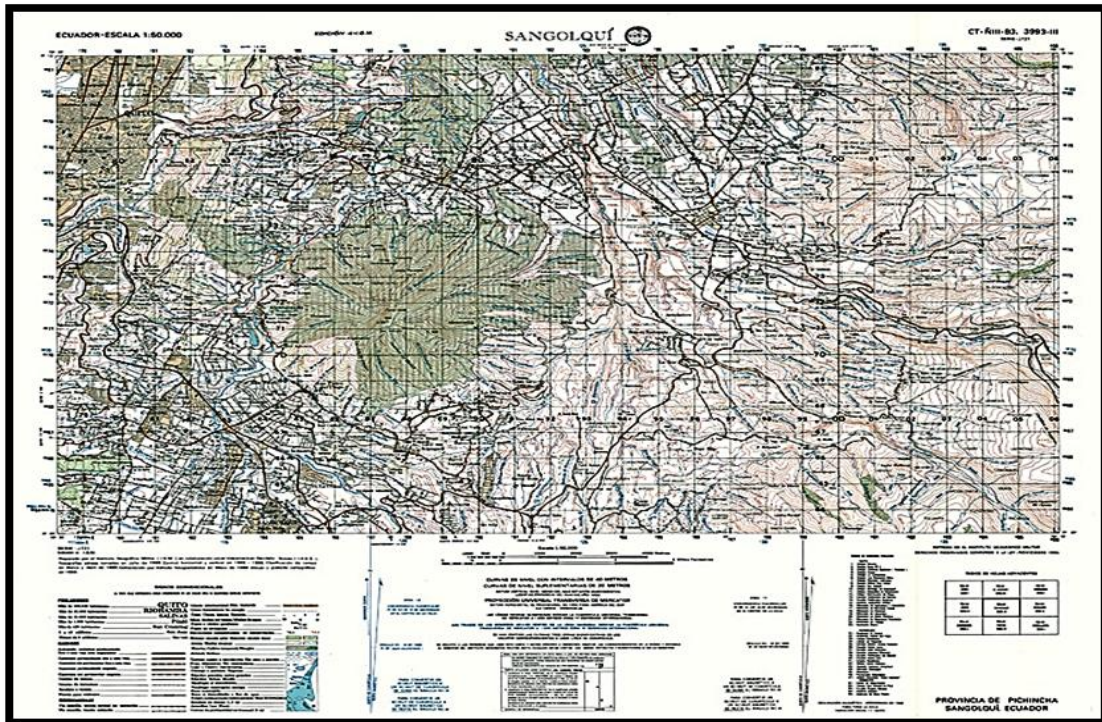


Gráfico 22.Topografía Hidrográfica

Fuente y Elaboración: (Instituto Geográfico Militar , 2013)

El río Pita es el más conocido y visitado por turistas, tanto nacionales como extranjeros, sobre todo porque se encuentra atravesado por 18 cascadas. Entre las más conocidas están: Cóndor Machay, Vilatuña, Chicaurco, Rumibosque, y La Chorrera, son parte de su principal atractivo.

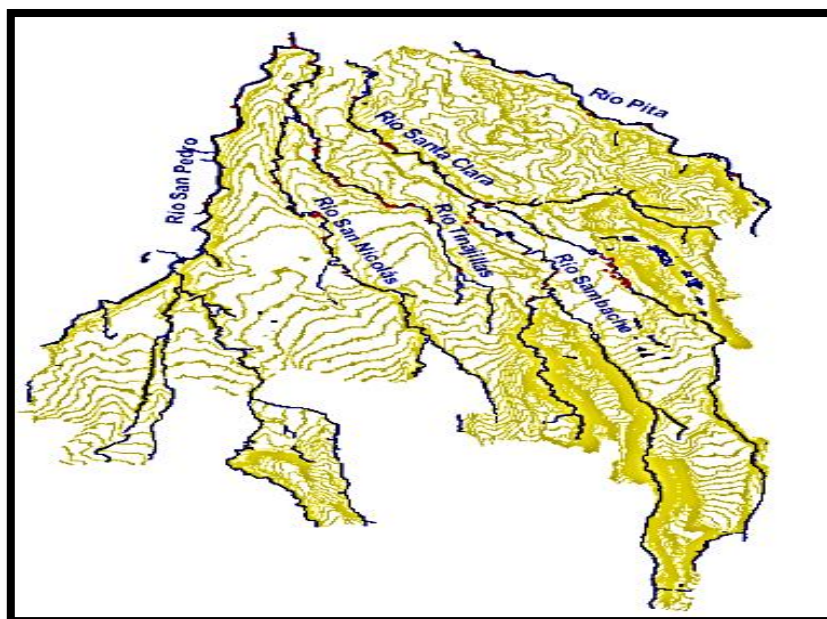
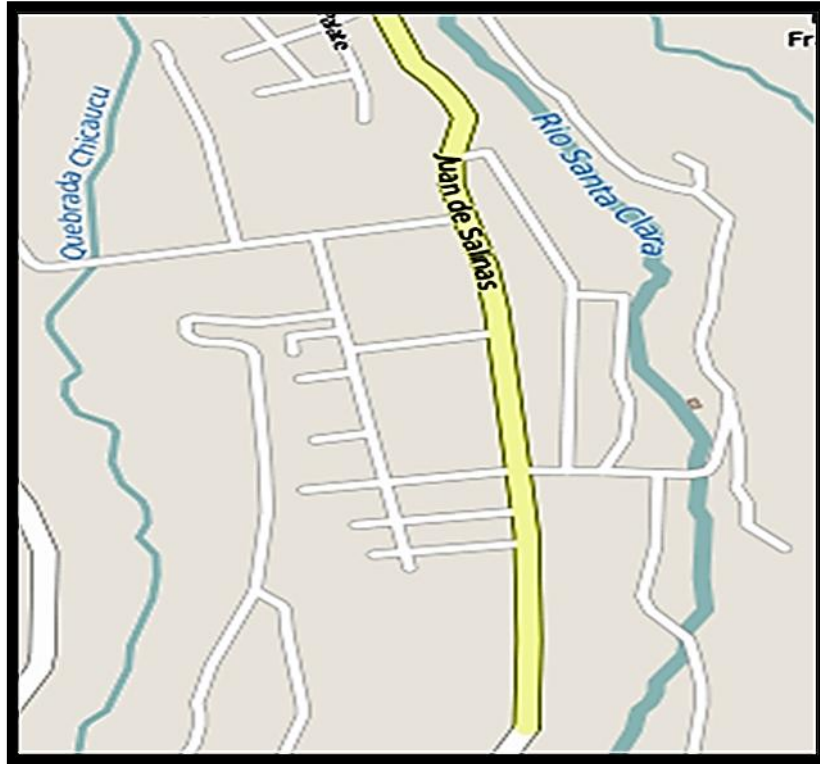


Gráfico 23.Hidrografía Sangolquí

Fuente y Elaboración: (Bravo Prado, 2006)

El barrio San Fernando, se encuentra en medio de dos afluentes, que son el río Santa Clara y la quebrada Chicaucú, se encuentran ubicados al este y oeste de esta localidad.

Gráfico 24. Hidrografía Barrio San Fernando



Fuente: (Ubicaec, 2016)

2.6 Estudio de Suelos

El estudio de suelos abarca el análisis del comportamiento y las características del suelo del barrio San Fernando. Existen diversos métodos que permiten conocer la existencia de elementos en el suelo de alguna localidad. En este caso específico se utiliza el método denominado estándar 3030, por medio de este se diagnostica el tipo de metales existentes en el suelo. Para la realización de un análisis adecuado, se debe considerar los siguientes pasos:



- Recolectar la muestra del suelo, considerando criterios como muestras del barrio industrial, de vías de tránsito vehicular y 500x500 metros con GPS. También se debe establecer la profundidad y cantidad mínima de extracción del suelo.
- Almacenamiento de la muestra, en tubos de ensayo y en un lugar oscuro para conservar sus características propias.
- Establecer valores de cuantificación, en base al método estándar sobre la concentración de elementos.
- Realizar pre-tratamiento.
- Realizar proceso de extracción.
- Informe final (Conclusiones). (Becerra , 2009)

Caracterización de suelo

Las características del suelo en Sangolqui presentan factores físicos, biológicos y químicos, no es tan homogéneo. Dentro de este lugar se establecen actividades de tipo industrial por lo que el suelo tiene un pH ligeramente ácido de 6.5. Presenta un suelo con características salinas, con cantidades promediadas de 5.56 mm, sulfato de 35.2 mg/L, fosfato de 2.686 µg/L (Carrión, Lema, Guevara, & Luna, 2013)

Los suelos salinos que se sitúan en el barrio San Fernando, son suelos que contienen gran cantidad de sales disueltas, una elevada conductividad eléctrica, restringiendo el desarrollo de cultivos y produciendo reacciones de tipo neutro hasta llegar a alcalino. El porcentaje de sodio intercambiable en este tipo de suelos, se mantiene debajo de un pH 7, lo cual ayuda a que la estructura del suelo no se vea afectada.

También se evidencia gran concentración de plomo, cromo y zinc, derivados del crecimiento poblacional, actividades industriales, afluencia vehicular. En el mapa a continuación es posible observar que las partes con coloración más oscura presentan

mayor concentración de estos metales y en los colores claros se encuentran en menor cantidad, corresponden a las áreas más alejadas que no han sido explotadas dentro de la parroquia.

En San Fernando la concentración de zinc es de 20%, la de cromo 16% y la de plomo 9,7%.

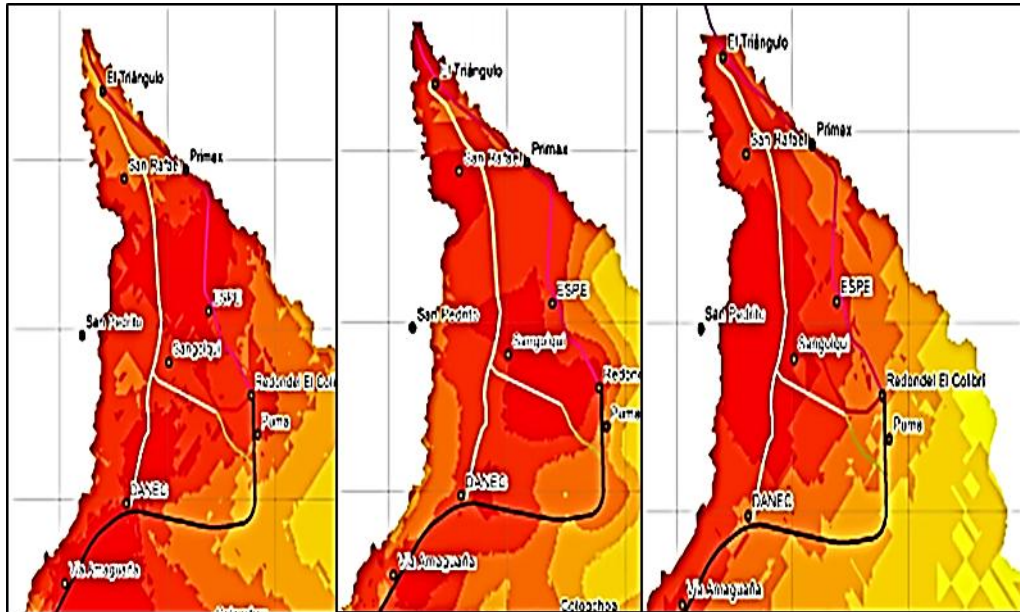


Gráfico 25. Concentración de plomo, cromo y zinc en suelos

Fuente: (Carrión, Lema, Guevara, & Luna, 2013)

Uso del suelo

Debido a las condiciones climáticas de la parroquia, la mayor parte del uso del suelo está destinada a la agricultura, ganadería, pues, sus condiciones resultan favorables para éstas actividades, sin embargo, por la topografía irregular del lugar, no existe gran potencial para desarrollar cultivos extensos. En lugares con mayor número de pobladores se cultivan trigo, morocho, maíz, y papa. La actividad ganadera, se lleva a cabo en haciendas situadas alrededor de la parroquia. (Gobierno de la Provincia de Pichincha, 2010)



En el Barrio San Fernando, el uso del suelo es para el cultivo de papa, tomate y otras hortalizas, se cultiva en pequeñas parcelas para consumo de cada uno de los hogares, en la mayoría del barrio existen lotes baldíos y casas.

Además existen construcciones importantes: la institución educativa “Escuela Verdín”, cancha deportiva, también una tienda llamada “Juancho’s home”. La escuela es la edificación más representativa del barrio San Fernando.

Topografía

Para un buen estudio topográfico, es importante que se realice un adecuado estudio de suelos, se procede a localizar el barrio de estudio, considerando como características principales el casco urbano, las zonas de desarrollo a futuro ya establecidos y la región cercana al lugar de análisis.

Existen diversos métodos para realizar el levantamiento topográfico, los cuales se describen a continuación:

- Offset, en base a la línea de encadenamiento en puntos cercanos, sujetas a condiciones que no sean superiores a 35m de distancia de cada punto de encadenamiento.
- Triangulación, hace referencia a la línea base, de parcelas de terreno ondulados amplios, en lugares abiertos e inaccesibles, con ángulos poligonales de 60 grados.
- Poligonal, abierta, cerrada, relacionas con secciones transversales, en terrenos planos, boscosos, cortes transversales con brújula, con longitudes de 40 a 100 m, comparando si existe algún tipo de error en el levantamiento topográfico.



- Estaciones centrales y laterales, basados en observación, realizadas en terrenos pequeños, con ángulos de más de 15 grados, deben estar visibles para realizar este procedimiento.
- Plancheta, poligonales, triangulación, radial, levantamiento de información topográfica detallada, realizadas en un terreno abierto y regular, con un buen clima, por lo tanto, los mapas se realizan en el mismo campo de levantamiento topográfico. (FFP Org, 2013)

Para realizar el levantamiento de información planimetría del lugar de estudio, se considera el meridiano magnético y altimétrico. Con un error lineal máximo de 1:2.000; mientras que el error angular máximo es igual a:

$$E = +N^{1/2}$$

N = número de vértices poligonal

E = error en minutos sexagesimales

Para nivel el nivel de error, se presenta de la siguiente manera:

$$E = +20K^{1/2}$$

K = longitud nivelada en kilómetros

E = error en milímetros

De tal manera, quede nivelado el error, pues, dentro del levantamiento topográfico, se incluye la dirección exacta del lugar de estudio. Las calles exactas, carreteras, zonas de edificación, existencia de pavimentación, elevaciones del suelo, cauce o cursos de agua, es decir, es estado actual de las calles del barrio a realizar el levantamiento topográfico.



Con los detalles mencionados anteriormente sobre los aspectos de levantamiento topográfico, se obtienen las curvas para el nivel de altimetría del terreno o lugar de estudio específico, ayudando de esta manera al correcto diseño de los colectores del sistema de alcantarillado y al buen funcionamiento del mismo. Por esta razón, es necesaria la selección de un método adecuado, para diseñar y realizar el levantamiento topográfico del barrio, en el que se realiza la evaluación del sistema de alcantarillado.

La separación de las curvas de nivel depende de las pendientes existentes en el terreno, en base a las especificaciones de las Normas para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, el levantamiento topográfico. Se realiza en dirección al lugar en el que se encuentra ubicado el sistema de alcantarillado, guardando una distancia considerable en relación al punto más cercano de lugar de análisis, para no afectar la salud de quienes realizan este procedimiento y del entorno en general. (Becerra , 2009)

El análisis topográfico ayudó a determinar que el suelo de este barrio, presenta relieve irregular, sus carreteras se encuentran pavimentadas y son de dos o más vías. En el siguiente gráfico se puede observar claramente:



Gráfico 26. Topografía de Sangolquí
Fuente y Elaboración: (Ing. Dávila, 2010)

En relación al barrio San Fernando, los suelos mantienen las mismas características que las de Sangolquí, presenta un tipo de suelo salino, irregular, las calles del barrio se encuentran adoquinadas, con doble vía de acceso, y aún existen caminos que se encuentran sin adoquinar.

A continuación se presenta el plano topográfico del barrio San Fernando:

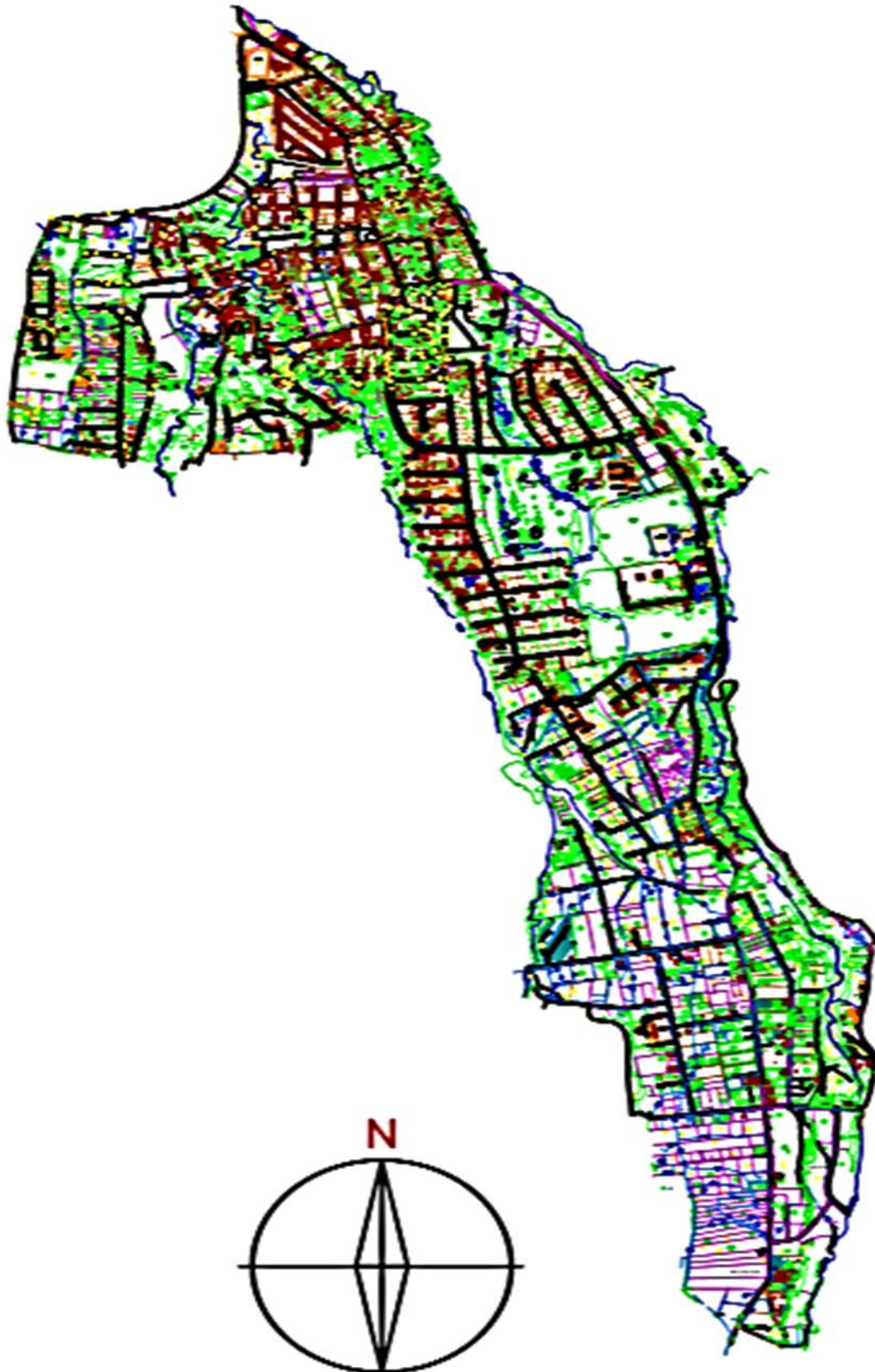


Gráfico 27. Topografía Barrio
Fuente y Elaboración: GAD Rumiñahui



Gráfico 28. Calles Barrio San Fernando

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigador

2.7 Aspectos Sanitarios

El Cantón Rumiñahui, establece como una de sus políticas de acción, la gestión ambiental, por medio de la implementación de la Ordenanza para el control de factores contaminantes al entorno y la población en general. El objetivo es garantizar el bienestar equilibrado entre las personas y el entorno, siguiendo los postulados del Buen Vivir. (Municipio del Cantón Rumiñahui, 2014)

La Ordenanza Municipal N° 12, específica para las parroquias, tanto urbanas, como rurales, ayuda a mejorar los aspectos ambientales y la calidad de vida de la población, y está ligada a aspectos sanitarios. Los pobladores de los 50 barrios de la parroquia consideran que debe aplicarse de manera adecuada en beneficio del bienestar de cada una de las personas que reside en estas localidades.

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Rumiñahui, presenta cifras del total de residuos sólidos y la recolección de la basura, en relación a todas las parroquias, estos pueden ser observados en la siguiente tabla:

Tabla 7
Residuos sólidos generados

Mes	Generación total de residuos
Enero	213,6
Febrero	260,92
Marzo	168,29
Abril	265,2
Mayo	227,3
Junio	273,5
Julio	359,3
Agosto	326,8
Septiembre	563,5
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	
TOTAL	835,4

Fuente y Elaboración: (GAD Cantón Rumiñahui , 2014)

Tabla 8
Recolección de la basura

Mes	Rumiñahui Aseo EPM	Operador privado	Σ Pesos Rumiñahui Aseo EPM y Operador Privado
Enero	400,94	2756,60	3157,54
Febrero	342,11	2480,54	2822,65
Marzo	392,05	2877,09	3269,14
Abril	408,12	2775,54	3183,66
Mayo	405,23	2926,63	3331,86
Junio	418,62	2679,17	3097,79
Julio	400,97	2663,53	3064,5
Agosto	441,28	2889,81	3331,09
Septiembre	506,24	2546,80	3053,04
Octubre	632,48	2560,13	3192,61
Noviembre	590,47	2685,46	3275,93
Diciembre	624,57	2853,90	3478,42
TOTAL	5563,03	32695,20	38258,23
Promedio Mensual	463,59	2724,60	3188,19

Nota. Recolección mensual (ton)

Fuente y Elaboración:(GAD Cantón Rumiñahui , 2014)

En la parroquia Sangolqui, los aspectos sanitarios se ven influenciados por el manejo del agua, la disposición final de desechos, el incremento de tráfico vehicular, el establecimiento de nuevas industrias y el acelerado crecimiento de la población. La mayoría de las veces, provocan contaminación ambiental, y ocasionan daños al entorno

y a la población que habita en el lugar. Los problemas pueden ser de insalubridad, afecciones respiratorias, acumulación de basura, contaminación del aire, mal manejo de la disposición final de desechos, aguas servidas que contaminan los ríos y quebradas existentes en la parroquia.

En la siguiente tabla se puede observar que en la parroquia Sangolqui, el agua se usa para riego corresponde a 2.499,2 l/s y para consumo 64,66 l/s, tal como se muestra a continuación:

Tabla 9
Usos del Agua

Parroquia/Cantón	Concesionarios						Caudal/s				Área de Riego		
	D	R	I	A	D	SM	D	R	I	A	D	R	I
Sangolqui	35	95	28	18	32628	307	64,66	1205	822	4,48		2499,2	22
Rural													
Cotogchoa	15	45	1	16	10603	2566	26,18	1107	0,02	2,04		2049,3	
Rumipamba	9	25		7	7947	1026	65,82	246,7	2,43	60	533		
Subtotal		165	29	41	51248	3901	156,66	2559	822	8,95	60	5080,34	22
Total		294			55239			3546				5162,34	

Nota. D = doméstico, R = riego, SM = semovientes, A = abrevadero animales

Fuente y Elaboración: (GAD Cantón Rumiñahui , 2014)

En el barrio San Fernando, el aspecto sanitario se relaciona con las aguas residuales producidas en los domicilios, la institución educativa y tiendas que se encuentran dentro del barrio, la acumulación de la basura y la contaminación del aire.

En el barrio de San Fernando, existe un inadecuado manejo de los desechos sólidos y líquidos. Las aguas utilizadas para riego en pequeñas parcelas, no se utilizan de forma correcta, también existen afecciones a la salud por levantamiento del polvo, producto de la existencia de calles sin adoquinar. Es importante mencionar que la calidad del aire es mejor que en otros lugares, por encontrarse alejado del centro de Sangolqui, incluso el ruido ocasionado por medios de transporte es inferior, porque existe una sola línea de



bus, que atraviesa por el barrio, específicamente por la calle Los Libertadores Lucas Tipán.

Los horarios de recolección de la basura en este barrio, han ocasionado la acumulación de desechos, pues, porque el carro recolector pasa únicamente dos veces por semana. Igualmente las aguas residuales son un factor que en ocasiones genera molestias e insalubridad al barrio.

Es evidente, que el manejo inadecuado de las aguas para la disposición final, es producto de un sistema de alcantarillado ineficiente o falta de la ausencia del mismo en algunos barrios de la parroquia. Si no se corrige esto a tiempo, a futuro podrían aparecer problemas serios que afecten en mayor grado la salud de la población.

Prueba de esto es que la quebrada y el río Santa Clara, se encuentran contaminados, por efecto de las aguas residuales e industriales, indebidamente desechadas. El proceso inadecuado de las aguas se da por la eliminación directa de las mismas, es decir, se desechan al río Pita y a la quebrada Chicaurcu sin ningún tipo de tratamiento.

2.8 Normativa legal alrededor del sistema de alcantarillado

En primera instancia mencionaremos las garantías establecidas dentro de la Constitución Política del Ecuador, en la que hace énfasis en el derecho de todos los ecuatorianos a recibir de servicios como agua potable y saneamiento de calidad. En el Título XII referente al sistema económico, específicamente en el Art. 249, Capítulo I de la Constitución, se establece que:

Art. 249.- Será responsabilidad del Estado la provisión de servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, fuerza eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, facilidades portuarias y otros de naturaleza similar. Podrá prestarlos directamente o por delegación a empresas mixtas o privadas, mediante concesión, asociación, capitalización, traspaso de la propiedad accionaria o cualquier otra forma contractual,



de acuerdo con la ley. Las condiciones contractuales acordadas no podrán modificarse unilateralmente por leyes u otras disposiciones. (Asamblea Nacional, 2010)

Este artículo señala que el Estado ecuatoriano es el organismo responsable de proveer servicios básicos como agua potable, saneamiento, luz, teléfono e internet, de manera directa o por medio de concesión u asociación con otras empresas que brinden estos servicios a la población. De la misma manera, la Ley Orgánica de la Salud, en el Capítulo II, en los artículos 101, 102 y 106, expresa lo siguiente:

Art. 101.- Las viviendas, establecimientos educativos, de salud y edificaciones en general, deben contar con sistemas sanitarios adecuados de disposición de excretas y evacuación de aguas servidas.

