



**Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial para la Parroquia Cotogchoa, Cantón
Rumiñahui, Provincia de Pichincha**

Maygua Roldán, Ricardo Fernando y Prieto Briceño, Lenin Jose

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

PhD. Masabanda Caisaguano, Marco Vinicio













11 de diciembre de 2020

Document Information

Analyzed document TESIS_MAYGUA_PRIETO_urkund.docx (D87945338)
Submitted 12/4/2020 10:07:00 PM
Submitted by
Submitter email ljprieto@espe.edu.ec
Similarity 8%
Analysis address mvmasabanda1.espe@analysis.urkund.com

 Firmado por
MARCO VINICIO MASABANDA
 CAISAGUANO
 EC

Sources included in the report

W	URL: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico ... Fetched: 12/5/2020 12:14:00 AM	 3
W	URL: http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14823 Fetched: 12/5/2020 12:14:00 AM	 2
SA	Tesis López Lincango.pdf Document Tesis López Lincango.pdf (D29750754)	 4
W	URL: https://1library.co/document/z1d4k93z-disenio-red-alcantarillado-combinado-barrio-p ... Fetched: 7/25/2020 3:22:36 PM	 1
W	URL: http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf Fetched: 12/3/2020 7:22:04 PM	 6
W	URL: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-29.pdf Fetched: 12/5/2020 12:14:00 AM	 1
W	URL: https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2061/1/T-UIDE-1189.pdf Fetched: 1/10/2020 7:29:17 AM	 2
W	URL: https://1library.co/document/6qmwvdwz-disenos-de-los-sistemas-de-los-alcantarrilla ... Fetched: 7/25/2020 4:04:43 PM	 1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis_Daniel_Dávalos.docx Document Tesis_Daniel_Dávalos.docx (D45722660) Submitted by: dhdavalos@espe.edu.ec Receiver: mvmasabanda1.espe@analysis.urkund.com	 3
SA	Tesis Luis F Jiménez ft Henry Haro Rev DBG 05-06-2020.docx Document Tesis Luis F Jiménez ft Henry Haro Rev DBG 05-06-2020.docx (D74194278)	 7
SA	1- TESIS AASS AALL urkum.docx Document 1- TESIS AASS AALL urkum.docx (D54769128)	 2
W	URL: https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe ... Fetched: 11/23/2019 8:51:22 AM	 1



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, “**Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial para la Parroquia Cotogchoa, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha**” realizado por los señores **Maygua Roldán, Ricardo Fernando y Prieto Briceño, Lenin Jose**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 11 de diciembre de 2020



Firmado por
MARCO VINICIO MASABANDA
CAISAGUANO
EC

PhD. Masabanda Caisaguano, Marco Vinicio

C.C. 1802179190



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Maygua Roldán, Ricardo Fernando**, con cédula de ciudadanía n° 1150469953 y **Prieto Briceño, Lenin Jose**, con cédula de ciudadanía n° 1723747489, declaráramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "**Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial para la Parroquia Cotogchoa, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha**" es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 11 de diciembre de 2020

Maygua Roldán, Ricardo Fernando

C.C. 1150469953

Prieto Briceño, Lenin Jose

C.C. 1723747489



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Autorización de Publicación

Nosotros, **Maygua Roldán, Ricardo Fernando**, con cédula de ciudadanía n° 1150469953 y **Prieto Briceño, Lenin Jose**, con cédula de ciudadanía n° 1723747489, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “**Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial para la Parroquia Cotogchoa, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 11 de diciembre de 2020

Maygua Roldán, Ricardo Fernando

C.C. 1150469953

Prieto Briceño, Lenin Jose

C.C. 1723747489

Dedicatoria

A nuestra alma máter, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por ser forjadora de excelentes profesionales; a nuestros profesores, por la formación técnica y personal, y en especial mención, al doctor Marco Masabanda, quien acepto y dirigió la presente tesis.

Al Municipio de Rumiñahui, por brindar todas las facilidades en el desarrollo del proyecto, especial mención al ingeniero Nelson Pedraza, especialista del DAPAC R, quien ha contribuido con su experiencia en la dirección técnica del presente trabajo

A la comunidad de Cotogchoa, quienes son dignos merecedores del acceso a todos los servicios básicos.

Ricardo Maygua, Lenin Jose

Agradecimiento

A mis padres Wilman y Ruth, a quienes admiro ante todo su responsabilidad, su firmeza, su constancia y quienes con su sacrificio me han permitido e incentivado a conseguir uno de mis grandes sueños

A mi Abuela Rosario, mi tía Jessica y a cada uno de a mis hermanos que a pesar de la distancia me han hecho sentir su presencia y cariño.

A mi novia, amigos y amigas que durante mi etapa universitaria me han permitido vivir experiencias increíbles y se han convertido en mi segunda familia.

Ricardo Fernando

A mí madre, Edita, por darme la vida y, sobre todo, por enseñarme a vivir a tope, a exprimir cada minuto, a vivir consciente y haberme hecho saber, que uno de los peores pecados que podemos cometer, es no disfrutar cada día de nuestros seres queridos.

A mi padre, Fernando, por ayudarme a materializar un sueño que empezó hace veinte años, además, por ser siempre ejemplo de sencillez, de solidaridad y amor al prójimo (y al lejano también).

A mis hermanos Fernando y Yadira, por todo el sacrificio que han hecho, para que ahora pueda estar escribiendo estas líneas.

A mis primos y primas, David, Andrés, Anita y Diana, por tantos momentos de plenitud.

A mis amigos Erick y Bryan, por cuya cercana, sana y sincera amistad, sigue perdurando a pesar de los años.

A Jessica, Dayanna, Camila, María Belen, William, Joel, Alberto, Carlos y todos aquellos con los que la vida me ha premiado al coincidir en esta hermosa etapa.

Lenin Jose

Tabla de Contenidos

Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Tabla de Contenidos	8
Índice de Tablas	13
Índice de Figuras.....	15
Resumen.....	18
Abstract.....	19
Capítulo I.....	20
Generalidades.....	20
Antecedentes.....	20
Introducción	21
Definición del Problema	22
Macro	22
Meso	23
Micro	23
Área de Influencia.....	24
Área de intervención.....	26
Área de influencia directa	27
Área de influencia indirecta	28
Objetivos del proyecto	28
Objetivo general	28
Objetivo específico	28

Alcance del proyecto.....	29
Justificación e importancia	30
Hipótesis.....	31
VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	31
Variable independiente.....	31
Variable dependiente.....	31
Capítulo II.....	32
Marco Teórico	32
Fundamentación teórica.....	32
Base teórica	32
Base conceptual.....	34
Normativa relacionada	37
Metodología.....	37
Recopilación de Datos Mediante Catastro.....	38
Modelamiento Topográfico	38
Análisis de los Datos Hidrometereológicos e Identificación del Suelo.....	38
Diseño en Base a Normativas Vigentes.....	39
Elaborar un presupuesto del proyecto	40
Capítulo III.....	42
Aspectos de la Comunidad.....	42
Ubicación.....	42
Uso de Suelo	43
Características del clima.....	44
Temperatura.....	44
Precipitaciones	45
Humedad relativa	45

Encuesta socioeconómica	45
Tamaño de la muestra.....	46
Modelo de la Encuesta	47
Resultados de la Encuesta.....	49
Población futura a beneficiarse	64
Estudio topográfico	69
Levantamiento topográfico	71
Identificación del tipo de suelo	73
Estudios previos	73
Clasificación del suelo y nivel freático	75
Plan de desarrollo territorial	86
Capítulo IV	87
Evaluación del Sistema de Alcantarillado Pluvial Existente	87
Proceso Aplicado en la Obtención del Catastro del Sistema de Alcantarillado Pluvial ...	87
Elaboración de las Fichas de Catastro	87
Levantamiento de la Información.....	88
Redes de Alcantarillado Pluvial Actuales	89
Estado Actual de las Estructuras Pertencientes al Sistema de Alcantarillado Pluvial ...	92
Observaciones en la Cámara de Inspección	94
Estudio hidrológico.....	98
Coeficiente de permeabilidad	98
Área de aportación	100
Caudal por infiltración.....	102
Caudal por conexiones erradas.....	104
Hidrogramas de diseño, caudales y volúmenes de diseño	105
Intensidad, Duración y Frecuencia de Lluvia	106

Tiempo de concentración	110
Periodo de retorno.....	111
Ecuación y Curva IDF dada por la precipitación máxima en 24 horas	111
Ecuación intensidad de lluvias.....	113
Evaluación Hidráulica	114
Profundidad y ubicación de tuberías.....	114
Dimensiones Mínimas en Tuberías	114
Velocidad Mínima.....	114
Velocidad Máxima de Flujo y Coeficientes de Rugosidad.....	115
Pozos y Cajas de Revisión	116
Evaluación por red	117
Capítulo V	136
Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial	136
Sistema de Alcantarillado Pluvial	136
Selección del Tipo de Alcantarillado	136
Criterios de Diseño	138
Material de la Tubería	139
Áreas Tributarias	139
Profundidad hidráulica máxima	141
Profundidad mínima de cota clave.....	141
Profundidad máxima de cota clave.....	141
Diseño de Pozos.....	141
Conexión domiciliaria.....	144
Diseño de los Sumideros	146
Estructuras de Descarga.....	148
Resumen del rediseño y diseño	150

Capítulo VI	152
Presupuesto Referencial	152
Especificaciones técnicas	152
Presupuesto.....	152
CAPÍTULO VII	153
Conclusiones y Recomendaciones	153
Conclusiones	153
Recomendaciones	154
BIBLIOGRAFÍA	155
ANEXOS	161

Índice de Tablas

Tabla 1 Superficie por zona de la parroquia Cotogchoa.	26
Tabla 2 Resumen de las Características Climáticas Cotogchoa.....	45
Tabla 3 Resultados del Tamaño de la Muestra.....	47
Tabla 4 Tenencia de vivienda.....	50
Tabla 5 Tipo de vivienda	51
Tabla 6 Uso de la vivienda	52
Tabla 7 Material de la vivienda	53
Tabla 8 Servicios básicos.....	54
Tabla 9 Abastecimiento de agua	55
Tabla 10 Acceso a alcantarillado sanitario.....	56
Tabla 11 Acceso a alcantarillado pluvial	57
Tabla 12 Tipo de descarga utilizada para las aguas servidas.....	58
Tabla 13 Información Familiar	58
Tabla 14 Ingreso promedio mensual	59
Tabla 15 Percepción del problema en la evacuación de aguas lluvia	61
Tabla 16 Percepción del tipo de problema evacuación de aguas lluvia	62
Tabla 17 Aporte para mitigar el problema de evacuación de aguas lluvia.....	63
Tabla 18 Población en la Parroquia Cotogchoa.....	64
Tabla 19 Población futura en Cotogchoa.....	67
Tabla 20 Estudios de suelos realizados en Cotogchoa.....	75
Tabla 21 Datos generales de los sondeos.....	77
Tabla 22 Contenido de humedad en las diferentes muestras	79

Tabla 23 Granulometría en las diferentes muestras	80
Tabla 24 Límites líquidos, Límite Plástico e Índice de Plasticidad por muestra.....	85
Tabla 25 Clasificación SUCS.....	86
Tabla 26 Resumen del Catastro del Alcantarillado Pluvial existente	91
Tabla 27 Cumplimiento o no de los parámetros de redes de tubería y colectores	93
Tabla 28 Matriz para detección de tramos críticos.....	95
Tabla 29 Valores del coeficiente de escurrimiento C	99
Tabla 30 Valores del coeficiente C para diversos tipos de superficie.....	100
Tabla 31 Valores del coeficiente C ponderado	102
Tabla 32 Caudal de infiltración	103
Tabla 33 Aportes máximos por conexiones erradas con sistema pluvial	104
Tabla 34 Aportes máximos por drenaje domiciliario sin sistema pluvial	105
Tabla 35 Datos estación pluviométrica de Izobamba.....	107
Tabla 36 Intensidad máxima de la estación Izobamba	108
Tabla 37 Ecuaciones IDF de Izobamba	109
Tabla 38 Ecuación IDF máxima diaria	112
Tabla 39 Velocidades máximas a tubo lleno.....	115
Tabla 40 Distancias máximas entre pozos de alcantarillado.....	116
Tabla 41 Datos de la red 4	119
Tabla 42 Caudales de la red 4.....	123
Tabla 43 Características del tramo de tubería	126
Tabla 44 Ábaco de la red 4.....	132
Tabla 45 Resultados de la evaluación, tramo a tramo	134
Tabla 46 Niveles de Sistemas de Alcantarillados	137
Tabla 47 Parámetros de diseño de pozos	142

Índice de Figuras

Figura 1 Área de influencia, mapa de la parroquia Cotogchoa	25
Figura 2 Clasificación por zonas, mapa de la parroquia Cotogchoa.	27
Figura 3 Esquema de la metodología para el análisis Hidrometereológico	39
Figura 4 Esquemas de metodología análisis Hidrográfico e Hidráulico.....	40
Figura 5 Esquema de la metodología presupuesto del proyecto	41
Figura 6 Ubicación de la Parroquia Cotogchoa.....	43
Figura 7 Modelo de la Encuesta Socioeconómica	48
Figura 8 Equipo para la Realización de la Encuesta.....	49
Figura 9 Tenencia de vivienda.....	50
Figura 10 Tipo de vivienda	51
Figura 11 Uso de la vivienda	52
Figura 12 Material de la vivienda	53
Figura 13 Servicios básicos.....	54
Figura 14 Abastecimiento de Agua.....	55
Figura 15 Acceso a alcantarillado sanitario	56
Figura 16 Acceso a alcantarillado pluvial.....	57
Figura 17 Tipo de descarga utilizada para las aguas servidas.....	58
Figura 18 Información Familiar	59
Figura 19 Ingreso promedio mensual	60
Figura 20 Percepción del problema en la evacuación de aguas lluvia	61
Figura 21 Percepción del tipo de problema en la evacuación de aguas lluvia.....	62
Figura 22 Aporte para mitigar el problema de evacuación de aguas lluvia	63

Figura 23 Crecimiento Poblacional de la Parroquia Cotogchoa	65
Figura 24 Crecimiento Poblacional de la Parroquia Cotogchoa	68
Figura 25 Mapa elevación parroquia Cotogchoa	70
Figura 26 Levantamiento Topográfico	71
Figura 27 Resultados del procesamiento de datos	72
Figura 28 Localización de muestras de tesis previas.....	74
Figura 29 Localización de los sondeos para identificación del suelo	76
Figura 30 Extracción de las muestras en Sondeo 1, Barrio Central	78
Figura 31 Extracción de las muestras en Sondeo 2, Barrio el Manzano	78
Figura 32 Curva granulométrica en la muestra 1	81
Figura 33 Curva granulométrica en la muestra 2	81
Figura 34 Curva granulométrica en la muestra 3	82
Figura 35 Curva granulométrica en la muestra 4	82
Figura 36 Curva granulométrica en la muestra 5	83
Figura 37 Curva granulométrica en la muestra 6	83
Figura 38 Alcantarillado Pluvial existente en Cotogchoa, Zona 8.....	90
Figura 39 Tramos críticos para evaluación por cámara de inspección	96
Figura 40 Manipulación e instalación de la cámara de inspección.....	97
Figura 41 Capturas de los videos obtenidos de la cámara de inspección	98
Figura 42 Formato ponderación coeficiente de escurrimiento por muestra.	101
Figura 43 Curvas IDF de Izombamba	109
Figura 44 Curva IDF máxima diaria para la estación Izobamba.....	113
Figura 45 Áreas tributarias para la red 4.....	118
Figura 46 Curvas de caudal y velocidad para canales circulares.....	129
Figura 47 Determinación “h/H” en curvas de caudal y velocidad	130

Figura 48 Determinación de “b” en Curvas de caudal y velocidad	131
Figura 49 Áreas de aportación del nuevo sistema de alcantarillado pluvial	140
Figura 50 Esquema de pozo revisión Tipo B1	144
Figura 51 Esquema de pozo, visto en planta.....	144
Figura 52 Conexión domiciliaria tipo	145
Figura 53 Sumidero tipo II de alcantarillado pluvial.....	148
Figura 54 Cabezal de descarga tipo	149

Resumen

El presente proyecto se presenta como el diseño del sistema de alcantarillado pluvial en la parroquia Cotogchoa, cuyo fin perseguido fue el resolver el estancamiento de aguas lluvias en dicha comunidad, para esto se recolectó datos de la población a través de una encuesta socioeconómica, se caracterizó el tipo de suelo, para su posterior clasificación, además de determinar la presencia o no del nivel freático, se realizó el levantamiento topográfico en lugares donde no se tiene el modelo del terreno, se efectuó el levantamiento catastral con fin de evaluar los sistemas en servicio, como lo es la Zona 8, parte de esa evaluación fue la inspección con la cámara Envirosight Sewer Inspection; se analizó y realizó el diseño hidrológico, se determinó el coeficiente de escorrentía, se presentó las bases de diseño, y con ello se pudo determinar cuáles tramos o redes existentes tienen un funcionamiento defectuoso, a los tramos conflictivos se los procedió a rediseñar y en las zonas carentes de alcantarillado pluvial como lo son la zona de la 1 a la 7, se diseñó un sistema nuevo; por medio de los resultados de diseño se dimensionó las tuberías y demás elementos que componen una red de alcantarillado pluvial. También se calculó el presupuesto estimado de las obras a efectuarse. Se dejó adjunto 8 carpetas de anexos, donde se detalla y respalda cada etapa del presente trabajo.

PALABRAS CLAVE

- **ALCANTARILLADO PLUVIAL**
- **COTOGCHOA**
- **DRENAJE PLUVIAL**

Abstract

The current project is presented as the design of the storm sewer system in the Cotogchoa parish, whose purpose was to solve the stagnation of rainwater in said community. The data for this project was collected from the population through a socioeconomic survey where we could get information about the type of soil, for its subsequent classification; in addition to determining the presence or not of the water table, a topographic survey was carried out in places where there is no terrain model, a cadastral survey was carried out in order to evaluate the working willing service, as is Zone 8. Part of that evaluation was the inspection with the Envirosight Sewer Inspection camera. The hydrological design was analyzed and carried out, then, the runoff coefficient was determined, also, the design bases were presented. All this information showed important facts to determine which sections or existing networks have a defective operation. The conflictive sections were redesigned, and in the areas with a lack of storm sewer systems, such as zones 1 to 7, a new system was designed. Through the design results, the pipes and other elements that make up a storm sewer network were dimensioned. The estimated budget for the works to be accomplished was also calculated. You will find 8 folders of annexes attached, where each stage of this work is detailed and supported.

KEYWORDS

- **RAINWATER SEWAGE**
- **COTOGCHOA**
- **STORM DRAIN**

Capítulo I

Generalidades

Antecedentes

Como indica SIAPA (2014), un factor a favor de los alcantarillados pluviales separados de los alcantarillados sanitarios es que en general los volúmenes de agua proveniente de la lluvia son muy superiores a los correspondientes de los volúmenes originados de aguas residuales, por lo tanto, una planta de tratamiento resultará más económica si el volumen tratado es menor. En la red actual de alcantarillado sanitario y pluvial del barrio Cotogchoa existen sectores sin la presencia de estructuras que permitan evacuar los volúmenes de agua de lluvia que se acumulan.

De acuerdo a Machado (2018), la parroquia ha tenido un crecimiento poblacional importante en los últimos años, además de procesos de urbanización con la desventaja de una topografía irregular, lo que ha provocado que algunos barrios no cuenten con redes de agua potable y alcantarillado, menos aún con estructuras de tratamiento. Un punto importante observado en la parroquia es que varias fuentes de agua se encuentran encaminadas a acequias o quebradas contaminadas. En algunas zonas existe alcantarillado combinado, por lo tanto, el agua de buena calidad se está contaminando con aguas grises y negras, desperdiciando el líquido vital de buena calidad que podría ser utilizada para varias actividades.

Como acota Vaca (2016), para la población de la parroquia Cotogchoa las quebradas constituyen botaderos de basura y refugio de malhechores, por ello los pobladores apoyan el relleno de las mismas. Estas son utilizadas para la descarga de aguas negras, sin tratamiento previo. No existe conciencia del valor de las quebradas como fuente de vida y de ecosistemas de gran relevancia en el medio ambiente natural y

urbano, por lo cual es necesario la implementación de estructuras que desfogue convenientemente el flujo de las aguas provenientes de las precipitaciones y aguas servidas conservando adecuadamente los cauces naturales.

El estudio de Morales (2015), plantea un sistema organizativo y de registro de mediciones de riesgos potenciales mediante la realización de encuestas, a partir de rangos indicados en normas de control en sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario. La formulación de un registro en obra, permitirá a través del tiempo, analizar la ocurrencia de los accidentes, su proveniencia, las medidas de corrección aplicadas, y su efectividad a lo largo del tiempo.

Introducción

El “Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial para la Parroquia Cotogchoa, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha” tiene una importancia crucial para el desarrollo del sector y de sus habitantes, los cambios que ha tenido la topografía del terreno debido al desarrollo urbano, modifican el curso de los cauces naturales y no es aceptable que la transformación lluvia-escorrentía provoque daños en su recorrido, sino que debe ser controlada y eliminada de la forma más eficaz posible.

El desarrollo del presente tema se ve impulsado debido a que ciertas zonas de la parroquia Cotogchoa no cuenta con un sistema de drenaje de aguas lluvias, las que a su vez provocan cotidianos problemas de inundación. Sin embargo, actualmente existen tramos que cuentan con alcantarillado pluvial, los que componen la “Zona 8”.

La hipótesis central es que un diseño que cumpla con los parámetros establecidos en las normativas nacionales, permitirá drenar de forma eficaz las aguas lluvias en toda la superficie correspondiente a la Parroquia Cotogchoa.

Los objetivos para el cumplir con la hipótesis establecida comienzan con una recopilación de los datos de la mencionada “Zona 8” y evaluar su correcto funcionamiento, luego con el levantamiento de información topográfica, el análisis de los datos hidrometereológicos, la modelación hidráulica de los tramos sin alcantarillado y elaborar un presupuesto general del proyecto mediante un análisis de precios unitarios.

El proyecto ha sido estructurado de 7 capítulos. En el capítulo 1 se desarrolla a fondo las generalidades de la investigación, sus antecedentes, el problema a investigar, el área de influencia, la hipótesis, los objetivos, el alcance y su justificación. En el capítulo 2, se centra en el análisis de los aspectos de la comunidad donde se desarrollará nuestro proyecto. En el capítulo 3 se efectúan algunas precisiones teóricas, tanto de los conceptos que nos permitan comprender el estudio, como de las normativas vigentes que van a regir nuestro diseño. En el capítulo 4 se realiza el análisis y la evaluación de las diferentes estructuras que componen alcantarillado pluvial ya existente en la Zona 8. El capítulo 5 corresponde enteramente al diseño de los tramos donde no existe alcantarillado pluvial, los que juntos componen las Zonas 1-7. En el capítulo 6 elaboramos el presupuesto referencial de la implantación del proyecto, basándonos en las capacidades económicas de la población. Finalmente, el capítulo 7 exponemos nuestras conclusiones y recomendaciones.

Definición del Problema

Macro

Alrededor del mundo existen muchas ciudades sin un sistema de alcantarillado, esto representa una limitación en la planificación para el desarrollo urbano, es evidente la importancia de cumplir con las leyes sobre el manejo de aguas residuales y aguas lluvias,

contribuyendo a eliminar la contaminación de las zonas donde se descargan las mismas sin control.

De acuerdo a OMS (2017), solo el 27% de la población mundial (1.900 millones) utilizó instalaciones de saneamiento conectadas a redes de alcantarillados la mayoría de ellas no son sistemas separados, las estimaciones apuntan a que hasta el 90% de las aguas residuales en los países en desarrollo se vierten parcialmente tratadas o sin tratar directamente a ríos, lagos u océanos, mezclando de esta forma residuos orgánicos con aguas lluvias, además solo 1 de cada 10 pertenece al área rural.

Meso

En el contexto nacional la prestación del servicio de alcantarillado es suministrado en menor proporción en parroquias rurales; de acuerdo a Vergés (2010), existen desigualdades sociales y económicas significativas que limitan el acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado de las poblaciones más vulnerables.

La carencia los servicios de saneamiento conlleva a otros problemas como son, la exposición a enfermedades transmitidas por el agua: epidemias de cólera o incluso dengue.

Micro

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de 2015 a 2019 del GAD de la Parroquia de Cotogchoa la precipitación anual en la estación M0003 Izobamba es aproximadamente 1421 mm durante el año (es decir 120 mm mensualmente), el mes con mayor lluvia es abril, con una precipitación promedio de 351,5 mm. Como causa se tiene que en una población proyectada de 5 294 habitantes al 2020 según VII Censo de Población y VI Vivienda que no cuenta con alcantarillado pluvial está siendo desprotegida de inundaciones y así retrasando el desarrollo de dicha población, debido a que no hay un

espacio por donde filtre el agua lluvia, esta se estanca. Diseñar un sistema de alcantarillado pluvial será uno de los primeros pasos para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, y así en épocas de grandes precipitaciones drenar estas aguas hacia los cuerpos de aguas dulces como son los ríos (GADP Cotogchoa, 2015; INEC, 2010; Organización Mundial de la Salud, 2013; SIGMA consultores, 2015).

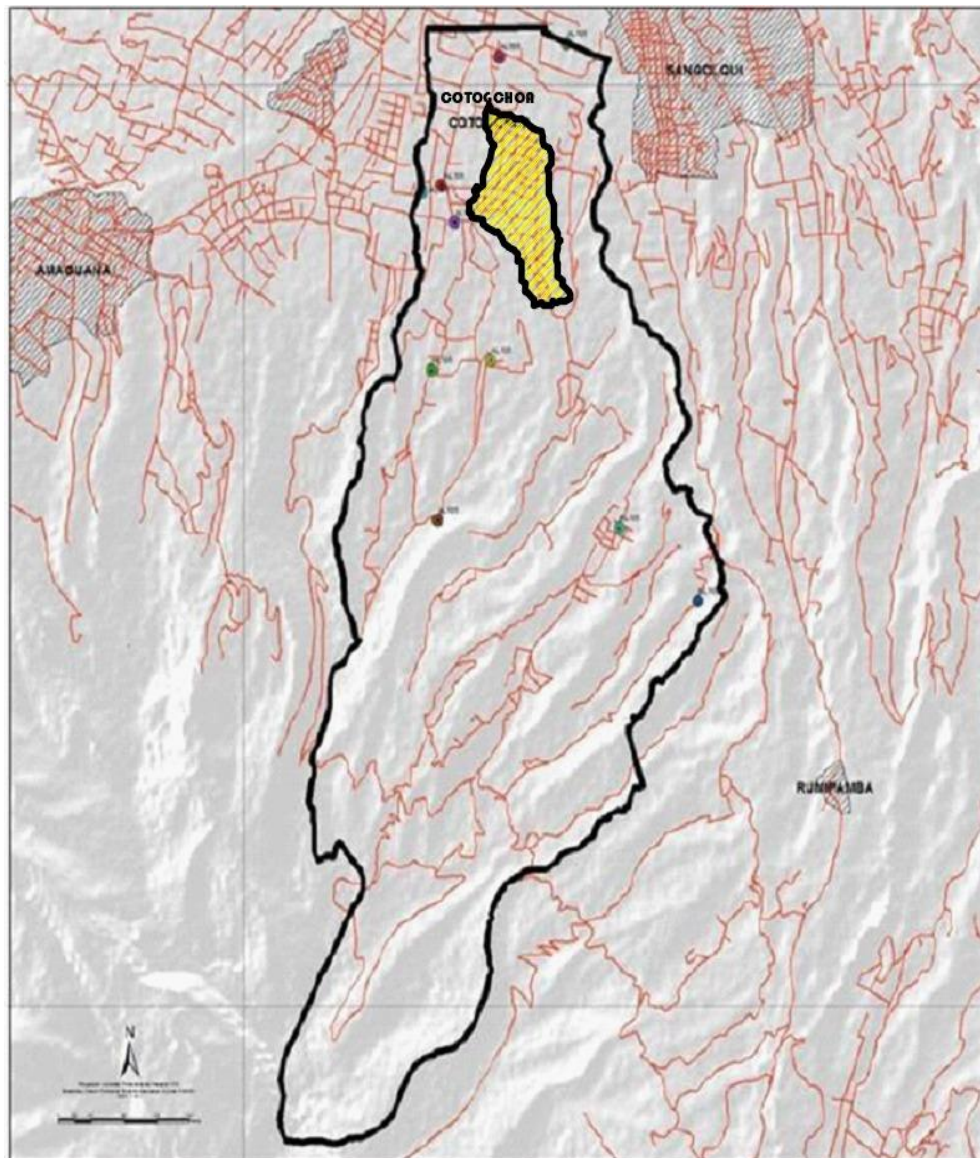
Área de Influencia

El área de influencia es la parroquia Cotogchoa, dicha parroquia está situada en el cantón Rumiñahui provincia de Pichincha, las coordenadas referenciales son: Latitud $0^{\circ}22'4.83''S$ y Longitud $78^{\circ}27'11.99''O$. Según el Instituto Geográfico Militar IGM, el área total de la Parroquia es 34.60 km^2 . Limita con la parroquia Sangolquí al norte, con la Parroquia Rumipamba y Sangolquí al este, con la Parroquia Rumipamba y el Cantón Mejía al Sur; y con el Cantón Pedro Vicente Maldonado al oeste. Contaba con una población de cerca de 3937 habitantes en el año 2010, y como indica SENPLADES (2013), la tasa de crecimiento entre 2015 y 2020 es de 13.60% (GADP Cotogchoa; SIGMA consultores, 2015; SENPLADES,2013).

A continuación, en la Figura 1. se presenta un mapa de la parroquia

Figura 1

Área de influencia, mapa de la parroquia Cotogchoa



Nota. El gráfico delimita el área de la parroquia Cotogchoa, así como la zona de estudio.

Tomado de *Trabajo de campo para la actualización del PDyOT de la Parroquia Cotogchoa* (p.18), por SIGMA consultores, 2015, SIGMA.

Área de intervención

El área de intervención corresponde a los barrios San Juan Obrero, Miraflores, Central, Libertad, El Pino y El Manzano; a los que de ahora en adelante se los nombrará como las Zona 1-8, con una superficie total de 134.85 hectáreas, a continuación, en la Tabla 1, se detalla el área de intervención por zonas del presente proyecto.

Tabla 1

Superficie por zona de la parroquia Cotogchoa.

Zona	Área (hectáreas)
Zona 1	4.13
Zona 2	3.32
Zona 3	5.20
Zona 4	3.73
Zona 5	51.07
Zona 6	8.30
Zona 7	3.99
Zona 8	55.11
Total	134.85

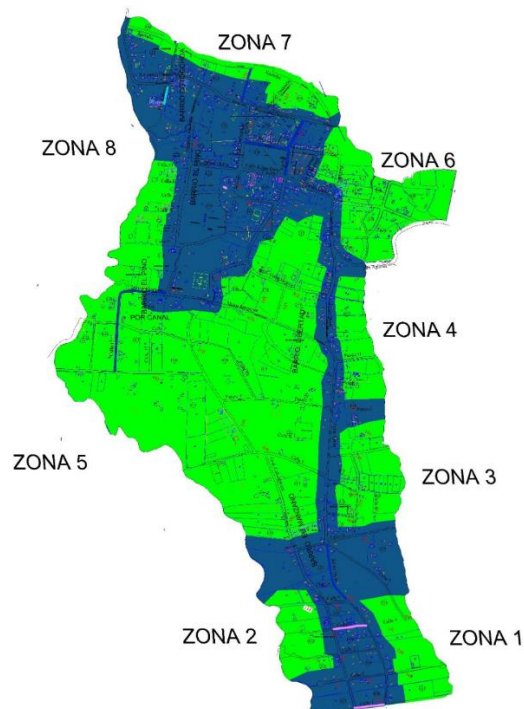
Nota. Esta tabla indica el área exacta de cada división de la zona de estudio. Elaboración propia.

Área de influencia directa

A continuación, en la Figura 2, se muestra la delimitación de las zonas del 1 al 7, (color verde) que carecen de alcantarillado pluvial con una superficie total de 79.74 hectáreas, en la cual se diseñará un sistema de recolección de aguas lluvias, además de la delimitación de la Zona 8 (color azul) que cuenta con alcantarillado pluvial separado con 55.11 hectáreas, en la cual se realizará la evaluación del sistema actual. Dicha información se obtuvo mediante recopilación de datos en la zona de estudio, por medio de una inspección en campo con colaboración del personal de alcantarillado del GAD de Rumiñahui.

Figura 2

Clasificación por zonas, mapa de la parroquia Cotogchoa.



Nota. El gráfico ilustra las diferentes zonas de estudio. Elaboración propia.

Área de influencia indirecta

El área de Influencia indirecta corresponde a los sectores sin alcantarillado pluvial cercanos a las zonas mencionadas anteriormente como son los barrios El Milagro, La Leticia y El Bosque.

Objetivos del proyecto

En el presente proyecto, se plantea los siguientes objetivos:

Objetivo general

Diseñar el sistema de alcantarillado pluvial para las Zonas 1 a la 8, que abarcan una superficie de 134.85 hectáreas, en la Parroquia Cotogchoa, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha a través de bases de diseño de normativas vigentes, a fin de poder drenar las aguas lluvias en época de gran precipitación.

Objetivo específico

- Recopilar información del sistema de alcantarillado pluvial existente en la Zona 8, que abarca una superficie de 55.11 hectáreas, por medio de inspección en campo con la finalidad de modelar y evaluar el correcto funcionamiento del sistema actual.
- Realizar el modelo del terreno por medio del levantamiento topográfico en zonas inexistentes y así poder diseñar la red de alcantarillado pluvial.
- Analizar los datos hidrometeorológicos y características del terreno por medio de determinación de curvas IDF y estudio de suelos, para el cálculo de caudal de lluvia, niveles freáticos y coeficientes de escorrentía.
- Realizar la modelación hidráulica de las zonas del sistema de alcantarillado pluvial de las Zonas 1 a la 7, que abarca una superficie de 79.74 hectáreas,

siguiendo bases de diseño de normativas vigentes para dimensionar y trazar los planos de tuberías y diferentes elementos de una red de alcantarillado pluvial.

- Elaborar el presupuesto general del proyecto con un análisis de precios unitarios para estimar el costo del sistema de alcantarillado pluvial.

Alcance del proyecto

El presente trabajo tiene como alcance el diseño del sistema de alcantarillado pluvial en los barrios: San Juan Obrero, Miraflores, Central, Libertad, El Pino y El Manzano (Zonas 1-8) que conforman la Parroquia Cotogchoa, el diseño no abarca los restantes barrios de la parroquia como son: El Milagro, La Leticia y El Bosque.

Se tomará como guía de diseño y evaluación únicamente normas de índole nacional y formatos proporcionados por el Municipio de Rumiñahui.

Los aspectos puntuales que tratara el trabajo de titulación están referidos únicamente al alcantarillado pluvial, dentro del cual se abarca el diseño de las estructuras complementarias que permitan específicamente drenar de forma eficaz y de acuerdo lineamientos establecidos las aguas lluvias, no se tratará temas como son el alcantarillado sanitario o combinado.

El análisis del estudio incluye una propuesta con un periodo de diseño conforme lo dicten las normativas, no se ha considerado proyectos de expansión o modificación de la topografía actual.

El presupuesto se realizará en base al sistema de precios unitarios referenciales al año actual, no se incluirá en el análisis el efecto de la inflación a largo plazo.

Justificación e importancia

El siguiente proyecto se desarrolla para encontrar una solución factible a las problemáticas que surgen en la parroquia Cotogchoa por falta de un sistema adecuado de alcantarillado pluvial.

Se fundamenta el desarrollo del proyecto en el artículo 264, numeral 4 la Constitución del Ecuador de 2008, que dicta: “Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, artículo 264).

Las autoridades y personal técnico del departamento de alcantarillado del Municipio de Rumiñahui mediante catastros, encuestas y visitas técnicas, poseen evidencia de la falta de estructuras que drenen adecuadamente las aguas provenientes de las lluvias y que alivien inconvenientes como son: alteración la forma de los cauces naturales que conforman la red hidrográfica original, modificando la capacidad de desagüe y provocando desbordamientos, excesivo volumen de agua a ser tratada en ciertas zonas que ya cuentan con biodigestores, brusca descarga de aguas lluvias actual sin promover una retención e infiltración adecuada hacia las partes más bajas del recorrido, problemas de inundación y molestias por daños materiales y humanos.

El diseño tiene como meta el ser una solución a los problemas mencionados anteriormente como una alternativa técnica y económicamente viable, que cumpla con las normativas vigentes y que beneficie a los pobladores de la Parroquia Cotogchoa con una población proyectada de 5 294 habitantes al 2020 según VII Censo de Población y VI Vivienda (INEC,2010).

El 18 de febrero de 2020, el Gobierno Autónomo de Rumiñahui y la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización DAPAC-R solicitó la participación de estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, para realizar como proyecto de titulación el “Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la parroquia Cotogchoa, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha”, para dar fe de esto, se adjunta el documento en Anexo A.

Hipótesis

El diseño del sistema de alcantarillado pluvial que cumple con los parámetros establecidos en la norma en descargas y drenaje, permitirá cubrir más del 90% de la superficie total de la Parroquia Cotogchoa, Cantón Rumiñahui.

Variables de investigación

Existen 2 tipos de variables que intervienen en el desarrollo de esta investigación:

Variable independiente

- Diseño del sistema de alcantarillado pluvial.

Variable dependiente

- Las descargas y el drenaje de agua lluvia que cumplan con los parámetros establecidos por la norma.

Capítulo II

Marco Teórico

Fundamentación teórica

El presente proyecto se sustentará en la siguiente base teórica:

Base teórica

Sistema de alcantarillado pluvial. Un sistema de alcantarillado pluvial está compuesto por líneas de conducción, obras de recolección, estructuras de descarga, entre otros. Tiene como finalidad manejar, controlar y conducir la precipitación en un poblado que cuenta con diferentes tipos de superficie como son edificaciones, calles y avenidas, veredas, jardines, etc. impidiendo el estancamiento de dichas aguas y drenando la zona a la que sirven (SIAPA, 2014).

Periodo de diseño. La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento Quito EMMAP-Q (2009) define el periodo de diseño como el tiempo en que una estructura u obra llega a su nivel de saturación. Para un sistema de alcantarillado pluvial se debe diseñar y construir para 15-25 años. “La selección del periodo de diseño es hecha por el supervisor, fundamentado en los cambios que podrá tener la comunidad en los aspectos socio-económicos. En un área remota podrá ser diseñada para 25 años” (Garces, 1996).

Reconocimiento de los suelos. Se define así a la actividad con el objetivo de brindar los medios necesarios y suficientes, para el reconocimiento de los elementos y formaciones de los cuales está constituido el suelo de la zona del Proyecto. Parte de ello son los ensayos de identificación o caracterización, necesarios para describir e identificar los suelos, clasificarlos y apreciar su estado. Brindan al equipo técnico los datos relativos

al comportamiento de los suelos, necesarios para la concepción y construcción de las obras (SENAGUA, 2012).

Contaminación del agua. La presencia de elementos extraños a la constitución natural del agua que afectan la pureza de la misma, la falta de planeación y el desconocimiento de las posibles consecuencias de un mal aprovechamiento trajeron consigo la contaminación del ambiente natural. “El agua ha sido gravemente afectado por elementos agresivos y difíciles de tratar debido a su naturaleza química de sustancias presentes en desperdicios que caen a las corrientes” (Samboni, Escobar, & Escobar, 2007).

Estudio de factibilidad. “Está conformado por información directa de la zona del proyecto y tiene como finalidad la elección de la mejor alternativa desde el punto de vista técnico, económico, financiero y ambiental” (EMAAP-Q, 2009).

Estudio de pre factibilidad. Constituido por estudios previos obligatorios y necesarios para la comparación de alternativas o soluciones técnicamente viables. “Los datos utilizados en esta parte son comúnmente información secundaria existente” (EMAAP-Q, 2009).

Estudio hidrológico. “Tiene el objetivo de obtener datos relativos al ciclo de agua en circulación cuando llegan a la tierra por las diversas formas de precipitación, su ocurrencia y distribución espacial de aguas superficiales y subterráneas” (Racón, 2005).

Evaluación del riesgo. “Evaluación cualitativa y cuantitativa del riesgo ocasionado sobre la salud humana o sobre el medio ambiente por la implantación y funcionamiento de una obra de Alcantarillado” (EMAAP-Q, 2009).

Conducción a gravedad. Conjunto de estructuras que permiten el transporte del agua utilizando la energía hidráulica, de tal manera que entre dos secciones transversales de un sistema esta gradiente de energía sea siempre descendente (SENAGUA, 2012).

Mantenimiento. “Conjunto de acciones que se ejecutan en las instalaciones y/o equipos para prevenir daños o para la reparación de los mismos cuando se producen” (EMAAP-Q, 2009).

Mantenimiento correctivo. Está constituido por toda actividad o maniobra necesaria para restituir el funcionamiento de un segmento o de todo un sistema, como resultado de la ocurrencia de una falla. Si bien es cierto, el mantenimiento correctivo no tiene una naturaleza periódica y por lo tanto no puede ser programado peros si se puede estar preparado para enfrentar dicha situación (Lozano, 2012).

Mantenimiento preventivo. Su objetivo es el de identificar posibles fallas en un sistema determinado, antes de que estas ocurran, otro de sus objetivos es incrementar la vida útil de sus componentes, con el fin de no sea necesario el mantenimiento correctivo y conseguir ahorros de dinero en reparación. El mantenimiento preventivo debe ser programado en todas sus etapas (Lozano, 2012).

Base conceptual

Precipitaciones Pluviales o Intensidad. Es la intensidad de lluvia de las precipitaciones que son producidas por fenómenos atmosféricos, se mide la altura de agua durante una lluvia, su unidad regularmente es milímetros, para el cálculo y diseño de sistemas alcantarillados pluvial se recomienda usar datos de precipitaciones cortas en tiempo, pero de gran intensidad (Carmona, 2013).

Tiempo de Concentración. Se define como el tiempo que transcurre desde la caída de una gota de lluvia en el punto más lejano de la superficie de drenaje, al punto de control, en sistemas de alcantarillado pluvial es la suma del tiempo de entrada y de recorrido; el t_c o tiempo de concentración es utilizado para calcular la intensidad media de la lluvia (Carmona, 2013; Rodríguez L. C., 2012).

Colector. Es la línea de conducción principal cerrada, cuya forma geométrica puede ser de varios tipos ya sea circular, rectangular o cuadrada, su objetivo, como su nombre lo indica es recolectar, manejar y disponer de aguas residuales, lluvias o combinadas (Carmona, 2013).

Sumidero. Estas estructuras se diseñan y se construyen de tal manera que una vez instaladas pueden captar las aguas de escorrentía que atraviesan las calzadas de las vías en su zona de influencia, para descargarlas a las estructuras de conexión o pozos de revisión de los alcantarillados combinados o pluviales (Rodríguez L. C., 2012).

Alcantarillado Separado. Se definen así porque desaguan las aguas de un solo tipo, ya sean estas aguas negras o lluvias y no se mezclan durante su recorrido, el primer sistema toma el nombre de alcantarillado sanitario y el segundo de alcantarillado pluvial (Carmona, 2013)

Cámara de Caída. Es una obra que sirve para disipar la energía, de manera general, se logra esto por medio el impacto del agua u otro flujo en el fondo del pozo. Se debe recalcar que las cámaras de caída se diseñan y construyen con la finalidad de dar continuidad al flujo, habitualmente se utilizan en caso de que una tubería de alcantarillado llegue a una cámara de inspección con una cota diferencial mayor de 0,70 m, con respecto a la tubería de salida; particularmente, en sistemas de alcantarillado las cámaras de caída

son obras adosadas a las cámaras o pozos de revisión con el objetivo de disipar la energía hidráulica de los líquidos, donde por topografía se esté obligado a tener diferentes alturas entre las tuberías de entrada y salida mayores a 0,70 m (Carmona, 2013; LEAL, 2017).

Creciente Extraordinario. Es el fenómeno de elevación de los niveles de agua que causan caudales máximos, en la mayoría de los casos es resultado de tormentas o precipitaciones extraordinarias de una dimensión tal que la cuenca no es capaz de asimilarlas en su totalidad (Sánchez, 2015).

Calidad del Agua. Se resume en una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de elementos o sustancias orgánicas e inorgánicas, y la composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua. La calidad muestra diferenciaciones espaciales y temporales resultado de factores externos e internos a la composición del agua. Generalmente la calidad del agua puede encontrarse por medio de dos formas: calculando variables físicas y manejando un índice de calidad del agua (Ramírez, 2011).

Contaminación del Agua. La contaminación de un ambiente acuático significa la introducción por el hombre directa o indirectamente de sustancias o energía lo cual resulta en problemas como: daños en los organismos vivos, efectos sobre la salud de los humanos, impedimento de actividades acuáticas, e interferencia sobre actividades económicas como el riego, el abastecimiento de agua para la industria, etc. (Ramírez, 2011).

Estructura de Descarga. Aquella obra final del sistema de alcantarillado que asegura una descarga continua a una corriente receptora. Tales estructuras pueden verter

las aguas de emisores consistentes en conductos cerrados o de canales, por lo cual se consideran dos tipos de estructuras para las descargas.

Para la disposición final o vertido de las aguas residuales, se requiere de una estructura de descarga cuyas características dependen del lugar elegido para el vertido, del gasto de descarga, del tipo de emisor (tubería o canal), entre otros (CONAGUA, 2015).

Cuenca de Drenaje. Es una región natural homogénea a partir de la continuidad del recurso hídrico que se expresa en un sistema natural de drenaje, la cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Para delimitar las cuencas de drenaje se buscan las partes más altas del área que encierra un cuerpo de agua (Robalino Rodríguez & López Zevallos, 2011).

Perfil Hidráulico. “Es un corte a través de un elemento del sistema de Alcantarillado que muestra el nivel de agua en cada una de sus partes bajo condiciones de operación normal” (EMAAP-Q, 2009).

Normativa relacionada

El presente proyecto será regulado por las “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes” proporcionadas por La Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias y el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, IEOS, en calidad de rector del Saneamiento Ambiental en el país, que tienen entre sus responsabilidades y a través de la Dirección de Planificación, la preparación, revisión y actualización de las normas mencionadas.

Metodología

El proyecto de Tesis es de carácter analítico dado que se estudiarán por separado los factores que influyen en el diseño del sistema de alcantarillado pluvial para poder optimizar los resultados.

Inicia con una revisión teórica, que se realizará a través del estudio de artículos, tesis, libros técnicos y publicaciones relacionadas con la evaluación y diseño de alcantarillados pluviales, combinados y separados, relacionados también con el diseño de estructuras complementarias y con el impacto de los cambios provocados en los cauces naturales.

Recopilación de Datos Mediante Catastro

En la evaluación de las zonas con alcantarillado pluvial se procederá a llenar los formatos de Catastro proporcionados por el Municipio de Rumiñahui Anexo E, donde constan parámetros como el estado actual de los pozos, dimensiones y localización, tipo de material, detalles y fotografías correspondientes a cada elemento pluvial que se encuentra en la parroquia.

Modelamiento Topográfico

La recopilación de datos geodésicos será a través de un levantamiento topográfico con estación total, equipo con el cual podemos medir distancias, ángulos horizontales y verticales con alta precisión, debido a que la exactitud es una necesidad absoluta para el correcto funcionamiento del alcantarillado pluvial.

Análisis de los Datos Hidrometeorológicos e Identificación del Suelo

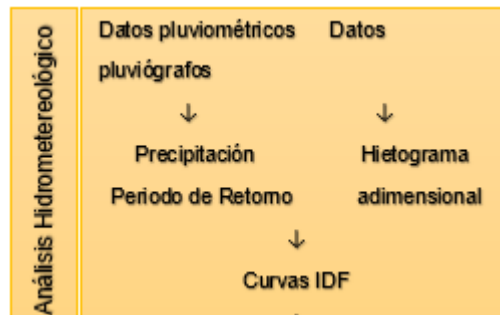
De acuerdo a (SENAGUA, 2012), el tipo y número de ensayos para un estudio de suelos no puede ser normalizado y esto se debe definir para cada proyecto, debido a esto se considerará un estudio de identificación en zonas representativas, los ensayos que

componen el estudio además de la localización del nivel freático son: Granulometría, Humedad, Límites de Atterberg, Porosidad, Peso específico.

El análisis Hidrometeorológico, en resumen, perseguirá el siguiente proceso:

Figura 3

Esquema de la metodología para el análisis Hidrometeorológico



Nota: Se detalla el proceso a usar para obtener un análisis Hidrometeorológico. Tomado de *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Drenaje Pluvial Urbano* (p.30), por CONAGUA, 2015.

Diseño en Base a Normativas Vigentes

A partir de los datos obtenidos anteriormente se procederá a realizar el diseño del sistema de alcantarillado pluvial, con el fin de alcanzar el objetivo propuesto, se procede a establecer un método conforme a las normativas vigentes de trabajo, mediante una serie de pasos ordenados:

Figura 4

Esquemas de la metodología para los análisis Hidrográfico e Hidráulico



Nota: Se detalla el proceso a usar para obtener un análisis Hidrográfico e Hidráulico.

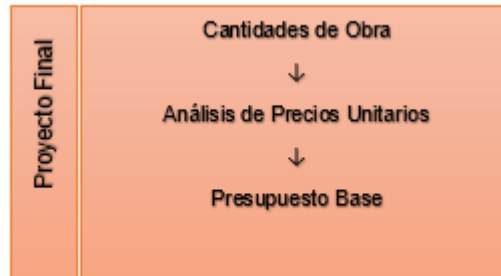
Tomado de Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Drenaje Pluvial Urbano (p.30), por CONAGUA, 2015.

Elaborar un presupuesto del proyecto

A través de la determinación de cantidades de obras, costos de mano de obra, maquinaria, equipo y transporte, análisis de precios unitarios, necesarios para estimar el presupuesto base del sistema de alcantarillado pluvial.