Art. 102.- Es responsabilidad del Estado, a través de los municipios del país y en coordinación con las respectivas instituciones públicas, dotar a la población de sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y otros de disposición de excretas y aguas servidas que no afecten a la salud individual, colectiva y al ambiente; así como de sistemas de tratamiento de aguas servidas.

Art. 106.- Los terrenos por donde pasen o deban pasar redes de alcantarillado, acueductos o tuberías, se constituirán obligatoriamente en predios sirvientes, de acuerdo a lo establecido por la ley. Las autoridades de salud, en coordinación con los municipios, serán responsables de hacer cumplir esta disposición. (Asamblea Nacional, 2012)

Por otra parte, la Ley de Régimen Municipal, en el Título III, sobre las competencias de los municipios, en el artículo 36, determina que cada municipio debe proveer el servicio de agua potable y alcantarillado a la población, que se encuentra dentro de su jurisdicción, pero con el apoyo del Estado, en términos económicos y de gestión.

Para la construcción de un sistema de alcantarillado es necesario considerar las “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”, y también el “Código Ecuatoriano de la Construcción parte IX, obras sanitarias”, este es un modelo para el



diseño de un sistema de alcantarillado de cada jurisdicción municipal. Dentro de las normas, señalan que las etapas para diseñar este sistema, debe considerar los siguientes aspectos:

- Periodo de diseño.
- Estimación de población futura.
- Áreas tributarias.
- Caudales de diseño de aguas residuales.
- Caudales de diseño de aguas lluvias.
- Selección del tipo de alcantarillado.
- Criterios generales para diseño de red de tuberías y colectores, entre las que se destacan la cimentación de las tuberías de alcantarillado, establecimiento de pozos y cajas de revisión, cunetas y sumideros, obras especiales, utilización de sifones invertidos y criterios para alcantarillas curvas.
- Para diseño del sistema de alcantarillado sanitario: caudal de diseño y cuadros de cálculo.
- Para diseño del sistema de alcantarillado pluvial: caudal de diseño, método racional, método de hidrograma unitario, métodos estadísticos y cuadros de cálculo.
- Para diseño del sistema de alcantarillado: consideración general, caudal de diseño, velocidades mínimas y máximas, interceptores, criterios de estructuras de rebose, y cuadros de cálculo. (Secretaría del Agua , 1992)

En cambio, en el Código Ecuatoriano de la Construcción, en relación a las obras sanitarias, hace énfasis en levantamientos Aero fotogramétricos, topográficos, tanto para nuevos sistemas o evaluación de los que ya existen. También menciona las nivelaciones



adecuadas, mediciones lineales y angulares, libretas, cálculos y límites de tolerancia. (INEN, 1997)

El GAD del Cantón Rumiñahui, para la construcción de un sistema de alcantarillado se basa en estas normas y códigos establecidos. Para mantener en un estado adecuado el sistema de alcantarillado de la jurisdicción, hace referencia a la gestión ambiental.

Por tal razón, detalla la responsabilidad del municipio sobre el transporte y tratamiento de los desechos, en conjunto con el Ministerio del Ambiente, al igual, que se establece responsabilidades para la población, la separación adecuada de desechos, la disposición final en recolectores de basura, expidiendo sanciones a quienes incumplan estas disposiciones, evitando que exista obstrucción en el sistema de alcantarillado, e inundaciones por la misma situación.

Por último, el gobierno municipal, se encarga de establecer los horarios de recolección de basura y la contratación de personal para la inspección del sistema de alcantarillado del cantón Rumiñahui, parroquia Sangolqui y en consecuciadel Barrio San Fernando. (Municipio del Cantón Rumiñahui, 2014)

2.9 Red del sistema de alcantarillado

La red del sistema de alcantarillado en la parroquia Sangolqui, es de tipo separado. El sistema de conducción de las aguas residuales está diseñado en relación a los aspectos de evacuación de los causes pluviales, incluidos los que son de origen sanitario pero de forma independiente.

Según información del GAD de Rumiñahui, existen planos realizados sobre el sistema de alcantarillado de todas las parroquias. El 74.74% de viviendas tiene un sistema de alcantarillado enfocado al barrio urbano.



En el plano se encuentra ubicada la zona 8, de la cual forma parte el barrio San Fernando, aquí se muestra el diseño de 19 pozos del servicio de alcantarillado, 10 son parte del sistema residual y 9 corresponden al sistema pluvial. En el de tipo sanitario el pozo 2 y 3 no se encuentran contruidos, mientras que la red pluvial le hace falta la construcción del pozo 2. La red se encuentra ubicada en la calle Los Libertadores Lucas Tipán.

Esta información se encuentra en el catastro y en el Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial del Municipio correspondiente a los años(2004-2008) y (2009-2012). En este diseño de sistema de alcantarillado consta que son un total de 9 pozos para el sistema sanitario y 3 para el sistema pluvial. El sistema sanitario se implementó a mediados del año 2004, mientras que el sistema pluvial se lo hizo en el año 2011.

Es posible observar obras complementarias que reciben aguas residuales superficiales, las cuales son conducidas hasta la red del sistema de alcantarillados, en la que existe un sistema de captación, bocatoma, rejillas, sumidero y cajones, que reciben las aguas, que luego son llevadas para la disposición final. (Naranjo , 2005)

En el barrio San Fernando se utiliza el mismo tipo de sistema de alcantarillado. Anteriormente, los cauces más cercanos ayudaban a la evacuación de aguas residuales, es decir, el río Santa Clara, estos descargaban las aguas a las afluentes ya mencionadas. Sin embargo en la actualidad, el cantón Rumiñahui cuenta con una planta de tratamiento, la misma que abastece a todos los barrios urbanos de las diferentes parroquias como Sangolquí, a la cual pertenece el barrio San Fernando. Una de las dificultades que se presenta, es que no se cumplen con los horarios que la empresa encargada para el tratamiento adecuado de las mismas, ocasionado que las aguas residuales no sean tratadas para no perjudicar en la salud de la población.



De la información expuesta anteriormente, se puede concluir que la red de alcantarillado del barrio San Fernando, hace falta organizar y ampliar los horarios establecidos por la empresa encargada del tratamiento adecuado.. Esta situación provoca problemas de inundaciones, debido al estancamiento de agua, y el colapso de las calles y vías de acceso. Esto sucede principalmente en el mes de abril que es en el que existe mayor cantidad de precipitaciones.

2.10 Descripción del sistema de red

La red de alcantarillado de San Fernando está estructurada de la siguiente manera: se pueden observar tramos con tuberías de asbesto y cemento, otras partes están compuestas de materiales de hormigón simple, metales corrugados galvanizados, e incluso de material PVC. Las secciones de la red varían entre 200mm y 120mm de profundidad, tiposeparado, tanto pluvial y sanitario para aguas residuales, cabe mencionar que los materiales no son los idóneos para este tipo de sistema. Existen alrededor de 19 pozos dentro del sistema de alcantarillado, los cuales se encuentran localizados principalmente en las calles Lucas Tipán, San Marcos, Sin Nombre y Río Toachi.

CAPÍTULO III

3 Estudioy análisis del sistema de alcantarilladodel barrio San Fernando

3.1 Funcionamiento del Sistema de red

El sistema de red de alcantarillado en el Barrio San Fernando, perteneciente a la parroquia Sangolqui, funciona de manera separada. Toda el agua que usan diariamente en sus actividades se recolecta y se descarga en el sistema de alcantarillado separado.

Lasaguas servidas y las aguas lluvias se drenan al río Santa Clara, pues, este afluente es el más cercano a la vía principal que es en donde se encuentra la mayor parte del sistema de alcantarillado de esta zona.



Gráfico 29. Sistema de red

Fuente: Investigación

En el barrio San Fernando el tramo de la red tiene una longitud de 1.08061 km de redes, transformados a metros tiene en total 1080,61m de red de alcantarillado, dividido entre interceptores, colectores y redes menores del sistema. Se encuentra ubicado en tramos de norte a sur, principalmente en la parte derecha de la calle Los Libertadores Lucas Tipán.

Los 1080,61 metros del sistema de red se divide en: sanitaria o residual y pluvial. La red del sistema de alcantarillado residual o sanitario cuenta con 571,40 m, entre las que se encuentran interceptores, colectores y redes menores. La red de sistema de alcantarillado pluvial tiene 508,61 m, tomando en cuenta interceptores, colectores y redes menores. En el tramo de estudio de la calle Los Libertadores Lucas Tipán la red sanitaria tiene 181,98 m y la red pluvial es de 176,20 m.

El tamaño del sistema de red de alcantarillado pluvial es menor que el sistema sanitario, pues varía en longitud. Esta situación se da por el modo en el que se descargan las aguas domiciliarias y las aguas lluvias, gran parte ellas son enviadas al río Santa Clara pero las aguas lluvias se descargan en cuencas cercanas al barrio. Las aguas residuales y de lluvia son transportadas mediante una tubería independiente hacia los interceptores, en la que el agua fluye directamente a colectores que desembocan en la afluyente más cercana.

El sistema de red recibe las aguas y las drena a través de los interceptores diseñados para el sistema, los cuales se encuentran ubicados a lo largo del tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipán, luego se realiza el procedimiento ejecutado en el sistema de red separado de forma independiente para las aguas domiciliarias y aguas lluvias.

Los interceptores (derechos) tienen estructuras de alivio que ayudan a descargar las aguas lluvias en canales específicos en caso de emergencia de inundación por posibles eventos de lluvia. Los interceptores y los canales forman parte del sistema de recepción y drenaje de las aguas, utilizan un sistema de drenaje separado, con disposición final de las aguas al Río Pita, que se encuentra a 3.5 km de distancia del barrio San Fernando.

La planta de tratamiento actual se ubica en la parroquia Sangolquí, Barrio San Vicente en la Calle Av. Gral. Enríquez, Lote No. 2, la misma que fue construida a

inicios del 2015, esta abastece a todo el cantón pero de igual forma el GAD planea construir otra planta para no sobrecargar la actual.

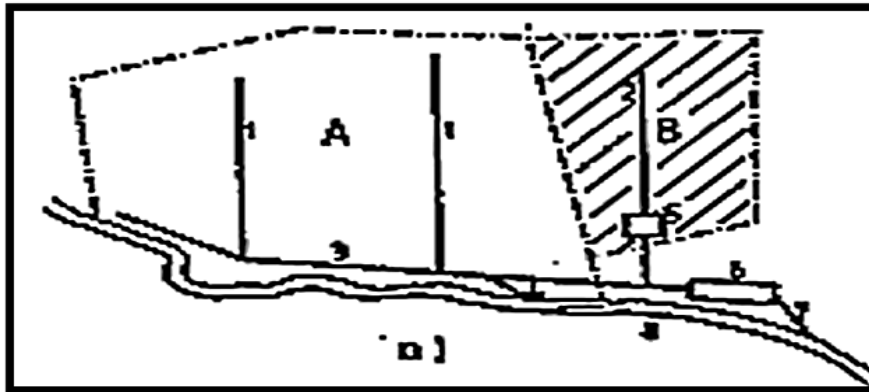


Gráfico 30. Sistema de drenaje único

Fuente y Elaboración: Biblioteca Virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental (2000)

3.2 Flujo del Sistema de Alcantarillado

En el sistema de alcantarillado del Barrio San Fernando el flujo es parcialmente lleno con una superficie libre, presenta cambios dependientes en el colector. Las tuberías funcionan sólo hasta un 60% de la capacidad total, la velocidad mínima de las aguas es de 0.5 m/s y la velocidad máxima de 0.8 m/s. El caudal de las aguas residuales es de tipo medio, diariamente es de 0,4875 l/s. La viscosidad presenta un flujo transicional, ya que se mueve en dirección definida y desordenada.

El nivel de infiltración del sistema es de 0.0864 (seg ϕ y L en Km), es decir, tiene un nivel de complejidad infiltración media. En la siguiente que se presenta a continuación se describe los rangos de acuerdo al nivel empleado en el sistema de alcantarillado.

Tabla 10
Nivel de infiltración

Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (l/s-ha)	Infiltración media (l/s-ha)	Infiltración baja (l/s-ha)
Bajo y medio	0.1-0.3	0.1-0.3	0.15-0.2
Medio alto y alto	0.15-0.4	0.1-0.3	0.15-0.2

Fuente y Elaboración: EPMAPS (2009)



Para el cálculo de niveles de infiltración se considera los datos que provienen de las uniones del pozo de inspección y las tuberías, la fórmula de cálculo es la siguiente:

$$Q_{inf} = 0.80 * A$$

- Q_{inf} es caudal de aguas de infiltración
- A es el área en hectáreas.

El periodo de retorno en el sistema de alcantarillado del barrio es 5 años (0.80), según información de la EPMAPS, así se establece en las normas de diseño y adecuación del sistema de alcantarillado. Este es el tiempo que se considera para la red del sistema de alcantarillado del Barrio San Fernando.

Tabla 11
Períodos de retorno

Tipo de obra	Tipo de ocupación del área de influencia de la obra	Tr (años)
Micro drenaje	Residencial	5
Micro drenaje	Comercial	5
Micro drenaje	Área con edificios de servicio público	5
Micro drenaje	Aeropuertos	10
Micro drenaje	Áreas comerciales y vías de tránsito intenso	10-25
Micro drenaje	Áreas comerciales y residenciales	25
Micro drenaje	Áreas de importancia específica	50-100

Fuente y Elaboración:(EMAAPS, 2009)

3.3 Dimensiones del Sistema de Alcantarillado

Las dimensiones del sistema de alcantarillado de todo el barrio San Fernando, en relación al ancho de la calle, es de 7.00 m y 1080 m de longitud, este el tramo de la calle principal en la que se encuentra el sistema de alcantarillado. La red del sistema de alcantarillado del barrio es 1.080 km de longitud (1080 m).

Tabla 12
Dimensiones de la red del sistema

Red del sistema	Dimensiones (m)
Interceptores	270
Colectores	410
Tramos menores	400

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigador

Los 1080 metros del sistema de red separado se dividen en la red sanitaria o residual que corresponde a 571,40 metros y en la red del sistema pluvial que es de 508,61 metros. Mientras que el tramo de estudio de la calle Los Libertadores Lucas Tipan la red sanitaria tiene 181,98 m y la red pluvial es de 176,20 m.

Tuberías

En el barrio San Fernando la tubería del sistema de alcantarillado utiliza materiales como PVC, hormigón simple, fierro fundido sin revestimiento y con revestimiento. Estos materiales son utilizados en la mayoría de los barrios de la parroquia de Sangolqui, el diámetro de la tubería es de 200mm y presenta rugosidades cuyos valores se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 13

Valores predeterminados de rugosidad de tuberías

Material	Rugosidad (k) (mm)
PVC	0.10
Hormigón	0.30
Hierro fundido con revestimiento	0.125
Hierro fundido sin revestimiento	0.25

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigador



Gráfico 31. Tuberías para el sistema de red en el Barrio San Fernando

Fuente y Elaboración: (EMAAPS, 2009)

La tubería del sistema de red del barrio se encuentra a una profundidad de 1.80m en las vías peatonales y a 1.90m en vías vehiculares. La pared de las tuberías de tipo B (serie de tubo 3) tiene una rigidez anular según la norma ISO 9969 (1 KN/m²) y DIN



16961 (8 KN/m²), la parte interior es lisa y la exterior tiene forma corrugada. Presenta velocidades de succión 0,8 m/s e impulsión de 1 m/s.

El revestimiento de la tubería de la red del sistema de alcantarillado para los materiales es PVC (0.012), hormigón de acabado simple (0.011), mampostería con mortero de cemento (0.016), y tierra (0.021). La siguiente tabla describe las normas técnicas de construcción y las características adecuadas para el revestimiento de tuberías con sus respectivos valores:

Tabla 14
Revestimiento de tubería

Material deRevestimiento	Coeficiente "n"
Tuberías de PVC/PEAD/PRFV	0.011
Tuberías de hormigón (con buen acabado)	0.013
Tuberías de hormigón (con acabado regular)	0.014
Mampostería de piedra juntas con mortero de cemento	0.020
Mampostería de piedra partida acomodada (sin juntas)	0.032
Ladrillo juntas con mortero de cemento	0.015
Tierra (trazo recto y uniforme) sin vegetación	0.025

Fuente y Elaboración: (EMAAPS, 2009)

Losmateriales usados para el sistema de recolección de aguas lluvias son: hormigón armado, tubo PVC, centrifugado para aguas pluviales y hormigón simple. La profundidad de ubicación de las tuberías para las aguas lluvias se encuentra a 110mm, los valores que se presentan a continuación son en función del coeficiente de Manning.

Las tuberías ubicadas en zanjas tienen una estructura de soporte de hormigón simple con relleno cuidadosamente compactada con un factor de carga (Fc) de 2.8. La pendiente (s) admisible es de 3.99, diámetro de 0.20 m, la sección llena tiene una velocidad 0.66 m/s y caudal de 20.71 L/s.

Sumideros

Los sumideros que existen en el Barrio San Fernando se encuentran localizados en el punto bajo de la cuneta con un factor de 0.50 de reducción de capacidad, su diámetro en el conducto de 200mm.



Gráfico 32. Sumidero de Calzada Barrio San Fernando

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigador

El sumidero de calzada se encuentra diseñado de la siguiente forma:

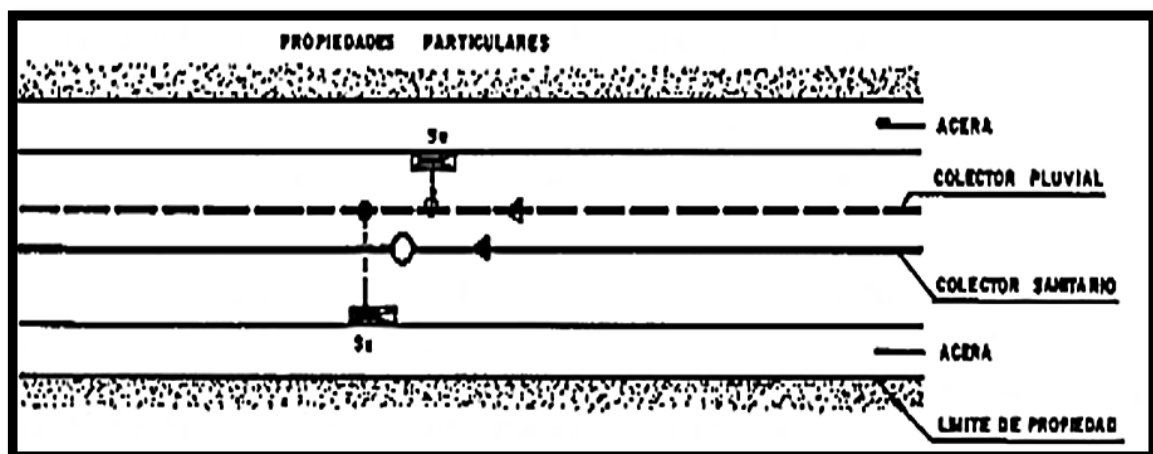


Gráfico 33. Sumidero de calzada en colector pluvial y sanitario

Fuente y Elaboración: (EMAAPS, 2009)

Colector

El único colector se encuentra cerca de la pared de la cámara de inspección, la dimension es de 565m, existe conexión directa con el fondo de cámara de 45 grados. El ancho de zanja tiene un diámetro de 250mm con profundidad de excavación de 1,50 metros y ancho de 0.60 s/entibado.

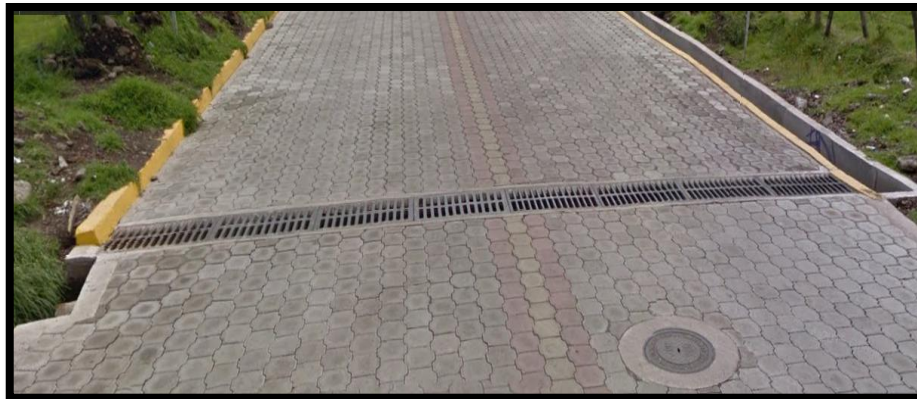


Gráfico 34 Colector Barrio San Fernando

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigador

Cámaras de inspección

Las cámaras de inspección del sistema de alcantarillado son estructuras de hormigón simple, circulares con un diámetro de 1,80 m. En la parte superior tiene forma de cono truncado de 0,75 y con una altura de fondo de caída media de 0,75, tipo 2.



Gráfico 35. Cámara de inspección

Fuente: Investigación

La estructura del fondo de caída media fue diseñada considerando algunas de las especificaciones de las normas técnicas de construcción de alcantarillado utilizadas en la Empresa Publica Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento del DMQ. Estas fueron aplicadas en la construcción del sistema de alcantarillado del barrio San Fernando, parroquia Sangolqui, Cantón Rumiñahui.

El diámetro de Manhole (M.H), boca de visita o pozo es de 700mm, este elemento constructivo permite el acceso y servicio a la red de tuberías que forman el sistema de drenaje.

Las tapas y rejillas pertenecen al grupo b, y tienen un peso de 45kg. La tapa que recubre la cámara de inspección es de forma circular, fabricada con hierro fundido nodular y reforzado con hormigón a 47 MP de nivel de compresión, en cubo de 1.55 mm. Tiene una deformación permanente admisible de 1/100 CP.



Gráfico 36. Tapas de la red de alcantarillado

Fuente: Investigación

Posee un orificio de ventilación tipo agujero con un diámetro de 30 mm, nivel de relieve de 3mm, el fundimiento alrededor de la tapa tiene un espesor de 4mm, además de un área de apoyo sobre el pavimento de 5 MPa.

En los siguientes gráficos se muestra la tapa con ventilación tipo agujero, rejillas de piso y banquetas, los mismos que se encuentran ubicados en el sistema de alcantarillado del barrio San Fernando:

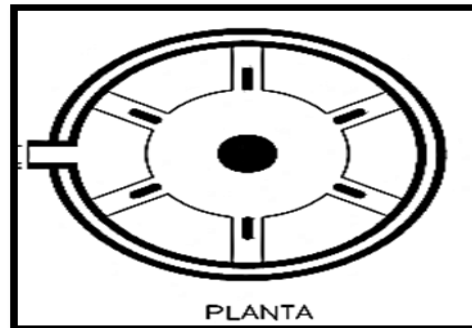


Gráfico 37. Tapa con ventilación tipo agujero
Fuente y Elaboración: (CONAGUA, 2007)

Las rejillas de piso y banqueta con brocal frontal de fierro fundido en banqueta y, en piso, tiene espacios vacíos entre barrotes de 80 mm de largo por 20 mm de ancho.

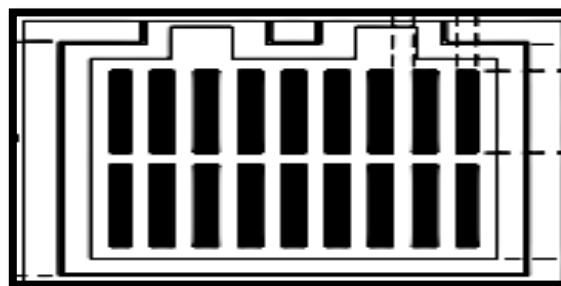


Gráfico 38. Rejillas de piso y banqueta
Fuente y Elaboración: (CONAGUA, 2007)

Las rejillas ubican en forma de piso y banqueta.

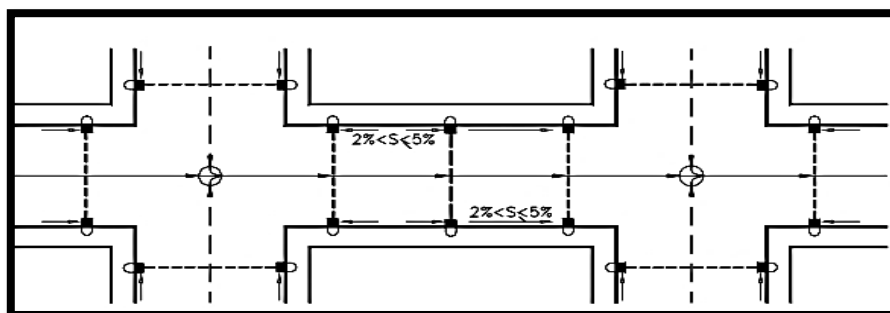


Gráfico 39. Ubicación de rejillas de piso y banqueta
Fuente y Elaboración: (CONAGUA, 2007)



3.4 Análisis de la red de alcantarillado en San Fernando

La situación actual del sistema de red de alcantarillado en el barrio San Fernando y sobre todo en la calle Los Libertadores Luis Tipán, muestra un modelo separado. El de tipo pluvial, no se encuentra terminado en su totalidad, debido a que el diseño y la ejecución para completar el sistema se realiza por etapas, hasta el momento se conoce de un avance de apenas el 40% del total de la obra.

Entre las razones para que la obra quedara inconclusa se encuentran que para ese entonces la población era menor a la que existe actualmente y se construyó únicamente para poder abastecer al 50% de esa población. Además algunos tramos de la calle no estaban adoquinados. Al pasar los años los Gobiernos municipales fueron dando prioridad a otros aspectos y relegando la terminación del sistema de alcantarillado, incluso dentro del plan actual de desarrollo sólo constan proyectos para la dotación de agua potable que abastecerá a todo el barrio San Fernando.

Actualmente, no se ha aumentado más tramos ni se ha logrado concluir con el sistema de alcantarillado para abastecer al barrio, el que existe actualmente tiene un periodo de diseño para 25 años.

El tramo del sistema de alcantarillado comienza a 700 m de la Iglesia Carlos Gavilanes en la calle Los Libertadores Lucas Tipán en sentido norte sur, con intersecciones en la calle San Marcos y Río Toachi, la red atraviesa por el centro del barrio, debido a que la vía principal se ubica en ese lugar.

El sistema pluvial se ubica únicamente en la vía principal pero diseñada en forma de cunetas sin rejillas, tanto en la parte derecha e izquierda de la vía. Las aguas pasan por un tubo PVC.

A pesar que existe la red pluvial construida en la calle principal Los Libertadores Lucas Tipán hace falta concluir el pozo número dos en este tramo.



Gráfico 40. Calle Los Libertadores Lucas Tipán y San Marcos

Fuente: Investigación

Entre la calle del tramo principal estudiado (Los Libertadores Lucas Tipán) y la intersección se muestran diferencias en cuanto a la estructura del sistema de alcantarillado, pues, al tener las calles adoquinadas el sistema se ubica fácilmente, es evidente que en el tramo principal de la calzada no existen rejillas para el drenaje de las aguas lluvias.