Figura 5

Esquema de la metodología para obtener el presupuesto del proyecto



Nota: Se detalla el proceso a seguir para conseguir el presupuesto estimado del proyecto.

Elaboración propia.

Capítulo III

Aspectos de la Comunidad

Ubicación

La zona de estudio se encuentra ubicada en la parroquia Cotogchoa, la misma que se localiza en la región Sierra, provincia de Pichincha, concretamente al sur occidente del cantón Rumiñahui. Limita al norte con la parroquia Sangolquí, al sur con las parroquias Amaguaña y Tambillo (del cantón Mejía), al este con la parroquia Rumipamba y finalmente al oeste con la parroquia Amaguaña (GAD Gobierno de Pichincha; VILLALBA asociados, 2012).

Según el Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Cotogchoa el punto más alto de la parroquia está a 2.4515 msnm, además, en este mismo documento se señala que según el Instituto Geográfico Militar el área de la parroquia Cotogchoa es de 36.81 km² (GAD Gobierno de Pichincha; VILLALBA asociados, 2012).

A continuación, en la Figura 6, se presenta la ubicación de la parroquia dentro de la provincia de Pichincha.

Figura 6

Ubicación de la Parroquia Cotogchoa.



Nota. La ilustración sirve para ubicar la parroquia Cotogchoa. Tomado de *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del gobierno autónomo descentralizado parroquial Cotogchoa* (p.31), por GAD Gobierno de Pichincha; VILLALVA asociados 2012:25.

Uso de Suelo

Geológicamente la parroquia de Cotogchoa está caracterizada por rocas volcánicas y piroclásticas. Se tiene dos capas de flujos piroclásticos, la inferior tiene cenizas, fragmentos de rocas y escoria; mientras que la superior está constituida por ceniza volcánica y gases calientes. La mayoría de rocas son: andesíticas y riolíticas y cangahua. Es importante recalcar, que como lo indica el plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquial, la cangahua cubre una gran área de Cotogchoa (GAD Gobierno de Pichincha; VILLALBA asociados, 2012).

Geomorfológicamente tiene una superficie suave y regular, ya que como se acoto anteriormente, los flujos protoplásmicos rellenaron la zona, se cree que fueron de los volcanes Cotopaxi, Pasochoa y Sincholahuá. La parroquia cuenta con una pendiente que varían de 0 a 5 grados, esto junto con los suelos provenientes de cenizas volcánicas dan como resultado un suelo rico en minerales, es decir, buenos para la agricultura y ganadería.

Los suelos se encuentran clasificados como húmedos, negros, y limos menores al 30% de arcilla, el grosor de esta capa varía entre 0.80m a 1.00m. El material limo-arenoso cuenta con arena que va de 0.00m a 0.50m de espesor. También se cuenta con rocas (cantos) de 0.10m de tamaño promedio (GAD Gobierno de Pichincha; VILLALBA asociados, 2012).

Características del clima

A continuación, se procederá a resumir la caracterización climatológica en general de la parroquia, cabe recalcar que la zona de desarrollo del estudio está centrada en el centro de población consolidado y no a lo largo y ancho de toda la parroquia.

Temperatura

Tal como se ve señalado en el plan de desarrollo y ordenamiento territorial, la parroquia Cotogchoa tiene una temperatura promedio de 11.6°C, mínima de 8.7°C, normalmente en el mes de noviembre y máxima de 13.2°C en diciembre. El resto del año la temperatura media es muy cercana al promedio (GAD Gobierno de Pichincha; VILLALBA asociados, 2012).

Precipitaciones

Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INMAHI,2015) la precipitación anual promedio de 1421 mm. Se puede diferenciar dos épocas climáticas en el año, el verano entre los meses de junio, julio y agosto; siendo julio el mes más seco con 49.1 mm de precipitación registrada; y el invierno, cuyo mes con más lluvias es abril con una precipitación de 351.5 mm (GAD Gobierno de Pichincha; VILLALBA asociados, 2012).

Humedad relativa

Cotogchoa se define como una zona de humedad relativa media, ya que el porcentaje promedio anual es de 81%, los meses de julio y agosto tienen una humedad relativa baja, esto debido a que el periodo corresponde a una época seca (GAD Gobierno de Pichincha; VILLALBA asociados, 2012).

En la Tabla 2, se resumen las características climáticas citadas en los párrafos inmediatamente superiores.

Tabla 2

Resumen de las Características Climáticas de la Parroquia Cotogchoa.

Precipitación (anual)	Temperatura (promedio anual)	Humedad (promedio anual)
1421 mm anuales	11.6°C	81%

Nota. La tabla indica las principales variables climatológicas de la parroquia Cotogchoa.

Tomado de *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Cotogchoa*

(p.36), por SIGMA consultores, 2015, SIGMA.

Encuesta socioeconómica

Los servicios básicos como la implantación de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, deben ser acordes a la realidad de cada localidad. Es por esta razón que se procede a evaluar mediante encuestas las condiciones socioeconómicas de la población en Cotogchoa.

Los resultados de los indicadores socioeconómicos, permiten establecer un orden de prioridad en la inversión, financiamiento e implantación de un proyecto.

Tamaño de la muestra

Para obtener una muestra representativa se tomó como guía el método probabilístico. Según información obtenida de la última encuesta “Condiciones de vida IV Ronda” publicada en abril del 2015, el número de miembros promedio por hogar en Ecuador es de 4 personas (INEC, 2015)

Como se mencionó anteriormente, se tiene una población proyectada de 5294 habitantes al 2020 según VII Censo de Población y VI Vivienda.

Para determinar el tamaño de una muestra representativa se utilizó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

N= Tamaño de la población

N= Muestra

p= Probabilidad a favor

q= Probabilidad en contra

Z= Nivel de confianza

e= Error de muestra

Como lo indica la Tabla 3, el tamaño de encuestas determinadas a partir de la formula y los parámetros seleccionados es de 92.

Tabla 3

Resultados del Tamaño de la Muestra con una Probabilidad a Favor y en Contra Igual a 0.50.

P (Número de Hogares)	e (Nivel de error)	Z (Nivel de confianza=95%)	n (Tamaño de la muestra)
1312	10%	1.96	92

Modelo de la Encuesta

Una encuesta socioeconómica tiene el objetivo de poder conocer las características de la población involucrada en el proyecto, características que van a ser determinadoras a la hora de diseñar el sistema de alcantarillado pluvial. Además, también permita justificar la ejecución del proyecto. A continuación, en la Figura 7 se muestra el modelo de la encuesta aplicada.

Figura 7

Modelo de la Encuesta Socioeconómica



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



ENCUESTA SOCIOECONÓMICA DE LA PARROQUIA COTOGCHOA

PROVINCIA: PICHINCHA
CANTON: RUMIÑAHUI
PARROQUIA: COTOGCHOA

FECHA: ____/____/2020

HOJA Nº ____ DE ____

N°	NOMBRE DEL ENTREVISTADO	TENENCIA DE LA VIVIENDA			TIPO DE LA VIVIENDA			USO		BARRIO			MATERIAL DE LA VIVIENDA			SERVICIOS BÁSICOS			ABASTECIMIENTO DE AGUA			ELIMINACIÓN DE EXCRETAS			TIPO DE DESCARGA			ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES			INFORMACIÓN FAMILIAR			NIVEL DE CONFORMIDAD CON SISTEMAS DE ALCANTARILLADO			OBSERVACIONES	
		PROPIA	ARRENDADA	FAMILIAR	OTRO	INDIVIDUAL	COMUNAL	OTRO	RESIDENCIAL	INDUSTRIAL	COMERCIAL	OTRO	ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	REDES DE AGUA	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS	OTROS								

Nota. La imagen indica en modelo de la encuesta a ser desarrollada en la parroquia Cotogchoa. Adaptado de Alternativa Para el Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Pluvial de la Cooperativa Eloy Alfaro, Cantón Rumiñahui (p.13), por Dávalos, 2019, ESPE.

Se tiene que señalar que esta encuesta fue aplicada de manera simultánea en la tesis Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario en Pichincha, Rumiñahui, Parroquia Cotogchoa, es decir, es una encuesta que sirve tanto para la tesis de Alcantarillado Pluvial como de Sanitario, en ella se mide parámetros como: tenencia, uso y material de vivienda, servicios básicos, abastecimiento de agua, eliminación y tipo de descarga de aguas servidas y aguas lluvia, además de información familiar, como el número de personas ingreso mensual medio. También se preguntó sobre el nivel de conformidad con los sistemas de alcantarillado.

Resultados de la Encuesta

La aplicación de la encuesta fue el sábado 18 de agosto de 2020, previa autorización del GADP de Cotogchoa, además que dicho GADP se informó a los barrios a ser encuestados por medio de los dirigentes comunitarios. En la Figura 8 se muestra una foto de los dos equipos que realizaron la encuesta.

Figura 8

Equipo para la Realización de la Encuesta



Si se desea ver las encuestas, se deja constancia en el Anexo B, en esta sección se resumirá la misma por medio de pasteles que ayudan a comprender las características socioeconómicas de Cotogchoa. El diseño hidráulico no solo debe depender las características hidrológicas, sino también se debe elegir los materiales de acuerdo a la capacidad económica de la población.

Tabla 4

Tenencia de vivienda

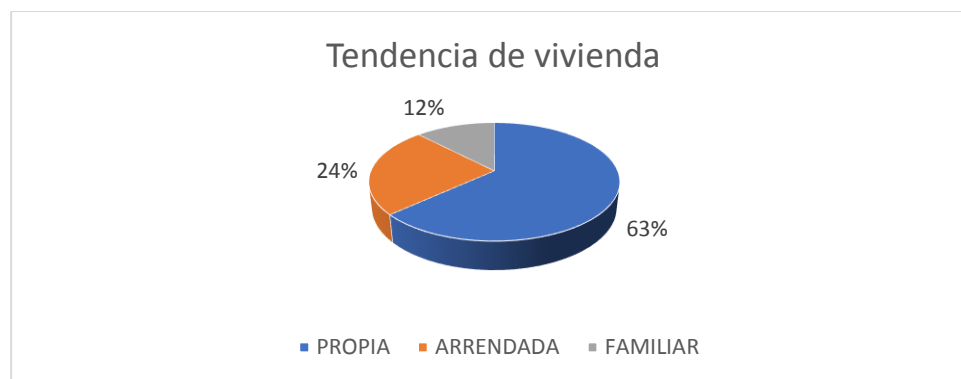
Tendencia de vivienda	Número de viviendas	Porcentaje
Vivienda propia	62	63%
Vivienda arrendada	24	24%
Vivienda Familiar	12	12%
Total	98	100.0%

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente:

Elaboración propia.

Figura 9

Tenencia de vivienda



Nota. La imagen ilustra por porcentaje la tenencia de la vivienda en Cotogchoa. Fuente:

Elaboración propia.

Se observa que, según la encuesta realizada, respecto a la tenencia de vivienda, el 63% cuenta con una vivienda propia, el 24% figura como arrendatario y por último el 12% ocupada una vivienda de un familiar.

Tabla 5

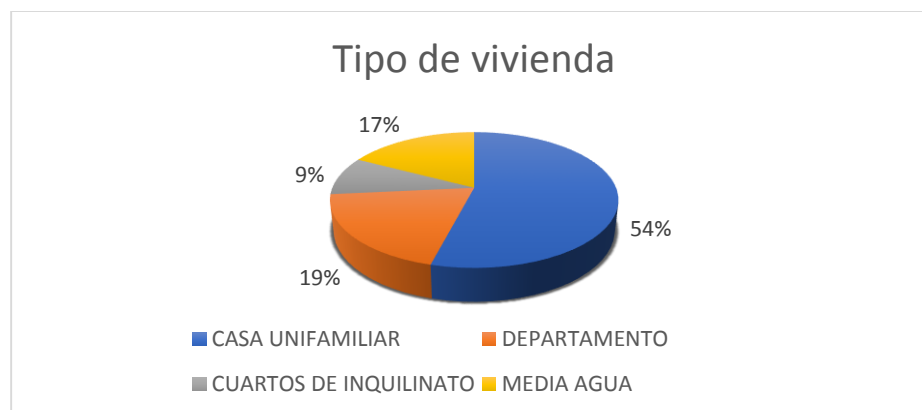
Tipo de vivienda

Tipos de vivienda	Número de viviendas	Porcentaje
Casa unifamiliar	53	54%
Departamento	19	19%
Cuarto de inquilinato	9	9%
Media agua	17	17%
Total	98	100%

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

Figura 10

Tipo de vivienda



Nota. La imagen ilustra por porcentaje el tipo de vivienda en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto se refiere al tipo de inmueble, se visualiza que más de la mitad cuenta con una casa unifamiliar, el 19% habita en un tipo de vivienda donde las familias ocupan

departamentos, el 9% se distribuye como cuartos de inquilinato y un alarmante 17% se clasifica como una media agua.

Tabla 6

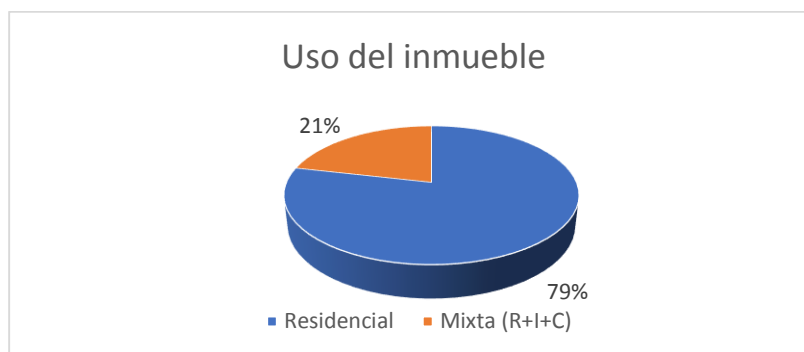
Uso de la vivienda

Uso del inmueble	Número de viviendas	Porcentaje
Residencial	77	79%
Industrial	0	0%
Comercial	0	0%
Mixta (R+I+C)	21	21%
Total	98	100%

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

Figura 11

Uso de la vivienda



Nota. La imagen ilustra por porcentaje el uso de la vivienda en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

El uso del inmueble es un dato muy importante para la tesis Evaluación y Diseño Del Sistema De Alcantarillado Sanitario De La Parroquia Rural Cotogchoa, Cantón Rumiñahui, Provincia Pichincha, trabajo que los vienen realizando a la par la señorita

tesista Geoconda Tasipanta y el señor Ricardo García. La encuesta arroja que, respecto al uso del inmueble el 79% es residencial, y el restante es mixto, es decir, una combinación de residencial más comercial más industrial.

Tabla 7

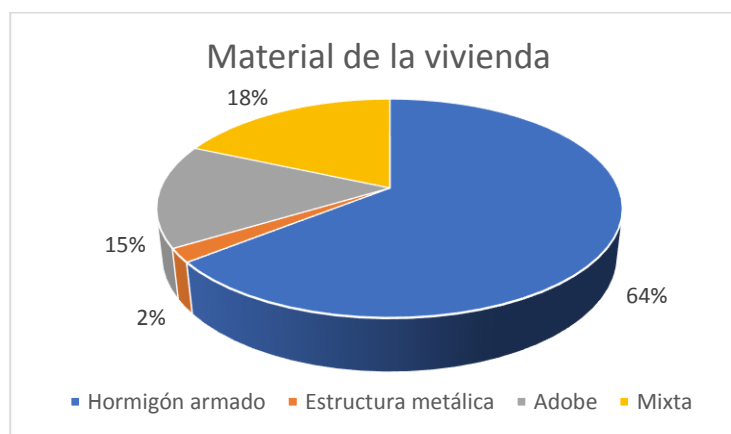
Material de la vivienda

Material de la vivienda	Número de viviendas	Porcentaje
Hormigón armado	63	64%
Estructura metálica	2	2%
Adobe	15	15%
Mixta	18	18%
Total	98	100%

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

Figura 12

Material de la vivienda



Nota. La imagen ilustra por porcentaje el tipo de material de las viviendas en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

Se observa claramente que el material predominante es el hormigón armado, con un 64%, le sigue la construcción mixta con 18% (entiéndase a esta como la combinación del hormigón armado con estructura metálica), la construcción con adobe registra un 15% en Cotogchoa, y el restante, el 2% es solamente de estructura metálica.

Tabla 8

Servicios básicos

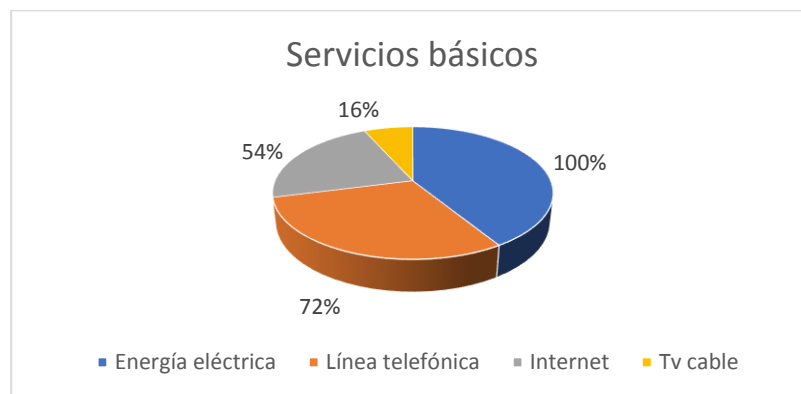
Servicios básicos	Número de viviendas	Porcentaje
Energía eléctrica	98	100%
Línea telefónica	71	72%
Internet	53	54%
Tv cable	16	16%

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente:

Elaboración propia.

Figura 13

Servicios básicos



Nota. La imagen ilustra por porcentaje los servicios básicos con los que cuentan las viviendas en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

El nivel de calidad de vida que tiene una población está relacionado directamente con los servicios básicos con que esta cuenta, observamos que el 100%

cuenta con energía eléctrica, el 72% cuenta con línea telefónica, mientras que el acceso a internet es solo un poco más del 50%, situación realmente preocupante ya que esto esta meramente relacionado con el acceso a la educación, y finalmente, el 16% cuenta con Tv cable.

Tabla 9

Abastecimiento de agua

Abastecimiento de agua	Número de viviendas	Porcentaje
Si	98	100%
No	0	0%
Total de viviendas	98	100.0%

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente:

Elaboración propia

Figura 14

Abastecimiento de Agua



Nota. La imagen ilustra por porcentaje el nivel de cobertura de agua potable en

Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

La clasificación socio económica no solo depende del nivel de ingresos, sino también del del acceso a servicios básicos, observamos que en la población de Cotogchoa el nivel de cobertura de agua potable alcanza 100%, por lo que mejora notablemente la calidad de vida de dicha parroquia.

Tabla 10

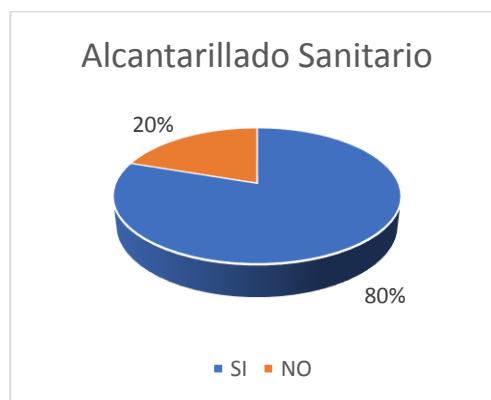
Acceso a alcantarillado sanitario

Alcantarillado sanitario	Número de viviendas	Porcentaje
Si	78	80%
No	20	20%
Total	98	100%

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

Figura 15

Acceso a alcantarillado sanitario

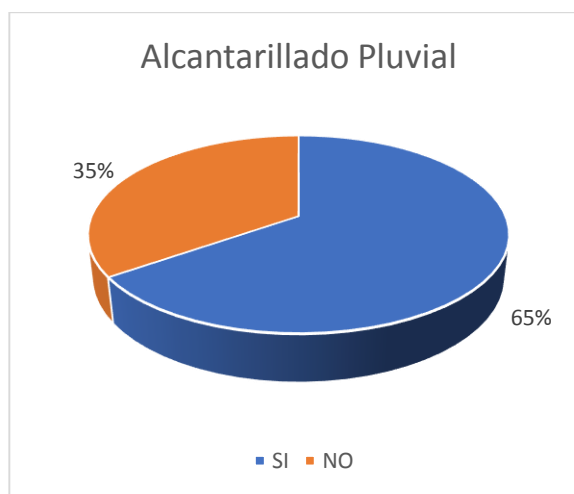


Nota. La imagen ilustra por porcentaje la existencia o no del alcantarillado sanitario en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11*Acceso a alcantarillado pluvial*

Alcantarillado pluvial	Número de viviendas	Porcentaje
Si	64	65%
No	34	35%
Total	98	100%

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

Figura 16*Acceso a alcantarillado pluvial*

Nota. La imagen ilustra por porcentaje la existencia o no del alcantarillado sanitario en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

Sobre la eliminación de aguas lluvias, se observa que, de la muestra seleccionada, el 35% no cuenta con alcantarillado pluvial, es decir, esta tesis tiene como objetivo brindar este servicio básico a la población, y así cubrir el 100% de Cotogchoa.

Tabla 12

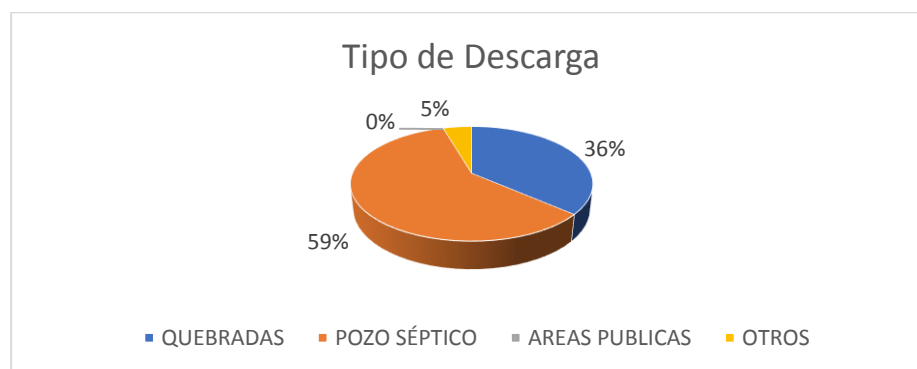
Tipo de descarga utilizada para las aguas servidas

Tipo de descarga	Número	Porcentaje
Quebradas	8	36%
Pozo Séptico	13	59%
Áreas Publicas	0	0%
Otros	1	5%

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

Figura 17

Tipo de descarga utilizada para las aguas servidas



Nota. La imagen ilustra por porcentaje los tipos de descargas utilizadas para la evacuación de aguas servidas. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Información Familiar

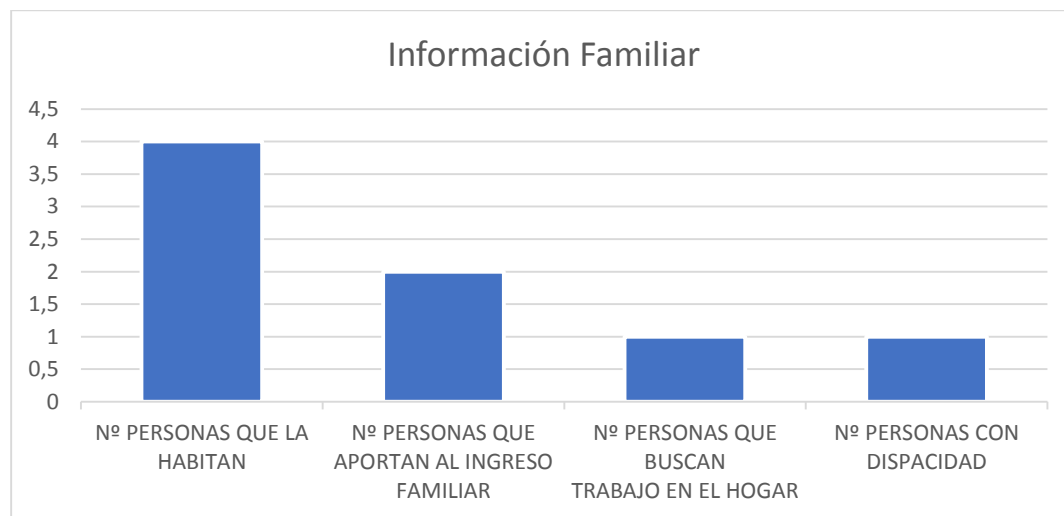
Información familiar	Número
N.º PERSONAS QUE LA HABITAN	4
N.º PERSONAS QUE APORTAN AL INGRESO FAMILIAR	2
N.º PERSONAS QUE BUSCAN TRABAJO EN EL HOGAR	1
N.º PERSONAS CON DISPACIDAD	1

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente:

Elaboración propia

Figura 18

Información Familiar



Nota. La imagen ilustra importantes datos sobre las familias en Cotogchoa.

Fuente: Elaboración propia.