Las únicas rejillas se ubican entre la calle principal y la intersección, los colectores de agua están ubicados a un costado del sistema de alcantarillado sanitario, con dos cunetas medianas a cada lado de la vía principal, en el resto del barrio no existe ninguna infraestructura para el sistema pluvial. En algunas casas del barrio existen zanjales para recolectar aguas lluvias, diseñadas por los mismos pobladores.

Varias de las obras del sistema de alcantarillado se encuentran inconclusas, solo existe un cumplimiento del 40% del total de la red. Los recursos destinados al abastecimiento de agua potable para el 100% de las parroquias del cantón Rumiñahui no son utilizados de forma adecuada. Otro problema adicional es que no se encuentran adoquinadas y no forman parte del Plan de Ordenamiento Territorial. Los recursos asignados para este fin, fueron utilizados para la construcción del Plan de tratamiento de aguas, y abastece a pocos barrios de la parroquia, dejando por fuera al barrio San

Fernando. Debido a la situación económica del país el presupuesto asignado a los GADS Municipales, por parte del Gobierno Central, se ha reducido hasta en un 12%.

Existen excavaciones realizadas pero sin ninguna estructura específica para el diseño y ubicación adecuada de la red de sistema de alcantarillado. En el Barrio San Fernando pareciera existir una despreocupación por parte de las autoridades en relación a las obras que deben realizar para beneficio de la población, aún falta cumplir con más de la mitad del sistema.



Gráfico 41. Ubicación del alcantarillado en el Barrio San Fernando

Fuente: Investigación

En el análisis del sistema de alcantarillado es importante conocer el criterio de los habitantes del barrio San Fernando sobre el sistema de alcantarillado, por esta razón se diseñó una encuesta. **(Ver Anexo 4)**

A continuación se presentan el análisis y los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a la población del barrio.

RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Tabla 15
Género

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Masculino	42	58%
Femenino	30	42%
TOTAL	72	100%

Fuente: Investigación

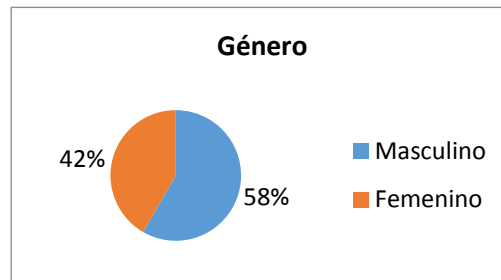


Gráfico 42. Género
Fuente: Investigación

1. ¿Cuál de los siguientes servicios públicos es el más necesario en el barrio?

Tabla 16
Servicios públicos más prioritarios

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Alcantarillado	48	67%
Agua	5	7%
Luz	4	6%
Teléfono	15	21%
TOTAL	72	100%

Fuente: Investigación

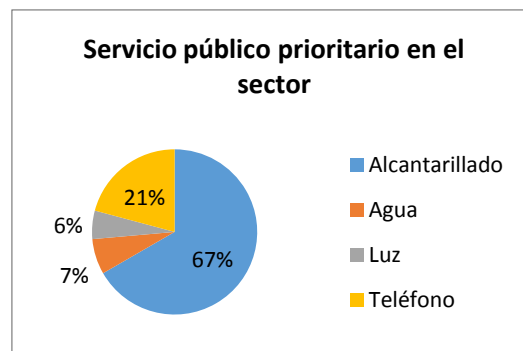


Gráfico 43. Servicios públicos más prioritarios

Fuente: Investigación

Como se observa en el gráfico anterior, los habitantes del barrio consideran que actualmente el servicio público prioritario es el sistema de alcantarillado, pues, representa cerca del 70%. Mientras que los demás servicios (agua, luz, teléfono) alcanzan más del 30%.

2. ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado se encuentra ubicado en el barrio?

Tabla 17

Tipo de sistema

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Sanitario	55	76%
Pluvial	17	24%
TOTAL	72	100%

Fuente: Investigación

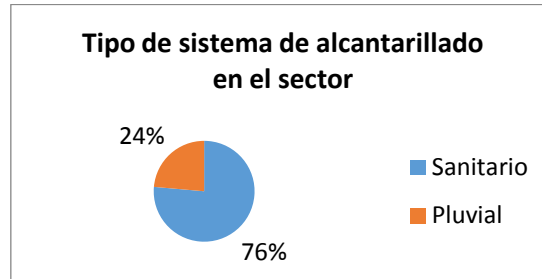


Gráfico 44. Tipo de sistema

Fuente: Investigación

De acuerdo a la información recopilada, se conoce que en el barrio existe más el sistema sanitario que el pluvial, esto representa cerca del 80%. Los pobladores señalan que se encuentra ubicado en la calle Los Libertadores Lucas Tipán.

3. ¿Considera que las obras del sistema de alcantarillado en el barrio se encuentran culminadas en su totalidad?

Tabla 18

Obras del sistema culminadas

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
SI	14	19%
NO	58	81%
TOTAL	71	100%

Fuente: Investigación

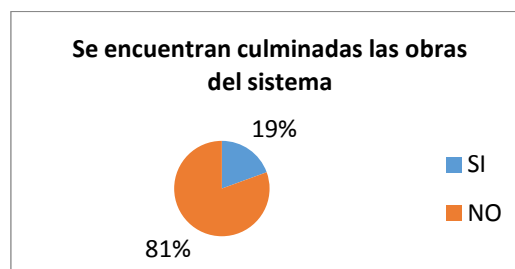


Gráfico 45. Obras del sistema culminadas

Fuente: Investigación

En relación a la información recopilada, los habitantes del Barrio San Fernando señalan que la mayoría de las obras del sistema de alcantarillado se encuentran inconclusas, pues, representa más del 80%.

4. ¿Es necesario la implementación de proyectos para culminar las obras inconclusas de la red de alcantarillado?

Tabla 19

Implementación de obras

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
SI	55	76%
NO	17	24%
TOTAL	72	100%

Fuente: Investigación

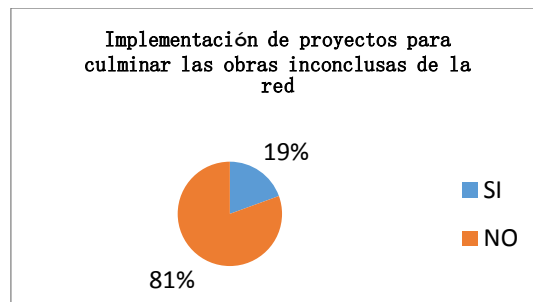


Gráfico 46. Implementación de obras

Fuente: Investigación

En este aspecto los habitantes del barrio indican que es necesario la ejecución o terminación de obras inconclusas del sistema de alcantarillado, siendo exactamente el 81% de los encuestados. Mencionan que es una necesidad prioritaria para mejorar las condiciones de vida de la población.

5. ¿En el barrio existe algún sistema de tratamiento de aguas residuales?

Tabla 20

Existencia de sistema de tratamiento de aguas

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
SI	0	0%
NO	30	42%
NO CONOCE	42	58%
TOTAL	72	100%

Fuente: Investigación

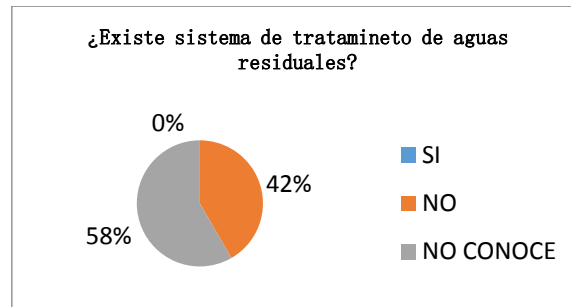


Gráfico 47. Existencia de sistema de tratamiento de aguas

Fuente: Investigación

De acuerdo a lo señalado por los habitantes del barrio, la mayoría desconoce la existencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales, más del 40% señala que no existe este tipo de sistema, pero señalan que existe una planta de tratamiento implementada por el Municipio de Rumiñahui.

6. ¿Qué tipo de problemas medioambientales se presentan durante y después de ejecución de obras de alcantarillado?

Tabla 21

Problemas presentados durante-después de ejecución de obras

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Calidad del agua	1	1%
Contaminación en drenajes.	3	4%
Emisión de partículas de polvo	15	21%
Malos olores	9	13%
Calidad del suelo	6	8%
Cambio del suelo	7	10%
Modificación al estrato natural	4	6%
Contaminación entorno del estrato animal	3	4%
Alteración de la calles	3	4%
Cambios en la calidad de vida	9	13%
Reclamos de la población	5	7%
Riesgo en la salud	7	10%
TOTAL	72	100%

Fuente: Investigación

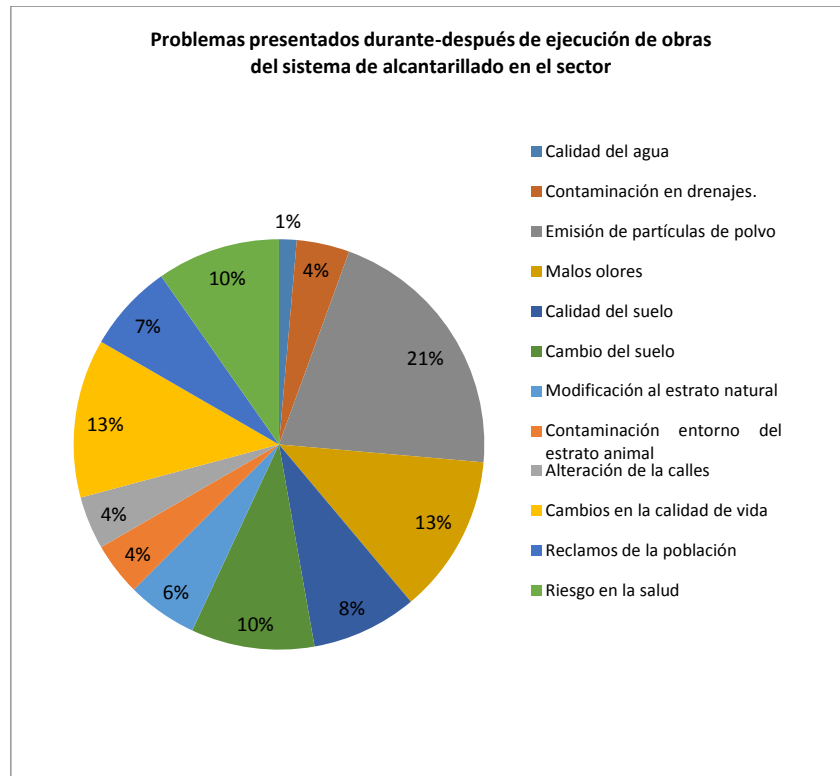


Gráfico 48. Problemas presentados durante-después de ejecución de obras

Fuente: Investigación

Entre los principales problemas presentados durante y después de la ejecución de las obras del sistema de red se encuentran: el polvo, malos olores, cambios en la estructura del suelo, riesgos a la salud y cambios en la calidad de vida, estos representan cerca del 70%. Mientras que la calidad de agua, contaminación de drenajes, calidad de suelos y el resto de los problemas alcanza el 34%.

7. ¿Considera que es necesario implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales en el barrio?

Tabla 22

Implementación de sistema de tratamiento de aguas

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
SI	26	36%
NO	14	19%
TALVEZ	32	44%
TOTAL	72	100%

Fuente: Investigación

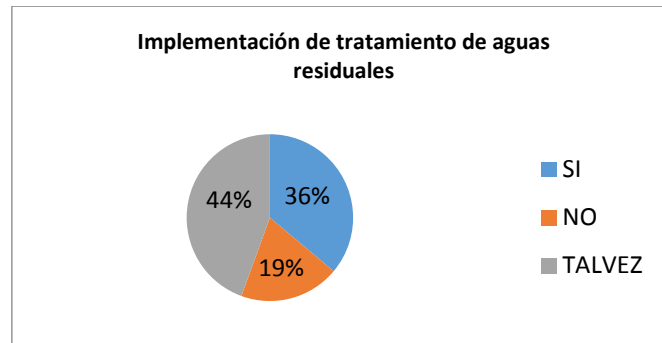


Gráfico 49. Implementación de sistema de tratamiento de aguas

Fuente: Investigación

La población encuestada del barrio señala que es pertinente implementar un método para el tratamiento de aguas residuales, siendo cerca del 40%, otros señalan que talvez se podría implementar, pues, la mayoría es por falta de conocimientos sobre la relevancia de implementar un sistema de tratamiento de aguas.

Los resultados de la encuesta aplicada a los habitantes del barrio San Fernando fueron utilizados para el diagnóstico de los problemas encontrados por factores medioambientales y finalmente para establecer algunas alternativas de solución.

3.5 Diagnóstico del funcionamiento del sistema de alcantarillado

En el Barrio San Fernando, el sistema de alcantarillado sanitario se construyó hace más de 10 años y 5 años después se construyó el sistema pluvial, se utilizó tubería PVC y soporte de concreto, es decir, inicialmente se construyó el alcantarillado sanitario y años más tarde, en el 2011 se implementó la red pluvial.

La mayoría de las aguas lluvias siguen su cauce por las calles del barrio, la falta de culminación de la red pluvial en el tramo principal analizado es la Calle Los Libertadores Lucas Tipan provoca que existan inconvenientes al momento de evacuar las aguas.

El diagnóstico se realizó mediante la técnica de inspección o visita de campo. En primera instancia se pidió permiso al municipio, luego se realizó la inspección del



sistema (sanitario-pluvial) con la ayuda del plano de ubicación. Las visitas sucedieron en días en que el tiempo no era lluvioso, fue necesario utilizar un formulario idóneo diseñado para este caso (**Ver Tabla 44**), en tiempo seco se observó la existencia de flujos anormales. Se revisó desde el último pozo hasta el primero.

Las observaciones ayudaron a determinar la existencia de grietas en las tuberías especialmente en el pozo 4, este deterioro se debe al paso de los años. El mortero presentó erosión por el flujo del agua residual y el movimiento de las tuberías por el nivel de asentamientos diferenciales del terreno, el flujo fue de descarga continua.

Aunque el sistema pluvial se implementó hace cinco años, esta presentó malos olores por el taponamiento en los sumideros, la misma que ocurre en los días de mayor afluencia de lluvia. Sumado a esto, algunas personas arrojan desperdicios como basura y otros que provocan daños y problemas a la red.

También es necesaria la culminación de todos los tramos para garantizar un funcionamiento óptimo para el beneficio de la población. El plano del tramo actual del alcantarillado sanitario existente se encuentra en Anexo 1, en este plano A – 001/002 corresponden a la situación actual: en esta se visualiza que el diámetro de la tubería desde el pozo 1 hasta el pozo 5 es de 200mm (la nomenclatura es $\varnothing=200\text{mm}$).

En la red de alcantarillado sanitario, el drenaje sufre de averías, los interceptores tienen un desgaste de alrededor del 60%. En las tuberías existe fuga de las aguas receptadas, las tapas externas no están correctamente ubicadas debido a la inestabilidad.

En la red sanitaria del tramo de estudio, es decir, la calle Los Libertadores Lucas Tipan, las tuberías que se encuentran dentro de la alcantarilla no presentan muchos daños, pero por la inestabilidad del suelo y en épocas de lluvia pueden provocar fuga masiva de aguas.



A continuación se presenta los resultados del diagnóstico del tramo Los Libertadores Lucas Tipan, pues, es la que se evalúa en esta tesis, la misma que se detalla en forma global de la red de alcantarillado sanitario y pluvial mostradas en la **Tabla 23**, pero el principal diagnóstico se centra en la red de alcantarillado sanitario, es así que únicamente se presenta el plano A-002 sobre la problemática del sistema sanitario, mientras que el pluvial sólo se detalla brevemente.

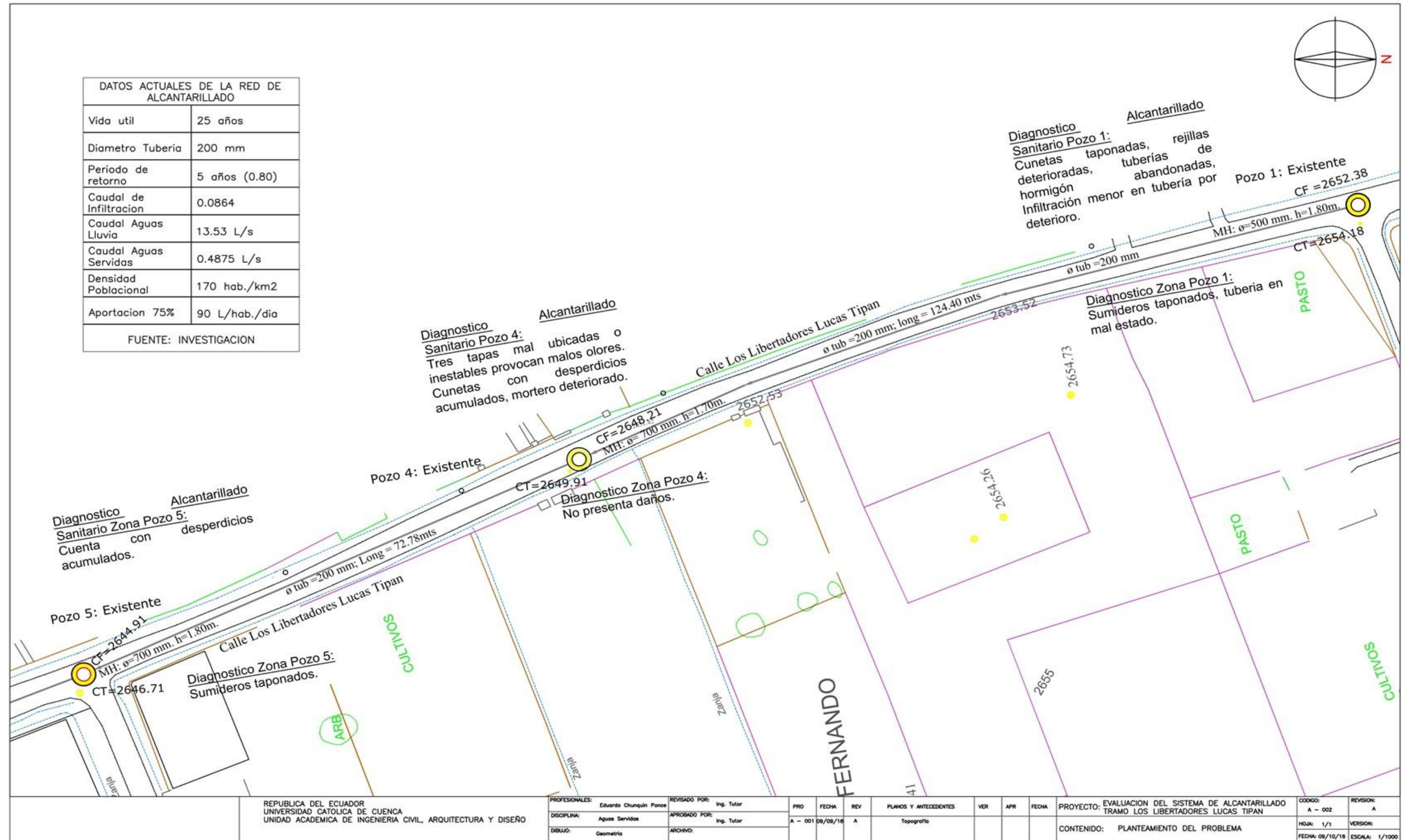


Gráfico 50. Diagnóstico de la red de alcantarillado sanitario
Fuente: Investigación

Tabla 23
Diagnóstico de la red de alcantarillado

RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO				
Nº Pozo		Tramo	Longitud del tramo (m)	Daño Encontrado
Pz 1		Los Libertadore s Lucas Tipan	48,5	Cunetas taponadas, rejillas deterioradas, tuberías de hormigón abandonadas, Infiltración menor en tubería por deterioro
Pz4		Los Libertadore s Lucas Tipan	72,78	Tres tapas mal ubicadas o inestables provocan malos olores. Cunetas con desperdicios acumulados, mortero deteriorado
Pz5		Los Libertadore s Lucas Tipan	60,7	Cunetas con desperdicios acumulados
RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL				
Nº Pozo		Tramo	Longitud del tramo (m)	Daño Encontrado
Arriba	Abajo			
Pz 1	Pz3	Los Libertadore s Lucas Tipan	50,5	Sumideros taponados, tubería en mal estado
Pz3	Pz3	Los Libertadore s Lucas Tipan	76,2	No presenta daños
Pz4	Pz3	Los Libertadore s Lucas Tipan	49,5	No presenta daños
Pz5	Pz3	Los Libertadore s Lucas Tipan	60,67	Sumideros taponados

Fuente: Investigación

Para tener una visión más precisa del estado de funcionamiento del sistema de red de alcantarillado, por ser el principal receptor para descargas de las aguas pluviales y sanitarias, se establecieron los siguientes pasos:

- Levantamiento de componentes.
- Verificación del estado físico de las coberturas (tapas, rejillas, material de revestimiento), cámaras de inspección, y tuberías.



Finalmente se presenta los datos actuales del sistema de alcantarillado sanitario del barrio San Fernando, es así que se describe cada componente:

- **Periodo de diseño:** Tiempo que transcurre desde la puesta en marcha del servicio hasta el momento en que la red de alcantarillado reduce su capacidad, pues, con el tiempo se deteriora. (Apuntes Ingeniería Civil , 2011)
- **Periodo de retorno:** Es lapsus de tiempo de recurrencia de la magnitud un caudal. (SAGARPA, 2012)
- **Caudal de infiltración:** Proviene del subsuelo, los mismos que penetran a través de las fisuras existentes en las tuberías u otros componentes, por uniones mal realizadas, precipitación, etc. (Organización Panamericana de la Salud , 2005)
- **Densidad poblacional:** Número de habitantes por hectárea.
- **Aportación:** Es la conducción relacionada con el uso del agua, la misma que es receptada en el drenaje sanitario. (USON , 2010)



Tabla 24

Datos actuales de la red de alcantarillado

Componentes	Fórmula	Procedimiento	Resultado
Periodo de diseño establecido			25 años
Diámetro tubería			200 mm
Periodo de retorno			5 años (0.80)
Caudal de infiltración:	$Q_{inf} = \text{infiltración media} * \text{área total del Alcant.}$	$Q_{inf} = 0,80 * 1080 \text{ km de longitud} = 0.80 * 0,108$	0.0864 (seg y L en km)
Caudal de aguas lluvias	$Q = CIA$ $Q = \text{gasto}$ $C = \text{Coeficiente escurrimiento } 0,50$ $I = \text{intensidad de lluvias (202/30)}$ $A = \text{área de aportación } 4,02 \text{ ha}$	$Q = (0,50 * 6,73 * 4,02)$	13,53 l/s/
Caudal de aguas servidas	$QAS = \left(\frac{\text{hab} * \text{dotación}}{86400} \right)$	$QAS = \left(\frac{468 * 120}{86400} \right)$	0,4875 l/s
Densidad poblacional	$D = \frac{\text{habitantes}}{\text{área}}$	$D = \frac{468}{2,75 \text{ km}^2}$	170 hab/km ²
Aportación 75%	$\text{Dotación (120)} * \left(\frac{75\%}{100} \right)$		90 l/hab/día

Fuente: Investigación

Elaboración: Investigador



Tabla 25

Diagnóstico del alcantarillado sanitario

CALLE	POZO	Longitud (m)	Cota		Pendiente	Factor de Mayorización	Diámetro tubería mm	Capacidad Hidráulica de Tuberías (llena)	
			Tapa (CT)	Fondo (CF)				V (m/s)	Q (L/s)
C. Lucas Tipán Pzexist	PZ1	48,5	2654,18	2652,70	30,5	4	200	2,15533099	67,71
C. Lucas Tipán Pzexist	PZ4	72,78	2649,91	2646,63	45,1	4	200	2,6195773	82,30
C. Lucas Tipán Pzexist	Pz5	60,7	2646,71	2641,78	81,3	4	200	3,51776751	110,51

Fuente: CatastroGAD Rumiñahui

Elaboración: Investigador

El coeficiente de escurrimiento es establecido con base a zonas urbanas, la intensidad de lluvias es de 202 l/s mensuales (Tabla 4-5) divididas para 30 días, obteniendo intensidad de lluvias diarias, área de aportación total es de 4,02 ha, esta se considera en relación a futuras proyecciones de la construcción de nuevos pozos en el barrio, siendo 13,53 l/s caudal medio diario. Cabe señalar que el pozo 1 es cabezal, y se detalla en las áreas de aportación del colector.

De la misma manera para el alcantarillado pluvial se utilizó la información proporcionada por el GAD Rumiñahui, la cual se encuentra en los documentos de Catastro, previa autorización de la institución municipal:

Tabla 26
Diagnóstico del alcantarillado pluvial

CALLE	POZO	Longitud (m)	Cota		S	Factor M	Diámetro tubería mm	Capacidad Hidráulica de Tuberías (llena)		
			Arriba	Abajo				V (m/s)	Q (L/s)	
	Arriba	Abajo								
C. Lucas Tipán	PZ1	PZ2	50,5	2660,78	2660,18	11,88	4	200	1,34488119	42,25
C. Lucas Tipán	PZ3	PZ3	76,2	2658,17	2656,37	23,62	4	200	1,89632492	71,73
C. Lucas Tipán	PZ4	PZ4	49,5	2656,37	2654,62	35,35	4	200	2,31990611	72,88
C. Lucas Tipán	PZ5	PZ6	60,67	2654,62	2652,51	34,78	4	200	2,30095547	72,29

Fuente: CatastroGAD Rumiñahui

Elaboración: Investigador

A continuación se detalla las fórmulas para el cálculo de pendiente, capacidad hidráulica en velocidad y cantidad:

$$S = \frac{H}{x} * 1000$$

Dónde:

S = pendiente

H = Cotas (CT-CF)

x = distancia horizontal



Capacidad Hidráulica

$$V(m/s) = \left(\left(\left(\frac{D/1000}{M} \right)^{2/3} \right) * \left(\frac{\left(\left(\frac{S}{1000} \right)^{1/2} \right)}{N} \right) \right)$$

Dónde:

V m/s = velocidad máxima a tubo lleno

D = diámetro de la tubería

M = Coeficiente de mayorización

S = pendiente

N = coeficiente de rugosidad Manning

$$Q(l/s) = \left(\left(R_h * \left(\frac{(D/1000)^2}{M} \right) \right) * V \right) * 1000$$

Dónde:

Q m/s = Cantidad o gasto a tubo lleno

Rh = Radio hidráulico

D = diámetro de la tubería

M = Coeficiente de mayorización

S = pendiente

V m/s = Velocidad máxima a tubo lleno



Tabla 27

Cálculos para el diagnóstico de la red de alcantarillado.