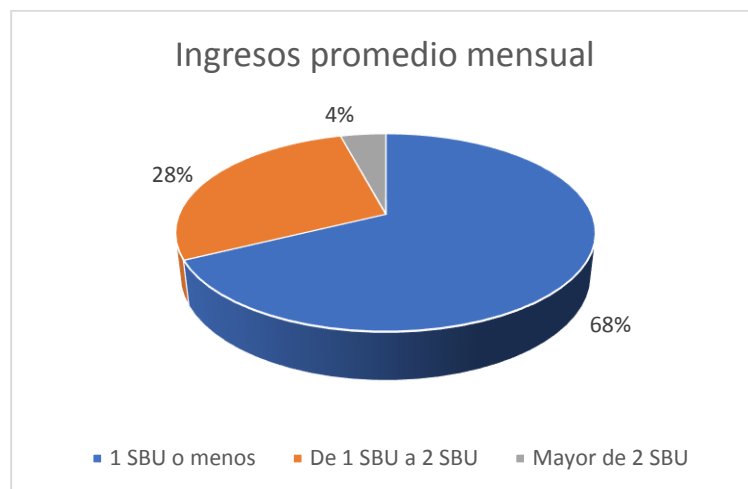
Tabla 14

Ingreso promedio mensual

Ingreso promedio mensual	Número de familias	Porcentaje
1 SBU o menos	66	67%
De 1 SBU a 2 SBU	28	29%
Mayor de 2 SBU	4	4%
Total	98	100%

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente:

Elaboración propia

Figura 19*Ingreso promedio mensual*

Nota. La imagen ilustra por porcentaje el ingreso mensual que tienen las familias en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

La clasificación socio económica de una población no se puede limitar solamente al promedio mensual de ingresos, pero sin duda constituye uno de los principales parámetros. Los otros parámetros son el acceso a servicios básicos, como ya se comentó en párrafos anteriores.

El nivel económico de la población define también indirectamente en la selección y diseño óptimo del sistema de alcantarillado, aunque se debe decir, que por las características de Cotogchoa, este nivel debe obedecer al tipo III. También se observa, que el 45% de la muestra cuenta con un salario menor o igual a la remuneración unificada o sueldo básico.

Por todo lo anterior dicho, recordando que el 100% de la población cuenta eléctrica y agua potable, pero carece de otros servicios básicos como son el acceso a internet con solo un 54%, y además que, la cobertura del servicio de alcantarillado

sanitario alcanza sólo el 80%, mientras que la evacuación de aguas lluvias solo tiene un 65% de cobertura, se tiene una población que no cuenta con todos los servicios básicos. Algo que agrava más el problema es el nivel de ingresos, ya que 68% de las familias cuenta con un ingreso total en el hogar menor o igual al sueldo básico (400usd en el 2020), se precede a clasificar a la población con un nivel socio económico bajo, aquello dictará y guiará en ciertos aspectos los parámetros de diseño, ya que este también deberá tomar en cuenta cuales son las posibilidades económicas de que esta población pague a largo plazo la obra, o advertir al GAD R, que debe buscar otras alternativas de financiamiento para la ejecución del mismo.

Tabla 15

Percepción del problema en la evacuación de aguas lluvia

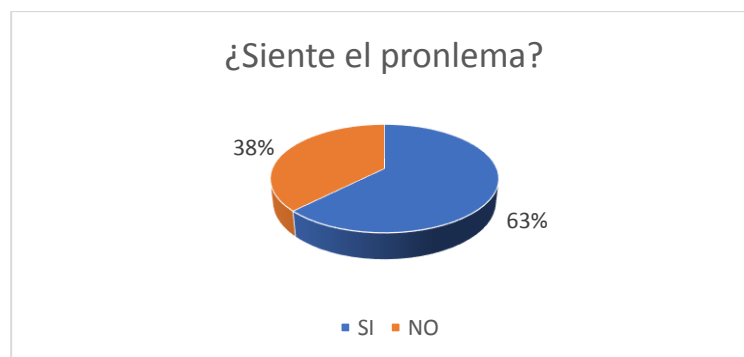
Siente el problema	Número	Porcentaje
Si	60	62.5%
No	36	37.5%
Total	96	100.0%

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente:

Elaboración propia

Figura 20

Percepción del problema en la evacuación de aguas lluvia



Nota. La imagen ilustra por si siente o no el problema de evacuación en Cotogchoa.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16

Percepción del tipo de problema en la evacuación de aguas lluvia

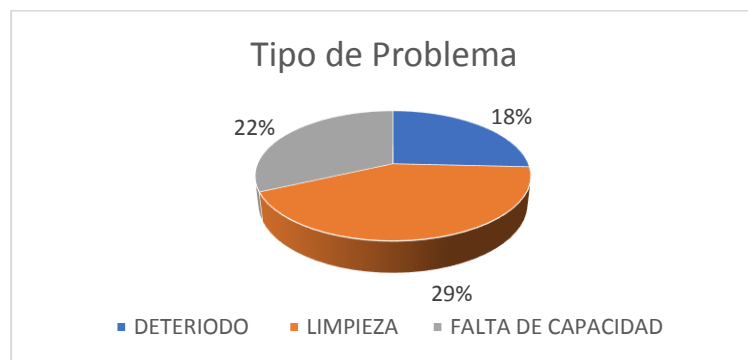
Tipo de problema	Número	Porcentaje
Deterioro	17	18%
Limpieza	28	29%
Falta de capacidad	21	22%

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente:

Elaboración propia

Figura 21

Percepción del tipo de problema en la evacuación de aguas lluvia



Nota. La imagen ilustra por el tipo de problema que se siente sobre la evacuación de aguas lluvias en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17

Aporte para mitigar el problema de evacuación de aguas lluvia

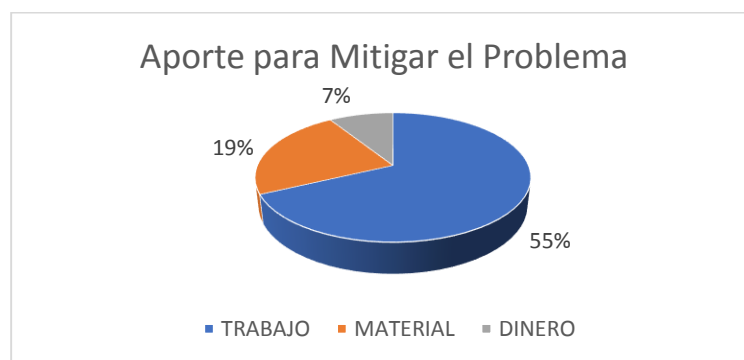
Aporte para mitigar el problema	Número de viviendas	Porcentaje
Trabajo	53	55%
Material	18	19%
Dinero	7	7%

Nota. La tabla indica los resultados de la encuesta desarrollada en Cotogchoa. Fuente:

Elaboración propia

Figura 22

Aporte para mitigar el problema de evacuación de aguas lluvia



Nota. La imagen ilustra el tipo de aporte para mitigar la evacuación de aguas lluvia en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

También es importante evaluar el nivel de percepción del problema, pues aquello permite conocer qué tipo de problema que la población reporta, además de saber el aporte que puede dar la población para mitigar el problema de la evacuación de aguas lluvias, se observa que el 63% de población es consciente del problema que conlleva una falta de alcantarillado pluvial, además aclarar que también se percibe cual es el tipo de problema que hay en el sistema existente, siendo el mayor porcentaje en la limpieza con 29%, problema que se señaló también en el catastro realizado, por último,

se preguntó cuál sería el aporte que la comunidad haría para la construcción del nuevo sistema de alcantarillado, dando como resultado que, un 55% aportaría con trabajo, 19% con material y 7% con dinero.

Población futura a beneficiarse

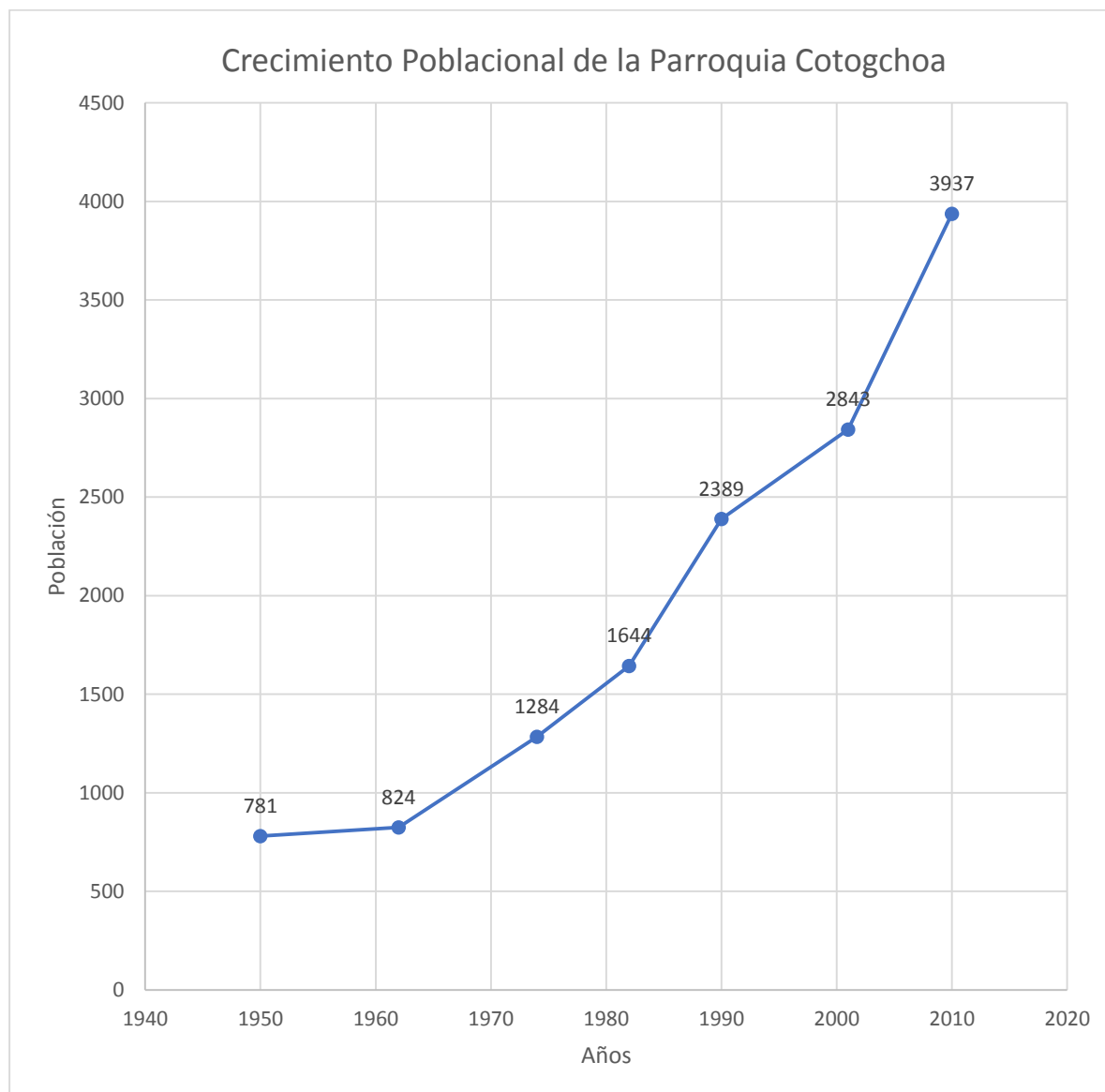
Es muy importante conocer cuál es la población a beneficiar cuando el sistema de alcantarillado pluvial se encuentre en los años para los cual se escogió el periodo de diseño, por ello se procede a calcular la población futura. En el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia del Gobierno Autónomo Descentralizado de Cotogchoa se menciona que, según el Censo INEC, 2010, la Parroquia de Cotogchoa registra una población de 3937 habitantes, y que ha venido creciendo así:

Tabla 18

Población en la Parroquia Cotogchoa

AÑO	POBLACIÓN
1950	781
1962	824
1974	1284
1982	1644
1990	2389
2001	2843
2010	3937

Nota. La tabla indica la Población en la Parroquia Cotogchoa según censo. *Fuente:*
INEC, 2010

Figura 23*Crecimiento Poblacional de la Parroquia Cotogchoa*

Nota. La imagen indica el crecimiento poblacional de la Parroquia Cotogchoa según censo INEC 2010. *Fuente:* INEC, 2010

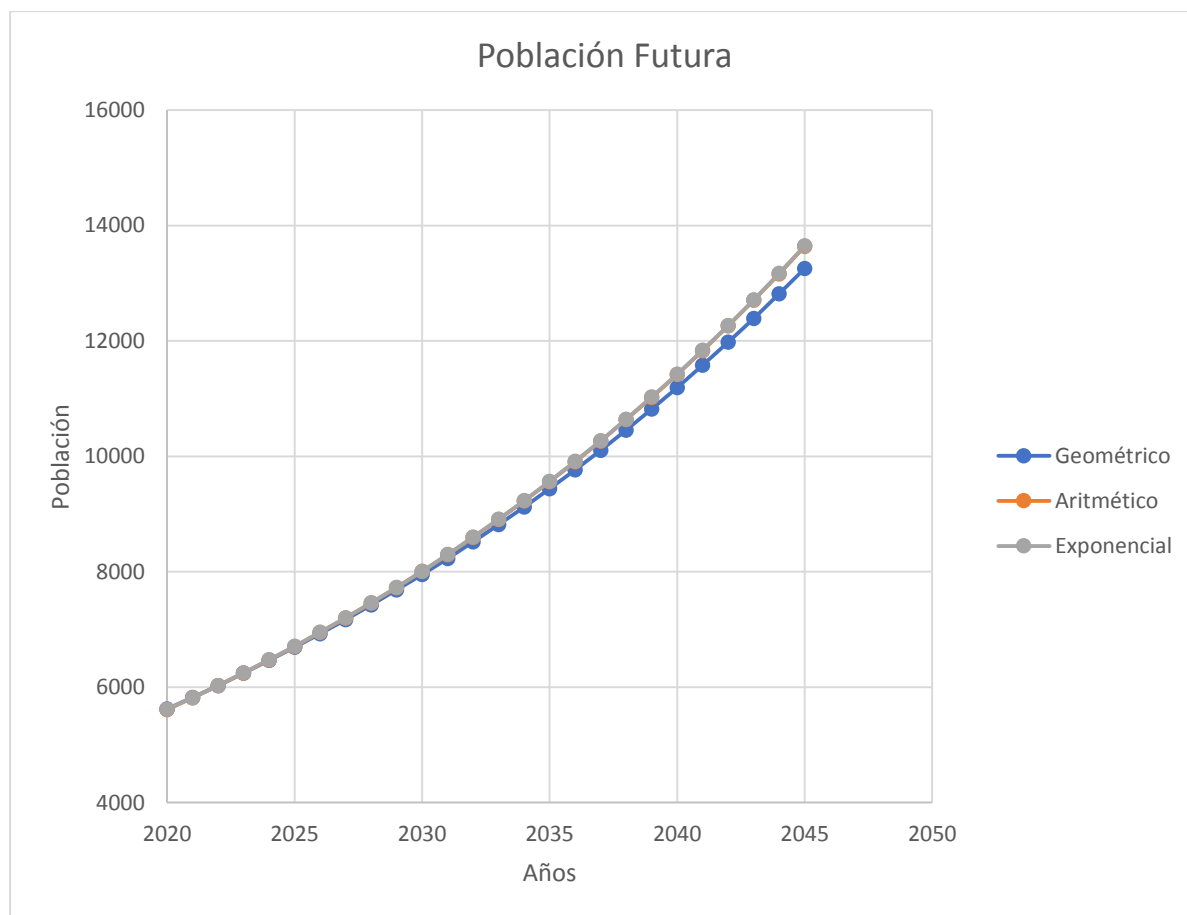
Para obtener la población futura, la Norma para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes escrita por SENAGUA (2012) dice que se harán proyecciones de crecimiento utilizando no menos de tres métodos, entre ellos pueden ser la proyección aritmética, geométrica, exponencial, etc. También se señala que la idea de calcular la población futura en por lo menos tres métodos, es permitirle al proyectista comparar entre ellos y escoger la población futura basado en aspectos económicos, geopolíticos y la forma histórica de crecimiento de la población.

El primer paso para utilizar métodos como los aritméticos, geométricos y exponencial es evaluar si el crecimiento histórico de la población se ha incrementado de manera sostenida, es decir, verificar si hay un cambio brusco en la curva de crecimiento, por ello es importante analizar si ha suscitado fenómenos naturales lo cuales hayan ocasionado un decremento o desaceleración del crecimiento de la población, en la Figura 23, se ilustra que la curva se comporta de manera normalizada, por ello, es correcto utilizar todos los datos para calcular la población futura por los tres métodos ya citados, a continuación, en la Tabla 19 se deja en evidencia el resultado del cálculo del crecimiento poblacional.

Tabla 19*Población futura en Cotogchoa*

Período	Año	Población futura (hab)		
		Geométrico	Aritmético	Exponencial
0	2020	5622	5613	5616
1	2021	5822	5816	5819
2	2022	6029	6026	6030
3	2023	6243	6244	6248
4	2024	6464	6470	6474
5	2025	6692	6704	6708
6	2026	6928	6946	6951
7	2027	7172	7197	7202
8	2028	7424	7457	7462
9	2029	7684	7726	7731
10	2030	7953	8005	8010
11	2031	8231	8294	8300
12	2032	8518	8594	8599
13	2033	8815	8905	8910
14	2034	9122	9227	9233
15	2035	9439	9561	9567
16	2036	9767	9907	9913
17	2037	10106	10265	10272
18	2038	10456	10636	10643
19	2039	10818	11021	11028
20	2040	11192	11419	11427
21	2041	11578	11832	11839
22	2042	11977	12260	12268
23	2043	12389	12703	12711
24	2044	12815	13162	13171
25	2045	13255	13638	13647

Nota. La tabla indica el cálculo de la poblacional de la Parroquia Cotogchoa según varios métodos. *Fuente:* *Elaboración propia*

Figura 24*Población Futura por 3 métodos*

Nota. La imagen ilustra la población futura según los métodos geométrico, aritmético y exponencial de la Parroquia Cotogchoa según censo INEC 2010. *Fuente:* INEC, 2010

Como se observa, para el año 2045, que corresponde a los 25 años del periodo de diseño, se calcula una población 13 255 según el método geométrico, 13 638 según el método aritmético y 13 647 según el método 13647 exponencial. Es decir, si se hace un promedio, la población futura a beneficiarse por el desarrollo del presente proyecto es de 13 513 habitante.

Estudio topográfico

“Un estudio topográfico se define como un conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar la posición de puntos en el espacio y su representación en un plano” (Rincón Villalba, Vargas Vargas, & González Vergara, 2017).

Los planos topográficos (Anexo C) fueron procesados en la escala 1:1000 que corresponde a planos de proyectos de escala grande (SENAGUA, 2012).

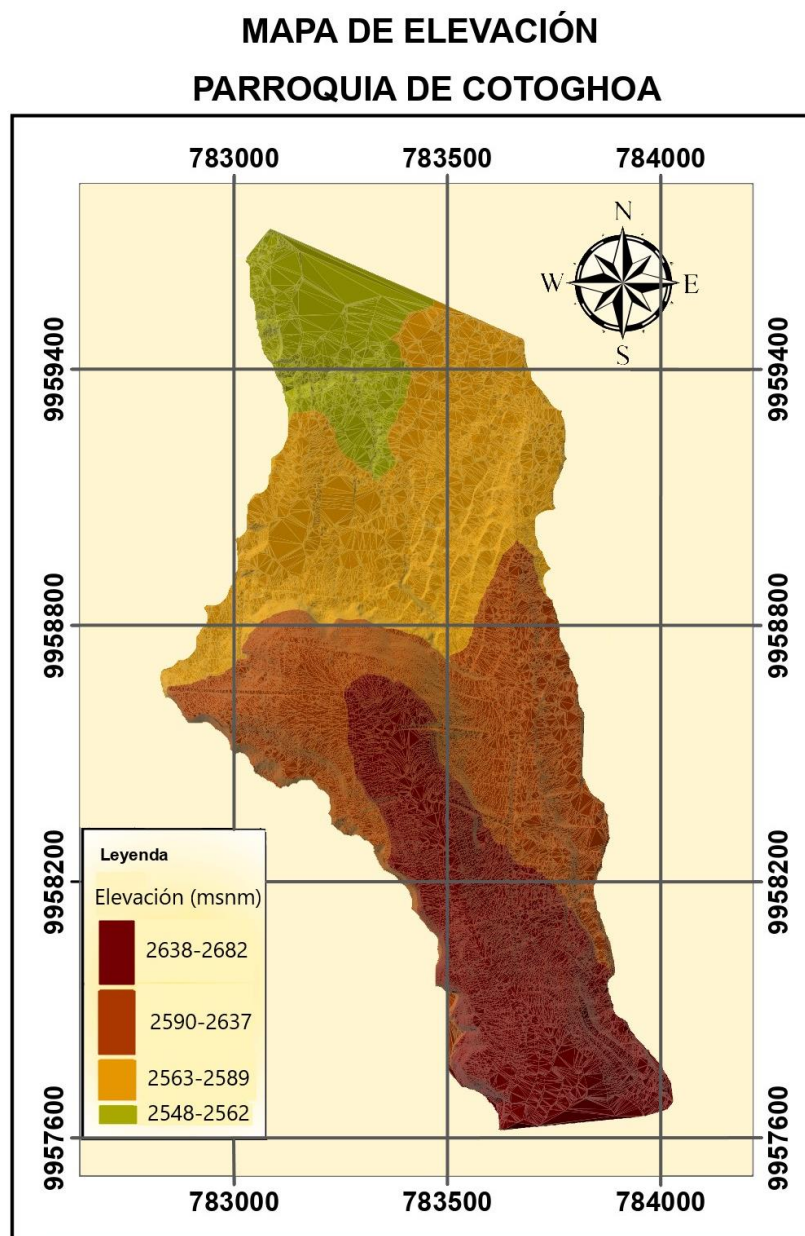
Dichos planos contienen como información la localización de los pozos del sistema pluvial existente, las redes que los unen de acuerdo a su flujo y detalles como el diámetro de las tuberías, el tipo de material que los compone y las dimensiones de los sumideros.

Como resultado del estudio topográfico proporcionado por el Municipio de Rumiñahui podemos concluir que el área total de las zonas de estudio 1-8 es de 134.85 Ha. La superficie cuenta con diferentes tipos de relieve, la cota de elevación más alta es de 2685msnm y la más baja de 2546msnm.

La zona de trabajo prácticamente esta desprovista de vegetación densa y de difícil acceso, en su mayoría contiene multitud de edificaciones y estructuras urbanas.

Figura 25

Mapa elevación parroquia Cotogchoa



Nota. El gráfico ilustra los rangos en las cotas de elevación presentes en la zona de estudio. Elaboración propia.

Levantamiento topográfico

Debido que algunas zonas del área de estudio no contaban con datos topográficos en los archivos proporcionados por el Municipio de Rumiñahui, se procedió con el levantamiento de información del terreno.

Como se comentó líneas atrás, entre otras pequeñas calles, la zona 6 de aproximadamente 8.30 Ha es el área más representativa que no cuenta con topografía.

Figura 26

Levantamiento Topográfico



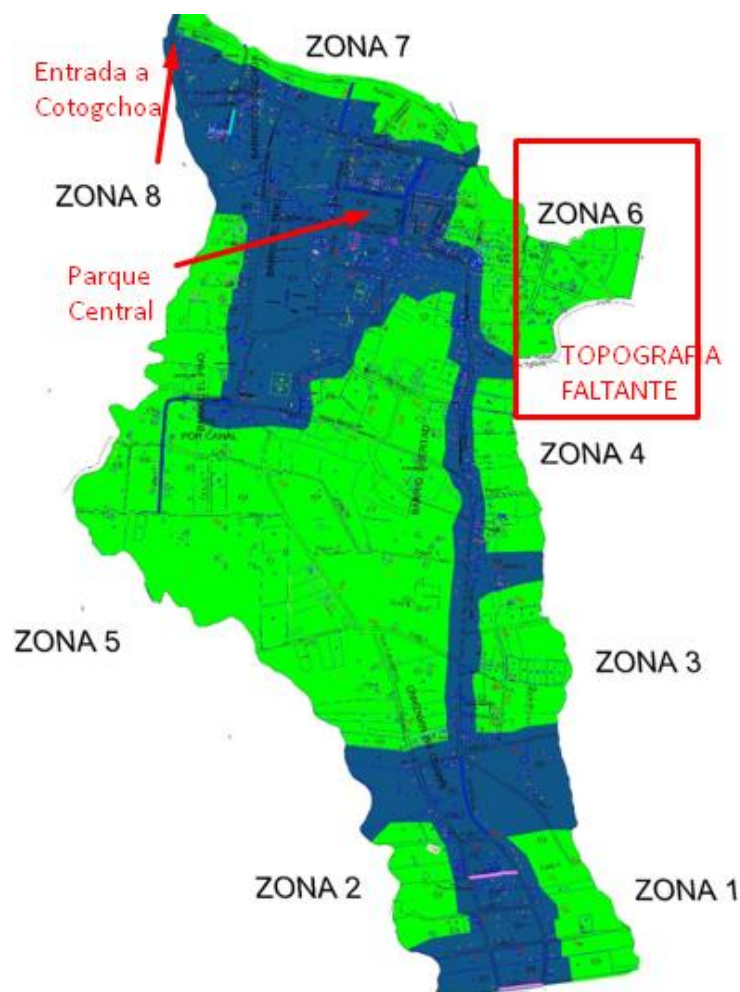
Nota. El gráfico muestra a los tesisistas en la instalación de la estación total Leica 305 con ayuda de miembros del Municipio de Rumiñahui. Elaboración propia.

La topografía fue realizada los días 19, 20 y 21 de Octubre de 2020 gracias al uso de una estación total modelo Leica Tc 305 precisión de 5 segundos, con la presencia de miembros del DAPAC del Municipio de Rumiñahui, el levantamiento de información fue tomando como referencia calles, estructuras o edificaciones siempre

que sean relevantes para la evaluación hidráulica del alcantarillado existente, fue necesario tener una correcta programación de los días a ejecutar la actividad, además de la búsqueda de información de la existencia de puntos geodésicos cercanos. Los datos obtenidos una vez procesados sirvieron para complementar el plano presentado en el Anexo C.

Figura 27

Resultados del procesamiento de datos



Nota. El gráfico muestra los datos procesados del levantamiento topográfico en el Software Civil 3D. Elaboración propia.

Identificación del tipo de suelo

Toda obra de ingeniería civil se ve apoyada y emplazada en suelo o roca, por ello, es menester conocer el tipo de suelo con el que se cuenta. En las Normas para estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 habitantes dictada por SENAGUA (2012), en la página 15, en el capítulo I Etapas de un Proyecto, habla sobre 5.2.2 Trabajos de Campo y específicamente en 5.2.2.2 comenta que los estudios de suelos se deberán hacer en los lugares donde se asentarán estructuras importantes, datos como la localización del nivel freático también son necesarios.

De acuerdo a SENAGUA (2012), el tipo y número de ensayos para un estudio de suelos no puede ser normalizado y esto se debe definir para cada proyecto, debido a esto se considerará un estudio de identificación en zonas representativas, los ensayos que componen el estudio además de la localización del nivel freático son: Granulometría, Humedad, Límites de Atterberg, Porosidad, Peso específico.

Para el desarrollo de la presente tesis, se necesita conocer el nivel freático e identificar el tipo de suelo, para así elegir el material y profundidad de la tubería de alcantarillado, y, además, identificar el tipo de suelo, dato útil para elaborar un correcto presupuesto referencial (definición del tipo de excavación).

Estudios previos

Es importante recalcar que, se tiene como antecedente respecto a estudio de suelos en Cotogchoa la tesis: Evaluación Y Rediseño Del Sistema De Agua Potable Entre El Parque Central De Cotogchoa Y La Cooperativa Eloy Alfaro, Cantón

Rumiñahui, desarrollada por el ahora Ingeniero Nasimba Loya Jonathan Alexis; bajo la dirección técnica del Ing. Masabanda Caisaguano Marco Vinicio PhD, por parte la UFA-ESPE y el Ing. Nelson Pedraza, por parte del DAPAC-Rumiñahui; se remarca que la tesis recientemente mencionada tomo 2 muestras, cuyos puntos se describen a continuación:

Figura 28

Localización de muestras de tesis previas



Nota: Se presenta la localización de muestras según lo informado por el Ingeniero Nasimba Loya, Jonathan Alexis el día 14/07/2020 en las instalaciones de GADR.

A continuación, en la Tabla 20, se presenta los resultados encontrados:

Tabla 20*Estudios de suelos realizados en Cotogchoa*

# Muestra	Este	Norte	Tipo Suelo	Observaciones
1	783377.1500	9959261.8700	ML	Parque Central de Cotogchoa
2	783475.9750	9959130.5350	ML	Escuela Cotogchoa Calle Jamba

Nota: Se presenta los resultados de las muestras tomadas para en Cotogchoa. Fuente: Evaluación Y Rediseño Del Sistema De Agua Potable Entre El Parque Central De Cotogchoa Y La Cooperativa Eloy Alfaro, Cantón Rumiñahui, Nasimba Loya Jonathan Alexis, 2014.

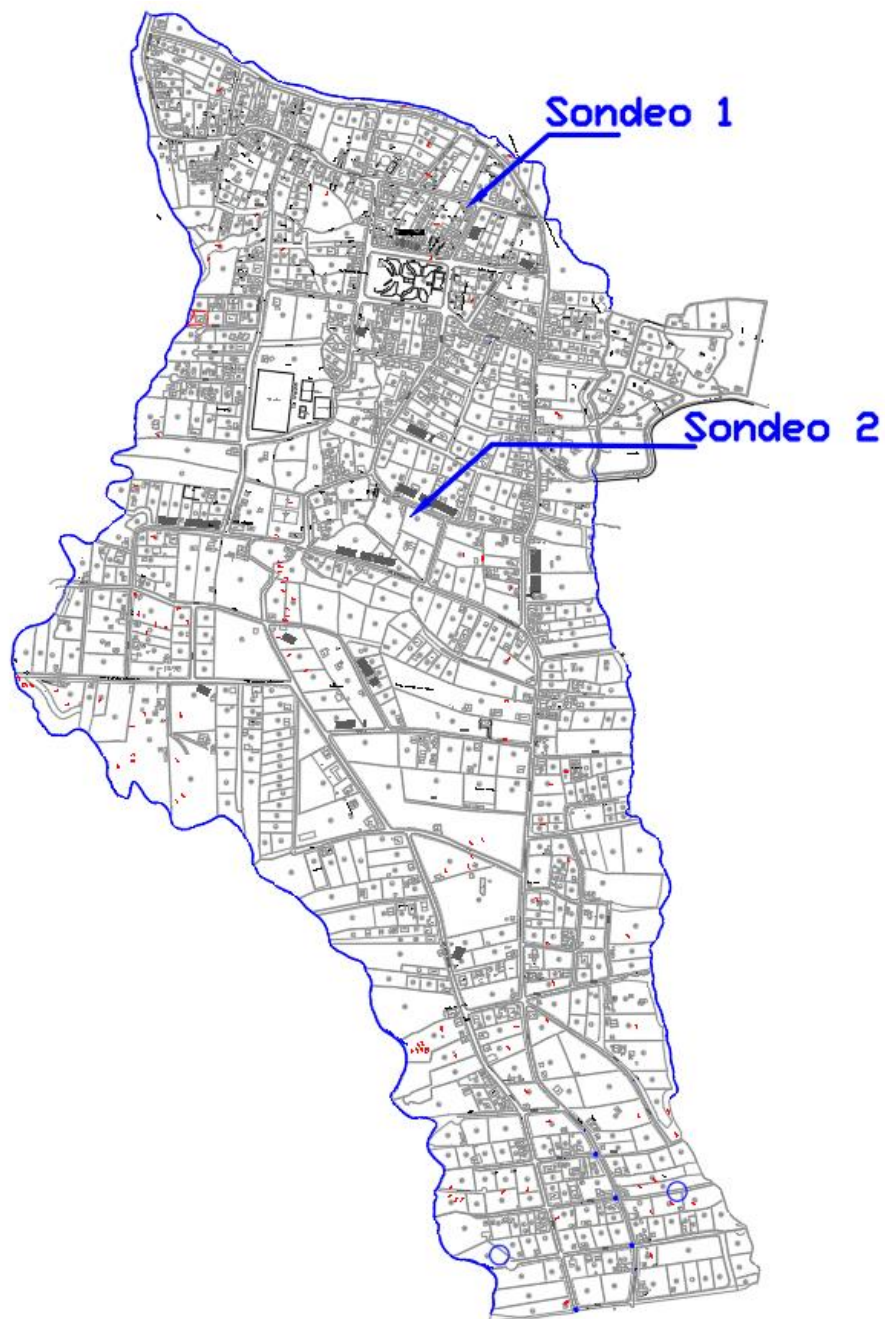
Clasificación del suelo y nivel freático

El día sábado 15 de agosto de 2020, tras coordinación con el DAPAC-R, el GAD-P de Cotogchoa y los tesisistas se procede a realizar dos sondeos, cada uno con tres muestras. La ubicación de los sondeos se hizo de manera que se pueda obtener tener una idea del tipo de suelo predominante en la parroquia, es decir, las muestras se extrajeron en los sectores donde no se hicieron los estudios de suelo de la tesis: Evaluación Y Rediseño Del Sistema De Agua Potable Entre El Parque Central De Cotogchoa Y La Cooperativa Eloy Alfaro, Cantón Rumiñahui, por Nasimba Loya Jonathan Alexis.

La profundidad máxima alcanzada fue de 3m, la perforación del suelo y recuperación de las tres muestras por cada sondeo se hizo mediante el equipo Augger, no se encontró nivel freático, a continuación, se indica la localización de donde se extrajo las muestras.

Figura 29

Localización de los sondeos para identificación del suelo en Cotogchoa



Nota: Se presenta la Localización de los sondeos para identificación del suelo en Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 21 se especifica el barrio, coordenada, altimetría y profundidad de cada una de las muestras.

Tabla 21

Datos generales de los sondeos

Sondeo	Muestra	Barrio	Coordenada	Coordenada	Altimetría (msnm)	Profundidad (m)
			Norte (m)	Este (m)		
S1	M1	Central	9959405.8	783556.3	2572	0.50m-1.00m
	M2	Central	9959405.8	783556.3	2572	1.00m-1.50m
	M3	Central	9959405.8	783556.3	2572	1.50m-2.00m
S2	M1	Manzano	9958903.7	783459.9	2582	1.50m-2.00m
	M2	Manzano	9958903.7	783459.9	2582	2.00m-2.50m
	M3	Manzano	9958903.7	783459.9	2582	2.50m-3.00m

Nota. La presente tabla indica los datos generales de los sondeos realizados en la Parroquia Cotogchoa. *Fuente: Elaboración propia.*

En la Figura 30 y Figura 31, se deja en evidencia del trabajo de extracción realizado por tesistas.

Figura 30

Extracción de las muestras en Sondeo 1, Barrio Central



Nota: Se presenta la extracción de las muestras en el sondeo 1, Barrio Central. Fuente: Elaboración propia.

Figura 31

Extracción de las muestras en Sondeo 2, Barrio el Manzano



Nota: Se presenta la extracción de las muestras en el sondeo 2, Barrio El Manzano. Fuente: Elaboración propia.

En cada una de las muestras recuperadas se efectuaron ensayos como Humedad Natural, Granulometría, Límites de Atterberg.

Humedad

El ensayo se lo realizó con forme a la normativa internacional vigente, ASTM D-2216, la misma norma define “el contenido de humedad como la razón, en porcentaje, de la masa de agua contenida en los poros, con respecto de la masa del material sólido “ (ASTM-D-2216, 98).

A continuación, en la Tabla 22, se presenta los resultados por cada una de las muestras, si se desea inspeccionar a detalle, se deja el Anexo D.

Tabla 22

Contenido de humedad en las diferentes muestras

Sondeo	Muestra	Contenido de Humedad (%)
S1	M1	13.63
	M2	26.39
	M3	23.37
S2	M1	22.71
	M2	23.86
	M3	25.59

Nota. La presente tabla indica el contenido de humedad en cada una de las muestras.

Fuente: Elaboración propia.

Granulometría

El ensayo se lo realizó conforme la normativa ASTM D-422, misma que define “el ensayo de granulometría como el necesario para determinar la distribución, en porcentaje, de los diferentes tamaños de partículas encontrados en un suelo. Se recuerda que la muestra de suelo debe estar completamente seca” (ASTM-D-422, 1998).

A continuación, en la Tabla 23, se presenta los resultados por cada una de las muestras, si se desea inspeccionar a detalle, se deja el Anexo D.

Tabla 23

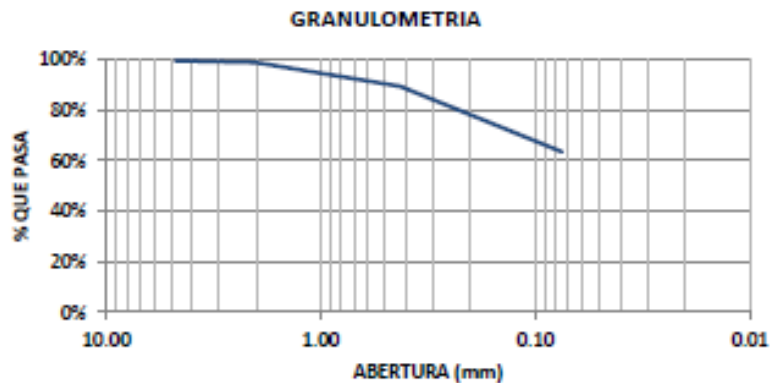
Granulometría en las diferentes muestras

Sondeo	Muestra	% Grava	% Arena	% Finos
S1	M1	0	36	63
	M2	3	24	73
	M3	3	46	51
S2	M1	1	46	53
	M2	0	27	72
	M3	0	35	65

Nota. La presente tabla indica la distribución de las partículas en cada una de las muestras, se recuerda que en cada sondeo se recuperaron 3 muestras, cada una de ellas a diferentes profundidades, ello se especificó en la Tabla 21. *Fuente: Elaboración propia.*

Figura 32

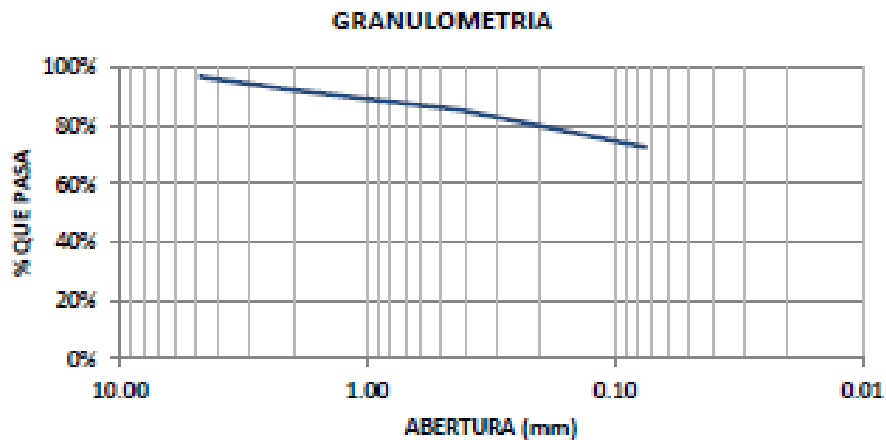
Curva granulométrica en la muestra 1



Nota: La imagen ilustra la curva granulométrica de la muestra 1. Fuente: Elaboración propia.

Figura 33

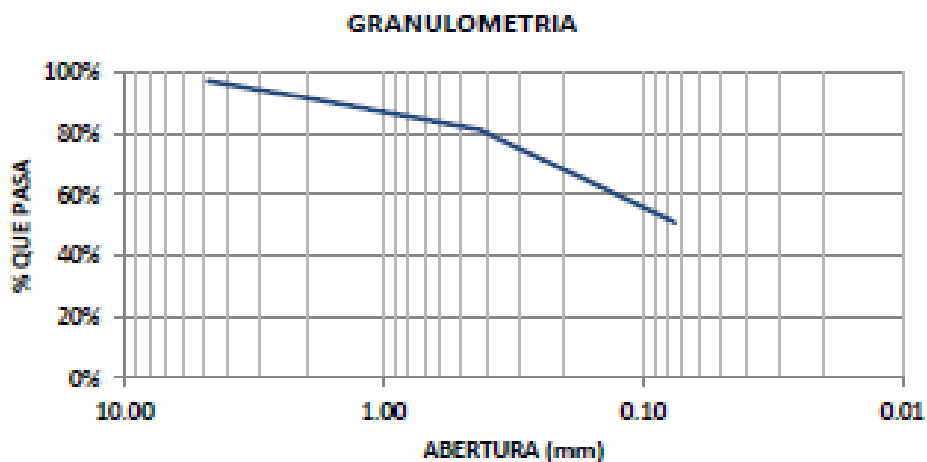
Curva granulométrica en la muestra 2



Nota: La imagen ilustra la curva granulométrica de la muestra 2. Fuente: Elaboración propia.

Figura 34

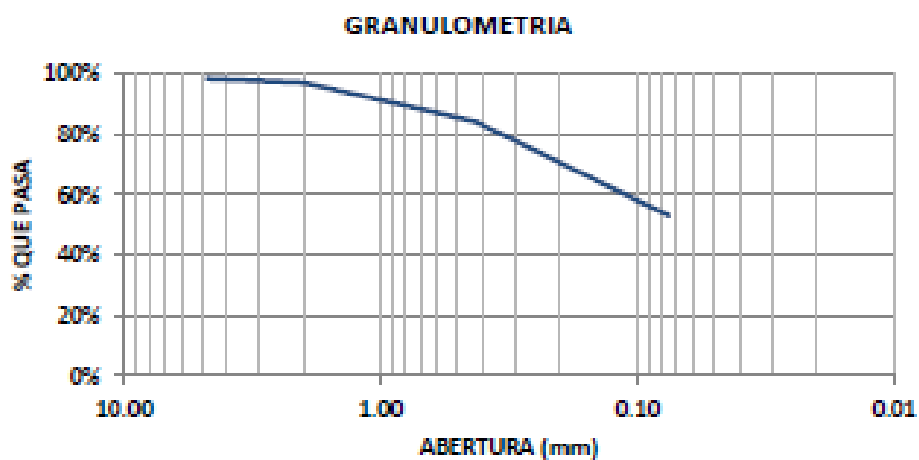
Curva granulométrica en la muestra 3



Nota: La imagen ilustra la curva granulométrica de la muestra 3. Fuente: Elaboración propia.

Figura 35

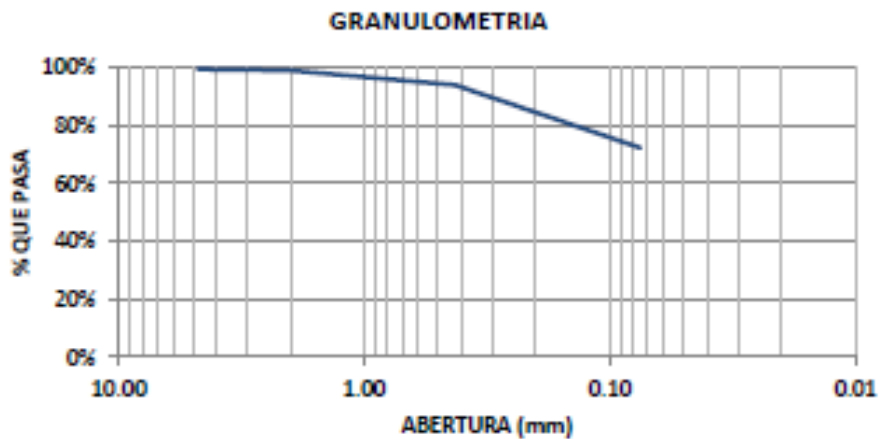
Curva granulométrica en la muestra 4



Nota: La imagen ilustra la curva granulométrica de la muestra 4. Fuente: Elaboración propia.

Figura 36

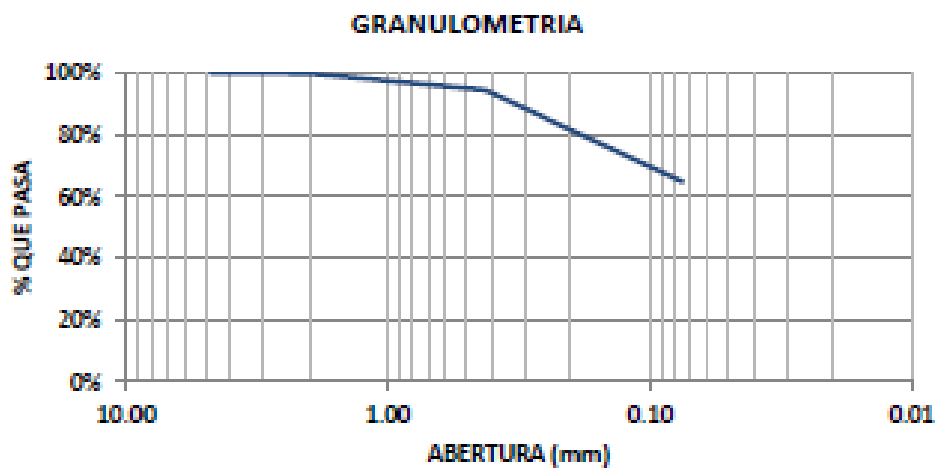
Curva granulométrica en la muestra 5



Nota: La imagen ilustra la curva granulométrica de la muestra 5. Fuente: Elaboración propia.

Figura 37

Curva granulométrica en la muestra 6



Nota: La imagen ilustra la curva granulométrica de la muestra 6. Fuente: Elaboración propia.

Límite Líquido, límite plástico e índice de plasticidad

El procedimiento para los ensayos de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se lo realizó mediante la norma ASTM D 4318, ella misma define que:

El límite líquido, conocido por sus iniciales como LL, “es el procedimiento que utiliza el aparato Casagrande, mismo que define el contenido de agua, expresado en porcentaje, arbitrariamente determinado como límite entre el estado semilíquido y plástico” (ASTM-D-4318, 2005).

El límite plástico, conocido por sus iniciales como PL, “es el contenido de agua, expresado en porcentaje, de un suelo en el límite entre el estado plástico y semisólido” (ASTM-D-4318, 2005).

El índice de plasticidad, conocido por sus iniciales como IP, “es el rango de contenido de agua sobre el cual un suelo se comporta plásticamente, esto es, la diferencia entre el límite líquido, LL y el límite plástico, LP” (ASTM-D-4318, 2005).

A continuación, en la Tabla 24, se presenta los resultados por cada una de las muestras, si se desea inspeccionar a detalle, se deja el Anexo D.

Tabla 24

Límites líquidos, Límite Plástico e Índice de Plasticidad por muestra

Sondeo	Muestra	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de
		LL (%)	LP (%)	Plasticidad IP (%)
S1	M1	35	26	9
	M2	42	28	14
	M3	37	25	12
S2	M1	44	33	11
	M2	43	28	15
	M3	47	29	18

Nota. La presente tabla indica los Límites líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad por cada una de las muestras. *Fuente: Elaboración propia.*

Clasificación por medio del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Según la norma ASTM D 2487 (2005), una vez determinadas las características como contenido de humedad, tamaño de partícula, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se procede a clasificar el suelo.

A continuación, en la Tabla 25, se presenta los resultados por cada una de las muestras, si se desea inspeccionar a detalle, se deja el Anexo D.

Tabla 25*Clasificación SUCS*

Sondeo	Muestra	Nombre del suelo	Símbolo del suelo
S1	M1	Limo de baja plasticidad	ML
	M2	Limo de baja plasticidad	ML
	M3	Limo de baja plasticidad	ML
S2	M1	Limo de baja plasticidad	ML
	M2	Limo de baja plasticidad	ML
	M3	Limo de baja plasticidad	ML

Nota. La presente tabla indica la clasificación SUCS en cada una de las muestras.

Fuente: Elaboración propia.

Plan de desarrollo territorial

La densidad demográfica de la parroquia ira en aumento a lo largo del tiempo, lo que deriva en la necesidad de una adecuada planificación. De acuerdo al GADP Cotogchoa (2015) el 66.7% de Cotogchoa es considerada pobre según el índice de necesidades básicas insatisfechas. Aunque no hay ninguna infraestructura para el fomento productivo, en la parroquia están planificadas acciones para que los servicios básicos como el agua potable y alcantarillado lleguen a toda la población.

Para el presente estudio se zonificará la ciudad en áreas tributarias fundamentalmente en base a la topografía, teniendo en cuenta los aspectos urbanísticos definidos en el plan regulador. Se considerará los diversos usos de suelo (residencial, comercial, industrial, institucional y público). Se incluirán las zonas de futuro desarrollo (SENAGUA, 2012).

Capítulo IV

Evaluación del Sistema de Alcantarillado Pluvial Existente

Se ha procedido a la realización del catastro en la zona 8, donde se encuentra funcionando una red de alcantarillado pluvial, a continuación, se procede a un análisis desglosado.

Proceso Aplicado en la Obtención del Catastro del Sistema de Alcantarillado Pluvial

El catastro como registro inmobiliario, proporciona una oportunidad de control de los bienes del municipio. Mantener actualizada esa información es de cuantiosa importancia para una gestión eficiente de la administración pública.

Elaboración de las Fichas de Catastro

La ficha de catastro tipo fue proporcionada por el municipio de Rumiñahui (Anexo E), en ella se describe el estado general del pozo, las dimensiones de su estructura y dirección de tuberías, además de las obras complementarias o adyacentes como son los sumideros o rejillas.

El catastro fue realizado exclusivamente en el sistema de alcantarillado pluvial, nos permite conocer el estado general de las redes y si es necesario alguna modificación, remplazo o ampliación de acuerdo a las normas de alcantarillado nacionales.

Adicionalmente, cada ficha de catastro contiene un registro fotográfico, observaciones, la dirección de las calles, estado de su capa de rodadura, entre otros, esta información adicional complementa a los datos numéricos presentes en la ficha.