SANITARIO			
Cálculos			
Pozo	Pendiente	V (m/s)	Q (m/s)
Pz1	$((2654,18 - 2652,70)/48,50) * 1000 = 30,5$	$((((3,05/1000)/4)^{(2/3)}) * ((200/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 0,68$	$((((200/1000)/4)^{(2/3)}) * ((0,68/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 21,41$
Pz4	$((2649,91 - 2646,63)/72,78) * 1000 = 45,1$	$((((4,51/1000)/4)^{(2/3)}) * ((200/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 0,83$	$((((200/1000)/4)^{(2/3)}) * ((0,83/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 26,02$
Pz5	$((2646,71,18 - 2641,78)/60,70) * 1000 = 81,3$	$((((8,13/1000)/4)^{(2/3)}) * ((200/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 1,11$	$((((200/1000)/4)^{(2/3)}) * ((1,11/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 34,95$
PLUVIAL			
Cálculos			
Pozo	Pendiente	V (m/s)	Q (m/s)
Pz1	$((2660,78 - 2660,18)/50,55) * 1000 = 11,9$	$((((1,19/1000)/4)^{(2/3)}) * ((200/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 0,43$	$((((200/1000)/4)^{(2/3)}) * ((0,43/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 13,36$
Pz2	$((2660,18 - 2658,17)/58,70) * 1000 = 34,2$	$((((3,42/1000)/4)^{(2/3)}) * ((200/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 0,72$	$((((200/1000)/4)^{(2/3)}) * ((0,72/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 22,68$
Pz3	$((2658,17 - 2656,37)/76,20) * 1000 = 23,6$	$((((2,36/1000)/4)^{(2/3)}) * ((200/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 0,599$	$((((200/1000)/4)^{(2/3)}) * ((0,599/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 18,84$
Pz4	$((2656,37 - 2654,62)/49,50) * 1000 = 35,4$	$((((3,54/1000)/4)^{(2/3)}) * ((200/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 0,73$	$((((200/1000)/4)^{(2/3)}) * ((0,73/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 23,05$
Pz5	$((2654,62 - 2652,51)/60,67) * 1000 = 34,8$	$((((3,48/1000)/4)^{(2/3)}) * ((200/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 0,73$	$((((200/1000)/4)^{(2/3)}) * ((0,73/1000)^{(1/2)})) / (0,011) = 22,86$

Fuente y Elaboración: Investigador



Considerando que el tramo de estudio, es decir, la calle Los Libertadores Lucas Tipán viven 468 personas, puesto que existe alrededor de 117 lotes para 117 familias con un promedio de 4 miembros.

De acuerdo al cuadro anterior, se puede mencionar que la capacidad hidráulica de las tuberías del alcantarillado sanitario aún puede soportar la demanda existente, pues, los tamaños son mayores a los caudales de aguas lluvias y aguas servidas. Por lo tanto, el alcantarillado sanitario sirve para unos 2 años más.

A pesar que la capacidad de la tubería abastece a la demanda, se puede mencionar que el sistema se encuentra fracasado por sus años de servicio, de tal forma que las tuberías del sistema de alcantarillado del tramo estudiado deben ser cambiadas, además al no ser consideradas aportes de otros de alcantarillado que antes no estaban considerados. Otro aspecto que se debe tomar en cuenta es el cambio climático, ya que a mayor precipitación en la zona en la que se encuentra el tramo, esta disminuye la capacidad.

Por lo tanto, de acuerdo a los datos obtenidos del INAMI las precipitaciones mensuales o intensidad de lluvias se han aumentado más de lo normal, específicamente en la estación Izobamba con 131%, siendo el valor acumulado más alta en la zona 8 en la que se encuentra el barrio San Fernando, registrando 96.7 mm mensuales y en 24 horas se presentó con 28.22 mm, esta tendencia se ha presentado en marzo, abril y mayo.

En la tabla 28, se presenta el cálculo de la población futura, utilizando el método geométrico. Aquí se presenta la población a partir del año 2011 al 2015:



Tabla 28

Población Histórica Barrio San Fernando

Nº	AÑO	POBLACIÓN
1	2.011	380
2	2.012	420
3	2.013	454
4	2.014	460
5	2.015	468

Elaboración: Investigador

Posteriormente se realizó el cálculo de la tasa de crecimiento, en este caso la tasa es de 0.05345397, tal como se muestra en la fórmula aplicada en la siguiente información.

Se realizó mediante la resolución de la tasa de crecimiento.

TASA DE CRECIMIENTO R	
$R = ((POB\ 2 / POB\ 1) ^ {1 / (T2 - T1)}) -1$	
R	0,05345397

Con la tasa de crecimiento se realizó el cálculo de la población futura mediante el método geométrico utilizando la siguiente fórmula: $N_t = N_0(1 + r)^t$

Donde:

$N_t - N_0$ = Población Inicio – población final del período

t = tiempo en años de la población inicial-final

r = tasa de crecimiento

Tabla 29

Población Futura por el Método Geométrico

MÉTODO GEOMETRICO			
Nº	AÑO	POBLACION	YC
1	2.011	380	380
2	2.012	420	400
3	2.013	454	422
4	2.014	460	444
5	2.015	468	468
6	2.016		493
7	2.017		519
8	2.018		547
9	2.019		576
10	2.020		607
11	2.021		640

Elaboración: Investigador

Al ser una población menor a 1000 habitantes el coeficiente de variación Harmonse calcula con base a la siguiente fórmula:

Coeficiente Harmon	
Fórmula	Cálculo
$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}$	$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{468}{1000}}} = 3.80$
Donde:	
M = Coeficiente Harmon	
P = población	

Conociendo que la dotación es de 120 l/hab/día, aportación (75%) 90 l/hab/día y coeficiente de seguridad de 0,5, se cuantifica los consumos por segundo. A continuación se presentan los cálculos de gastos mínimos, medios, máximo instantáneo y extraordinario:

Tabla 30
Gastos (Q)

Gastos	Fórmula	Dónde	Cálculo
Gasto medio	$Q_{med\ AN} = Q_{AN} = \frac{AP * P}{86400}$	Qmed AN= Gasto medio de aguas negras l / seg AP = aportación de aguas P = número de habitantes	$Q_{med\ AN} = Q_{AN} = \frac{AP * P}{86400} = \frac{90 * 468}{86400} = 0,4875\ l/s$
Gasto mínimo	$Q_{min} = 0,5\ Q_{med\ AN}$	Qmin= Gasto mínimo	$Q_{min} = 0,5\ Q_{med\ AN} = 0,5 * 0,4875 = 0,24375\ l/s$
Gasto máximo instantáneo	$Q_{minst} = M * Q_{med\ AN}$	Qminst = Gasto máximo instantáneo M= Coeficiente de Harmon (3.8 < 1000 hab)	$Q_{minst} = M * Q_{med\ AN} = 3,80 * 0,4875 = 1,8525\ l/s$
Gasto máximo extraordinario	$Q_{mext} = 0.5 * Q_{minst}$	Qmext = Gasto máximo extraordinario 0.5 = Valor del coeficiente de seguridad	$Q_{mext} = 0.5 * Q_{minst} = 0,5 * 1,8525 = 0,92625\ l/s$

Fuente: Investigación

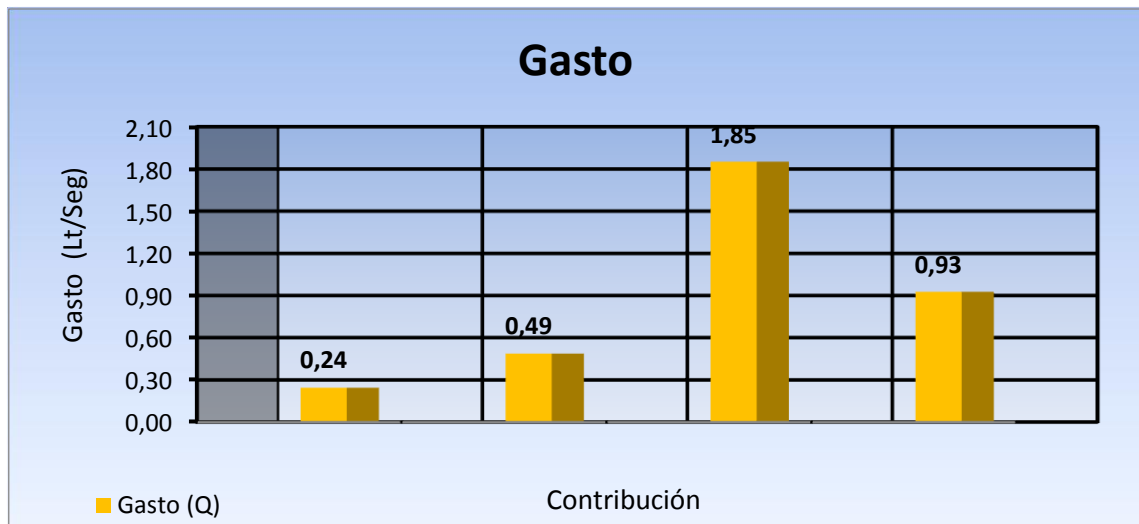


Gráfico 51. Gastos (Q)

Elaboración: Investigador

Los resultados obtenidos de la velocidad y cantidad calculados de la capacidad hidráulica del alcantarillado sanitario por de cada pozo se presenta el siguiente gráfico:

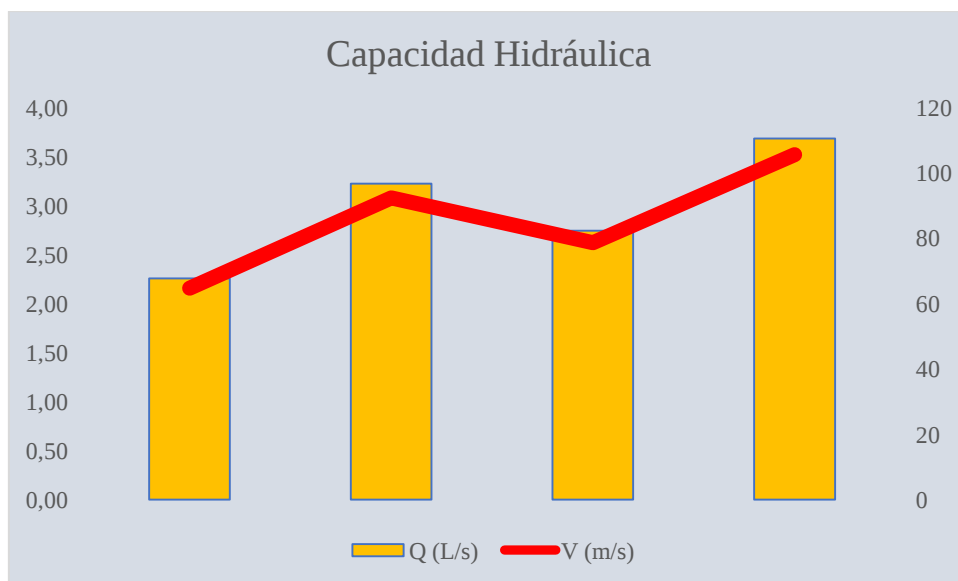


Gráfico 52. Capacidad Hidráulica

Elaboración: Investigador

Tal como se aprecia en el gráfico anterior, la mayor capacidad hidráulica de los tubos se presenta en el pozo número 5 y menor porcentaje en el pozo 1 y 4, estos son los que se encuentran ya contruidos, los mismos que abastecen a la demanda, sin embargo por



factores que ya se mencionó anteriormente, la capacidad se puede ver reducida por el aumento de precipitación de aguas lluvias, deterioro presentado en las tuberías, o por el hecho de que falta construir dos pozos, puesto que en los próximos años la población futura superará las 600 personas que habitarán en el tramo de estudio de la calle Los Libertadores Lucas Tipán.

La planta de tratamiento del cantón Rumiñahui, abastece a varios barrios de la ciudad, incluido el barrio San Fernando. Al haber sido construida hace poco tiempo, se encuentra en buenas condiciones. Sin embargo los horarios en que los recolectores son vaciados en la planta de tratamiento ubicada en el barrio San Vicente resultan ineficientes, aún falta establecer horarios adecuados que permitan la recolección de las aguas con el fin de evitar acumulación excesiva de las mismas y al mismo tiempo evitar colapso de la red.

El tipo de tratamiento utilizado por la empresa encargada es conocido como sistema de flotación por aire disuelto o DAF, el mismo que se implementa para poblaciones medianas y grandes. Este método es el más completo de aplicar, no provoca mayores impactos a la naturaleza, elimina efectos contaminantes mediante la separación de sustancias y eliminando hasta el 95% de las mismas.

A pesar de que la planta de tratamiento se implementó a inicios del 2015, el drummer emana olores desagradables, daños al inicio de la operación de la planta, es decir, en el sello mecánico de la bomba y persistencia de olores objetables.

3.6 Características Medio Ambientales del sistema de alcantarillado

En el Barrio San Fernando el sistema de alcantarillado presentan diversas características e indicadores medio ambientales como:

- Agua en base a su calidad, contaminación en drenajes.
- Aire en relación a las partículas de polvo y malos olores.
- Suelo en base a la calidad del suelo y cambio del suelo.
- Flora en relación a la modificación de estrato natural (plantas, árboles)
- Fauna relacionada con el consumo de agua contaminada por la disposición final del sistema de alcantarillado sobre todo en el Río Santa Clara y la cascada cercana al barrio.
- El Espacio público se basa en la alteración de las calles aledañas a la zona escolar.
- Comunidad basada en daños a la infraestructura del domicilio de la población del Barrio San Fernando, cambios en la calidad de vida y reclamos.
- Salud en referencia a la generación de riesgos sanitarios.



Gráfico 53. Calidad de agua

Fuente: Investigación

Para conocer las especificidades medio ambientales en el Barrio San Fernando se establece un cuadro de matriz de evaluación que contiene las características con su



respectivo indicador. La base de la calificación tiene una escala que va desde 1 a 5, en la que 1 significa que las características afectan en menor proporción y 5 significa que afecta totalmente al ambiente.

El total es la suma de la calificación de cada escala, en forma individual, posteriormente se suma todo los resultados obtenidos de la suma de los indicadores. La ponderación se realiza de la división entre la suma total de la escala y el total de indicadores (12).

A continuación se presenta una tabla detallada de las características de evaluación medio ambiental del sistema de alcantarillado en el Barrio San Fernando:

Tabla 31
Evaluación medio ambiental de la red de alcantarillado

Características	Indicador medio ambiental	Escala					Total
		1	2	3	4	5	
Agua	Calidad del agua		X				2
	Contaminación en drenajes.				X		4
Aire	Emisión de partículas de polvo				X		4
	Malos olores				X		4
Suelo	Calidad del suelo			X			3
	Cambio del suelo				X		4
Flora	Modificación al estrato natural			X			3
Fauna	Contaminación entorno del estrato animal			X			3
Espacio Público	Alteración de la calles					X	5
Comunidad	Cambios en la calidad de vida				X		4
	Reclamos			X			3
Salud	Riesgos Sanitarios			X			3
Total x escala		0	2	15	20	5	
Suma Total					42		
Ponderación					3.5		

Elaboración: Investigador

Los resultados de la evaluación de las características medio ambientales señalan que los factores con mayor cantidad de problemas por el sistema de alcantarillado son la contaminación de drenajes, polvo, malos olores, cambios en la estructura del suelo y cambios en la calidad de vida de la población.



Los aspectos que mayor preocupación generan son: la alteración de las calles y los reclamos por las obras inconclusas, en muchos casos se convierten en foco de infección, enfermedades y contaminación del entorno.

La ponderación de 3.5, demuestra que se encuentra en una escala de contaminación intermedia por la red del sistema pero también por la falta de cumplimiento de obras de alcantarillado. En consecuencia la contaminación medio ambiental continúa escalando más puntos.

3.7 Problemas encontrados

Dentro del perímetro del área del barrio San Fernando existen problemas como la falta de culminación de las obras del sistema de alcantarillado, apenas se ha logrado crear el 40% del total de la red necesaria para garantizar la calidad del servicio a la población. Este problema surge por las siguientes razones:

- Prioridad a otros proyectos como abastecimiento de agua potable, construcción de planta de tratamiento. El presupuesto se destinó para el desarrollo de otras obras.
- Reducción del presupuesto para los Gobiernos Autónomos Descentralizados como medida económica tomada por el Gobierno Nacional.
- Existe planes para operación, mantenimiento, trabajos y estudios del sistema de alcantarillado, los mismos que están incluidos en el Plan de desarrollo y ordenamiento territorial. En el plan maestro del 2014, se dice que la instalación de toda la red, empezará a ejecutarse en el año 2020.

Los bordillos no están contruidos en todo el barrio, la mayoría de las calles del barrio no se encuentran adoquinadas, alrededor del 40% son empedradas, y los demás es de tierra, excepto la vía principal de la calle Los Libertadores Lucas Tipán.

En la calle Lucas Tipán se observó que el sistema de drenaje se encuentra obstruido dificultando la continuidad del cauce de las aguas. En las cunetas se observó desperdicios acumulados, que en días de precipitación ocasionan taponamientos e incluso pueden inundar las calles.

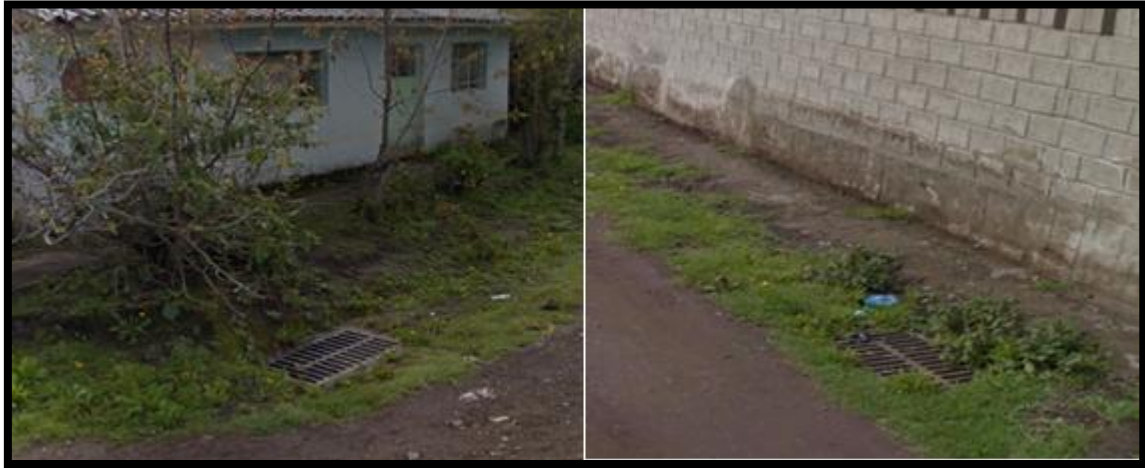


Gráfico 54. Obstrucción en el drenaje

Fuente: Investigación



Gráfico 55. Obstrucción en la cuneta

Fuente: Investigación

Debido a la falta de gestión por parte de las autoridades, la misma población se ha encargado de realizar sus propias cunetas, lo que ha provocado que las aguas lluvias afecten las calles por inundaciones en días de precipitaciones altas y se conviertan en



focos de infección para enfermedades. En la calle Los Libertadores Lucas Tipán se observó que existen tuberías para el sistema sanitario que se encuentran abandonadas en casas cercanas a la vía, porque los terrenos no tienen muros o rejas de protección.

Otro problema es que en el tramo de estudio de la calle Los Libertadores Lucas Tipán, en la red de alcantarillado sanitario tres tapas no se encuentran ubicadas correctamente ocasionando malos olores en las casas cercanas, siendo un foco de enfermedades que afecta principalmente a la escuela aledaña al barrio.

También se presentan inconvenientes en el tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipán con intersección en la calle Río Toachi por obras inconclusas del sistema de alcantarillado, tubería deteriorada en el pozo 1 y otra en el pozo 4 cerca de la intersección con la calle San Marcos. .

En la calle Los Libertadores Lucas Tipán hace falta construir el pozo 2 de la red pluvial, para contrarrestar los problemas que se presentan en el pozo 1, como cunetas taponadas, rejillas deterioradas.

Para la red sanitaria no existen los pozos 2-3, como se indica en el plano A – 001/002 (situación actual) solo existen los Pozos 1, 4 y 5, los mayores problemas se presentan en el pozo 1 y 4, existen infiltraciones, tuberías deterioradas, tapas mal ubicadas, tuberías de hormigón abandonadas y en el pozo 5 se presenta tapas mal ubicadas que provoca malos olores.

A pesar de que actualmente la capacidad hidráulica de las tuberías abastece a la demanda existente, es necesario la construcción de los pozos faltantes (2-3) del alcantarillado sanitario, ya que en los próximos años la población futura será de 600 personas por lo que la capacidad actual no podrá satisfacer la demanda de la población que se encuentra en el tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipán

Además las precipitaciones han aumentado más de lo normal, por los cambios climáticos, ya que en un día normal las precipitaciones son de 6.73 mm pero por estos cambios, las precipitaciones en un día alcanzaron los 28.22 mm, siendo más del triple,



siendo prioritario la construcción de los pozos faltantes del alcantarillado sanitario y pluvial.

De igual forma, es indispensable cambiar o renovar los tubos del alcantarillado sanitario del pozo 1 y 4, ya que por los años de servicio se han deteriorado las tuberías de estos pozos ubicados en el tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipán.

Es urgente completar el 100% de las obras sanitarias de este tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipán. Igualmente se debe realizar la inspección constante de los sistemas de alcantarillado para evitar los problemas antes mencionados. Es necesario realizar una planificación para completar la totalidad de la obra.

Además de algunos problemas en el funcionamiento de la planta de tratamiento como la persistencia de olores y fallas en el inicio del funcionamiento.



CAPÍTULO IV

4 Alternativas de solución de las falencias encontradas en el sistema de alcantarillado de San Fernando

4.1 Propuesta de solución a los problemas encontrados

El sistema de alcantarillado sanitario y pluvial diseñado e implementado en el Barrio San Fernando, específicamente en el tramo estudiado de la calle Los Libertadores Lucas Tipan considera aspectos utilizados por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Rumiñahui utilizó las mismas normas de diseño acoplándolos a la realidad de cada una de sus parroquias.

El Municipio de Rumiñahui manifiesta que las obras se irán implementando de a poco, según sus datos, aproximadamente el 90% del cantón tiene acceso al sistema de alcantarillado. La implementación del Plan maestro 2014 pretende ayudar a la ejecución y continuidad de las obras de alcantarillado, agua potable y otras necesidades para cada barrio, se prevé que sea ejecutada por fases con una inversión inicial de 392.518,25 USD, más IVA. En la actualidad el sistema de alcantarillado del barrio objeto de estudio, cuenta solamente con el 40% del total de obras requeridas en San Fernando.

En el capítulo anterior se realizó un diagnóstico de la red del sistema de alcantarillado del tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipan ubicado en el Barrio San Fernando, se encontró varios inconvenientes que afectan a la red del sistema y a los habitantes que viven en el tramo analizado. Para establecer soluciones prácticas se consideran dos aspectos, la parte técnica y la parte administrativa.



El objetivo principal de la propuesta es establecer estrategias alternas de solución para optimizar el funcionamiento adecuado de la red del sistema de alcantarillado del tramo diagnosticado en el barrio San Fernando

Los objetivos específicos de la propuesta de solución a los problemas encontrados son los siguientes:

- Proponer alternativas de solución técnica en base a las normas RAS 2000 y las normas de diseño de alcantarillado utilizada por la EPMAPS.
- Plantear alternativas de solución administrativa a problemas que afectan el entorno de los habitantes.

Para la solución técnica de problemas encontrados en el sistema de alcantarillado del tramo estudiado (Los Libertadores Lucas Tipán) en el barrio San Fernando se considera el Reglamento Técnico de agua potable y saneamiento básico 2000 y normas de diseño de la EPMAPS. La función principal de la propuesta es presentar alternativas básicas y métodos de solución para mejorar y optimizar la red de alcantarillado.

Para la solución administrativa se hace un análisis de los factores internos, es decir, los problemas específicos encontrados en el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial del tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipán, los mismos que fueron detallados en el capítulo anterior, de igual manera se realiza un análisis externo a nivel político, económico, social y tecnológico. Como paso final, se aporta con un manual de implementación de soluciones para el tratamiento y cuidado de los sistemas de alcantarillado.

Los problemas encontrados en el alcantarillado sanitario y pluvial en el tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipanson en relación al análisis y diagnóstico de este sistema en el capítulo 3 acorde a las **Tablas 24, 25, 26.**



Para la propuesta de solución a problemas encontrados en el sistema de alcantarillado de este tramo se presentan las siguientes alternativas técnicas:

Para el sistema de recolección de aguas residuales y aguas lluvias:

- Renovar tubería PVC de 250mm, diámetro de 6m para el pozo 1 y 4 del alcantarillado sanitario.
- Limpieza de sumideros de la red pluvial en el pozo 1.
- Construcción de alcantarillado sanitario pozo 2 y 3, es decir, 2 pozos nuevos, esta muestra en el plano A – 003 donde se hace la propuesta emanada del cálculo así como la sustitución del colector existente de $\varnothing=250\text{mm}$ por uno de $\varnothing=250\text{mm}$.

Para el tratamiento de aguas residuales:

- Mecanismos para tratamiento primario y secundario para el cuidado de la planta de tratamiento actual del cantón que abastece a este barrio.

4.2 Estrategias de Solución

Previo al establecimiento de estrategias de solución se realizará un análisis interno-externo de la situación actual del sistema de alcantarillado, el cual se presenta a continuación.

Análisis Externo (oportunidad-amenaza)

Político: Los aspectos políticos son primordiales dentro del ámbito de la gobernabilidad, afectan la manera en que se comportan las instituciones públicas, privadas, y la sociedad en general. Las actuales políticas sociales gubernamentales se manejan en beneficio de los más necesitados, así lo establece el Plan del Buen Vivir y la Constitución del 2008.



La autonomía de los GAD municipales cantonales, buscan que todos tengan derecho de acceder a los servicios básicos. Sobre todo la población de barrio es vulnerables tanto del barrio urbano como rural con igualdad de condiciones.

Oportunidad: Gestión pública de los GAD para facilitar a la población el acceso a servicios básicos.

Económico: Los GAD del país distribuyen los recursos económicos otorgados por el gobierno central, esto se encuentra establecido en el marco de la Constitución y el Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD).

El presupuesto General del Estado establece que para las instituciones públicas de autonomía descentralizada se consideran el 21% de ingresos permanentes y 10% de ingresos no permanentes, dividiendo el presupuesto de estos ingresos de la siguiente manera:

- 27% para Consejos Provinciales.
- 67% para Municipios y Distritos Metropolitanos.
- 6% para parroquias.

En la actualidad el Presupuesto General del Estado se ha visto reducido por el bajo precio de petróleo, esta es la principal fuente de ingresos del país y afecta directamente en la distribución de ingresos para los gobiernos autónomos descentralizados del país, ocasionado reajustes en el presupuesto de cada GAD.

A partir de este año las asignaciones se redujeron en hasta un 12% en comparación con años anteriores.

Tabla 32

Reasignación del Presupuesto General

DISTRIBUCIÓN A LOS GADs PREASIGNACIONES LEY COOTAD AÑO 2016				
Cifras USD miles				
CONCEPTO				MONTO USD
TOTAL INGRESOS PERMANENTES DEL PGE (1)				13.389.675
21% para los GADS				2.811.832
TOTAL INGRESOS NO PERMANENTES DEL PGE (1)				500.000
10% para los GADS				50.000
TOTAL PREASIGNACIÓN GADS				2.861.832
DISTRIBUCIÓN (2)				
BENEFICIARIOS	TOTAL	GADs Provinciales y al Régimen Especial Galápagos	GADs Distritales y Municipales	GADs Parroquiales Rurales
PORCENTAJES DE DISTRIBUCIÓN	100%	27%	67%	6%
21 % INGRESOS PERMANENTES	2.811.832	759.195	1.883.927	168.710
10 % INGRESOS NO PERMANENTES	50.000	13.500	33.500	3.000
TOTAL PREASIGNACIÓN GADS	2.861.832	772.695	1.917.427	171.710
NOTAS:				
(1) Se calcula de acuerdo a lo dispuesto en el Art. 80 del Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas				
(2) Se distribuye en base al artículo 192 del COOTAD				

Fuente y Elaboración: Ministerio de Finanzas (2016)

Oportunidad: Mayor designación de presupuestos para empresas públicas con 31% de los ingresos permanentes y no permanentes

Amenazas:

- Inestabilidad de precio del petróleo, desequilibrio en la asignación del Presupuesto General del Estado
- Reducción del porcentaje de reasignaciones a los GADs para desarrollar proyectos de servicios prioritarios

Social: Los factores de análisis social funcionan en relación a las necesidades básicas insatisfechas considerando el desempleo, la falta de accesos a servicios básicos y los ingresos percibidos.

Tabla 33

Necesidades Básicas Insatisfechas

Rumiñahui	POBLACIÓN NO POBRES	POBLACIÓN POBRES
Sangolqui	57.104	23.641
Cotogchoa	1.310	2.619
Rumipamba	10	765
Total	58.424	27.025

Fuente y Elaboración: INEC, Censo de Población y Vivienda 2010



Como se aprecia en la tabla anterior, el mayor porcentaje de la población del cantón Rumiñahui no es pobre, representa a 68,4% frente al 31,6% que es pobre. Esta tendencia se mantiene a nivel nacional, cantonal y parroquial. La mayor parte de la población cuenta con servicios básicos, esto es evidente sobre todo en la parroquia Sangolquí.

En el 2016 el salario básico unificado (sbu) aumentó en \$12.00. De \$354,00 del año 2015 pasó a \$ 366.00 en el 2016. Se observa una tendencia de crecimiento anual del sbu.

El desempleo es otro factor de análisis social, según la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo Urbano (ENEMDU) a partir del 2010 (5,50%) la tasa de desempleo nacional ha disminuido hasta marzo del 2015 en 4,28%. Esta tendencia se ha manteniendo entre el 2011 y el 2014 pero hasta finales del mes de marzo del 2016, la tasa de desempleo ha aumentado en 5.7% respecto a los años anteriores.

Oportunidad:

- Mayor facilidad de acceso a servicios básicos
- Crecimiento anual promedio del salario básico unificado

Amenaza:

- Existencia de 31,6% personas pobres por necesidades básicas insatisfechas.
- Inestabilidad en la tasa de desempleo.

Tecnológico: Los implementos tecnológicos son un factor relevante para la ejecución y readecuación del sistema de alcantarillado de las ciudades. Las maquinarias son materiales necesarios para lograr una buena red del sistema.

Según el informe presentado por INEC el 2013, los precios de los materiales para la construcción de alcantarillados no varían significativamente, esta tendencia continua hasta marzo del 2016, pues, el precio de tubo PVC continua costando \$146.38.

Tabla 34

Precios de materiales para construcción alcantarillado

MATERIALES	Precios 2013	
	Abril	Marzo
Alcantarillas de láminas de metal y Acc.	174,58	174,58
Bombas de agua	133,01	132,09
Emulsiones Asfálticas	213,55	213,55
Equipo para Tratamiento de aguas residuales	132,35	134,89
Equipo y maquinaria para aseo de áreas y vías públicas	138,22	140,62
Hormigón premezclado	196,19	205,14
Láminas y placas asfálticas	256,29	266,81
Perfiles estructurales de acero	270,85	249,45
Piezas de hierro fundido	301,75	301,75
Piezas sanitarias de metal	124,96	124,96
Piezas sanitarias porcelana vitrificada	229,89	224,33
Productos diversos de arcilla, gres (para recubrimiento y acabados)	269,00	277,18
Productos químicos para hormigón y morteros	226,51	225,33
Tubos PVC para alcantarillado	146,38	146,38

Fuente: INEC-IPCO 2013-2016

Oportunidad:

- Estabilidad en los precios de materiales para construcción de alcantarillado.
- Disponibilidad total de materiales en el mercado para alcantarillado.

Análisis Interno (debilidad-fortaleza)

Para el análisis interno se considera los factores del estado actual del sistema de alcantarillado, el medio ambiente y la comunidad en general.

Fortaleza:

- El plan maestro del GAD Rumiñahui incluye asignación de presupuesto para culminar el sistema de alcantarillado.
- En el 2016 se espera concluir hasta el 80% de las obras de alcantarillado para abastecer a la población del cantón Rumiñahui.



- Maquinarias disponibles para culminar la construcción del sistema de alcantarillado.

Debilidad:

- Falta de culminación de obras del sistema de alcantarillado, pozo 2 y 3 del sistema sanitario y pozo 2 sistema pluvial, ambos ubicados en la calle Los Libertadores Lucas Tipán.
- Falta de mantenimiento continuo del drenaje causan obstrucción en el canal que conduce las aguas.
- Existencia de infiltraciones en el pozo 1 y 4.
- Posible inundación de las calles por alcantarillas taponadas.
- Abandono de tuberías de hormigón del sistema de alcantarillado por algunas partes del barrio.
- Inadecuado nivel de ubicación de las tapas principales de la red, en el pozo 5 de la red sanitaria.
- Falta de limpieza alrededor de los sumideros del sistema pluvial en el pozo 1, pues se encuentran obstruidos por maleza, basura y objetos oxidados.
- Existencia de una tubería rota en el pozo 4 y algunas en procesos de deterioro en el pozo 1 y 4.
- Contaminación medio ambiental por malos olores y polvo.

Resumen de las estrategias de solución

Estrategias de solución administrativa

- Reformar reglamentos para dar atención prioritaria a la ejecución de obras en barrios vulnerables.



- Establecer políticas de gestión pública para distribuir equitativamente los recursos para terminar las obras inconclusas.
- Ejecutar nuevas obras de abastecimiento de la red del sistema en parroquias y barrios del Cantón Rumiñahui
- Aplicar estrictamente las normativas de gestión ambiental.

Estrategias de solución técnica

- Proponer cálculos de diseño para culminar las obras del sistema de alcantarillado sanitario (pozo 2-3) y pluvial (pozo 2)
- Reemplazar materiales deteriorados del sistema sanitario
- Inspeccionar materiales abandonados y reutilizar en otros proyectos.
- Obtener materiales faltantes para culminar obras.
- Diseñar un manual para el tratamiento y cuidado del sistema de alcantarillado separado.
- Utilizar estrictamente las normas de diseño para sistemas de alcantarillado separado de la EPMAPS.
- Establecer un cronograma de inspección del sistema de alcantarillado en el barrio.

Las estrategias de solución técnica sirven para el funcionamiento adecuado del sistema de alcantarillado mediante la recolección de aguas sin obstrucción en los canales para la evacuación, ni infiltraciones con materiales (tubos, rejillas, tapas, revestimiento) funcionando en más del 80%, acorde a las normas técnicas de diseño de la EPMAPS y al Reglamento técnico del barrio de agua potable y saneamiento básico. Lo principal es reemplazar las tuberías u otros materiales deteriorados dentro de la red de sistema.



Para aplicar las soluciones técnicas de construcción del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial del tramo estudiado, las calles deben encontrarse pavimentadas o adoquinadas como en el tramo de Los Libertadores Lucas Tipán.

4.3 Mecanismos necesarios para la solución de problemas

La solución de los problemas administrativos y técnicos del sistema de alcantarillado del tramo estudiado de la calle Los Libertadores Lucas Tipan en el barrio San Fernando, necesita de la estructuración y mecanismos que ayuden a la resolución idónea de los problemas mediante las estrategias ya establecidas.

Los mecanismos creados tienen como finalidad mejorar el funcionamiento del alcantarillado para garantizar el mejoramiento de la calidad de vida de la población. Por lo tanto, es necesario el apoyo por parte de las autoridades competentes, en este caso del GAD del Cantón Rumiñahui.

Pueden realizar gestiones públicas para la culminación de las obras del sistema de alcantarillado del tramo estudiado en el barrio San Fernando, para ello, la directiva del barrio y el resto de la población pueden establecer solicitudes de cumplimiento de obras de red de alcantarillado inconclusa y faltante. Para esto se emplea un cuadro analítico de mecanismos a utilizar para cumplir con las estrategias establecidas, que mejore el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial del tramo que se diagnosticó.



Tabla 35

Mecanismos de estrategia Administrativa

Estrategias	Mecanismo	Tiempo	Indicador de cumplimiento	Meta	Frecuencia de medición
Reformar reglamentos para dar atención prioritaria a ejecución de obras en barrios vulnerables	Asignar recursos equitativos en el Plan Maestro para la ejecución de obras inconclusas	5 años	Porcentaje de avance en ejecución de obras en barrio vulnerables	Cubrir más de 90% de servicios básicos en barrio es vulnerables	Anual
Establecer políticas de gestión pública para distribuir equitativamente los recursos para terminar las obras inconclusas	Cumplir con el modelo de gestión para asignar presupuesto incluidos en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOYT) 2012-2025	1 año	Porcentaje de cumplimiento de cronograma de asignación de presupuesto del PDOYT	Distribuir más del 2% del presupuesto para obras inconclusas en el barrio	Anual
Ejecutar nuevas obras de abastecimiento de la red del sistema en parroquias, barrios del Cantón Rumiñahui	Incluir en el Plan Maestro la necesidad de ejecutar proyectos de abastecimiento al 90% de la población del Cantón	8 años	Porcentaje de avance de planificación de obras dentro del Plan Maestro	Cubrir más del 90% del cantón Rumiñahui con un sistema de red de alcantarillado	Anual
Aplicar estrictamente las normativas de gestión ambiental en el barrio San Fernando	Utilizar de la ordenanza municipal N° 009 Artículo 6 sobre gestión ambiental	1 mes	Porcentaje de cumplimiento de cuidado ambiental por obras inconclusas	Mejorar la calidad de vida de la población	Mensual

Elaboración: Investigador



Tabla 36
Mecanismos de estrategia Técnica

Estrategias	Mecanismo	Tiempo	Indicador de cumplimiento	Fórmula	Meta	Frecuencia de medición
Abastecer de nuevos materiales para instalación de nuevas redes del sistema de alcantarillado en el barrio San Fernando	Construir alcantarillado sanitario	1 mes	Porcentaje de ejecución de red de sistema	$((\# \text{total de alcantarillado necesario} - \# \text{total de alcantarillado instalado}) / \# \text{total pronosticadas}) * 100$	100%	mensual
	Construir alcantarillado pluvial	1 mes	Porcentaje de cumplimiento de red de sistema	$((\# \text{total de alcantarillado necesario} - \# \text{total de alcantarillado instalado}) / \# \text{total pronosticadas}) * 100$	100%	mensual
Reemplazar materiales deteriorados del sistema y mantenimiento de componentes	Renovar tubería PVC de 10" 1040ml para la red sanitaria	1 mes	Avance de entrega de tuberías PVC	$(\# \text{total de tubería mal estado} / \# \text{total de tubería buen estado}) * 100$	100%	Mensual
	Limpieza de sumideros de la red pluvial	1 día	Avance de limpieza	$(\# \text{total de sumideros taponados} / \# \text{total de sumideros en buen estado}) * 100$	100%	Diario
Inspeccionar materiales abandonados y reutilizar en otros proyectos.	Utilizar los tubos de hormigón armado en buen estado para el sistema de alcantarillado	1 mes	Porcentaje de tubería en buen estado	$(\# \text{total de tubos de hormigón en mal estado} / \# \text{total de tubos de hormigón buen estado}) * 100$	80%	Mensual
Diseñar un manual para el tratamiento y cuidado del sistema de alcantarillado	Utilizar RAS 2000 como guía para el diseño del manual	1 mes	Porcentaje de avance de diseño del manual			Mensual
	Establecer cuidado preventivo y correctivo			$(\text{Ejecutado/Planificado}) * 100$	100%	
	Establecer sistema de tratamiento					



Utilizar estrictamente las normas de diseño para sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial de la EPMAPS	Reducir el nivel de infiltraciones	1 semana		(Nivel de infiltraciones actual / Nivel de infiltración permitida) *100	100%	Semanal
	Utilizar las normas para la instalación del sistema de alcantarillado inconcluso	1 semana	Porcentaje de cumplimiento	(Ejecutado/Planificado)*100	97%	Semanal
Establecer un cronograma de inspección del sistema de alcantarillado en el barrio.	Revisar los pozos del sistema de alcantarillado	2 días	Porcentaje de avance de diseño del manual	(Ejecutado/Planificado)*100	100%	Diario
	Revisar la estructura y materiales que forman parte del sistema de alcantarillado separado					

Elaboración: Investigador



Los mecanismos administrativos se presentan como una sugerencia a la autoridad competente del GAD del cantón Rumiñahui. Las sugerencias de abastecimiento de servicios prioritarios en el barrioy cuidado ambiental por obras inconclusas son alicientes para mejorar las condiciones de vida de la población, tal como se menciona en la Constitución del 2008 y el Plan Nacional del Buen Vivir.

Los mecanismos técnicos se presentan como una necesidad de resolución del problema existente en el sistema de alcantarillado de acuerdo al tramo estudiado de la calle Los Libertadores Lucas Tipán, pues, estos requerimientos de renovación de materiales, instalación del sistema faltante y cuidado del sistema mediante inspección paulatina ayudan al buen funcionamiento de la red de alcantarillado. Es importante priorizar la renovación inmediata de materiales deteriorados, la construcción de los pozos faltantes tanto de la red sanitaria como pluvial del tramo analizado, realizando los cálculos del diseño correspondientes.

4.4 Manual de implementación de las soluciones

El manual de implementación tiene como premisa utilizar los mecanismos de solución para un adecuado funcionamiento del sistema de alcantarillado del tramo analizado de la calle Los Libertadores Lucas Tipandel barrio San Fernando que fueron empleadas anteriormente, a nivel administrativo y técnico.

En el manual de soluciones se describen las acciones a ejecutar dentro de un plazo aproximado, con la descripción de actividades o mecanismos de solución, identificando las necesidades primordiales para mejorar el funcionamiento de la red de alcantarillado. Esta oportunidad de solución enmarca una guía complementaria enfocada en la red de alcantarillado en la calle Los Libertadores Lucas Tipándel barrio San Fernando, será la primera que exista para esta localidad.



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Introducción

El sistema de alcantarillado del tramo analizado del Barrio San Fernando es separado (sanitario y pluvial), la red sanitaria tiene un periodo de diseño para 25 años, la capacidad actual abastece a los 468 habitantes pero por los años de servicios es recomendable cambiar tubería, además por el aumento de la población futura en los próximos 2 años a 600 hab., la capacidad hidráulica no será suficiente, esto involucra la construcción de los pozos faltantes, lo cual permite cumplir con el periodo de diseño ya establecido.

Lo mismo sucede con la red pluvial, pues, el aumento más de lo normal de precipitación de aguas lluvias es importante culminar con el pozo. El sistema de alcantarillado se divide en red sanitaria con 571,40 m y sistema pluvial con 508,61 m. El material de las tuberías en el tramo es variado: PVC, hormigón centrifugado, revestimiento de concreto, rejillas y tapas de hierro con un peso aproximado de 45kg.

El sistema de alcantarillado sanitario y pluvial presenta varios problemas descritos anteriormente. Para contrarrestar esto, se estableció estrategias, mecanismos de solución y cálculos del diseño que serán utilizados en el presente manual de implementación.

Justificación

La implementación de soluciones puede usarse como guía práctica aplicable en otros barrios de la ciudad o para la evaluación a futuro del cumplimiento de cada una de las opciones de mejora establecidas y el desempeño esperado.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Objetivo: Diseñar un manual de implementación de soluciones para el sistema de alcantarillado del tramo analizado de la calle Los Libertadores Lucas Tipándel barrio San Fernando, parroquia Sangolqui.

En el manual se encuentra incluida la implementación de soluciones administrativas y técnicas. La primera es la base de planificación de proyectos para abastecer servicios básicos a la población, y la segunda asignar el presupuesto establecido para cada obra.

Implementación de soluciones administrativas

Para la implementación de soluciones administrativas se utiliza como guía la estructura de implementación de soluciones, y se describe de la siguiente manera:

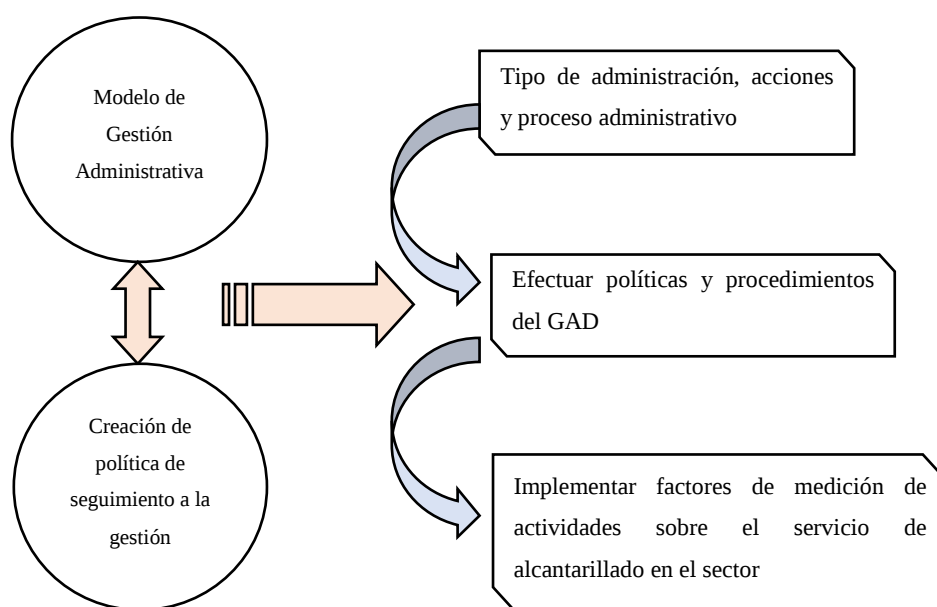


Gráfico 56. Modelo de Gestión Administrativa
Elaboración: Investigador



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Objetivo administrativo: Recomendar al GAD del cantón Rumiñahui la implementación de soluciones administrativas para un adecuado funcionamiento del sistema de alcantarillado del tramo analizado en el barrio San Fernando.

El GAD municipal del cantón Rumiñahui aplica un modelo de gestión de administración estratégica institucional y participativa mediante el PDYOT. Para la gestión administrativa de implementación de soluciones se establece la formación de un comité directivo que recolecte las solicitudes, analice y establezca las soluciones adecuadas.

Posteriormente se debe realizar el seguimiento, control y evaluación de los resultados, es decir, verificar si se ha cumplido con el indicador establecido para cada mecanismo de solución presentada, y si este ayuda a la mejora continúa del funcionamiento adecuado del sistema de alcantarillado.

La calidad del servicio o cumplimiento de culminación del sistema de red de alcantarillado se puede medir en base a la siguiente fórmula:

$$\text{Satisfacción de la población} = \text{Calidad del servicio percibido} / \text{expectativas}$$

Para conocer la situación real de la implementación de soluciones administrativas se presenta una matriz que ayuda a establecer medidas correctivas para medir el avance y el cumplimiento de las soluciones implementadas, para resolver los problemas de un inadecuado funcionamiento del sistema de alcantarillado, así como la forma en que los habitantes que se encuentran dentro del tramo estudiado en el barrio San Fernando perciben los avances de implementación o retraso de estos mecanismos de solución.



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

La calificación a cada indicador es sobre 10 puntos, en la que 1 es lo peor y 10 lo mejor dentro de la implementación de soluciones.

Los promedios son para el tipo de plan y los indicadores, quedan de la siguiente manera:

- 1-2-3=regular
- 4-5-6=buena
- 7-8-9=muy buena
- 10= excelente

En relación a los siguientes indicadores:

- Eficiencia
- Calidad
- Economía (presupuesto)
- Cumplimiento de normas, políticas, reglamentos, ordenanzas

A continuación se presenta el modelo de matriz de calificación a la implementación de soluciones:



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Tabla 37

Modelo de Matriz de calificación administrativa

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN RUMIÑAHUI							
MATRIZ DE CALIFICACIÓN ADMINISTRATIVA							
Fecha:		Parroquia: <u>Sangolqui</u>		Período: <u>2016</u>			
Tipo de obra:				Barrio: <u>San Fernando</u>			
Tipo de Plan del GAD Rumiñahui	Eficiencia	Calidad	Economía (Presupuesto)	Cumplimiento de normas	Plan Maestro	Total	Promedio
PDYOT							
Institucional							
Participativo (servicios)							
Promedio							
Promedio				Calificación Regular (1,2,3) Buena (4,5,6) Muy Buena (7,8,9) Excelente (10)			
Observaciones							
Elaborado por: _____							

Elaboración: Investigador



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Con el modelo de la matriz de calificación administrativa e implementada de acuerdo a las cuatro soluciones administrativas, se presenta algunas de las sugerencias y posibles resultados si se aplica de manera adecuada cada una de ellas.

Implementación de solución administrativa 1

Asignar recursos equitativos en el Plan Maestro para la ejecución de obras inconclusas

La distribución de recursos de 2% más para obras inconclusas, ayuda a obtener un promedio muy bueno, por lo tanto, al incluir en el plan maestro la distribución se presenta un grado de avance de cumplimiento de la implementación de la solución y el tiempo determinado. Los resultados muestran que el nivel de satisfacción de la población por la calidad es el 76.7%.

Implementación de solución administrativa 2

Cumplir con el modelo de gestión para asignar presupuesto incluido en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOYT) 2012-2025

El cumplimiento de efectividad del lineamiento establecido en el PDOYT muestra un promedio muy bueno con mayor grado de acercamiento a la excelencia, contribuyendo al avance de cumplimiento de la implementación de la solución en el tiempo establecido, en la cual la satisfacción de la población por la calidad es el 81.33%.



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Implementación de solución administrativa 3

Incluir en el Plan Maestro la necesidad de ejecutar proyectos de abastecimiento al 90% de la población del Cantón

Si se incluye en el Plan Maestro proyectos de ejecución de obras para abastecer servicios de la red de sistema de alcantarillado se aumenta la eficiencia y la calidad, es así que el promedio tiene una calificación muy buena que supera los 8 puntos, reflejando la efectividad de la implementación de solución acorde al tiempo estimado, logrando la satisfacción de los habitantes del barrio hasta en un 85%

Implementación de solución administrativa 4

Utilizar de la ordenanza municipal N° 009 Artículo 6 sobre gestión ambiental

Con el cumplimiento de la ordenanza municipal para el cuidado medioambiental durante y después de la ejecución de obras de construcción o adecuación del sistema de alcantarillado se obtiene un promedio entre 7-8, con la implementación de soluciones acorde al tiempo estimado se lograría satisfacción de calidad por servicios hasta en el 84%, mejorando la calidad de vida de la población.

Como parte de la implementación de solución se establece la importancia de realizar la inspección de un profesional que ayude a determinar el nivel de contaminación por la emisión de malos olores y posibles efectos a la salud de la población.



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

En relación a esos resultados se debe ejecutar las obras faltantes del sistema de alcantarillado del tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipanen el barrio San Fernando y la resolución de problemas por años de servicio de las tuberías del sistema de alcantarillado sanitario y además por aumento de precipitaciones más de lo normal.

El método de campo más común es la Olfatometría, utilizado en trabajos in situ, que ayudan a conocer el nivel real de contaminación por los malos olores que provienen del alcantarillado. (Centro de Tecnologías Limpias, s/f)

La técnica llamada dilución hasta el umbral (D/T), es muy útil en estos casos, se realiza con un olfatómetro. Este aparato mezcla el aire con malos olores y aire limpio, el procedimiento debe ser realizado por un experto, el cual percibe el olor y recorre el lugar hasta que desaparece, tomando en cuenta la distancia en la que existe contaminación. La fórmula utilizada es la siguiente: $D/T = \text{Volumen de aire filtrado} / \text{Volumen de aire con olor}$



Gráfico 57. Olfatómetro

Fuente: Socioingeniería, S.L., Operation Manual 6.0 version



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

La cantidad de emisión de olor permitida es de $5 \text{ uo}_E/\text{m}^3$ en el sistema de alcantarillado de aguas residuales, y es importante que este análisis se lo haga anualmente.

La implementación de soluciones administrativas son sugerencias que la gestión del GAD puede considerar para cumplir con las obras inconclusas de la red y el funcionamiento del mismo en el tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipan esto permitirá que el 100% de la población se beneficie del servicio de alcantarillado, previniendo problemas a futuro que generen molestias en las condiciones de vida.

Implementación de soluciones Técnicas

Para la implementación de soluciones técnicas se utilizan las estrategias establecidas anteriormente pero en relación a puntos específicos como la renovación, instalación, construcción, y revisión, teniendo en cuenta las normas técnicas de diseño establecidas por la EPMAPS y RAS 2000.

Renovación

De acuerdo al diagnóstico realizado sobre el estado de algunas tuberías se pudo concluir que se encuentran deterioradas, por lo tanto, necesitan ser cambiadas. Las tuberías que se necesitan son: PVC de 10" 1040ml para las conexiones internas del sistema de red sanitaria para el pozo 1 y 4.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Previo a este procedimiento se realiza la inspección correspondiente de las tuberías, se realiza trabajos topográficos para conocer la elevación invertida de la tubería, el nivel del terreno, y la profundidad de los pozos de visita.

En el estudio de suelos se puede realizar mediante el método de levantamiento de información planimétrica del lugar de estudio, considerando el meridiano magnético y altimétrico, con un error lineal máximo (1:2.000) y ángulo máximo.