Levantamiento de la Información

En el levantamiento de la información del catastro, el Municipio de Rumiñahui proporciono el personal experimentado para realizarlo, los obreros cumplían con las medidas de protección y seguridad respectivas y no ocurrió ningún accidente durante todo el proceso.

Por lo general todos los pozos de revisión contaban con dimensiones y material de construcción similares, con una tapa circular de hierro de aproximadamente 0.6m de diámetro, que debía ser levantada con cuidado para la inspección visual dentro de ellos.

Las estructuras complementarias como sumideros, canales o rejillas de drenaje, también tenían dimensiones tipo, siendo las más comunes las rejillas de 0.60m x 0.40 m empotrada en la estructura sin pozos de revisión y las rejillas tipo de 0.60 m x 1.00m con pozo de revisión para realizar el mantenimiento.

Debido a la configuración de la topografía de Cotogchoa, existen varias redes de alcantarillado pluvial, cada una de ellas con diferencias en sus longitudes, los materiales que las componen y en la antigüedad de su diseño, las descargan de estas redes se realizan en distintos puntos de las quebradas del sector.

Se tomaron las medidas respectivas de cada uno de los más de 120 pozos que conforman el sistema actual, así como también de sus respectivas coordenadas de ubicación y cotas de altura para su posterior procesamiento de datos y evaluación hídrica.

Redes de Alcantarillado Pluvial Actuales

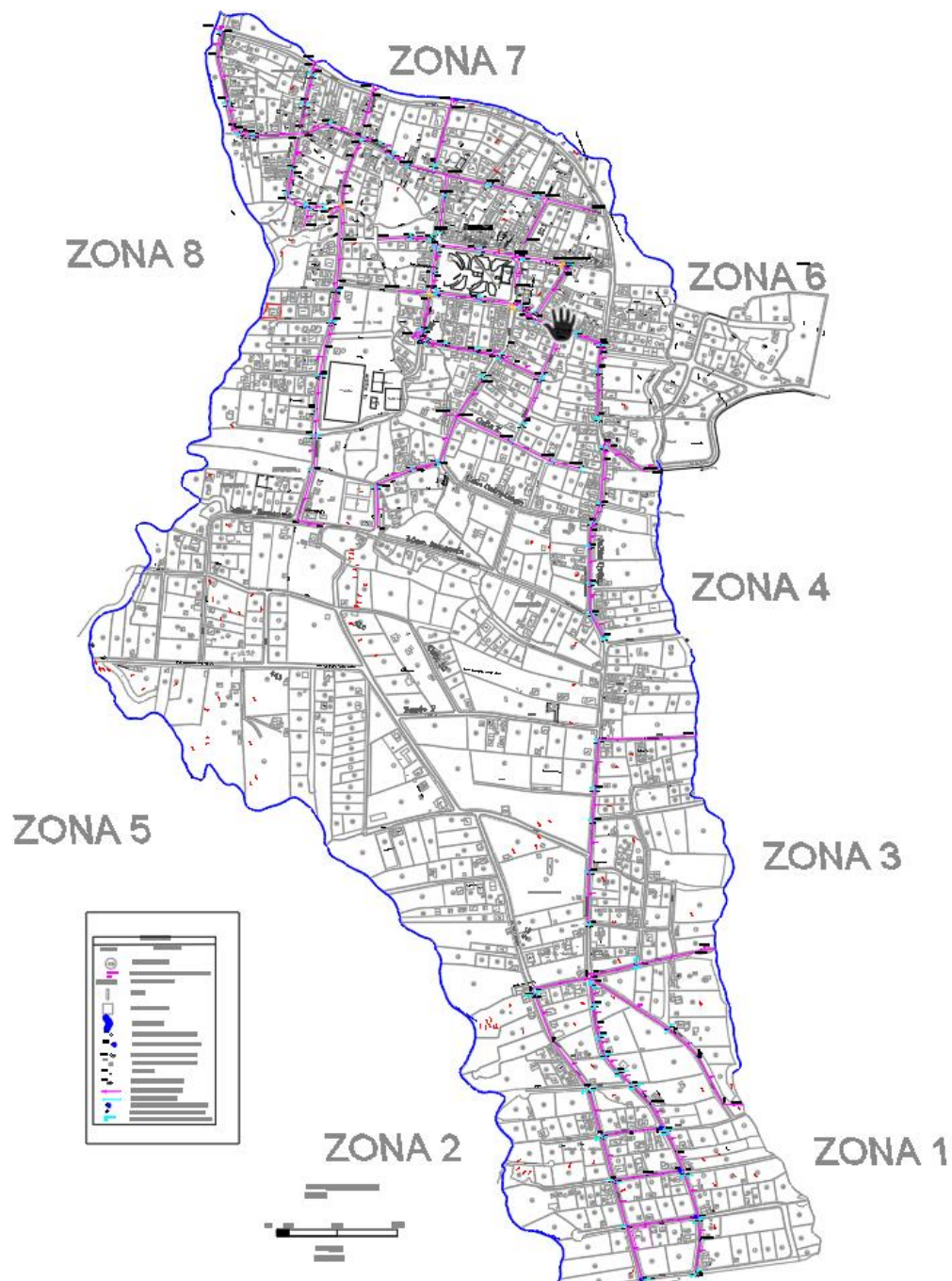
En Cotogchoa, se cuenta con redes de alcantarillado pluvial, sanitario y combinado. La red de alcantarillado pluvial actual tiene 122 pozos de revisión plenamente identificados, más otros cuantos cubiertos por una capa de asfalto. Entre sumideros, rejillas tipo 1 y transversales se cuentan con 160 estructura de recolección de aguas lluvias, cuyo material es acero, las tuberías son de hormigón simple y otras pocas, de PVC, con diámetros de 200mm a 600mm y cubren una distancia de 1km.

A continuación, en la Figura 37, se ilustra el sistema de alcantarillado pluvial actual, al que su superficie se ha llamado la zona 8, además se brinda información como diámetros de tubería, material, numeración y en general, se presenta también la simbología que permite identificar cada una de las estructuras existentes, para mayor detalle, ver Anexo E.

También se presenta en la Tabla 26, un resumen de los parámetros obtenidos en la inspección de campo, en la zona 8, donde se encuentra el alcantarillado pluvial existente. Se aclara que las fichas catastrales fueron proporcionadas por el DAPAC del GADR, las cuales se detallan en el Anexo E.

Figura 38

Alcantarillado Pluvial existente en Cotogchoa, Zona 8



Nota: La imagen ilustra la red de alcantarillado pluvial existente en Cotogchoa. Fuente:

Elaboración propia

Tabla 26*Resumen del Catastro del Alcantarillado Pluvial existente*

Particular	Descripción
Tipo de red	Sistema de Alcantarillado Pluvial
Superficie	55.11 Hectáreas
# de pozo de revisión	122
Estado de pozos de revisión	Según el catastro realizado, el estado general de los pozos de revisión es aceptable y operan normalmente
# de sumideros, rejillas tipo 1 y rejillas transversales	160
Estado de los sumideros, rejillas tipo 1 y rejillas transversales	Según el catastro realizado, los sumideros, rejillas tipo 1 y rejillas transversales necesitan limpieza
Longitud total de la red de alcantarillado pluvial	7260 metros.
Diámetros de las tuberías de alcantarillado	De 200mm a 600mm
Material de las tuberías de alcantarillado	Hormigón simple (Predominante), PVC
Estado de las tuberías de alcantarillado	Según el catastro realizado, las tuberías de alcantarillado se encuentran operando normalmente
Descargas de aguas lluvias	Río

Nota: La tabla resume los diferentes parámetros y datos recogidos en el catastro del sistema de alcantarillado pluvial existente en la zona 8. Fuente: Elaboración propia.

Estado Actual de las Estructuras Pertencientes al Sistema de Alcantarillado Pluvial

Para poder verter un criterio técnico sobre el estado actual de los diferentes elementos que componen el sistema de alcantarillado pluvial se realizó un levantamiento catastral. Recordemos que “la elaboración del mismo brinda la posibilidad de realizar un mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de alcantarillado” (Muñoz & Rueda, 2017).

En la Tabla 27, se presentará los parámetros a tener en cuenta para sistemas de alcantarillado, descritos en la octava parte, cuyo título precisamente es, Sistemas de Alcantarillado, de las Normas Para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes dispuesto por SENAGUA (2012).

Tabla 27

Cumplimiento o no de los parámetros de redes de tubería y colectores

Parámetro	Cumple/ No cumple
Que la solera de la tubería nunca forme gradas ascendentes.	Cumple
Criterio de auto limpieza por aparente pendiente	Cumple
Máxima distancia entre pozos de revisión será de 100 m para diámetros menores de 350 mm; 150 m para diámetros comprendidos entre 400 mm y 800 mm; y, 200 m para diámetros mayores que 800 mm.	Cumple
La abertura superior del pozo será como mínimo 0,6 m.	Cumple
El cambio de diámetro desde el cuerpo del pozo hasta la superficie se hará preferiblemente usando un tronco de cono excéntrico	No Cumple
La tapa de los pozos de revisión será circular y generalmente de hierro fundido.	Cumple
Las tuberías que entran al pozo formen un ángulo de 45°	Cumple
0.25 m es el diámetro mínimo para tuberías del sistema de alcantarillado pluvial	Cumple

Nota: La presente tabla indica el cumplimiento o no de los parámetros de redes de tubería y colectores que se deben cumplir para sistemas de alcantarillado. Tomado de *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes* (p.268), por SENAGUA, 2012.

Para el cumplimiento o no, en la presente sección podemos observar las novedades encontradas en el desarrollo del catastro, para ello se mostrará un respaldo fotográfico (ver Anexo E) que de fe de los posibles problemas y también su ubicación para ser corregidos por parte del DAPAC GADR.

Observaciones en la Cámara de Inspección

Es necesario una inspección visual dentro de las redes de tuberías de alcantarillado pluvial, para la detección de defectos que pudieran afectar la correcta circulación de los fluidos.

Cuando las tuberías se encuentran bajo el suelo, es complicado revisar el interior del ducto y realizar el análisis por los costos elevados que implica. Con el fin de garantizar un buen funcionamiento y un adecuado estado de la tubería es necesario realizar diferentes labores de mantenimiento; por tanto, es importante un dispositivo que pueda moverse dentro de una tubería con el fin de brindar una caracterización del estado del ducto; sin olvidar aspectos como seguridad, eficiencia, confiabilidad y a muy bajo costo (Pelaéz, 2015).

Se procedió a inspeccionar los tramos más críticos en el sistema de alcantarillado pluvial existente, los parámetros que se tomaron en cuenta para definir que tramos podrían estar presentando problemas son:

- Mal estado visualizado en los pozos de revisión
- Antigüedad del sistema
- Pendiente del tramo
- Presencia de aguas servidas

- Presunta mala conexión, de red sanitaria.
- Tramos que funcionan rebosaderos del sistema sanitario.

A continuación, en la Tabla 28, se presenta una matriz que sirvió para escoger los tramos a ser recorridos por la cámara de inspección.

Tabla 28

Matriz para detección de tramos críticos

Criterio/Tramo	Tramo 1 (Calle k)	Tramo 2 (Parque)	Tramo 3 (Calle Calichuchima)	Tramo 4 (Escuela)	Tramo 5 (Asfaltado)
Mal estado	X	X			X
Sistemas antiguos		X	x	x	X
Pendiente alta	X		X		
Presencia de aguas servidas	X		X		
Presunta mala conexión	X	X	X		
Tramos con rebosaderos		X			
Total	4	4	4	1	2

Nota: La presente tabla indica la ponderación de cada tramo para la evaluación mediante la cámara de inspección. Fuente: Elaboración propia.

En referencia a la tabla, donde se precedió a evaluar mediante una matriz que tramos posiblemente presentan mayores problemas, se escogieron los tramos con mayor ponderación a hacer evaluados, ilustrados en la figura, en color rojo, mientras que, en color amarillo, los que no muestran suficiente evidencia que haga menester una evaluación. La información presentada en la Tabla 28 fue evidenciada y se respaldado por el catastro minucioso que fue realizado en la zona 8.

Figura 39

Tramos críticos para evaluación mediante cámara de inspección en la Zona 8



Nota: La imagen ilustra los tramos a hacer evaluados mediante cámara de inspección.

Fuente: Elaboración propia

La inspección visual mediante la cámara fue realizada las tardes de los días 8, 18 y 24 de junio, con el apoyo de miembros del departamento de alcantarillado y agua potable del Municipio de Rumiñahui. En la Figura 40, se presenta la prueba de las inspecciones en campo por medio de la cámara.

Figura 40

Manipulación e instalación de la cámara de inspección



Nota: El presente grafico es prueba de la presencia de los tesisistas con miembros del DAPAC durante la inspección mediante cámara robótica. Fuente: Elaboración propia

Como resultado de la cámara de inspección se puede concluir que los tramos analizados, estructuralmente se encontraban en excelentes condiciones, no encontrándose en ningún tramo, fallas constructivas, obstrucciones, signos de deterioro o inconvenientes que dificulten el paso adecuado del flujo de aguas lluvias. Sin embargo, sí se pudo denotar la presencia de conexiones domiciliarias de aguas servidas en el alcantarillado pluvial, lo que no debería ocurrir.

A continuación, en la Figura 41, se deja constancia de las conclusiones que se relataron en el párrafo inmediatamente anterior.

Figura 41

Capturas tomadas de los videos obtenidos de la cámara de inspección



Nota: En el presente grafico se puede observar el estado de las estructuras de hormigón y la presencia de conexiones domiciliarias de aguas servidas. Fuente: Elaboración propia

Estudio hidrológico

El estudio hidrológico es necesario para poder proceder con la evaluación, rediseño y diseño hidráulico, para ello necesitamos los parámetros que se desarrollan a continuación:

Coefficiente de permeabilidad

Según lo reza la Norma para Estudio y Diseño de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 habitantes presentado por SENAGUA (2012), para la determinación del coeficiente C deberá tenerse en cuenta los efectos de infiltración, almacenamiento pro retención superficial, evaporación, etc. Además, la presente tabla recomienda los valores de C para frecuencias de 2 y 10 años (IEOS, 1992).

Tabla 29

Valores del coeficiente de escurrimiento C

Tipo de zona	Valores de C
Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas	0.7-0.9
Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas	0.7
Zonas residenciales medianamente pobladas	0.55-0.65
Zonas residenciales con baja densidad	0.35-0.55
Parques, campos de deportes	0.10-0.20

Nota: La presente tabla indica los valores del coeficiente de escurrimiento para una frecuencia de entre 2 a 10 años según el tipo de zona. Tomado de *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes* (p.275), por SENAGUA, 2012.

Sin embargo, si se requiere hacer un promedio ponderado ya que se tiene diferentes tipos de superficie, para cada tipo de superficie se recomienda los valores expuestos en la Tabla 30.

Tabla 30

Valores del coeficiente de escurrimiento C para diversos tipos de superficie

Tipo de zona	Valores de C
Cubierta metálica o teja vidriada	0.95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0.9
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0.85-0.90
Pavimentos de hormigón	0.80-0.85
Empedrados (juntas pequeñas)	0.75-0.80
Empedrados (juntas ordinarias)	0.40-0.50
Pavimentos de macadam	0.25-0.60
Superficies no pavimentadas	0.10-0.30
Parques y jardines	0.05-0.25

Nota: La presente tabla indica los valores del coeficiente de escurrimiento para diversos tipos de superficie. Tomado de *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes* (p.276), por SENAGUA, 2012.

Área de aportación

De acuerdo a SIAPA (2014) el área de aportación también llamada subcuenca de aportación es el área de terreno sobre la que actúan las precipitaciones pluviométricas y en las que las aguas drenan hacia una corriente en un lugar específico.

Las áreas se determinan en base a la topografía y planimetría desarrollada en el capítulo 3. En los planos se identificaron las áreas de aportación correspondientes a cada calle que cuentan con la red pluvial existente.

En la determinación de cada área de aportación se ha considerado la posibilidad de dar a cada predio el punto de concentración adecuado, de acuerdo a una inspección digital y presencial.

De acuerdo a los parámetros de diseño existirá un tiempo de concentración y un coeficiente de escurrimiento determinado para cada sub-cuenca de aportación. Sin embargo, se ha calculado un factor de escurrimiento ponderado para toda la zona de estudio de la siguiente manera:

Se ha calculado en cada punto un coeficiente con los datos de tres o más muestras o redes de alcantarillado pluvial (Anexo F).

Figura 42

Formato realizado para la ponderación del coeficiente de escurrimiento por muestra.

PONDERACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO					
TRAMO: PZ2 - PZ3 (MUESTRA 1-10)					
BARRIO:	EL MANZANO				ANEXO
CALLE:	16	Hoja No.			1
Coeficiente de escurrimiento dependiendo el tipo de zona (C)					
Zona adyacente al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas					0.7
Área de aportación (m ²)					
Empedrado	Cubierta de teja metálica	Cubierta de teja ordinaria	Pavimento	Jardín	Total
(A1)	(A2)	(A3)	(A4)	(A5)	(AT)
241	1263	0	0	2508.002	4012.13
Coeficiente de escurrimiento para diversos tipos de superficie (C _n)					
Empedrado	Cubierta de teja metálica	Cubierta de teja ordinaria	Pavimento	Jardín	
(C1)	(C2)	(C3)	(C4)	(C5)	
0.5	0.95	0.9	0.85	0.1	
$C_1 = \frac{A1 * C1 + A2 * C2 + A3 * C3 + A4 * C4 + A5 * C5}{AT * C}$					
$C_1 = 0.55945139$					

Nota: La imagen muestra la ponderación del coeficiente de escurrimiento de la red Pz2-Pz3, la cual conforma una serie de muestras para varios puntos de Cotogchoa. Fuente: Elaboración propia

Se tomaron 7 lugares representativos para realizar el promedio de los coeficientes de escurrimiento:

Tabla 31

Valores del coeficiente de escurrimiento C ponderado para las demarcaciones representativas

Demarcación	Valores ponderados de C
D1 (Barrio El Manzano)	0.523
D2 (Barrio Libertad)	0.505
D3 (Parque Central)	0.587
D4 (Escalinatas)	0.519
D5 (Barrio el Pino)	0.460
D6 (Barrio San Juan Obrero)	0.771
D7 (Barrios Asfaltados)	0.781
Promedio	0.592

Nota: La presente tabla indica los valores ponderados del coeficiente de escurrimiento para diferentes demarcaciones de Cotogchoa. Elaboración propia.

Caudal por infiltración

Es menester considerar el caudal de infiltración para un diseño completo de una red de alcantarillado. “Cuando existe nivel freático, la infiltración de aguas subsuperficiales es muy común en fisuras presentes en la tubería o en una unión defectuosa de las juntas, bien sean con pozos de revisión u otras estructuras” (EMAAP-Q, 2009).

La estimación de este caudal es criterio propio del diseñador, y se hará a partir de aforos, pero ante la complejidad de este método, la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, EMAAP Q, señala que “se debe tener en cuenta factores como permeabilidad del suelo, topografía, drenaje, precipitación y otros aspectos propios de zona, además del tipo de tubería y la calidad constructiva de uniones y juntas” (EMAAP-Q, 2009).

Como se observa en los dos párrafos inmediatamente anteriores a este, son muchos los parámetros a considerar, por lo que la EMAAP-Q señala que se puede usar la siguiente tabla dónde “el valor inferior corresponde a condiciones constructivas óptimas, mayor estanqueidad de tuberías, estructuras complementarias y menos amenaza sísmica, la infiltración alta, media y baja esta relacionadas directamente con la topografía, tipo de suelo, niveles freáticos y precipitación” (EMAAP-Q, 2009).

Tabla 32

Caudal 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	0,05-0,2
Medio alto y alto	0,15-0,4	0,1-0,3	0,05-0,2

Nota: La presente tabla indica los valores para tomar el caudal de infiltración, según la complejidad del sistema y el nivel de infiltración. Tomado de *Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q* (p.33), por EMAAP-Q, 2009, VM Gráficas.

Por todo lo anterior dicho, y tomando en cuenta que Cotogchoa se ubica en zona de peligrosidad sísmica, además que según el estudio de suelos se tienen limos

inorgánicos de baja compresibilidad, y, por último, que no se encontró en los sondeos nivel freático, se ha tomado un factor de infiltración de 0,1 (l/s-ha).

Caudal por conexiones erradas

“Las malas conexiones también deben ser consideradas para un correcto diseño de una red de alcantarillado, estas están en función de la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvia” (EMAAP-Q, 2009).

Para ello, la Norma de Diseño de Sistemas e Alcantarillado para la EMAAP-Q, en su página 32 plantea las siguientes tablas según el nivel de complejidad.

Tabla 33

Aportes máximos por conexiones erradas con sistema pluvial

Nivel de complejidad del sistema	Aporte (l/s-ha)
Bajo y medio	0,2-2
Medio alto y alto	0,1-1

Nota: La presente tabla indica los valores para tomar el caudal de conexiones errados con sistema pluvial, según la complejidad del sistema. Tomado de *Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q* (p.32), por EMAAP-Q, 2009, VM Gráficas.

Tabla 34

Aportes máximos por drenaje domiciliario de aguas lluvias sin sistema pluvial

Nivel de complejidad del sistema	Aporte (l/s-ha)
Bajo y medio	4-20*
Medio alto y alto	2-20

Nota: La presente tabla indica los valores para tomar el caudal de conexiones errados sin sistema pluvial, según la complejidad del sistema. Tomado de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q (p.32), por EMAAP-Q, 2009, VM Gráficas.

Como el presente proyecto trata específicamente el diseño del alcantarillado pluvial, se utiliza la tabla 9, y además que la complejidad tomada para este proyecto es bajo y medio, se utiliza un factor de 0,5.

Hidrogramas de diseño, caudales y volúmenes de diseño

Se debe señalar que “la capacidad, magnitud y dimensión de las obras hidro técnicas están en función de los hidrogramas (caudales pico y volúmenes de escurrimiento) a los cuales estarán sometidas” (EMAAP-Q, 2009).

Se define como “hidrograma de diseño” al asociado al periodo de retorno T_r seleccionado para dimensionar la estructura en cuestión, de este se establece el “caudal de diseño” y el “volumen de diseño”. Las dimensiones de la red de drenaje urbano se determinan a partir de la “tormenta de diseño”, y esta a su vez en base a los registros pluviométricos. Por todo lo anterior dicho, se concluye que se debe calcular “hidrograma de diseño”, “caudal de diseño” y “el volumen de diseño” (EMAAP-Q, 2009).

Intensidad, Duración y Frecuencia de Lluvia

El diseño hidrológico se obtiene a través de un método probabilístico que predice los fenómenos naturales como la lluvia. Para ello se determinan, las siguientes variables:

La Intensidad, definida como la variable I , está compuesta por el cociente entre la altura de lluvia, h , y la duración, d , del respectivo intervalo que demanda su acumulación. Tiene la particularidad ser un valor local, es decir, es estimado en un punto específico y se suele expresar en mm/hora (EMAAP-Q, 2009).

La Duración, definida como la variable d , es la persistencia del intervalo de lluvia para el cual se predice, usualmente lo establece el proyectista en base a las características de la cuenca (EMAAP-Q, 2009).

La Frecuencia, “también llamada período de retorno anual del evento, está en función de la amenaza y riesgo asumido” (EMAAP-Q, 2009).

Todo lo anterior se puede sintetizar por medio de las curvas IDF, asociando la duración del evento y la probabilidad de ocurrencia, en el GAD de Rumiñahui, el DAPAC-R cuenta con su propia ecuación IDF, por lo que se procederá a obtener la dada por el INAMHI y luego a comprobar con la dada por el ya señalada DAPAC-R.

La estación que la suficiente cantidad de datos y cercana a la zona de estudio es la señalada a continuación:

Tabla 35*Datos estación pluviométrica de Izobamba*

Código	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud	Serie	Año	Institución
M0003	IZOBAMBA	772701.78	9959434.98	3058	1962	45	INAMHI
					-		
						2010	

Nota: La presente tabla indica los datos generales de la estación pluviométrica de Izobamba. Tomado de *Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación* (p.15), por INAMHI, 2019.

A continuación, en la Tabla 36, se presenta la tabla de intensidades máximas y las ecuaciones y curvas de Intensidad Duración Frecuencia de la estación Izobamba

Además, en la Tabla 37, se muestra las ecuaciones de Intensidad-Duración-Frecuencia de la estación Izobamba.