Para calcular la elevación invertida de la tubería del sistema de alcantarillado se establece los siguientes procedimientos:

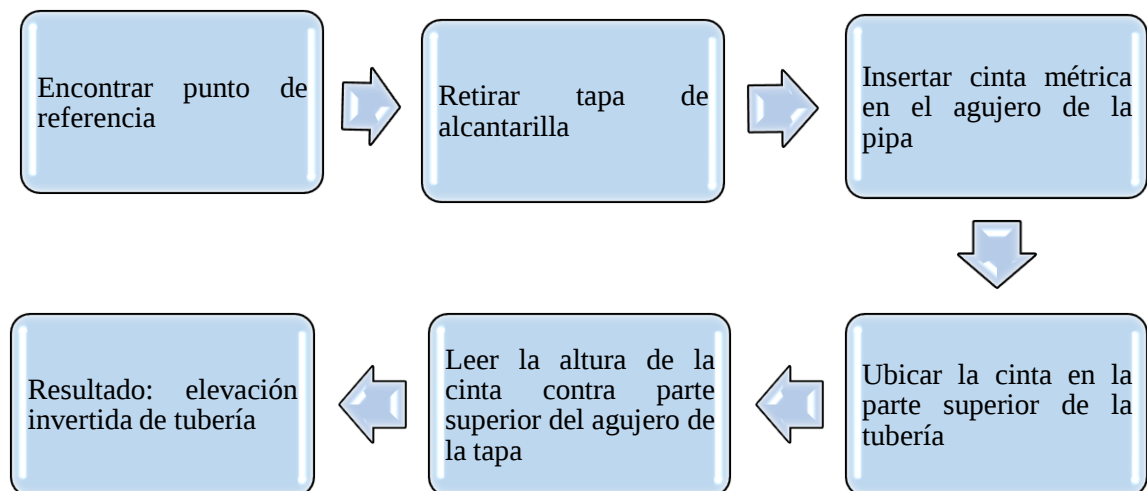


Gráfico 58.Proceso para elevación invertida de tubería

Fuente:(Varick, 2016)

Elaboración: Investigador



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Una vez analizado la elevación invertida de la tubería y comprobado el estado de las mismas, se procede a establecer el tipo de tuberías requeridas para la renovación. En la siguiente tabla se detalla los tipos de tuberías acorde al diámetro (interior-exterior), espesor, peso por metro y por tramo.

Tabla 38
Renovación Tuberías

Tuberías	10"	12"	15"	18"
Diámetro nominal interior	250.00 mm	300.00 mm	375.00 mm	450.00 mm
Diámetro interior promedio	252.73 mm	308.36 mm	381.00 mm	457.20 mm
Diámetro exterior promedio	288.04 mm	363.22 mm	444.50 mm	549.40
Rigidez (5% deflexión)	50.00 psi	50.00 psi	42.00 psi	40.00 psi
Espesor	0,65 mm	0.90 mm	1.00 mm	1.30 mm
Peso por metro lineal	4.5 kg	5.7 kg	7.8 kg	10.0 kg
Peso por tramo de 6.10 M	27.5 kg	35.0 kg	47.6 kg	66.5 kg

Elaboración: Investigador

Readecuación o limpieza de los componentes de la red sanitaria o pluvial

- Diagnosticar.
- Programar visitas.
- Revisión técnica.



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

- **Diagnosticar:** En este punto se localiza cuáles son los componentes que sufren averías, sean de la red sanitaria o pluvial, el principal problema suscitado son la contaminación por taponamiento de los sumideros. Para esto se revisa en el plano los pozos existentes en el sistema de alcantarillado del tramo, además de las estructuras, puntos de descarga de las aguas.
- **Programar visitas:** Una vez localizadaos los problemas existentes se establece la visita técnica, es decir, el día y la hora. Para ello se cuenta con apoyo de técnicos de inspección.
- **Revisión técnica:** Se procede a realizar la visita técnica en los lugares identificados con problemas en los componentes, en el caso de sumideros taponados se realiza la respectiva limpieza de los mismos.

Instalación

Para la instalación de rejillas o cubiertas o cualquier otro componente de las estructuras se realiza una inspección de la red del sistema. Luego se diseña un formulario de inspección del sistema de alcantarillado en el que se describe el estado de los materiales para garantizar su buen funcionamiento. Todo esto en base a los lineamientos establecidos en el manual RAS 2000 y Normas Técnicas de ubicación de cada una de los mismos.



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Construcción

Con base al análisis realizado en el capítulo 3, los aspectos a solucionar tienen que ver con la renovación de las tuberías del pozo 1 y 4 de la red de alcantarillado sanitario, del mismo modo para mejorar la capacidad de las tuberías se recomienda la construcción de los pozos faltantes del mismo alcantarillado, es decir, la construcción del pozo 2 y 3, esto permitirá cumplir con el periodo de diseño (25 años) que ya se estableció al momento de construir los pozos anteriores.

Previo a la construcción del sistema de alcantarillado sanitario faltante en el tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipán del barrio San Fernando se realiza los cálculos correspondientes, posteriormente se procede a realizar el diseño, en relación a los requerimientos. Con los datos obtenidos del diagnóstico del sistema de alcantarillado del tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipán se establece un formato para cálculos hidráulicos del sistema de alcantarillado sanitario.

El nuevo diseño del alcantarillado sanitario implica una colocación de 257.88m (la suma de los tramos desde pz1 a pz5) de tubería diámetro 250 mm. Los diámetros de 500mm y 700mm corresponden al diámetro del Manhole, pozo o boca de visita.

Para el cálculo hidráulico de la red de alcantarillado sanitario se diseña un formato en el que se especifica la calle, número de pozos, la longitud de cada tramo, la población parcial-acumulada, factor M, el caudal de las aguas servidas (promedio-duración), infiltración, aguas lluvias (parcial-acumulada), la capacidad de llenado de la tubería, velocidad mínima-máxima, salto, cotas y corte.



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Tabla 39
Datos Iniciales de diseño

Periodo de diseño actual:	15 años
Densidad poblacional:	$\text{Densidad} = \frac{\text{habitantes}}{\text{área km}^2} = \frac{468}{2.75} = \mathbf{170}$
Dotación bruta:	120 l/hab/día
Población inicial:	380 hab. (T1: Año 2011)
Población Final:	468 hab. (T2: Año 2015)
Tasa de crecimiento r:	$r = \left(\frac{\text{Población final}}{\text{Población inicial}} \right)^{(1/(T_2-T_1))} - 1 = \mathbf{0,05345397}$
Población Futura:	$N_t = N_0(1 + r)^t$
Método geométrico $N_t - N_0$ = Población Inicio – población final del período t = tiempo en años de la población inicial-final r = tasa de crecimiento Año 2016 = $380 * (1 + 0,05345397)^{(2016-2011)} = \mathbf{493 \text{ hab.}}$	
Factor de mayorización:	4 (caudal inicial menor a 4l/s)
Periodo de retorno:	5 años (0.80)
Diámetro de la tubería:	200mm
Datos de caudales:	
Caudal de infiltración:	$Q_{inf} = \text{infiltración media} * \text{Area total sistema de alcantarillado}$ $Q_{inf} = 0,80 * 1080 \text{ km de longitud} = 0,80 * 0,108$ $Q_{inf} = 0.0864 \text{ (seg y L en km)}$
Caudal de aguas lluvias:	$Q = (0,50 * 6,73 * 4,02) = \mathbf{11,60/s}$
Caudal de aguas servidas (QAS):	$QAS = \left(\frac{468 * 120}{86400} \right) = \mathbf{0,4875 \text{ l/s}}$
Elaboración: Investigador	



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Tabla 40
Método Geométrico

Nº	AÑO	POBLACION	YC
1	2.011	380	380
2	2.012	420	400
3	2.013	454	422
4	2.014	460	444
5	2.015	468	468
Población Futura			
6	2.016	493	
7	2.017	519	
8	2.018	547	
9	2.019	576	
10	2.020	607	
11	2.021	640	
12	2.022	674	
13	2.023	710	
14	2.024	748	
15	2.025	788	

Elaboración: Investigador

Área de aportación:

Las áreas de aportación son en relación a cada pozo existente en cada tramo. Área de aportación = 4.02 Ha; resulta de la evaluación del área de aporte de escurrimiento y recolección de los colectores, el área por tramo es de 1.31 Ha, pero para este diseño se asumió toda el área de aportación de todo el colector para hacer una proyección a futuro de la construcción de la misma.

Por lo tanto, se presenta un gráfico de las áreas de aportación:

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

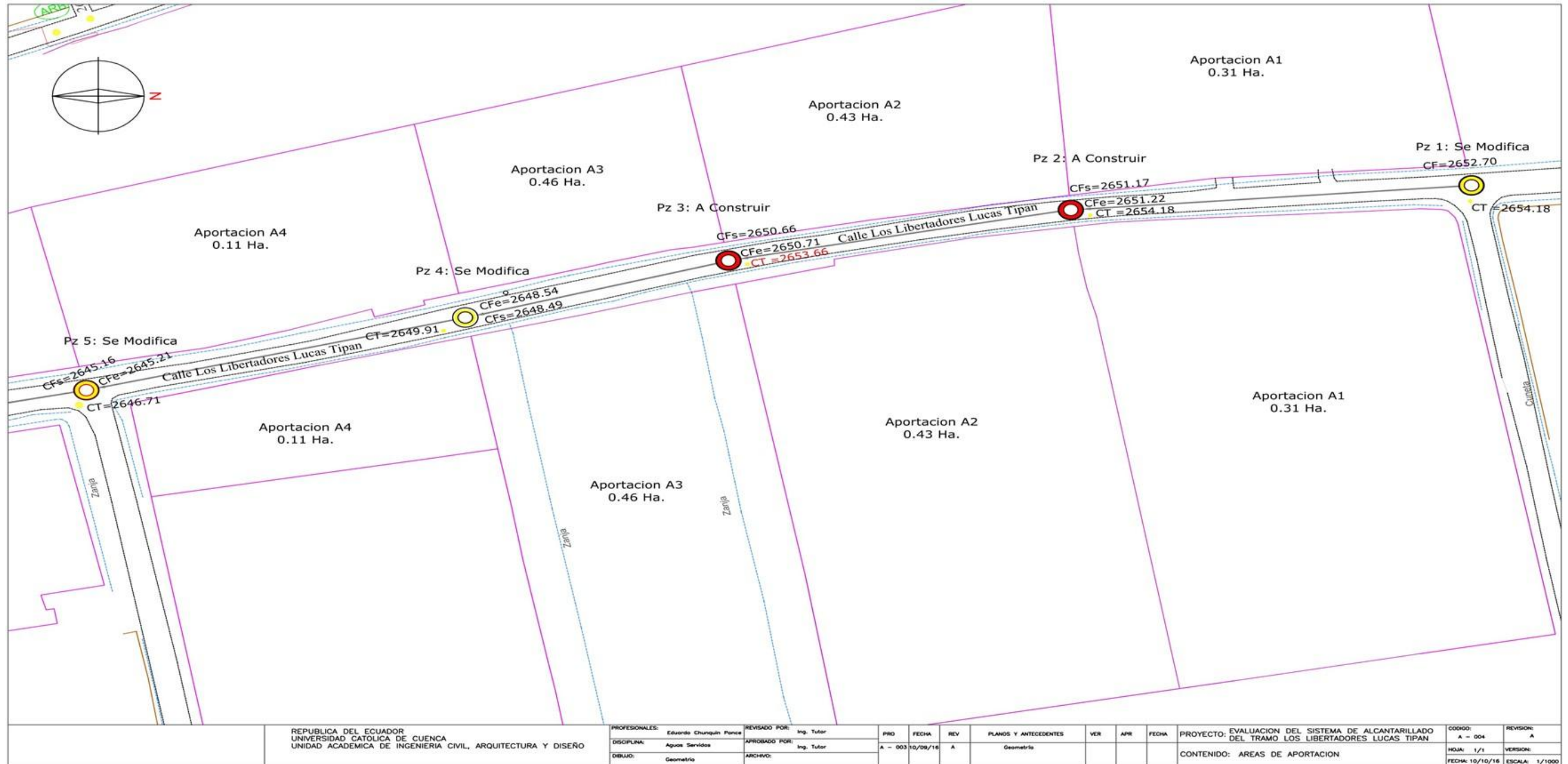
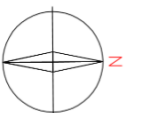


Gráfico 59. Áreas de aportación

Elaboración: Investigador





SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

A continuación se detalla los cálculos hidráulicos del tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipan comprendidos entre los pozos que faltan construir para mejorar la capacidad acorde a la población actual y futura. Previo a esto, se detallan las fórmulas utilizadas en los cálculos hidráulicos del alcantarillado sanitario.

Tabla 41
Fórmulas

Descripción	Fórmulas
Población	
Población Parcial	área de aportación * densidad
Población Acumulada	población acumulada anterior + población parcial actual
Caudales	
Caudal de aguas servidas	
Promedio q'	
Parcial	QAS * población parcial
Acumulada	promedio q'acumulado anterior + promedio q'parcial actual
Diseño: q'*M	promedio q'acumulado * Factor de mayorización
Caudal de infiltración	
Parcial	longitud pozo (m) * caudal de infiltración
Acumulada	infiltración acumulada anterior + infiltración parcial actual
Caudal de aguas lluvias	
Parcial	población parcial * caudal de aguas lluvias
Acumulada	aguas lluvias acumulada anterior + aguas lluvias parcial actual
Q parcial diseño de caudales:	promedio q'acumulado + infiltración acumulada + aguas lluvias acumulada
Pendiente	$S = \frac{H}{x} * 1000$

Continúa⇒



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Descripción	Fórmulas
Tuberías	
Tubería llena	
Velocidad	$V(m/s) = \left(\left(\left(\frac{D/1000}{4} \right)^{2/3} \right) * \left(\frac{\left(\left(\frac{S}{1000} \right)^{1/2} \right)}{N} \right) \right)$
Cantidad	$Q(l/s) = \left(\left(R_h * \left(\frac{D/1000}{4} \right)^2 \right) * V \right) * 1000$
Relación q/Q:	q/Q
Relación V/v:	V/v
Velocidad real	$V(m/s) * V/v$
Altura (h)	$\left(\frac{S}{1000} \right) * L$
Salto	0,05 m
Cotas	$Cota_n = LI - AI$
Cota tapa CT	AI = altura del instrumento (h) o salto (m)
Cota Fondo CF	LI = lectura intermedia (cota proyecto anterior)
Cota del proyecto	$Cotaproyecto_{inicial} = Cotastapa - corte_{inicial}(m)$ $Cota_2 = LI - h$ $Cota_3 = LI - salto$ (Luego se calcula por altura, después salto y así sucesivamente)
Factor Mayorización	Si $Q < 4$ l/s entonces $M = 4$
Corte	Corte inicial = 1,48 $Corte = Cotas\ tapa - cotas\ proyecto\ anterior$
Elaboración: Investigador	

Datos Tubería

Diámetro (D): 250mm

Rugosidad Manning (N): 0,011

Radio hidráulico (R_h) $\pi = 3,1416$

Los perfiles del tramo Lucas Tipan se encuentran en el Anexo 3.



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Tabla 42

Cálculos Hidráulicos de la Red de Alcantarillado Sanitario

Descripción	Pozo	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4	Pz5
	Longitud	48,50	41,80	34,10	72,78	60,70
Población						
Población Parcial		= área de aportación * densidad = $0,31 * 170 = 52,70$				
Población Acumulada		= población acumulada anterior + población parcial actual = $0 + 52,70 = 52,7$				
Caudales						
Caudal de aguas servidas						
Promedio q'						
Parcial		= QAS * población parcial = $0,65000000 * 52,70 = 34,255$				
Acumulada		= promedio q'acumulado anterior + promedio q'parcial actual = $0 + 34,255 = 34,255$				
Diseño: q'*M		= promedio q'acumulado * Factor de mayorización = $34,255 * 4 = 137$				
Caudal de infiltración						
Parcial		= longitud pozo (m) * caudal de infiltración = $48,50 * 0,0864 = 4,19$				
Acumulada		= infiltración acumulada anterior + infiltración parcial actual = $0 + 4,190 = 4,190$				
Caudal de aguas lluvias						
Parcial		= población parcial * caudal de aguas lluvias = $52,70 * 0,0864 = 712,889$				
Acumulada		= aguas lluvias acumulada anterior + aguas lluvias parcial actual = $0 + 712,889 = 712,889$				
Q parcial diseño de caudales:		=promedio q'acumulado + infiltración acumulada + aguas lluvias acumulada = $34,255 + 4,190 + 712,889 = 751,33$				



Pendiente		$S = \frac{2654,18 - 2652,70}{48,50} * 1000 = 30,5$				
Tuberías						
Tubería llena						
Velocidad		$V(m/s) = \left(\left(\left(\frac{D}{1000} \right)^{2/3} \right) * \left(\frac{\left(\left(\frac{S}{1000} \right)^{1/2} \right)}{N} \right) \right) = 2,501$				
Cantidad		$Q(l/s) = \left(\left(R_h * \left(\frac{(D/1000)^2}{4} \right) \right) * V \right) * 1000 = 122,78$				
Relación q/Q:		$q/Q = \frac{751,33}{122,78} = 6,119$				
Relación V/v:		0,40				
Velocidad real		$V(m/s) * V/v = 2,501 * 0,40 = 0,99$				
Altura		$\left(\frac{1(0/00)}{1000} \right) * L = 1,48$				
Salto		0,05m				
Cotas						
Cota tapa CT		2654,18	2654,18	2653,66	2649,91	2646,71
Cota Fondo CF		2652,70	2651,22	2649,89	2647,72	2644,39
Cota del proyecto						
Factor Mayorización		4				
Corte		$Cotaproyecto_{inicial} = 2654,18 - 1,48 = 2652,70$ $Cota_2 = LI - h = 2652,70 - 1,48 = 2651,22$ $Cota_3 = LI - salto = 2651,22 - 0,05 = 2651,17$				

Nota.La tabla completa de los cálculos del diseño del sistema sanitario se encuentra en **Anexo 5**.El plano A – 003 al que se hace referencia es sobre la propuesta constructiva generada de la estimación: en este se propone que el diámetro de todo el tramo sea de $\varnothing=250\text{mm}$.

Elaboración: Investigador



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Por lo tanto, se sugiere renovar los tubos del alcantarillado sanitario, específicamente del pozo 1 y pozo 4. Una vez realizado los cálculos correspondientes se procede a diseñar los planos del sistema de alcantarillado, las etapas de construcción de un sistema de alcantarillado se describen en el siguiente gráfico.

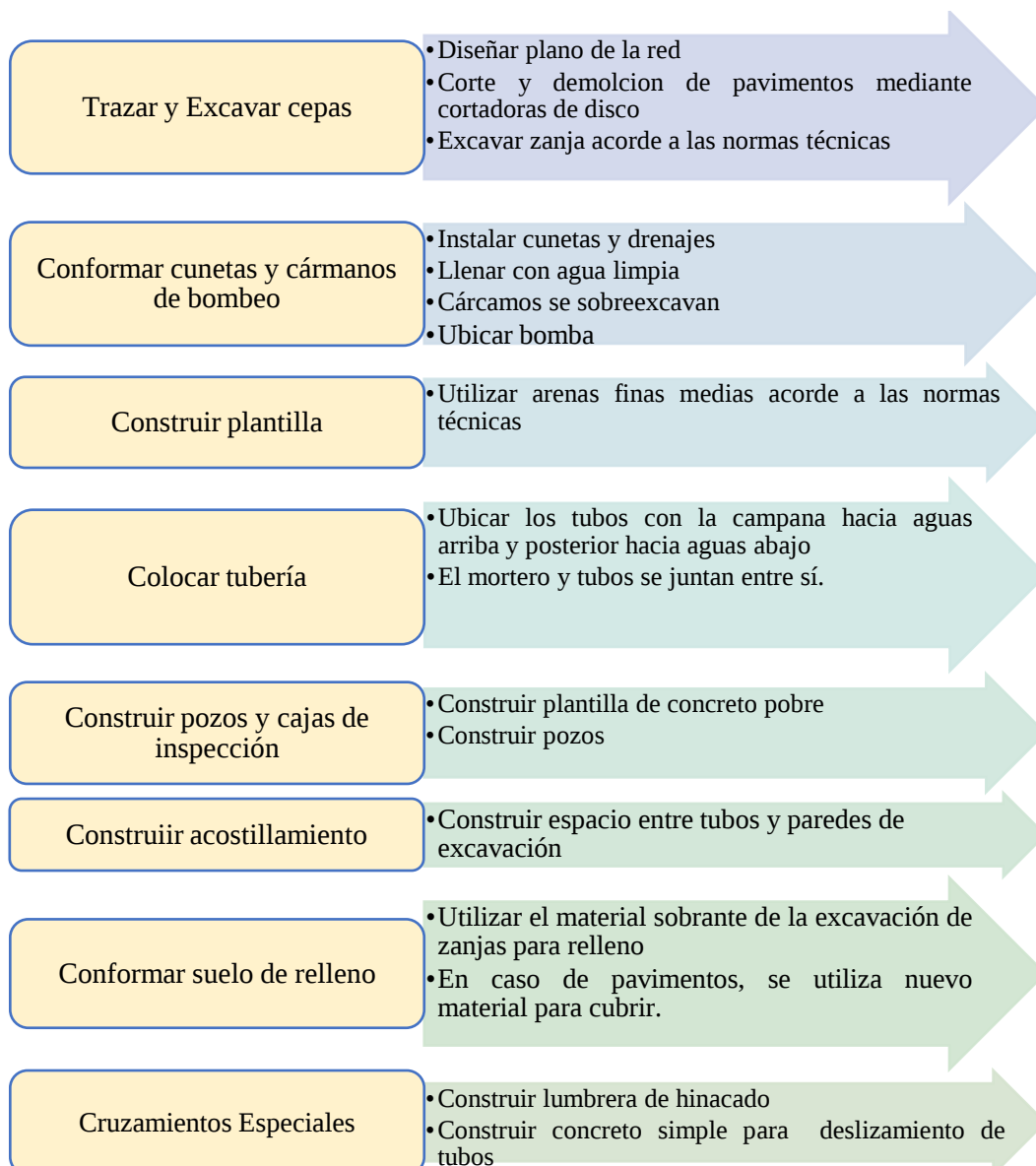


Gráfico 60. Etapas de Construcción

Fuente: (UNAM , s/f)



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

En el proceso de diseño se utiliza las normas para construcción de sistema de alcantarillado empleado por la EPMAPS y el Reglamento Técnico del barrio de Agua potable y Saneamiento (RAS).

En el presente manual se presenta el diseño del plano actual del sistema de alcantarillado sanitario ubicado en el tramo estudiado de la calle Los Libertadores Lucas Tipan del barrio San Fernando en la que se evidencia la existencia de 3 pozos de la red sanitaria y 4 pluvial. Se sugiere la construcción del pozo 2 y 3 del alcantarillado sanitario, puesto que la capacidad para la población futura no será suficiente, además permitirá cumplir con el periodo de diseño ya establecido anteriormente, de la misma forma es necesario cambiar los tubos del pozo 1 y 4, ya que por los años de servicio se ha ido deteriorando.

Al ser el tema la evaluación del sistema de alcantarillado del tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipan, se presenta como parte de la propuesta de solución técnica el diseño el plano del sistema de alcantarillado sanitario, es así, que se establece la implementación de construcción de dos pozos para el alcantarillado sanitario en la calle Los Libertadores Lucas, es decir, se propone construir el pozo 2 y 3. (**Ver Anexo 2**).

Revisión

En el caso de revisión e inspección del sistema de alcantarillado del Barrio San Fernando se diseñó un formulario para realizar la inspección de la red. El formulario de inspección se divide en 4 secciones, estas se describen de la siguiente manera:



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

- Parte de revisión de los componentes de la red se detalla el tipo (colectores, cunetas, etc.), el tramo, los materiales de los componentes, diámetro, estado de las mismas, estableciendo la existencia o no de problemas con sus respectivas observaciones.
- Parte de revisión de tuberías de la red sanitaria: Se describe el tipo, diámetro de la tubería, los pozos, tramos, cotas (tubo-tapa), longitud del tramo, caudales (infiltración, QAS, aguas lluvias), velocidad y cantidad del caudal en tubería llena y descripción del problema con su respectiva recomendación.
- Parte de revisión de tuberías de la red pluvial: A parte de lo detallado en la red sanitaria, se añade las cotas (arriba-abajo), tiempo de concentración del caudal, tiempo de flujo e intensidad de lluvias pero se exceptúan los caudales (infiltración, QAS, aguas lluvias).
- En la revisión de elementos complementarios se detallan las rejillas, tapas, sifones, etc., diámetro, el tipo de material, el tramo, pozo, el estado actual, observaciones y recomendaciones.
- En la parte final del formulario de inspección se describe datos adicionales como. resumen de total de longitud de la red de alcantarillado inspeccionado, tiempo de existencias de la red, el clima presentado durante este procedimiento.
- Además de información y firmas de las personas responsables de la inspección.

Este formulario se utilizó para la evaluación del sistema de alcantarillado del barrio San Fernando, los resultados se encuentran detallados en el capítulo 3.



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Tabla 43

Formulario de Inspección



FORMULARIO DE INSPECCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

PARROQUIA SANGOLQUI

Orden de Inspección N°

FECHA:
HORA:
BARRIO :
TIPO DE RED DE ALCANTARILLADO:
ESTADO DE LA VÍA:

12/05/2016	
Desde:	Hasta:
SAN FERNANDO	
SANITARIO	
ADOQUINADA	

1. REVISIÓN DE COMPONENTES DE LA RED DE ALCANTARILLADO

N°	Tipo	Tramo	Diámetro	Material	Estado	Problemas encontrados		Observación
						SI	NO	

2. REVISIÓN DE TUBERÍAS

TIPO DE TUBERÍA: _____ (sanitario) _____ (pluvial)
DIÁMETRO: _____ (sanitario) _____ (pluvial)

RED SANITARIA

Nº Pozo	Tramo	Cota		Longitud del tramo	Caudal de Infiltración	Caudal Aguas Servidas	Caudal Aguas Lluvias	Tubería			PROBLEMA ENCONTRADO
		Tubos	Tapa					S	Llena		
									V (m/s)	Q (L/s)	

RECOMENDACIONES



RED PLUVIAL

N° Pozo	Tramo	Cota			Longitud del tramo	Tiempo de concentración min.	Intensidad de lluvias	Tiempo de flujo	Tubería			PROBLEMA ENCONTRADO
		Arriba	Abajo	Tapa					S	Llena		
										V (m/s)	Q (L/s)	

RECOMENDACIONES _____

3. REVISIÓN DE ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

N° Pozo	Tramo	Elementos	Diámetro	Material	Estado	Problemas encontrados		Observación
						SI	NO	

4. DATOS ADICIONALES

Longitud Total Inspeccionada (m):
 Edad de la red de alcantarillado:
 Clima:

Nombres y Apellidos

Inspector: _____

Auxiliar: _____

Firmas



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Otro aspecto que se presenta como implementación de soluciones es el diseño de un formulario específico para realizar procedimientos adecuados de solución de acuerdo a las observaciones y recomendaciones descritas en el formulario de inspección.

- El formulario de procedimientos de solución: Detalla la fecha, hora, el tipo de red en el que se va a intervenir, la frecuencia en el que se debe ejecutar los procedimientos, los requerimientos (maquinarias y equipos necesarios para la solución) con su respectiva observación para futuras evaluaciones del sistema de alcantarillado.