Tabla 36*Intensidad máxima de la estación Izobamba*

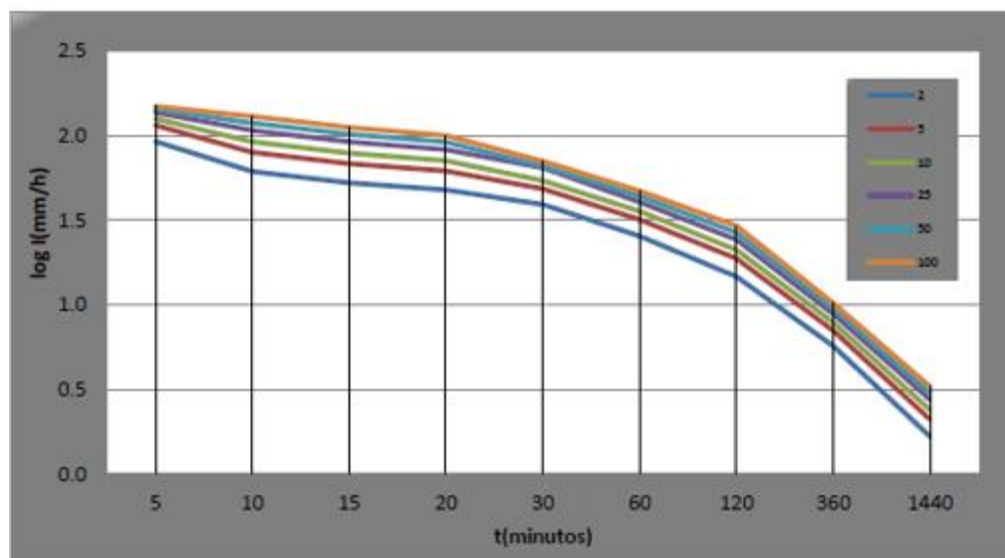
t(min)	Periodo de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	91.8	106.7	119.7	139.2	156.1	175.0
10	68.0	79.1	88.7	103.1	115.6	129.7
15	57.1	66.4	74.4	86.6	97.0	108.8
20	50.4	58.6	65.7	76.4	85.7	96.1
30	41.4	47.8	53.3	61.6	68.7	76.6
60	25.9	29.9	33.3	38.5	43.0	47.9
120	15.6	18.1	20.2	23.4	26.2	29.3
360	5.9	6.9	7.7	8.9	10.0	11.2
1440	1.8	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3
Intensidad Máxima (mm/h)						

Nota: La presente tabla indica las intensidades máximas de la estación pluviométrica de Izobamba. Tomado de Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación (p.30), por INAMHI, 2019.

Tabla 37*Ecuaciones IDF de Izobamba*

Intervalos de tiempo (min)	Ecuaciones	R	R ²
5<30	$i = 162.212 * T^{0.1650} * t^{-0.4236}$	0.9825	0.9652
30<120	$i = 371.072 * T^{0.1575} * t^{-0.6771}$	0.9947	0.9895
120<1440	$i = 929.503 * T^{0.1614} * t^{-0.8773}$	0.999	0.9981

Nota: La presente tabla indica las ecuaciones IDF de la estación pluviométrica de Izobamba. Tomado de *Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación* (p.30), por INAMHI, 2019.

Figura 43*Curvas IDF de Izobamba*

Nota: La presente grafica ilustra las ecuaciones IDF de la estación pluviométrica de Izobamba. Tomado de *Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación* (p.30), por INAMHI, 2019.

Tiempo de concentración

Es el tiempo de viaje del agua de lluvia, medido desde el punto más alejado de la sección de desagüe de una cuenca hasta la sección de desagüe propiamente dicha. Este tiempo se puede calcular como “la suma del tiempo del flujo sobre la superficie, más el tiempo de viaje por los canales secundarios, más el tiempo de viaje por el cauce principal hasta el punto de control” (EMAAP-Q, 2009).

$$tc = ti + tf$$

Donde:

tc: Tiempo de concentración

ti: Tiempo inicial o de entrada al sistema de alcantarillado

tf: Tiempo de flujo a lo largo de los conductos del sistema de alcantarillado

Según lo señala la Norma de Diseño de Sistemas e Alcantarillado para la EMAAP-Q (2019), en su página 87 plantea que el tiempo de concentración mínimo, en zonas urbanas, para tramos iniciales de alcantarillado sin sistemas afluentes, se adoptará igual a 5 minutos.

Además de que el tiempo de escurrimiento en los canales secundarios y cauce secundarios y cauce principal puede ser estimado usando la fórmula de Manning (EMAAP-Q, 2009).

$$t = \frac{L}{60 * V}$$

Donde:

tf: Tiempo de viaje en el conducto (min)

L: Longitud (m),

V: velocidad media en la sección de escurrimiento (m/seg)= Q/A

Es importante recordar, que esta tesis está siendo desarrollada para el GAD R, por ello, el Departamento de Alcantarillado y Agua Potable, DAPAC-R ha compartido el siguiente tiempo de concentración inicial:

Tiempo de concentración inicial: $t=12\text{min}$

Periodo de retorno

La selección del periodo de retorno está en función de la importancia de la estructura y de la zona a donde va a servir la misma, a mayor importancia, mayor deberá ser el Tr.

Para el presente proyecto, el DAPAC-R ha dictado que el periodo de retorno a tomarse es de, Tr igual a 5 años.

Ecuación y Curva IDF dada por la precipitación máxima en 24 horas

El INAMHI realiza la actualización de las ecuaciones mediante un ajuste estadístico, software SAFARHY, y aplicando leyes de distribución, Log Normal y Gumbel. Mientras que las ecuaciones se determinan por medio la obtención de las Curvas IDF, para estas, se pone cada valor de la intensidad en función de la intensidad máxima en 24 horas, dividiendo para la máxima en 24 horas. Luego se consigue el valor promedio de cada intensidad, recordar que las mismas están en función del periodo de retorno y duración, todo esto es con el fin de obtener una envolvente que sea representativa del conjunto de curvas IDF. El número de quiebres existentes en la gráfica de la envolvente nos indica el número de modelos de ecuaciones a obtener, los puntos de intersección de las ecuaciones se obtienen al igualar las ecuaciones de

regresión potencial. Finalmente se expresan en función de la intensidad máxima en 24 horas (INAMHI, 2019).

Con los pasos anteriormente descritos, el INAMHI, 2019 en Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación nos da los siguientes modelos de ecuación.

Tabla 38

Ecuación IDF máxima diaria

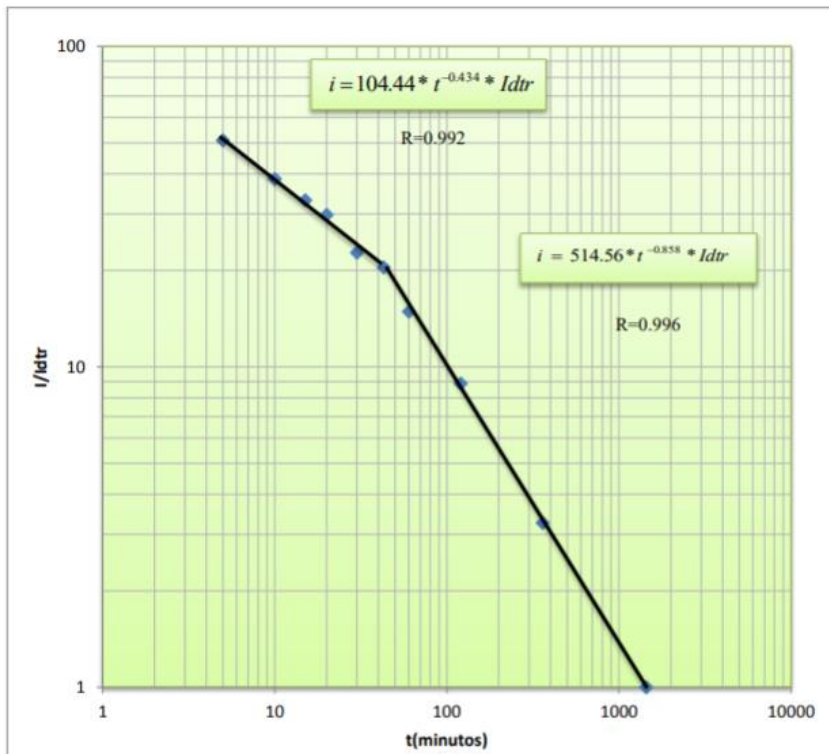
Intervalos de tiempo (min)	Ecuaciones	R ²
5<42.99	$i = 104.44 * t^{-0.434} * Idtr$	0.992
42.99<1440	$i = 514.56 * t^{-0.858} * Idtr$	0.996

Nota: La presente tabla indica la ecuación IDF máxima diaria de la estación pluviométrica de Izobamba. Tomado de *Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación* (p.179), por INAMHI, 2019.

A continuación, en la Figura 44, se muestra la curva de Intensidad-Duración-Frecuencia máxima diaria para la estación Izobamba.

Figura 44

Curva IDF máxima diaria para la estación Izobamba



Nota: La presente gráfica ilustra la curva de intensidad—duración y frecuencia máxima diaria de la estación pluviométrica de Izobamba. Tomado de *Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación* (p.183), por INAMHI, 2019.

Ecuación intensidad de lluvias

Sin embargo, esta tesis está siendo desarrollada para el municipio de Rumiñahui, mismo que a través de su Departamento de Alcantarillado y Agua Potable, DAPAC-R ha brindado la siguiente ecuación

$$I = 212 * \frac{T^{0.123}}{t^{0.47}} \text{ mm/hora}$$

Tiempo de concentración inicial: $t=12\text{min}$

Evaluación Hidráulica

Las normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, nos brinda algunos parámetros a cumplir en el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial.

Profundidad y ubicación de tuberías

“Siempre que sea posible, las tuberías de la red sanitaria se colocarán generalmente al sur y al oeste del cruce de los ejes; y, las tuberías de la red pluvial irán al centro de la calzada” (SENAGUA, 2012).

“Se colocarán a profundidades que sean suficientes para recoger las aguas servidas o aguas lluvias de las casas más bajas. Cuando deba soportar tránsito, se contará con un relleno mínimo de 1,2 m de alto sobre el tubo” (SENAGUA, 2012).

Además, “cuando la red de alcantarillado sanitario se cruce con la de agua potable, se deberá dejar mínimo una altura libre proyectada de 30 centímetros en paralelo y 0.20 cuando se crucen” (SENAGUA, 2012).

Dimensiones Mínimas en Tuberías

Para sistemas de alcantarillado pluvial será de 0,25 m, sin embargo, en “las conexiones domiciliarias tendrán un diámetro mínimo 0,15 m para sistemas pluviales y una pendiente mínima de 1%” (SENAGUA, 2012).

Velocidad Mínima

De acuerdo a la norma SENAGUA (2012) la velocidad mínima en sistemas de alcantarillado pluvial será de 0,9 m/s, para caudal máximo instantáneo, en cualquier época del año. También se menciona que “si la topografía lo permite se puede

incrementar la pendiente de la tubería hasta que se tenga la acción de auto limpieza”
(SENAGUA, 2012)

Velocidad Máxima de Flujo y Coeficientes de Rugosidad

La norma nos presenta valores de velocidad máxima y coeficientes de rugosidad de acuerdo al tipo de material que compone la tubería a tubo lleno, ello se presenta la Tabla 39.

Tabla 39

Velocidades máximas a tubo lleno.

Material	Velocidad máxima m/s
Hormigón simple:	
<60cm de diámetro	4.5
>=60cm de diámetro	6
Acero	9 o mayor
PEAD, PVC, PRFV	7.5

Nota: La presente tabla indica los parámetros de velocidades de acuerdo al tipo de material de la tubería a tubo lleno. Tomado de *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q* (p.283), por EMAAP-Q, 2009.

De acuerdo a los resultados del catastro pluvial existente, los dos materiales que componen la red de tuberías son hormigón simple con uniones de mortero y PVC.

Se debe recordar que en los sistemas de alcantarillado pluvial se diseñan con el caudal de diseño, mismo que está directamente asociado con el tiempo de recurrencia,

entonces se recalca que cuando ocurran estas velocidades serán cada T_r años (EMAAP-Q, 2009).

De hecho, “Las velocidades máximas permisibles en alcantarillado pluvial pueden ser mayores que aquellas adoptadas para caudales sanitarios continuos, pues los caudales de diseño del alcantarillado pluvial ocurren con poca frecuencia” (SENAGUA, 2012)

Pozos y Cajas de Revisión

La abertura superior del pozo será como mínimo 0.6m. “En sistemas de alcantarillado, los pozos de revisión se colocarán en todos los cambios de pendientes, cambios de dirección, la máxima distancia entre pozos de revisión” (SENAGUA, 2012).

A continuación, en la Tabla 40 se muestran las máximas distancias.

Tabla 40

Distancias máximas entre pozos de alcantarillado.

Máxima distancia entre pozos	Diámetro de la red de tuberías
100 mts	<350 mm
150 mts	350-800 mm
200 mts	>800 mm

Nota: La presente tabla indica la máxima distancia entre pozos de una red de alcantarillado de acuerdo al diámetro de la tubería de conexión. Tomado de *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes* (SENAGUA, 2012).

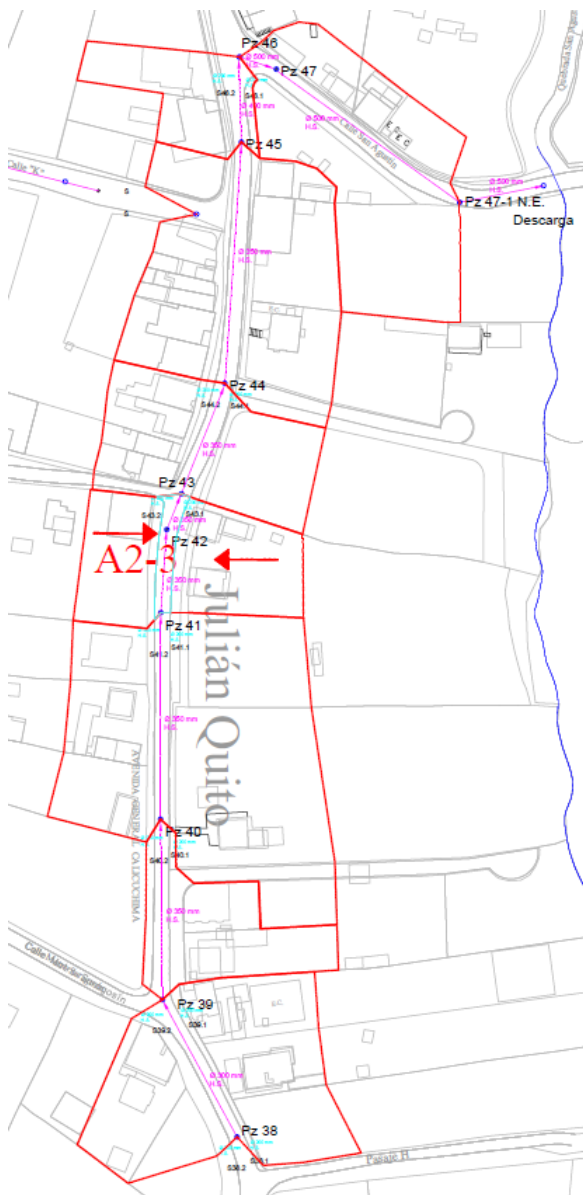
La norma también menciona los diámetros recomendados del cuerpo del pozo, 0.9 para diámetros menores o igual a 550mm y un diseño especial para aquellos con diámetros mayores a 550 mm. Las tapas de estos pozos serán circulares y generalmente de hierro fundido (SENAGUA, 2012).

Evaluación por red

Una vez revisada y desarrollada la teoría, se pretende ilustrar paso a paso el proceso de evaluación, para ello se procede a escoger una red, de las 15 redes existentes actualmente en Cotogchoa.

El Anexo F corresponde a la Evaluación Hidráulica, es una hoja Excel que permite ingresar los datos obtenidos del catastro y topografía para así poder verificar las condiciones en las cuales está funcionando las redes pluviales, es decir, en cada tramo se puede verificar si hay presurización o no, si la capacidad hidráulica es la correcta, si la velocidad cumple con los límites mínimos y máximos descritos en la norma y finalmente verificar si la pendiente y diámetro cumple con lo dispuesto por la norma. En esta sección se describirá y desglosará toda la hoja de cálculo usada para la evaluación.

La red escogida para ejemplificar es la red 4, ver Figura 45, se desarrolla en la calle General Calicuchima, empezando por el pozo 38 y terminando en la calle San Agustín, en el pozo 47. Se tiene que tomar en cuenta que los datos fueron obtenidos por medio del levantamiento catastral realizado por los tesisistas con apoyo del personal de obreros de GAD R.

Figura 45*Áreas tributarias para la red 4*

Nota: La presente imagen ilustra la red 4 y con sus respectivas áreas tributarias por tramo. Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 41, se detalla la profundidad de cada pozo, la cota de tapa, el área tributaria y la longitud de cada tramo.

Tabla 41

Datos de la red 4

Calle	Pozo N.º	Altu Pz [m]	Geometría		H [m]	Long [m]	Área Tributaria [m²]	
			Terreno	Proyecto			Parcial	Acumulada
Calicuchima	PZ 38	2.31	2606.97	2604.66	2.20	46.26	3502.58	3502.58
	PZ 39	2.50	2604.96	2602.46				
Calicuchima	PZ 39	2.5	2604.962	2602.46	2.59	53.39	1477.34	4979.92
	PZ 40	2.36	2602.24	2599.88				
Calicuchima	PZ 40	2.36	2602.236	2599.88	2.38	61.15	2198.89	7178.81
	PZ 41	2.54	2600.04	2597.50				
Calicuchima	PZ 41	2.54	2600.039	2597.50	1.11	24.67	1616.36	8795.17
	PZ 42	2.62	2599.01	2596.39				
Calicuchima	PZ 42	2.62	2599.009	2596.39	0.99	11.38	578.53	9373.70
	PZ 43	2.85	2598.25	2595.40				
Calicuchima	PZ 43	2.85	2598.251	2595.40	0.93	35.16	2209.28	11582.98
	PZ 44	2.55	2597.02	2594.47				
Calicuchima	PZ 44	2.55	2597.019	2594.47	5.15	71.52	4123.21	15706.19
	PZ 45	3.68	2593.00	2589.32				

	PZ 45	3.68	2592.995	2589.32					
Calicuchima					2.26	25.18	1097.06	16803.25	
	PZ 46	3.45	2590.51	2587.06					
	PZ 46	3.45	2590.51	2587.06					
San Agustín					0.82	11.45	193.18	16996.43	
	PZ 47	3.43	2589.67	2586.24					
	PZ 47	3.43	2589.67	2586.24					
San Agustín					0.73	67.04	3452.44	20448.87	
	PZ 47	3.43	2588.95	2585.52					
	NE								
	PZ 47	3.43	2588.945	2585.52					
	NE								
San Agustín					1.52	25.33	1408.87	21857.74	
	DESC	1.00	2585.00	2584.00					

Nota: La presente tabla indica los datos geométricos de la red 4. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 41, se observa que se ha colocado cotas de terreno y cotas de proyecto, pues bien, una vez se realizó el levantamiento catastral, se procedió a plasmar lo encontrado en una planimetría, posterior a ello, por medio de las curvas de nivel y los perfiles realizados se encontró las cotas de la tapa de cada pozo, en esta ocasión, se les llama cotas de terreno. Se conoce también la profundidad de cada pozo, al restar la cota de terreno menos la profundidad, se obtiene la cota de proyecto. Los valores de área tributaria se trazan según la teoría expuesta en 4.5.2, el área parcial se refiere a la específica en ese tramo, mientras que el área tributaria acumulada es la suma de todas las que van aportando a ese tramo, así es pues, que el área acumulada y parcial del primer tramo serán iguales, mientras que el área acumulada del último tramo será la suma de todas las áreas parciales que comprenden esa red.

Los siguientes parámetros a obtener son los caudales de aguas lluvias, aguas de infiltración y aguas ilícitas, para el primero de ellos, es importante calcular el tiempo de concentración (véase con mayor detalle en la sección 4.5.7), se debe tomar en cuenta que para los tramos de cabecera, el tiempo de concentración inicial dado por el DAPAC R es de 12 min, de ahí en adelante, para cada tramo, se aplica la siguiente ecuación que se justificó y detallo en la sección 4.5.7:

$$t = \frac{L}{60 * V}$$

Se debe señalar, que cuando convergen dos tramos a un mismo pozo, el tiempo de concentración a escogerse será el mayor que llegue a dicho pozo, y que la ecuación recién descrita, corresponde a un tramo en particular, en cada tramo se deberá sumar los tramos antecesores.

La intensidad de lluvia se obtiene de acuerdo a lo detallado en la sección 4.5.9, el periodo de retorno, T, debido a la importancia de la obra y de acuerdo a dictado por las normas vigentes y el DAPAC R es de 5 años, el tiempo de concentración, t, se explicó en el párrafo inmediatamente anterior a este, el ingreso de este parámetro es en minutos.

$$I = 212 * \frac{T^{0.123}}{t^{0.47}} \text{ mm/hora}$$

De acuerdo a la ecuación del método racional, descrita en la sección 5.4.2 de la Norma para Estudio y Diseño de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 habitantes por SENAGUA (2012), se puede encontrar el caudal de diseño de aguas lluvias en lt/s con:

$$Q\left(\frac{lt}{s}\right) = 0.000278 * C * I \left(\frac{mm}{hora}\right) * A(km^2)$$

Se debe aclarar que el caudal de aguas lluvia parcial corresponde a la calculada con el área tributaria parcial, mientras que la caudal de aguas lluvia acumulada es la sumatoria de los caudales de aguas lluvias parciales anteriores, más la propia del tramo, es importante realizar el cambio de unidades ya que el área debe entrar en km².

Los caudales de aguas de infiltración y aguas ilícitas se calculan de acuerdo a los factores plenamente justificados en las secciones 4.5.3 y 4.5.4 respectivamente, ahora lo que resta es multiplicar cada uno de ellos por el área tributaria en hectáreas. A continuación, se recuerda cada uno de los factores para encontrar dichos caudales:

$$\textit{Factor de infiltración} = 0,1 \text{ (l/s - ha)}.$$

$$\textit{Factor de ilícitas} = 0,5 \text{ (l/s - ha)}.$$

Cada uno de estos factores se multiplicarán por área tributaria correspondiente al tramo que se está desarrollando, dando como resultado el caudal parcial, mientras que el acumulado será la sumatoria de los anteriores según sea la configuración específica de la red.

Finalmente, el caudal de diseño, es la sumatoria tramo a tramo del caudal de aguas lluvias acumulada más el caudal de infiltración acumulada más el caudal de aguas ilícitas acumulada. Esta sección pretende ser meramente ilustrativa y lo más clara posible del trabajo realizado en la evaluación de la red pluvial existente, por ello que lo anterior descrito se presenta en la Tabla 42 de manera numérica para la red 4:

Tabla 42*Caudales de la red 4*

Pozo Nº	Aguas Lluvia [lt/s]			Aguas Infiltración [lt/s]		Aguas Ilícitas [lt/s]		Q Diseño [lt/s]	
	Tiempo conce [min]	Int. lluvia [mm/ h]	Parcial Acumul	Parcia Acumulad I	Parci Acumula	Parci Acumula			
PZ 38	12.00	80.37	46.14	46.14	0.04	0.04	0.18	0.18	46.35
PZ 39									
PZ 39	12.27	79.54	19.26	65.39	0.01	0.05	0.07	0.25	65.69
PZ 40									
PZ 40	12.61	78.53	28.30	93.69	0.02	0.07	0.11	0.36	94.12
PZ 41									
PZ 41	12.74	78.15	20.70	114.40	0.02	0.09	0.08	0.44	114.92
PZ 42									
PZ 42	12.78	78.03	7.40	121.80	0.01	0.09	0.03	0.47	122.36
PZ 43									
PZ 43	13.02	77.36	28.01	149.81	0.02	0.12	0.11	0.58	150.50
PZ 44									
PZ 44	13.31	76.55	51.73	201.54	0.04	0.16	0.21	0.79	202.48

PZ 45									
PZ 45	13.39	76.33	13.72	215.26	0.01	0.17	0.05	0.84	216.27
PZ 46									
PZ 46	13.43	76.23	2.41	217.68	0.00	0.17	0.01	0.85	218.69
PZ 47									
PZ 47	13.99	74.78	42.31	259.99	0.03	0.20	0.17	1.02	261.22
PZ47NE									
PZ47NE	14.08	74.56	17.22	277.20	0.01	0.22	0.07	1.09	278.52
DESC									

Nota: La presente tabla indica el cálculo de los caudales para la red 4. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 43, se muestra la tercera parte de la hoja de evaluación desarrollada en Excel. Se coloca el dato del diámetro de la tubería del tramo, mientras que la pendiente, J , es calculada al dividir la diferencia de altura de pozo a pozo con la longitud de la tubería, se expresa en uno por mil, siendo la menor pendiente permitida de 10 por mil.

Ahora se buscarán las características hidráulicas del tramo de tubería, tal como lo dice la sección 5.2.1.12 de la Norma para Estudio y Diseño de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 habitantes, el diseño hidráulico de las tuberías de alcantarillado puede realizarse utilizando la fórmula de Manning (SENAGUA, 2012).