Por lo tanto, de acuerdo al tipo de red de alcantarillado y los problemas presentados se describen los procedimientos que se ejecutan durante la intervención de técnicos en la solución de los problemas.

Los procedimientos de solución se utilizaron para la parte técnica, la misma que está planteada dentro de este capítulo como propuesta.



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

Tabla 44

Formulario de procedimientos



**FORMULARIO PARA PROCEDIMIENTOS DE SOLUCIÓN
SISTEMA DE ALCANTARILLADO
PARROQUIA SANGOLQUI**

Orden de Trabajo N°

FECHA:

12/05/2016

HORA:

Desde:

Hasta:

BARRIO :

SAN FERNANDO

TIPO DE RED DE ALCANTARILLADO:

SANITARIO

PROCEDIMIENTOS

N°	Procesos	Frecuencia	Requerimientos		Observaciones
			Maquinaria Equipos	Materiales	

ELABORADO POR:

Nombre del Operador

Nombre del Auxiliar

Firma Operador

Firma Auxiliar



4.5 Tratamiento y cuidado de los sistemas de alcantarillado

1.5.1 Tratamiento de aguas del sistema de alcantarillado

El Cantón Rumiñahui posee una planta de tratamiento para aguas residuales provenientes de los diferentes contenedores que se encuentran en los barrios urbanos de la ciudad, estos suman alrededor de 701 contenedores. La empresa encargada es la empresa Rumiñahui Aseo-EPM, esta planta se ubica en el Barrio San Vicente en la Calle Av. Gral. Enríquez, Lote No. 2, construida a inicios del 2015. Esta planta abastece al tramo del sistema de alcantarillado del barrio San Fernando, es decir, al tramo de estudio que en este caso es la calle Los Libertadores Lucas Tipán.

El tratamiento de aguas residuales que realiza la empresa encargada es el de tratamiento primario y secundario. Para el tratamiento primario se emplea el método de sistema de flotación por aire disuelto o mejor conocido como DAF, mientras que para el tratamiento secundario realiza procedimientos biológicos y físicos para eliminar las partículas contaminantes existentes en las aguas de la red.

El propósito de un adecuado tratamiento de aguas es establecer la mejor manera para la disposición final del efluente. Los métodos para medir la contaminación se describen a continuación:

- Demanda biológica de oxígeno a los cinco días (DBOC).
- Demanda química de oxígeno (DQO).
- PH.
- Concentración de sustancias.
- Color de turbidez.

Las dos primeras ayudan a conocer la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar la materia orgánica que se encuentra en el agua analizada. Por lo tanto, en el

análisis de aguas provenientes de la red se puede emplear los métodos de DBOC y DQO, estos ayudan a evitar la contaminación medioambiental en el barrio San Fernando.

Al conocer la cantidad específica de oxígeno necesaria para eliminar la materia orgánica contaminante, se puede emplear como alternativa la creación de un invernadero con diversas plantas, en esta parte pueden participar los estudiantes de la escuela, padres de familia y el resto de habitantes del barrio. Empezando dentro de la misma escuela o mediante la siembra de árboles en las áreas verdes.

Los equipos que se utilizan para el tratamiento de aguas residuales en el cantón Rumiñahui son drummer, cisterna, tanques de aireación extendida, tanque pulmón, tanque de lodos, y clarificador. Estos equipos forman parte del proceso de tratamiento de aguas.

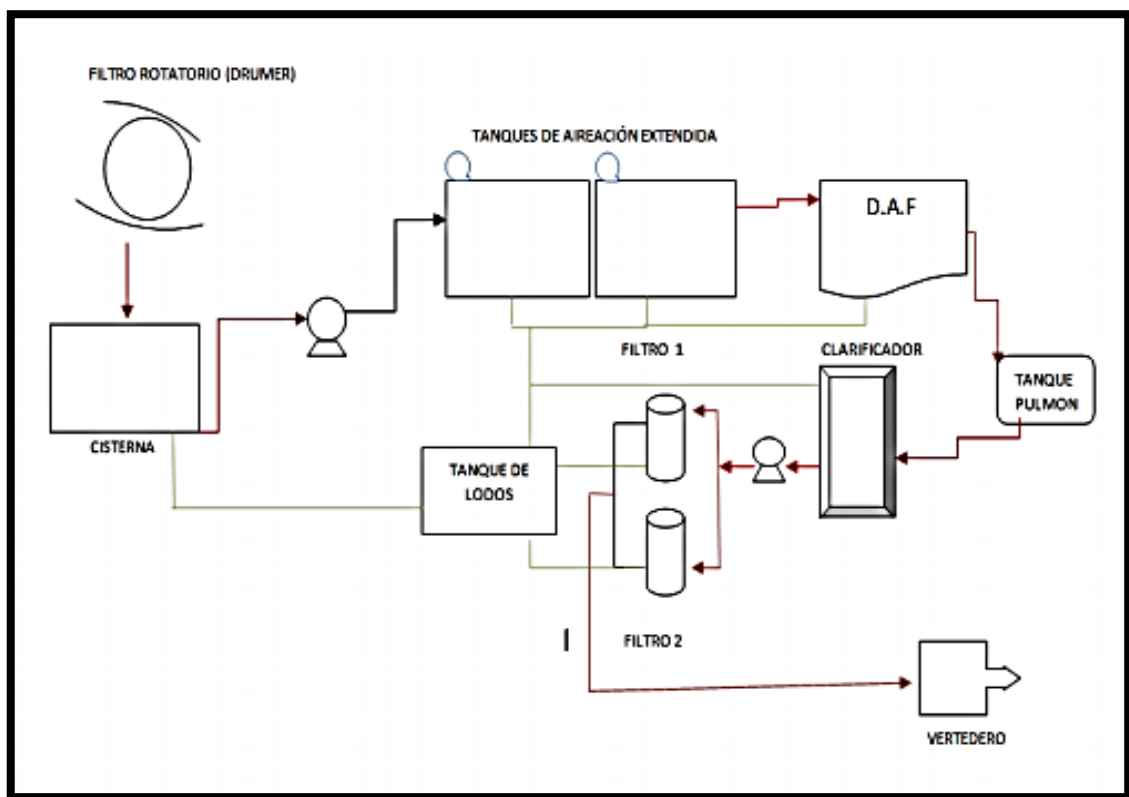


Gráfico 61.Proceso de Tratamiento de aguas residuales

Fuente: Empresa Rumiñahui Aseo-EPM



El proceso de tratamiento de aguas utilizado en la planta es el siguiente:

- El agua es receptada y filtrada en el Drummer, posteriormente separa los residuos de agua al finalizar y descargar la cisterna.
- En la cisterna se homogeniza el agua, mientras que la bomba ayuda a la centrifugación y se carga a los tanques de aireación.
- Los tanques de aireación transmiten bacterias que se mezclan con los microorganismos, ayudando en la degradación de moléculas que causan malos olores.
- Luego de una hora de aplicada la mezcla, el agua tratada llega a D.A.F, este ayuda a separar la grasa del agua.
- El tanque de pulmón recepta el agua para iniciar el proceso fisicoquímico, agregando sustancias como hipoclorito de sodio, polímeros coagulantes y floculante.
- Una vez eliminadas las bacterias y convertidas en flóculos pasan al tanque clarificador, para producir agua más clara.
- Después ingresa a los filtros para separar los residuos que aún continúan en el agua.
- Los residuos de lodo que se generen en el proceso, se drenan en los tanques de lodo hasta que se homogenicen.
- Previo a la disposición final, el lodo homogenizado se envía al lugar de secado.

La empresa tiene horarios específicos de limpieza para las parroquias y barrio es del cantón, este se presenta principalmente en los siguientes lugares de la parroquia Sangolqui:



Tabla 45

Horario de limpieza de la Empresa Rumiñahui Aseo-EPM

Frecuencia	Horario	Ruta	Barrio es
Martes a Sábado	2pm-6pm	Centro de Sangolqui	San Sebastián, El Camal, La Paz
Sábado a Domingo	22pm-4am		Parque Kigman, La Concordia, San Luis, Giovanni Farina, San Luis
Domingo a Lunes	22pm-6am		San Sebastián, El Camal, La Paz, San Fernando

Fuente: Empresa Rumiñahui Aseo-EPM

Los datos presentados por el GAD del cantón Rumiñahui con la ayuda de la empresa Rumiñahui Aseo-EPM tanto del proceso de tratamiento como de los horarios para recolectar las aguas y limpieza de la ciudad resultan insuficientes, únicamente cubren la parte urbana de la parroquia Sangolqui.

Una alternativa de solución a esta situación es la reestructuración en los horarios y la inclusión de nuevas rutas dentro de la parroquia para lo cual sería necesario contratar más personal.

Los costos mensuales de operación de la planta son \$ 3.126.00. La planta de tratamiento tiene la capacidad de abastecer a toda la población, el costo que aumentaría sería el de contratar a más personal.

La alternativa para la emanación de olores desagradables del drummer, es aconsejable realizar limpieza diaria con agua a presión y en casos graves la aplicación de bioenzima. Para los daños del sello mecánico de la bomba la medida correctiva es en primera instancia encender la bomba y el tanque con líquido.

Tratamiento primario

El método que utiliza la empresa para el tratamiento de aguas es el diseño DAF, útil para barrios medianos y grandes, disminuye la contaminación del entorno. El diseño de esta forma de tratamiento y costo dependen de la capacidad de m³ de las aguas.

Mediante este método las sustancias orgánicas o inorgánicas son separadas hasta homogenizarse, y luego del tratamiento secundario es utilizada para riego.

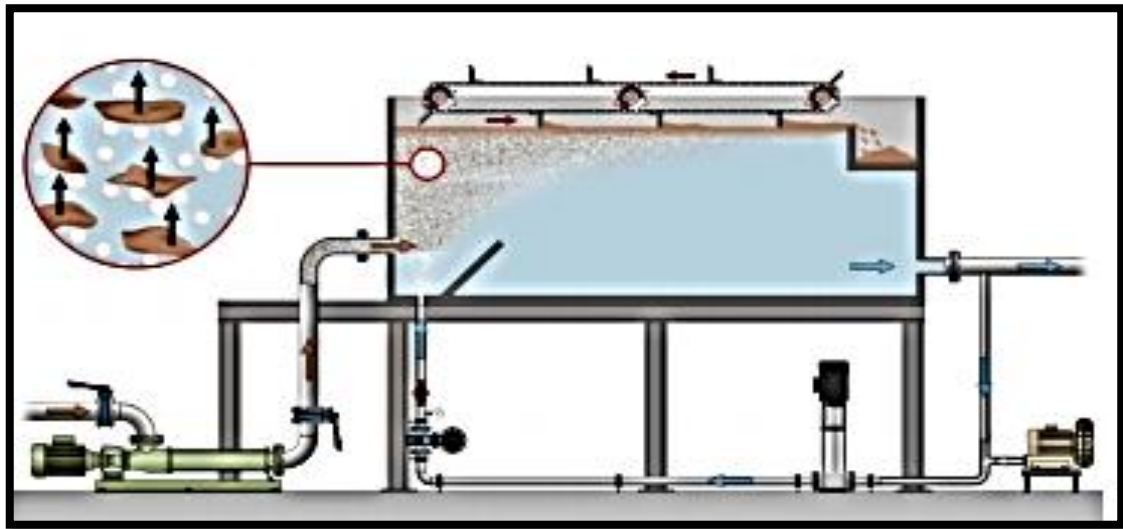


Gráfico 62.DAF

Fuente: Empresa Rumiñahui Aseo-EPM

Los equipos utilizados para el sistema DAF son los siguientes:

- Drummer: Se encarga de separar sólidos, es de acero inoxidable de 3mm
- Cisterna: Almacena aguas residuales y las homogeniza, es de 20m³
- Tanques de aireación extendida: Se encarga de realizar el tratamiento biológico de las aguas, su material es de acero al carbón
- Tanque DAF: Las dimensiones son 2,5m a x 4m l x 2m h, diseñados de acero inoxidable con 3mm de espesor, para que el flujo se mantenga estable utiliza tubería auxiliar para enviar el agua hasta la cisterna, este tubo proviene de una bomba. Además contiene un raspador mecánico que ayuda a separar los lodos, activándose durante un minuto cada 20 minutos, en el tanque DAF se adiciona una bomba dosificadora para coagulante y floculante.
- Tanque pulmón: Este tanque es de acero al carbón, pasa el agua por medio de la bomba de alimentación, tiene un sistema automático relacionado con el nivel de agua existente dentro del tanque.



- Clarificador: Dimensiones de 2m ancho x 4m largo x 2.5m altura, diseñado con material de acero al carbón, incluye bomba dosificadora de hipoclorito de sodio, polímero coagulante y floculante. También contiene tabiques, módulos de sedimentación y sensores de control de encendido.
- Filtros: Contiene dos unidades para filtración con dimensiones de 0,77m x 1.22m altura e incluye filtrado mixto de arena silícica y carbón.
- Tanque de lodos: Diseñados con bomba de lodo, para transportar a este tanque utiliza un sistema de drenaje realizado mediante válvulas manuales. (GAD Rumiñahui , 2015, págs. 3-7)

Características.

La compacidad de la unidad se basa principalmente en el uso de la tecnología avanzada de clarificación mediante flotación por aire disuelto, con velocidades ascensionales superiores entre 5 a 10 veces a las velocidades típicas de sedimentación, factor que permite reducir en la misma proporción el área de las unidades. El material de fabricación de las ETEs es el PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio) destacándose por su bajo peso específico en relación al acero, elevada resistencia mecánica y química y el bajo costo.

Para la operación previa al funcionamiento se debe.

- Llenar hasta un 30% de agua.
- Registrar la fecha de inicio de funcionamiento de la fosa.
- Inspeccionar que las tapas se encuentren correctamente ubicadas.
- Evitar arrojar basura

La persona encargada de la inspección de la fosa debe contar con equipamiento de protección, ropa e implementos adecuados.



Los parámetros son: población futura, dotación de agua potable, caudal de infiltración, caudal medio de aguas servidas, caudal de aguas ilícitas y contribución per cápita de diseño ($Q_d = Q_{as} + Q_{inf} + Q_{ili}$)

Para el tratamiento primario se calcula el volumen útil ($V = N * (C * T + L_f)$), en donde V es el volumen, N el número de contribuyentes de la red del sistema, T es el tiempo de retención en días y L_f es la producción de lodo. Con dimensionamiento altura útil (h), ancho (b) y largo (L).

Cuerpo receptor de tratamiento primario

En este sentido, el agua previamente tratada es enviada o descargada al sistema de alcantarillado público de la ciudad mediante un vertedero triangular de 90°. Los resultados de las muestras tomadas para el análisis en el laboratorio se comparan con lo establecido en el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ecuador relacionados con los límites máximos permisibles para descargas en el sistema de alcantarillado público.

La Empresa encargada señala que el pH de las aguas se encuentra entre rangos de 7,06 a 8,09, mientras que la temperatura va desde 18,23°C hasta 22,57°C, alcalina de 94 mg/L a 113,48 mg/L, sólidos de 171 mg/L a 244 mg/L, sólidos suspendidos de 52,6 mg/L a 95,5 mg/L, aceites y grasas de 69,93 mg/L a 204,2 mg/L, conductividad de 0,23 a 0,29 uS/cm, turbidez de 1,93 a 3 NTU (unidad nefelométrica de turbidez), sulfato de 10,09 a 25,39 mg/L, nitritos de 0,033 a 0,132 mg/L, no presenta concentración de fosfato, fenoles de 0,004 mg/L a 0,0103 mg/L, demanda química de oxígeno de 13,11 a 26,46 mg/L, coliformes fecales de 2200 a 7800 ufc/100ml y coliformes totales de 3490 a 5110 ufc/100ml.

Al comparar los resultados de la muestra y la tabla de límites permisibles se distingue que factores como: aceites, grasas, y coliformes sobrepasan estos límites,



pues, no cumplen las normas establecidas en la Ley Ambiental. A pesar de esta situación la calidad del agua es mejor de la que existía antes de la implementación de la planta de tratamiento del cantón Rumiñahui. Por esta razón la calidad del agua en la zona de descarga no perjudica a la salud de la población, ya que se ha logrado reducir los niveles de contaminación.

Tratamiento secundario

1. Cloración: Mediante este tratamiento se destruye microorganismos patógenos.
2. Coagulación: Relacionado con la separación de sólidos filtrables, utilizando policloruro de aluminio.
3. Floculación. Elimina sustancias productoras de olor y sabor en aguas.

Para el tratamiento secundario se calcula el volumen ($V=N*C*T$), con dimensión de altura útil (h), diámetro (D) y área (A).

1.5.2 Cuidado del Sistema de Alcantarillado

Para el cuidado del sistema de alcantarillado del barrio San Fernando se considera las Normas de Diseño de Sistemas de alcantarillado utiliza por la EPMAPS.

Desbordes

En días de mayor precipitación de lluvias en el Barrio San Fernando la red de sistema de alcantarillado puede llegar a producir lo que se conoce con el nombre de desborde de drenajes (DDC), ocasionado la mezcla de residuos contaminantes, afectando a la salud de los habitantes y a la biodiversidad del barrio. Los procesos de cuidado en caso de DDC son los siguientes:



1. Establecer el tratamiento primario de las aguas con 85% de nivel esterilización del 100% recolectado en relación al promedio anual de DDC.
2. Establecer programas rutinarios de control y mantenimiento del sistema de alcantarillado utilizando el programa O/M para sistemas de drenaje, unidad de regulación y puntos de descarga. Estos programas ayudan a establecer informes, para esto se debe capacitar al personal encargado del programa y la inspección consecutiva ayuda a mantener actualizada la información.

La utilización y adquisición del programa O/M es responsabilidad de las empresas encargadas del tratamiento y mantenimiento de las aguas del sistema de alcantarillado. Para que el programa se ejecute eficientemente el GAD de Rumiñahui debe tener el catastro de planos del sistema de recolección de aguas del barrio, incluidas con precisión las tuberías existentes y los puntos de descarga de aguas.

Red de recolección

En la red de recolección se encuentran las tuberías, pozos de inspección y conexiones domiciliarias. Para este sistema de alcantarillado se utiliza el estudio de campo mediante la inspección visual, es decir, la persona encargada del mantenimiento de la red ingresa al lugar en el que se encuentra y revisa el estado de la misma.

En la visita se puede conocer el estado y los inconvenientes que existen en el sistema. Los problemas más comunes que se presentan son : infiltración, capacidad de flujo, progreso de envejecimiento, emisión de malos olores y remisión de aceites. En el siguiente gráfico se muestra la solución más factible a estos problemas.

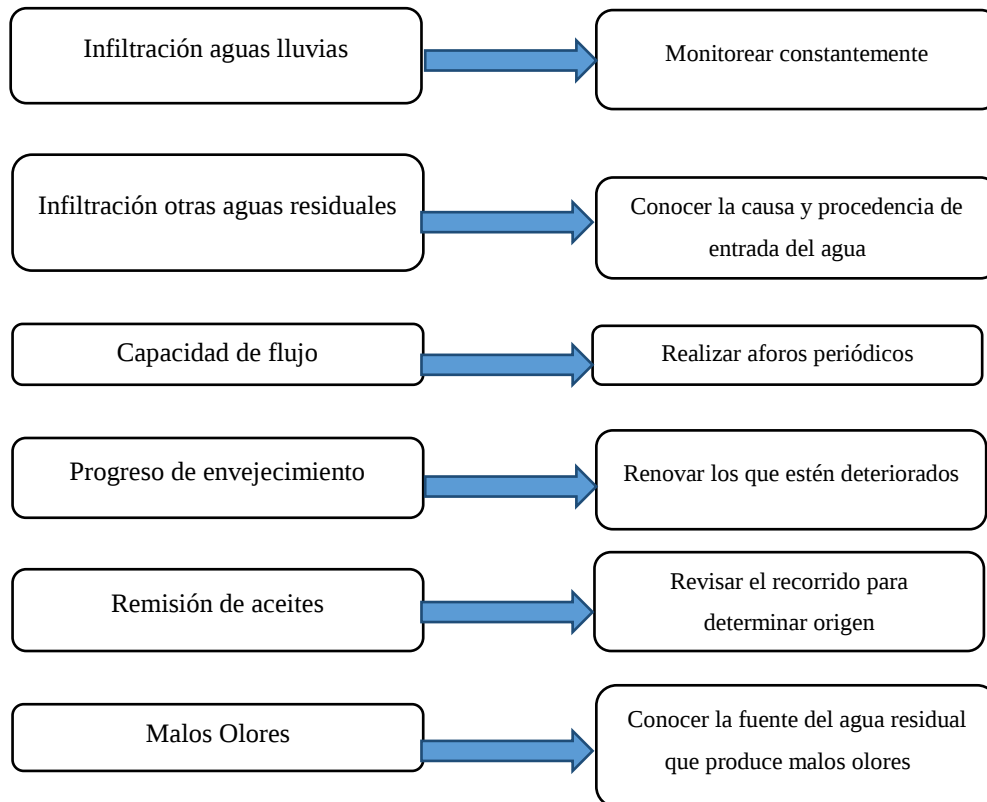


Gráfico 63.Proceso de solución-Red de recolección

Elaboración: Investigador

Limpieza de tuberías

Para el mantenimiento de las tuberías del sistema de alcantarillado del barrio San Fernando se debe establecer un horario de limpieza periódica, debido a que existe la acumulación de diversos residuos, que disminuyen la capacidad de flujo del agua e incluso la obstruyen. El mantenimiento adecuado de las tuberías se basa en:

- El tiempo de frecuencia para la limpieza (cada 3 meses)
- Utilización de registros de limpieza.
- Realizar el mantenimiento en días que no exista mayor precipitación.

La limpieza periódica de las tuberías del sistema ayuda a que la capacidad de flujo mantenga estabilidad o mejoren las condiciones, aumentando los años de vida útil, cuidando el medio ambiente al evitar la emisión de malos olores. Las formas que

existen para el mantenimiento de las tuberías son; manual, mecánica y combinada (manual-mecánica).

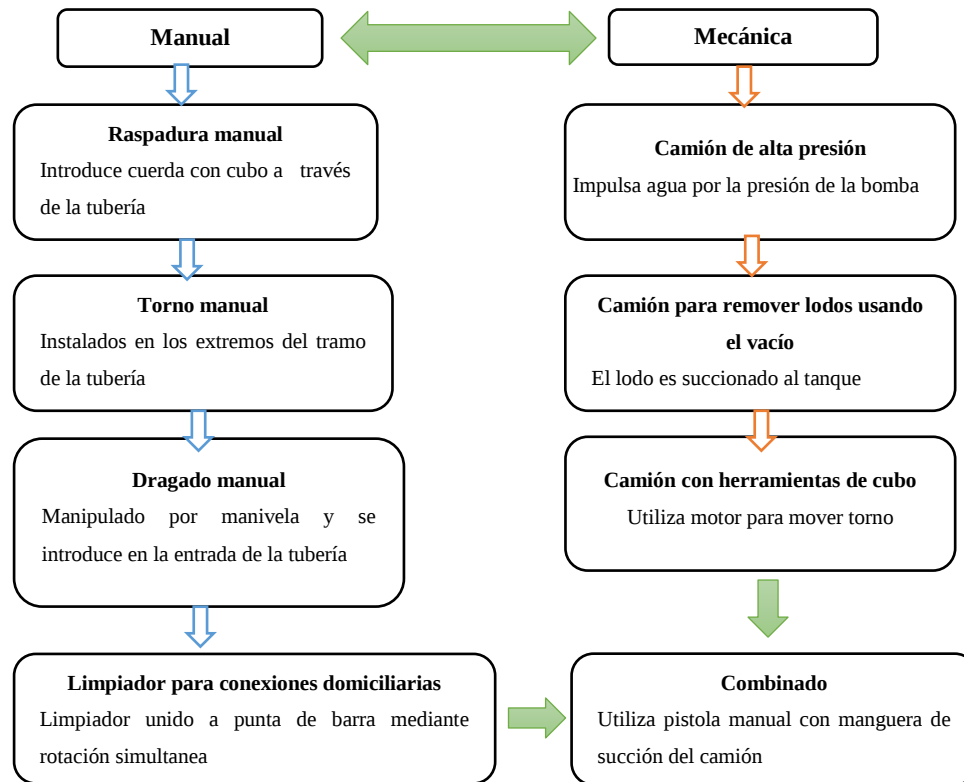


Gráfico 64.Tipos de limpieza de tuberías

Fuente: (Ing. Espinosa, 2005)

Elaboración: Investigador

Para el proceso de limpieza de tuberías más pequeñas se puede utilizar la forma mecánica el de alta presión y removedor de lodos, este puede ser utilizado en tuberías de conexiones domiciliarias.

La limpieza del sifón invertido y cámaras de salida de aguas lluvia se hacen en forma regular y manual. Es necesario verificar que exista ventilación mientras se ejecuta el proceso de limpieza.

Los pasos a seguir para ejecutar el proceso de mantenimiento de las tuberías del sistema de alcantarillado del barrio San Fernando se detallan a continuación:

- Identificar las características de las tuberías (tiempo de uso, tipo de material).



- Revisar si existe acumulación de residuos.
- Revisar la velocidad del flujo del agua.
- Determinar si existe desborde.
- Elaborar informe sobre el estado de las tuberías.
- El personal encargado del mantenimiento se encarga de solucionar los problemas existentes.
- Utilizar las formas de limpieza establecidas.
- Reparar o cambiar las tuberías averiadas, utilizando los materiales necesarios para la misma.

Es recomendable que el personal encargado de estos procedimientos disponga de indumentaria adecuada como cascos, botas, guantes, mascarillas y overol.

Sistema de bombeo

Las bombas existentes y las que se adquieren para el sistema de alcantarillado deben ser limpiadas diariamente. El personal encargado debe estar debidamente capacitado para manipular este equipo, un error genera la reducción de capacidad hidráulica sobre todo en épocas de mayor precipitación y en días de verano ocasiona el desborde de las aguas.

En el caso de existencia de aumento del caudal por construcción o ampliación del sistema de red de alcantarillado es conveniente instalar nuevas bombas a fin de que abastezca la capacidad de caudal. Para las revisiones diarias se debe tomar en cuenta la temperatura del motor de la bomba, la velocidad y los ruidos excesivos.

Para un mantenimiento adecuado diario de las bombas se debe establecer un reporte de niveles de humedad, presión y lubricación. Si la inspección se realiza de forma



trimestral, semestral o anual hay revisar los empaques y si es necesario cambiarlos, también limpiar la cámara de aire, el motor, cilindro y válvulas.

Los materiales necesarios en la inspección de bombas dependerán de la necesidad y del lapso de tiempo en que se realiza. A continuación se detallan algunos de los materiales:

- Aceite.
- Formulario de registro de inspección.
- Empaques y otros repuestos.
- Tornillos y piezas de válvula.
- Prensa estopa, llaves, compresor.

Otros

En otros materiales del sistema de alcantarillado se encuentran las rejillas que forman parte del sistema de drenaje, las cunetas y tapas. Para el mantenimiento de estos elementos se realiza los procedimientos de inspección como la visita y revisión de las rejillas. Si existe alguna obstrucción se procede a limpiar o a cambiar en el caso de que se encuentren totalmente deterioradas, al igual que las cunetas con limpieza mediante camión a presión.

4.6 Recursos

Para la solución de los problemas diagnosticados en el sistema de alcantarillado sanitario del barrio San Fernando se necesitan los siguientes recursos:



Tabla 46
Recursos Técnicos para alcantarillado sanitario

ALCANTARILLADO SANITARIO	
Trabajos topográficos	Nivelación de ejes. Rasanteo de zanja manualmente.
Movimiento de tierra	Excavación de zanja con maquinaria. Limpieza de la obra. Entibado. Relleno.
Anclaje y descarga de hormigón	Hormigón simple. Rotura de hormigón.
Construcción de pozos	Pozo de revisión. Material granular para mejoramiento del nivel del suelo.
Tuberías	Tubería hormigón centrifugado 200mm. Tubería de hormigón armado 150mm (tapa, sepa y peldaños). Tubería PVC de tubería PVC de 10" 1040ml, 12" 692ml, 15" 271ml y 18" 246ml para renovación.
Otros	Acometida domiciliaria para alcantarillado sanitario 150ml. Desalojo de material de excavación con maquinaria. Caja de revisión. Cinta reflectiva de seguridad.

Elaboración: Investigador

Tabla 47
Recursos Técnicos para alcantarillado pluvial

ALCANTARILLADO PLUVIAL	
Trabajos topográficos	Nivelación de ejes. Rasanteo de zanja manualmente.
Movimiento de tierra	Excavación de zanja con maquinaria. Limpieza de la obra. Entibado. Material pétreo para acostillado de tubería.
Anclaje y descarga de hormigón	Hormigón simple 210 kg. Rotura de hormigón.
Construcción de pozos	Pozo de revisión. Sumidero calzada 55cm. Acero refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ² (suministro de corte).
Tuberías	Tubería hormigón centrifugado 200mm
Otros	Acometida domiciliaria para alcantarillado pluvial 200mm. Desalojo de material de excavación con maquinaria

Elaborado por: Investigador

4.7 Presupuesto

En este sentido se detalla el presupuesto para el sistema de alcantarillado separado, incluyendo los materiales que se necesitan renovar. En la tabla se puede observar con detalle cada uno de los elementos:

Tabla 48
Presupuesto

ALCANTARILLADO					
PARROQUIA DE SANGOLQUI - CANTÓN RUMIÑAHUI.					
BARRIO SAN FERNANDO					
TRAMO: CALLE LOS LIBERTADORES LUCAS TIPAN					
ITE M	DESCRIPCION	UN D.	CAN T.	P. UNIT.	P. TOTAL
TRABAJOS TOPOGRÁFICOS					
1	REPLANTEO Y NIVELACION DE EJES	ml	400,00	0,64	256,00
2	RASANTEO DE ZANJA MANUAL	ml	400,00	0,75	300,00
Subtotal:					556,00
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
3	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA	m3	1200,00	4,65	5580,00
4	LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA	m2	500,00	2,10	1050,00
5	ENTIBADO	m2	2400,00	13,49	32376,00
6	RELLENO	m3	40,00	5,67	226,80
7	MEJORAMIENTO COMPACTADO	m3	2360,00	18,21	42975,60
Subtotal:					82208,40
ANCLAJE Y DESCARGA DE HORMIGÓN					
8	HORMIGON SIMPLE f'c = 210 kg/cm2	m3	20,00	172,32	3446,40
9	ROTURA HORMIGON (Pozos existentes)	m3	20,00	76,02	1520,40
					4966,80
CONSTRUCCIÓN DE POZOS					
10	POZO REVISION H.S f'c = 210 kg/cm2 H = 1.26-1.75 M (TAPA, CERCO Y PELDAÑOS)	u	5,00	693,17	3465,85
11	MATERIA GRANULAR PARA MEJORAR NIVEL DEL SUELO	m3	25,00	32,18	804,50
Subtotal:					4270,35
TUBERIAS					
12	TUBERIA HORMIGON CENTRIFUGADO 200 mm	u	200,00	21,40	4280,00
13	TUBERIA PVC 10" 1040 ml 250 mm	u	200,00	10,12	2024,00
Subtotal:					6304,00
OTROS					
14	DESALOJO DE MATERIAL DE EXCAVACION CON MAQUINARIA	m3	354,00	4,95	1752,30
15	CINTA DE SEGURIDAD REFLECTIVA	u	5,00	25,92	129,60
16	ROTULO DE IDENTIFICACION DEL PROYECTO 2.40 X 1.20 m	u	1,00	320,00	320,00
17	ACOMETIDA DOMICILIARIA ALCANTARILLADO 200 mm	u	3,00	135,19	405,57
Subtotal:					2607,47
PRESUPUESTO:					100913,02
IVA 14 %					14127,82
PRESUPUESTO REFERENCIAL TOTAL:					115040,84

Elaboración: Investigador

El presupuesto referencial total para construcción del alcantarillado y renovación de tuberías para el tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipán en el barrio San Fernando es de \$115.040,84usd.



Tabla 49
Cronograma

**SISTEMA DE ALCANTARILLADO
BARRIO SAN FERNANDO
CRONOGRAMA**

GRUPO	DESCRIPCION	TOTAL	%	PERIODO UN MES			
				SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
1	TRABAJOS TOPOGRÁFICOS	556,00	0,55 %	278,00	278,00		
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	82.208,40	81,46 %		41.104,20	41.104,20	
3	HORMIGÓN SIMPLE Y ROTURA DE HORMIGÓN - ANCLAJE DE HORMIGON	4.966,80	4,92 %				
4	TUBERIAS	6.304,00	6,25 %		1.576,00	1.576,00	1.576,00
5	CONSTRUCCION DE POZOS - SEPARADOR	4.270,35	4,23 %				
6	OTROS	2.607,47	2,58 %				
	TOTALES PARCIALES	100.913,02	100,00 %	278,00	42.958,20	42.680,20	1.576,00
	TOTALES ACUMULADOS			278,00	43.236,20	85.916,40	87.492,40
						Inversión	%
Subtotal						100.913,02	100,00
Total obras						100.913,02	100,00

Elaboración: Investigador



CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El análisis y diagnóstico del sistema de alcantarillado sanitario del tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipánpresento algunos inconvenientes en las tuberías del pozo 1 y pozo 4, pues, los años de servicio, los mismos se han deteriorado.
- El sistema pluvial del tramo de la calle Los Libertadores Lucas Tipán únicamente presenta taponamientos en los sumideros del pozo 1 y 3, pues, al haberse implementado hace pocos años no presenta mayores inconvenientes.
- Para el rediseño del sistema de alcantarillado sanitario se utilizó la guía RAS 2000 y las normas de diseño empleadas por la EPMAPS del Distrito Metropolitano de Quito.
- El sistema de alcantarillado sanitario del tramo de estudio se encuentra inconcluso, no existen los pozos 2 y 3, siendo necesario la construcción de los mismos, a pesar de que actualmente la capacidad hidráulica de las tuberías abastece a la población pero por aumento de precipitaciones más de lo normal debido a los cambios climáticos y por el aumento de la población que vive en el tramo, la capacidad en dos años más no serán suficientes para abastecer a la demanda.
- La planta de tratamiento presentó únicamente inconvenientes al inicio de operación de la misma.



- El presupuesto referencial para el sistema de alcantarillado sanitario de las obras es de \$100.913,02 usd, y el presupuesto total con IVA es de \$115.040,84

5.2 Recomendaciones

- Renovar las tuberías de los pozos que presentan inconvenientes o deterioro por los años de servicio.
- Realizar inspección de los pozos del sistema pluvial para realizar limpieza de los sumideros y revisar si existe algún otro inconveniente con los demás componente de la red, de la misma forma para el alcantarillado sanitario, utilizando el formulario de inspección y de procedimientos de solución.
- Diseñar una guía para el cuidado adecuado del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, tomando como base el manual de diseño empleado por la EPMAPS.
- Construir los pozos faltantes del alcantarillado sanitario y renovar lo más pronto las tuberías desgastadas de la red sanitaria para mejorar la capacidad hidráulica.
- Diseñar un manual de implementación de estrategias de solución a problemas encontrados en el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.
- Proponer una guía para el cuidado adecuado de la planta de tratamiento y evitar que daños al momento de la operación, además de la readecuación de los horarios para la recolección de las aguas en el tramo estudiado.



6 BIBLIOGRAFÍA

- INAMHI. (2010). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología Quito* . Obtenido de Anuarios y Documentos: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- SIAPA. (Febrero de 2014). *Lineamientos Técnicos para Factibilidades*. Obtenido de http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_sanitario.pdf
- Alianza por el agua . (2014). *Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento* . Obtenido de <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t2.html>
- Apuntes Ingeniería Civil . (Abril de 2011). *Período de diseño de la red de Alcantarillado Sanitario* . Obtenido de <http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2011/04/periodo-de-diseno-de-la-red-de.html>
- Asamblea Nacional. (2010). *Constitución Pública del Ecuador* . Obtenido de <http://www.ecuanex.apc.org/constitucion/titulo12.html>
- Asamblea Nacional. (24 de Enero de 2012). *Ley Orgánica de Salud* . Obtenido de http://www.desarrollosocial.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/SALUD-LEY_ORGANICA_DE_SALUD.pdf
- Becerra , D. (Julio de 2009). *Tesis de Diseño de un nuevo sistema de alcantarillado sanitario para la parroquia el Altar, cantón Penipe, provincia de Chimborazo*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2051/1/T-ESPE-024030.pdf>
- Biblioteca Virtual . (2013). *Tipos de Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales* . Obtenido de http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MAVDT-0056/MAVDT-0056_CAPITULO4.pdf
- Bravo Prado, M. (2006). *Tesis de Zonificación de Riesgos derivados de inundaciones de la ciudad de Sangolquí, mediante el desarrollo de una aplicación SIG*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1045/1/T-ESPE-025137.pdf>
- Carrión, C., Lema, E., Guevara, P., & Luna, M. (2013). *Tesis de Generación Geoestadístico de concentración de plomo en el suelo de las parroquias San Rafael y Sangolquí*. Obtenido de



<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6485/1/AC-GMA-ESPE-038475.pdf>

Centro de Tecnologías Limpias. (s/f). *Guía de Tecnologías limpias en el ámbito de olores*. Obtenido de <http://www.malosolores.org/pdf/cliente/guia-tecnologias-limpias-olores.pdf>

ClimateData Org. (2016). *Clima Sangolquí*. Obtenido de <http://es.climate-data.org/location/30838/>

Comisión Nacional de Agua. (Diciembre de 2009). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (Diciembre de 2007). *Cárcamos de bombeo para alcantarillado, funcional e hidráulico*. Obtenido de <ftp://ftp.cna.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Carcamos%20de%20Bombeo%20para%20Alcantarillado%20Funcional%20e%20Hidraulico.pdf>

CONAGUA. (Diciembre de 2007). *Manual de Alcantarillado y Saneamiento : Alcantarillado Pluvial*. Obtenido de <ftp://ftp.cna.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Alcantarillado%20Pluvial.pdf>

CONAGUA. (2009). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México: SEMARNAT.

CONAGUA. (Diciembre de 2009). *Manual de Agua potable, alcantarrillado y saneamiento*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-29.pdf>

Ecuador Inmediato. (22 de Octubre de 2008). *Sistema de Alcantarrillado de Quito*. (Q. Noticias, Editor) Obtenido de http://www.ecuadorinmediato.com/Noticias/news_user_view/ecuadorinmediato_noticias--90085

ECURED. (14 de Marzo de 2016). *ecured.cu*. Obtenido de <http://www.ecured.cu/Alcantarillado>

El Tiempo. (28 de Septiembre de 2008). *Sangolquí, un pequeño pueblo con sabor a historia*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/3237-sangolqui-un-pequeno-pueblo-con-sabor-a-historia/>



- EMAAPS. (2009). *Normas de Diseño para el sistema de alcantarillado*. Obtenido de http://www.ecp.ec/Normativas/NormativaIng/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP-Q.pdf
- EPMAPS. (Marzo de 2011). Plan Maestro de Alcantarillado. Quito, Pichincha, Ecuador.
- EPMAPS. (19 de Noviembre de 2013). *Cobertura* . Obtenido de <http://www.aguaquito.gob.ec/cobertura>
- EPMAPS. (14 de Marzo de 2016). *Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento*. Obtenido de <http://www.aguaquito.gob.ec/recoleccion>
- FFP Org. (2013). *Métodos de planimetría*. Obtenido de ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6707s/x6707s07.htm
- Flores Méndez. (2011). *Tesis sobre Plan de saneamiento básico de la urbanización, ubicada en Valle de los Chillos, provincia de Pichincha* . Obtenido de [http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/608/3/98100%20\(Tesis\).pdf](http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/608/3/98100%20(Tesis).pdf)
- GAD Cantón Rumiñahui . (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Rumiñahui 2014-2019*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/1760003920001_DOCUMENTO%20DIGANOSTICO_10-03-2015_19-55-43.pdf
- GAD Rumiñahui . (Enero de 2015). *Manual de operación de la planta de tratamiento para aguas residuales P-TAR*. Obtenido de <http://www.ruminahui-aseo.gob.ec/periodo2015/documentos/ptar.pdf>
- GAD Rumiñahui. (26 de Mayo de 2013). *Cantón Rumiñahui*. Obtenido de <http://www.ruminahui.gob.ec/index.php?lang=es>
- Gobierno de la Provincia de Pichincha. (2010). *Diagnóstico provincial*. Obtenido de http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/pgd/2carcantyparr/7rumin/114_cantonruminahui.pdf
- Google Maps. (2016). *Barrio San Fernando* . Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/Barrio+San+FERNANDO/@-0.3726313,-78.4248091,16z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x91d5bb85b61a6193:0x40d03c8a4629a914>
- IBNORCA. (Abril de 2007). Diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial. Bolivia: IBNORCA.



- INEN. (1992). *Normas para estudio y diseño del sistema de agua potable y disposición de gauas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes* . Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.9.1.1992.pdf>
- INEN. (1997). *Código Ecuatoriano de la Construcción: Diseño de instalaciones Sanitarias* (Primera ed.). Quito: Plumbing Design. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.9.2.1997.pdf>
- Ing. Dávila, A. (2010). *Gestión de estudios temáticos*. Obtenido de http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/?wpfb_dl=103.
- Ing. Espinosa, C. (Enero de 2005). Manual de Mantenimiento de los sistema de alcantarillado. 48-262. Nicaragua.
- Ing. Martínez, E. (14 de Marzo de 2016). *Tipos de Alcantarillado*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/joshuasuaiz/tipos-alcantarillado-sanitario-ing-elder-josue-martinez-la-paz-honduras>
- Instituto Geográfico Militar . (2013). *Carta topográfica Sangolquí* . Obtenido de http://www.igm.gob.ec/work/files/cartabase/enie/ENIEIII_B3.htm
- La Hora . (10 de Septiembre de 2011). *El Valle con 30% más de habitantes* . Obtenido de http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101202370/-1/El_Valle_con_30%_m%C3%A1s_de_habitantes.html#.VxVf2dThDIU
- La Hora . (17 de Agosto de 2013). *Sangolquí vive fiestas del maíz* . Obtenido de http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101550181/-1/Sangolqu%C3%AD_vive_fiestas_del_ma%C3%ADz.html#.VxVI09ThDIU
- Lampoglia, T., & Rolim, S. (2006). *Alcantarillado Condominial*. LIMA: OPS.
- MDMQ. (Diciembre de 2011). Plan de Desarrollo 2012 - 2022. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Mejía, R. (Junio de 1993). *Redes de Alcantarillado Simplificado*. Antioquia : Colombia.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Norma de Calidad Ambiental y Descargas de efluentes: Recurso Agua*. Obtenido de <http://www.industrias.ec/archivos/CIG/file/CARTELERA/Reforma%20Anexo%2028%20feb%202014%20FINAL.pdf>
- Minubeapp. (2016). *Mapa de Sangolquí*. Obtenido de <http://www.minube.com/mapa/ecuador/pichincha/sangolqui>
- Municipio del Cantón Rumiñahui. (23 de Mayo de 2014). *Gestión Ambiental* . Obtenido de http://www.ruminahui-aseo.gob.ec/periodo2015/documentos/ord_ge.pdf



- Municipio del DMQ. (2014). *Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento* .
Obtenido de <http://www.aeropuertoquito.com/transparencia/anexos/planOrdenamientoTerritorial/files/assets/basic-html/page252.html>
- Naranjo . (2005). *Sistema de Alcantarillado*. Obtenido de <http://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/24000/24/1/IAEN-013-2005>
- Organización Panamericana de la Salud . (2005). Caudal de infiltración . *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado* , 73. Lima, Perú . Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/056_dise%C3%B1o-alcantarillado/dise%C3%B1o-alcantarillado.pdf
- Organización Panamericana de la Salud . (2015). *Especificaciones técnicas para la Construcción de un sistema de alcantarillado* . Obtenido de http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/057_construccion-alcantarillado/construccion-alcantarillado.pdf
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/sanea/169esp-diseno-alcantar.pdf>
- RAS. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua potable y Saneamiento Básico* . Obtenido de http://comunidad.udistrital.edu.co/javalero/files/2015/09/titulo_d_version_prueba.pdf
- Rincón , López, Pareja , & Balanta . (2015). *Diseño de Acueducto y Alcantarillado*. Obtenido de <http://garrynevill.blogspot.com/2010/04/definicion-de-acueducto-y.html>
- SAGARPA. (2012). Período de retorno. *Hidrología aplicada a las pequeñas obras hidráulicas*, 20. CDMX, México. Obtenido de http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO_HIDROLOG%C3%8DA.pdf
- Secretaría del Agua . (18 de Agosto de 1992). *Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes* . Obtenido de <http://www.agua.gob.ec/wp->



- content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf
- f
- Semanza. (2012). *Cajas de Revisión*. Obtenido de <http://www.semansaecuador.com/cajas-de-revisi%C3%B3n.html>
- SIAPA. (16 de Marzo de 2016). *Siapa.gob.mx*. Obtenido de http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_pluvial.pdf
- SOAPAP. (2013). *Sistema de operador de servicios de agua potable y alcantarillado*. Obtenido de Tablas hidráulicas y fórmulas : file:///C:/Users/USER/Downloads/soapap_xxiv.06tablasymformulas.pdf
- Solís, E. (2007). Redes de alcantarillado sin arratres de sólidos. *Ingeniería*, 61-67.
- Ubicaec. (Abril de 2016). *Hidrografía Barrio San fernando*. Obtenido de <http://www.ubica.ec/ubicaec/lugar/127936229>
- UNAD . (2009). *Sifones*. Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358003/Residuales_Contentido_en_linea/l_eccin_15__sifones_invertidos.html
- UNAD. (2015). *Alcantarillado Sanitario*. Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358003/Residuales_Contentido_en_linea/l_eccin_8__alcantarillado_sanitario.html
- UNAD. (2015). *Clasificación del los sistemas de alcantarillado*. Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358003/Residuales_Contentido_en_linea/l_eccin_6__clasificacin_de_los_sistemas_de_alcantarillado.html
- UNAD. (16 de Marzo de 2016). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358003/Residuales_Contentido_en_linea/l_eccin_6__clasificacin_de_los_sistemas_de_alcantarillado.html
- UNAM . (s/f). *Procedimiento Constructivo*. Obtenido de Capítulo IV: http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/525/A7_CAP_IV_PROCEDIMIENTO%20CONSTRUCTIVO.pdf?sequence=7
- Universidad de las Palmas Gran Canaria. (5 de Mayo de 2005). *Sistemas de alcantarillado*. Obtenido de http://editorial.dca.ulpgc.es/instalacion/2_ALCANTARILLADO/21_ProyectoSaneamiento/I212.htm



- USON . (2010). *Alcantarillado* . Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/9220/Capitulo5.pdf>
- Valdez, E., & Vázquez, A. (2003). *Ingeniería de los Sistema de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales*. México: Fundación ICA.
- Varick. (2016). *Cómo calcular elevacióninvertida de tubería* . Obtenido de <http://www.eximbanker.com/45905424/>







Anexo 4 Encuesta



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ENCUESTA A LOS HABITANTES DEL BARRIO SAN FERNANDO

Objetivo: Conocer el criterio de los habitantes del barrio sobre el sistema de alcantarillado para tener una visión más amplia sobre el funcionamiento del mismo.

Género: _____

Marque con una “X”, la respuesta que considere pertinente según su criterio.

8. ¿En su caserío cuál de los siguientes servicios públicos es el más necesario en el barrio?

Servicios	
Alcantarillado	
Agua	
Luz	
Teléfono	

9. ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado se encuentra ubicado en el barrio?

Tipo de sistema	
Sanitario (aguas residuales)	
Pluvial (aguas lluvias)	

10. ¿Considera que las obras del sistema de alcantarillado en el barrio se encuentran culminadas en su totalidad?

SI_____ NO_____

11. ¿Es necesario la implementación de proyectos para culminar las obras inconclusas de la red de alcantarillado?

SI_____ NO_____

12. ¿En el barrio existe algún sistema de tratamiento de aguas residuales?

SI____ NO____ NO CONOCE____

13. ¿Qué tipo de problemas medioambientales se presentan durante y después de ejecución de obras de alcantarillado?

Problemas	
Calidad del agua	
Contaminación en drenajes.	
Emisión de partículas de polvo	
Malos olores	
Calidad del suelo	
Cambio del suelo	
Modificación al estrato natural	
Contaminación entorno del estrato animal	
Alteración de la calles	
Cambios en la calidad de vida	
Reclamos de la población	
Riesgos a salud	

14. ¿Considera que es necesario implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales en el barrio

SI____ NO____ TALVEZ____

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 5 Cálculos Hidráulicos

PARROQUIA DE SANGOLQUI
ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO SAN FERNANDO

14/09/2016

CALCULO
ANEXO 1 Pág.Nº- 1 de 2 Págs.
CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LA RED

CALLE	POZO	Longitud (m)	POBLACIÓN		Factor M	CAUDAL (L/s)								TUBERÍA				q / Q	V/v	V (m/s)	H (m)	Salto (m)	COTAS				Corte (m)	OBSERVACIONES			
			Parcial	Acumulada		AGUAS SERVIDAS			INFILTRACIÓN		AGUAS LLUVIAS		q Parcial	Diseño	D (mm)	S	LLENA														
						Promedio q'	Diseño	q' x M									V (m/s)						Q (L/s)								
			Parcial	Acumulada		Parcial	Acumul.	q' x M	Parcial	Acumul.	Parcial	Acumulada										CT	CF	Terreno	Proyecto						
																											INICIO				
C. Lucas Tipan	PZ1																					2654,18	2652,7	2654,18	2652,70	1,48	Lucas Tipan				
Pzexist	PZ2	48,50	52,70	52,70	4	34,255	34,2550	137	4,190	4,190	712,889	712,889	751,33	250	30,52	2,501	122,78	6,119	0,40	0,99	1,48	0,05			2654,18	2651,22	2,96				
C. Lucas Tipan	PZ2																														
Falta const	PZ2																					2654,18	2651,22	2654,18	2651,17	3,01	Tub. HormgCentrf				
	PZ3	41,80	73,10	125,80	4	47,515	81,7700	327,1	3,612	7,8019	988,8456	1701,7343	1791,31	250	44,99	3,037	149,07	12,017	0,58	1,75	1,88	0,05			2653,66	2649,29	4,37				
C. Lucas Tipan	PZ3																							2653,66	2649,29	2653,66	2649,24	4,42	Tub. HormgCentrf		
Falta const	PZ3																					2653,66	2649,29	2653,66	2649,24	4,42	Tub. HormgCentrf				
	PZ4	34,10	78,20	204,00	4	50,83	132,6000	530,4	2,946	10,7482	1057,8349	2759,5692	2902,92	250	62,26	3,572	175,36	16,554	0,57	2,05	2,12	0,05			2649,91	2647,12	2,79				
C. Lucas Tipan	Pz4																							2649,91	2647,12	2649,91	2647,07	2,84	Tub. HormgCentrf		
Pzexist	Pz5	72,78	18,70	222,70	4	12,155	144,7550	579	6,288	17,0364	252,9605	3012,5297	3174,32	250	45,08	3,04	149,22	21,273	0,50	1,52	3,28	0,05			2646,71	2643,79	2,92				
C. Lucas Tipan	Pz5																									2646,71	2643,79	2646,71	2643,74	2,97	Tub. HormgCentrf
Pzexist		60,70	44,20	266,90	4	28,73	173,4850	693,9	5,244	22,2808	597,9067	3610,4364	3806,20	250	81,29	4,082	200,38	18,995	0,50	2,02	4,93	0,05									

ALCANTARILLADO PLUVIAL DE :
PARROQUIA:
BARRIO:

CALLE LOS LIBERTADORES LUCAS TIPAN
SANGOLQUI
SAN FERNANDO

FECHA 14/09/2016

ANEXO 1 Pág.Nº- 1 de 2 Págs.

CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LA RED

De pozo arriba	De pozo abajo	Longitud		Area parcial A	Tiempo concent. min	Coefic. escurr. C	Areas equival. Acumulada		Intens. lluvias i/0,36	q diseño l/s	Tub e r í a				Tiempo flujo L/60/V	Cotas terreno		Desnivel tramo m	Cotas proyec.		Salto m	C o r t e	
		Calle	m L				Parcial A*C	Acumulada			S %	D mm	L e n a V(m/s)	Q(l/s)		Arriba	Abajo		Arriba	Abajo		Arriba	Abajo
1	2	C. Lucas Tipan	50,50	0,30	12,00	0,50	0,15	0,15	223,25	33	70	200	3,26	101	0,26	2660,780	2660,180	3,54	2658,680	2655,145		2,10	5,03
2	3	C. Lucas Tipan	58,70	0,43	12,26	0,50	0,22	0,37	221,03	81	62	200	3,07	97	0,32	2660,180	2658,170	3,64	2655,145	2651,506		5,03	6,66
3	4	C. Lucas Tipan	76,20	0,46	13,23	0,50	0,23	0,78	213,23	166	50	200	2,75	88	0,46	2658,170	2656,370	3,77	2651,506	2647,734		6,66	8,64
4	5	C. Lucas Tipan	49,50	0,11	13,69	0,50	0,06	0,84	209,81	175	28	600	4,29	1131	0,19	2656,370	2654,620	1,39	2647,734	2646,348		8,64	8,27

Anexo 6 Fotografías

CALLE SAN MARCOS



CALLE LUCAS TIPÁN





CALLE RÍO TOACHI



INTERSECCIÓN SAN MARCOS Y LUCAS TIPÁN