En las Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado EMAAP-Q, se muestra la ecuación de velocidad por el método de Chezy-Maanning.

$$V = \frac{(Rh)^{2/3} * J^{1/2}}{n}$$

Rh= Radio hidráulico (m)

J= Pendiente o gradiente hidráulico del tramo (m/m)

n= Coeficiente de rugosidad según el material (adimensional)

Por definición, el radio hidráulico es:

$$Rh = \frac{A}{P}$$

A= Área de la sección transversal (m²)

P= Perímetro mojado (m)

Las tuberías de la red pluvial son conductos circulares, y como se indica en la Tabla 43, en esta parte de la hoja de evaluación se busca las características hidráulicas a sección llena, ello es:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$P = \pi D$$

Por tanto, reemplazando y simplificando se tiene:

$$Rh = \frac{A}{P}$$

$$Rh = \frac{\pi D^2}{4 \pi D}$$

$$Rh = \frac{D}{4}$$

Reemplazando en la ecuación de Manning, se tiene la utilizada en la hoja Excel:

$$V = \frac{\left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} * J^{1/2}}{n}$$

Ahora, se plantea la ecuación de caudal según Manning:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} * V$$

D= Diámetro de la tubería.

Todo lo anterior descrito, se ejemplifica por medio de la red 4, en la Tabla 43.

Tabla 43

Características del tramo de tubería

Pozo N.º	Diámetro [mm]	J [‰] pendiente	Sección llena	
			V [m/s]	Q [l/s]
PZ 38	300	47.51	2.98	210.79
PZ 39				
PZ 39	350	48.44	3.34	321.03
PZ 40				
PZ 40	350	38.87	2.99	287.59
PZ 41				
PZ 41				

PZ 42	350	44.99	3.22	309.41
PZ 42				
PZ 43	350	86.82	4.47	429.80
PZ 43				
PZ 44	350	26.51	2.47	237.49
PZ 44				
PZ 45	350	72.06	4.07	391.57
PZ 45				
PZ 46	400	89.59	4.96	623.36
PZ 46				
PZ 47	500	71.35	5.14	1008.64
PZ 47				
PZ 47 NE	500	10.84	2.00	393.21
PZ 47 NE				
DESC	500	59.81	4.70	923.45

Nota: La presente tabla indica las características hidráulicas por tramo para la red 4.

Fuente: Elaboración propia.

Los canales de sección cerradas, en los que están incluidas las tuberías, y que se pretende que el líquido fluya a gravedad, el líquido puede o no llenar toda la sección. Lo deseado es que tubería no trabaje a presión, por ello que se plantea una relación de llenado máxima de 0.7 a 0.85, se ha escogido 0.7 (EMAAP-Q, 2009).

Para determinar la velocidad de diseño y si se cumple o no la relación máxima de llenado, se utilizará el método gráfico descrito en el libro Principios de la Hidráulica 2, escrito por el Ing. Washington Sandoval PhD.

El método trata de encontrar las relaciones “a” y “b”. La relación “a”, es la relación del llenado para el caudal dado, que se obtiene al dividir el caudal de diseño para el caudal de sección llena. A continuación, se presenta la ecuación:

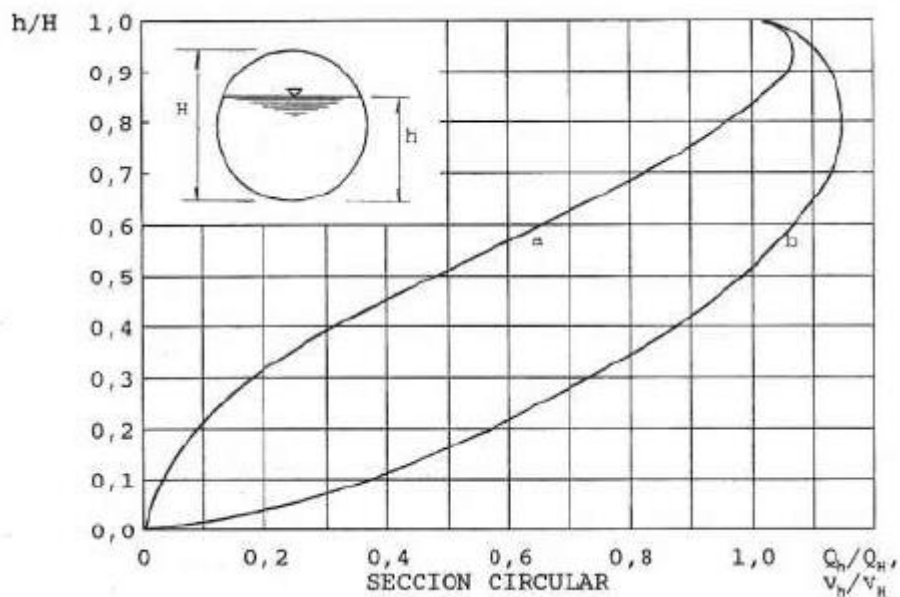
$$a = \frac{Q_{diseño}}{Q_{Sección\ llena}}$$

Con este valor, se ingresa al siguiente ábaco para obtener la relación “h/H”. Una vez obtenida la relación “h/H”, se verifica que no sobrepase de 0.7, el paso siguiente es encontrar el factor “b”, cuyo procedimiento se describirá en los siguientes párrafos.

En la Figura 46, se muestra el ábaco expuesto en el libro Principios de Hidráulica 2, ahí se observa que en el eje de las abscisas se encuentran Q de diseño sobre Q de sección llena, y también V de diseño sobre V de sección llena.

Figura 46

Curvas de caudal y velocidad para canales circulares



Nota. El gráfico ilustra las curvas de caudal y velocidad para canales circulares. Tomado de *Principios de Hidráulica 2* (p.90), por Sandoval, 2013, ESPE

Una vez encontrado el valor de b , se procede a despejar la siguiente ecuación, dónde ahora despejaremos la variable V de diseño.

$$b = \frac{V_{\text{diseño}}}{V_{\text{Sección llena}}}$$

A continuación, se desarrollará como ejemplo el tramo 1 de la red 4 (la misma que se ha venido revisando). Aplicando las ecuaciones anteriormente descritas, tenemos como datos conocidos:

$$Q_{\text{Diseño}} = 43.346 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{Sección llena}} = 210.79 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

La relación “a” se puede calcular directamente, debido a que ya se encontró Q de diseño y Q de sección llena, por ello despejando tenemos:

$$a = \frac{Q_{diseño}}{Q_{Sección\ llena}}$$

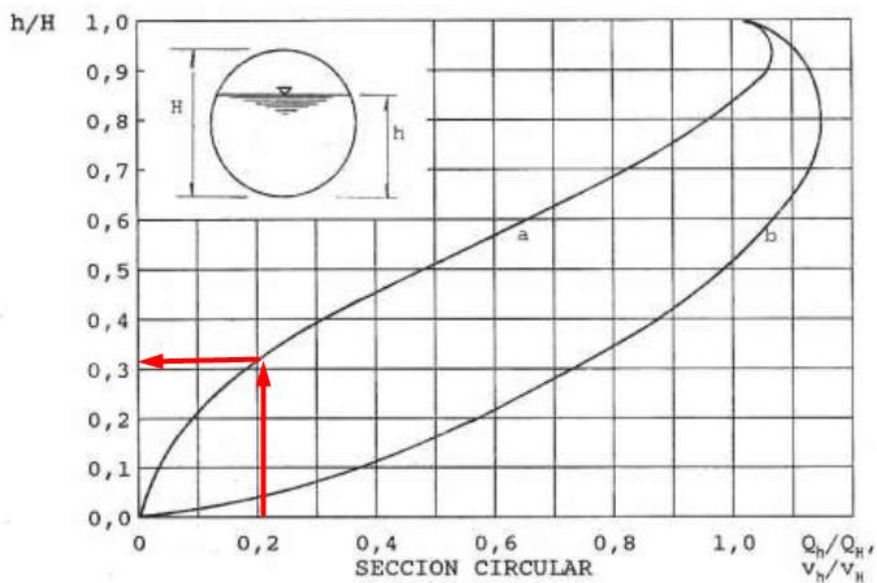
$$a = \frac{43.346\text{ lt/s}}{210.79\text{ lt/s}}$$

$$a = 0.220$$

En el ábaco, con este valor, se ingresa en el eje de las abscisas y se corta la curva “a”, de ahí se proyecta hacia el eje de las ordenadas para encontrar el valor h/H, el procedimiento se ilustra con las flechas color rojo, como se muestra a continuación:

Figura 47

Determinación de “h/H” en Curvas de caudal y velocidad para canales circulares



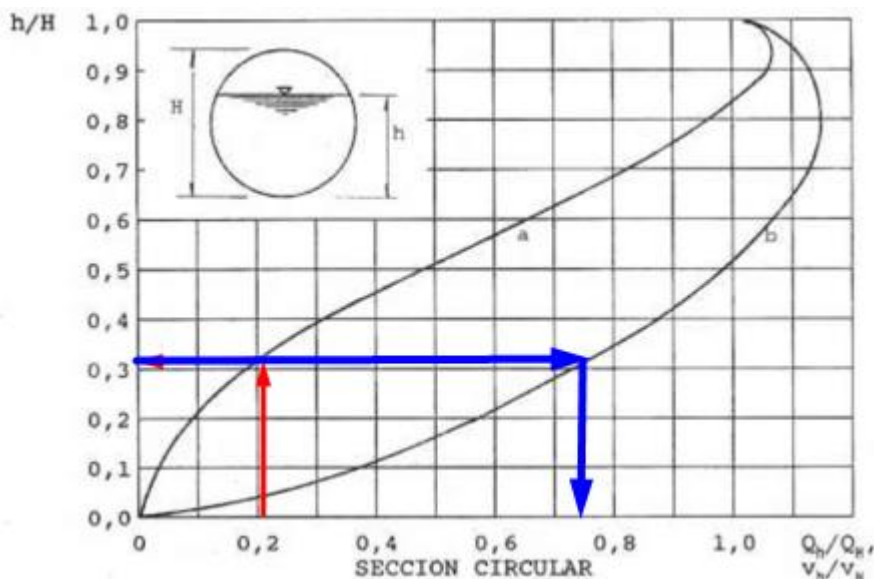
Nota. El gráfico ilustra las curvas de caudal y velocidad para canales circulares. Adaptado de *Principios de Hidráulica 2* (p.90), por Sandoval, 2013, ESPE.

Como se observa, el valor de h/H es igual 0.313, en la hoja Excel este procedimiento esta automatizado en función de la curva a y del resultado de las interpolaciones en cada uno de los ejes.

Con el valor de h/H , se procede a cortar la curva b, y posterior se realiza la proyección hacia el eje de las abscisas, encontrando a, el procedimiento se ilustra con las flechas color azul, como se muestra a continuación, en la Figura 48.

Figura 48

Determinación de "b" en Curvas de caudal y velocidad para canales circulares



Nota. El gráfico ilustra las curvas de caudal y velocidad para canales circulares. Adaptado de *Principios de Hidráulica 2* (p.90), por Sandoval, 2013, ESPE.

Por lo tanto, se muestra que el valor de "b" es igual a 0.7478, de igual manera, se obtiene un resultado tan exacto gracias a las interpolaciones realizadas en la hoja Excel. Ahora se puede encontrar V de diseño así:

Se sabe qué:

$$b = f\left(\frac{V_{diseño}}{V_{Sección\ llena}}\right)$$

Ya son conocidas las variables b y V de sección llena, por lo tanto, despejamos:

$$0.7478 = \frac{V_{diseño}}{2.98\text{ m/s}}$$

$$V_{diseño} = 2.23\text{ m/s}$$

Se ha descrito el procedimiento a seguir paso a paso, el programa realizado para la evaluación hidráulica efectúa exactamente lo desglosado en los párrafos anteriores, en la Tabla 44, se muestra los resultados para todos los tramos de la red 4.

Tabla 44

Ábaco de la red 4

Geometría Pozo N.º	Abaco			Detalle	
	Q dis/Q llen	h/H	Verificación $h/H \leq 0.7$	v/V	V Diseño [m/s]
PZ 38	0.220	0.313	Ok	0.5915	1.764
PZ 39					
PZ 39	0.205	0.308	Ok	0.5638	1.881
PZ 40					
PZ 40	0.327	0.398	Ok	0.7722	2.308
PZ 41					
PZ 41	0.371	0.429	Ok	0.8419	2.708
PZ 42					
PZ 42	0.285	0.367	Ok	0.7015	3.134

PZ 43					
PZ 43	0.634	0.586	Ok	1.1015	2.719
PZ 44					
PZ 44	0.517	0.519	Ok	1.0139	4.127
PZ 45					
PZ 45	0.347	0.412	Ok	0.8058	3.997
PZ 46					
PZ 46	0.217	0.312	Ok	0.5860	3.010
PZ 47					
PZ 47	0.664	0.603	Ok	1.1177	2.238
PZ 47 NE					
PZ 47 NE	0.302	0.380	Ok	0.7294	3.430
DESC					

Nota: La presente tabla indica el uso del ábaco para encontrar la relación q/Q y obtener las velocidades de diseño, ejemplificando en la red 4. Fuente: Elaboración propia.

Ahora, la parte final de la hoja de evaluación, son celdas donde se puede verificar si el tramo evaluado cumple con los parámetros descritos por la normativa actual, como son el cumplimiento del diámetro mínimo, la pendiente mínima, la velocidad mínima y máxima y además de encontrar si el tramo se encuentra presurizado.

Tabla 45

Resultados de la evaluación, tramo a tramo

Geometría	Observaciones	Observaciones Velocidad	Observaciones Pendiente	Observaciones diámetro
Pozo N ^o				
	$h/H \leq 0,7$			
PZ 38	Tramo de inicio, material H.S.	Cumple Velocidad (Velocidad Correcta)	Cumple Pendiente (Pendiente Correcta)	Cumple Diámetro Mínimo
PZ 39				
PZ 39	Material H.S.	Cumple Velocidad (Velocidad Correcta)	Cumple Pendiente (Pendiente Correcta)	Cumple Diámetro Mínimo
PZ 40				
PZ 40	Material H.S.	Cumple Velocidad (Velocidad Correcta)	Cumple Pendiente (Pendiente Correcta)	Cumple Diámetro Mínimo
PZ 41				
PZ 41	Material H.S.	Cumple Velocidad (Velocidad Correcta)	Cumple Pendiente (Pendiente Correcta)	Cumple Diámetro Mínimo
PZ 42				
PZ 42	Material H.S.	Cumple Velocidad (Velocidad Correcta)	Cumple Pendiente (Pendiente Correcta)	Cumple Diámetro Mínimo
PZ 43				
PZ 43	Material H.S.	Cumple Velocidad (Velocidad Correcta)	Cumple Pendiente (Pendiente Correcta)	Cumple Diámetro Mínimo
PZ 44				
PZ 44	Material H.S.	NO Cumple Velocidad (Velocidad Excedida)	Cumple Pendiente (Pendiente Correcta)	Cumple Diámetro Mínimo
PZ 45				
PZ 45	Material H.S.	Cumple Velocidad (Velocidad Correcta)	Cumple Pendiente (Pendiente Correcta)	Cumple Diámetro Mínimo
PZ 46				
PZ 46	Material H.S.	Cumple Velocidad	Cumple Pendiente	Cumple Diámetro Mínimo
PZ 47				

PZ 47	Material H.S.	(Velocidad Correcta) Cumple Velocidad (Velocidad Correcta)	(Pendiente Correcta) Cumple Pendiente (Pendiente Correcta)	Cumple Diámetro Mínimo
PZ 47 NE				
PZ 47 NE	Material H.S.	Cumple Velocidad (Velocidad Correcta)	Cumple Pendiente (Pendiente Correcta)	Cumple Diámetro Mínimo
DESC				

Nota: La presente tabla indica los resultados de la evaluación tramo a tramo. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, hay tramos con velocidades mayor a lo permitidas, pero es menester recalcar que estas velocidades solo pasarán cuando ocurra la lluvia de diseño, por ello es que la misma SENAGUA (2012) dice que se pueden despreciar las velocidades máximas.

Los resultados de la evaluación de las 14 redes restantes (existentes actualmente) se encuentran recopiladas en el Anexo F.

Capítulo V

Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial

Sistema de Alcantarillado Pluvial

Una vez realizado el levantamiento catastral, la evaluación con la cámara de inspección y la evaluación hidráulica de la red de alcantarillado pluvial actual en la parroquia de Cotogchoa, se determinó la existencia de tramos presurizados o que no cumplen los parámetros de diseño de la normal actual, por ello se procede a rediseñar dichos tramos defectuosos, además de diseñar el nuevo sistema de alcantarillado pluvial para las calles que no contaban con dicha obra.

Selección del Tipo de Alcantarillado

Tal como lo reza las Normas Para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes, la selección del tipo de sistema de alcantarillado está en función de un análisis técnico-económico considerando la red existente, si así lo hay. Se escoge según la situación económica de la comunidad, de la topografía, de la densidad poblacional, entre otros factores (SENAGUA, 2012).

El nivel 1 corresponde al nivel más simple, el nivel 3 a un alcantarillado convencional, se debe tomar en cuenta que si se puede combinar los niveles según los requerimientos de la comunidad. A continuación, en la Tabla 46, se detalla cada nivel.

Tabla 46*Niveles de Sistemas de Alcantarillados*

Nivel	Características de la Comunidad
Nivel 1	Comunidades rurales con casas dispersas y con calles sin ningún tipo de acabados.
Nivel 2	Comunidades con algún tipo de trazado de calles, con tránsito vehicular y con mayor concentración de casas, de modo que se justifique la instalación de tuberías de alcantarillado con conexiones domiciliarias.
Nivel 3	Ciudades o comunidades más desarrolladas en las que los diámetros calculados caerán dentro del patrón de un alcantarillado convencional.

Nota: La presente tabla indica los niveles de alcantarillado a tomar en cuenta para el diseño. Tomado de *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*, por SENAGUA, 2012, INEN.

Según las características encontradas en la Encuesta Socio Económica aplicada en Cotogchoa, se escoge un nivel 3, la misma normativa de SENAGUA (2012) indica que dicho nivel contará con tuberías y colectores. Además, que podrá combinarse con el nivel 2.

Criterios de Diseño

Los criterios de diseño se explicaron con detenimiento en el capítulo 4, se sigue la misma metodología de evaluación con la diferencia de iteración de las profundidades de los pozos, y con ellas las pendientes de las tuberías se van ajustando hasta cumplir lo requerido por la norma.

Cabe recalcar que se tomó en cuenta el rediseño y diseño de la red de alcantarillado sanitario que se viene desarrollando conjuntamente con la tesis Evaluación y Diseño Del Sistema De Alcantarillado Sanitario De La Parroquia Rural Cotogchoa, Cantón Rumiñahui, Provincia Pichincha.

Se procedió a calcular de nuevo el Coeficiente de Ecurrimiento C , este parámetro cambia debido a que para el periodo de diseño de 25 años se espera un cambio el tipo de material de la capa de rodadura, así como también se espera un mayor porcentaje de ocupación de los lotes vacíos. C para la etapa de rediseño y diseño se calculó en 0.68, mayormente detallado en el Anexo G.

Otro parámetro a dimensionar fue el diámetro de las tuberías, con ello se buscó cumplir con el modelo hidráulico óptimo para obtener un proyecto económicamente viable para la comunidad de Cotogchoa.

Si se desea observar con detenimiento el diseño hidráulico de las nuevas redes de alcantarillado pluvial de Cotogchoa, se puede dirigir al Anexo G. Los planos del nuevo sistema se los puede encontrar igualmente en el Anexo G, ahí se detallan el trazado, áreas de aportación, corte y perfiles de cada tubería.

Material de la Tubería

En la sección 5.2.1.15 de las de Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes dispuesto por la SENAGUA (2012), la selección del tipo de material para las tuberías del “sistema de alcantarillado considerará las características físico-químicas de las aguas, así como también la septicidad, es decir, la agresividad y otras propiedades del terreno como es el nivel freático” (SENAGUA, 2012).

Según lo indicado en el Capítulo III, en la sección Clasificación de Suelo y Nivel Freático, no se encontró nivel freático en ninguno de los sondeos, ni en los estudios de suelos previos de otras tesis, por ello, y por lo recomendado por el DAPAC-R, se escogió como material PVC, ya que no existe peligro de que la tubería flote.

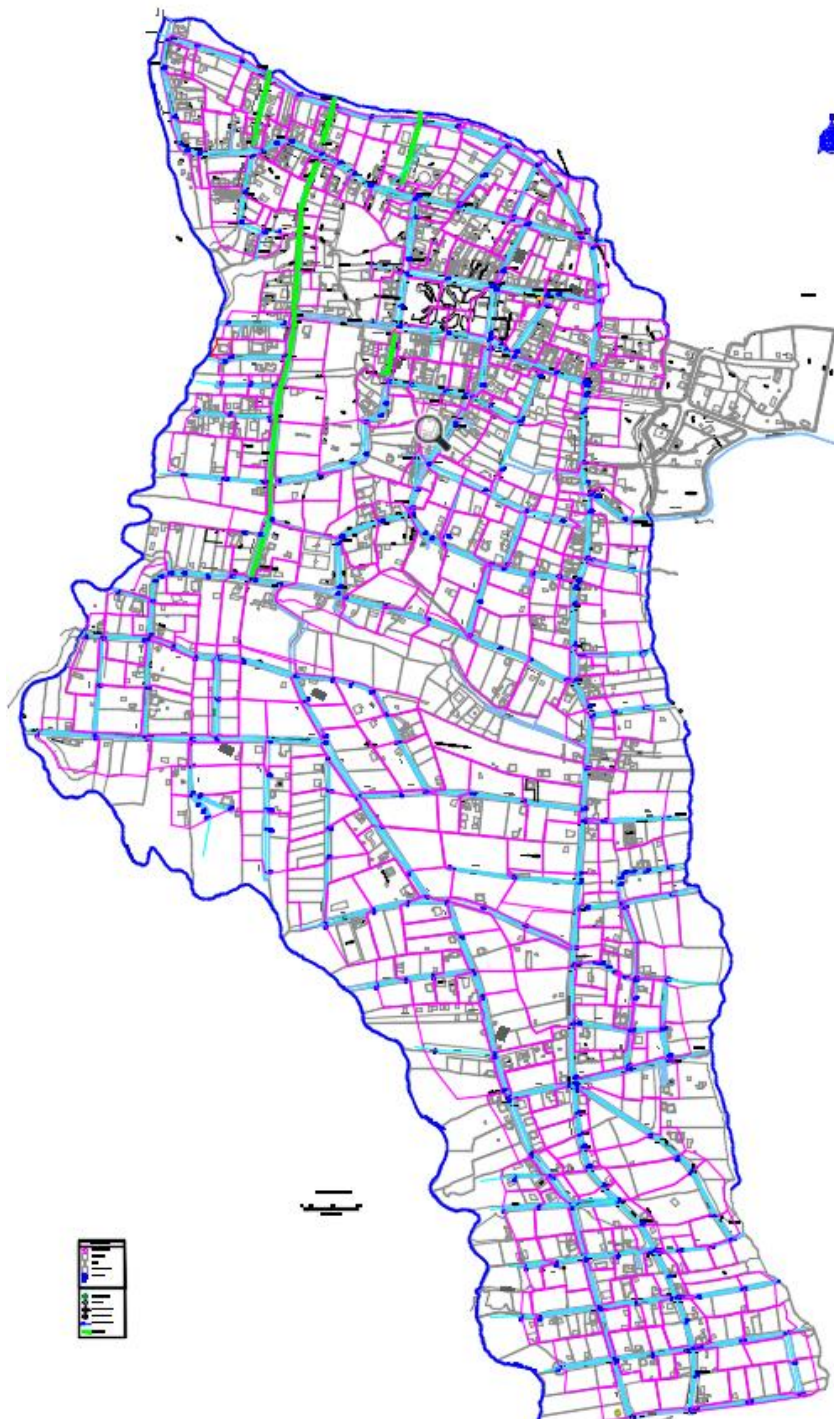
Áreas Tributarias

El trazado de las nuevas áreas tributarias se hizo con el mismo criterio descrito en el capítulo 4, se debe señalar que las áreas de aportación de la sección de evaluación se ven ligeramente modificadas debido a que, al cubrir todas las calles con nuevas redes de alcantarillado pluvial, se alivianan las antiguas.

Si se desea ver con detenimiento el trazado de las áreas de aportación para el rediseño y diseño se deja el Anexo G. A continuación, en la Figura 49, se ilustra las áreas de aportación del nuevo sistema de alcantarillado pluvial.

Figura 49

Áreas de aportación del nuevo sistema de alcantarillado pluvial



Profundidad hidráulica máxima

Según lo señala EMAAP (2009), en conductos circulares cerrados, se debe garantizar la adecuada aireación, por ello que la profundidad hidráulica máxima deberá estar entre 70% y 80% del diámetro, según el caudal de diseño.

Profundidad mínima de cota clave

“La tubería debe soportar tránsito vehicular, para su seguridad se considerará un relleno mínimo de 1.2m de alto sobre la clave del tubo” SENAGUA (2012).

Además, que, “las profundidades se diseñaran a una cota suficiente para recoger las aguas lluvias de las casas de uno u otro lado de la calzada” SENAGUA (2012).

Profundidad máxima de cota clave

EMAAP (2009), dicta que la profundidad máxima de las tuberías es de 5m, también señala que se puede exceder este valor cuando se garantice geotécnicamente la seguridad de las cimentaciones y estructuras de los materiales a usarse.

Diseño de Pozos

La SENAGUA (2012), dicta que los siguientes parámetros (ver Tabla 47) para pozos y cajas de revisión.

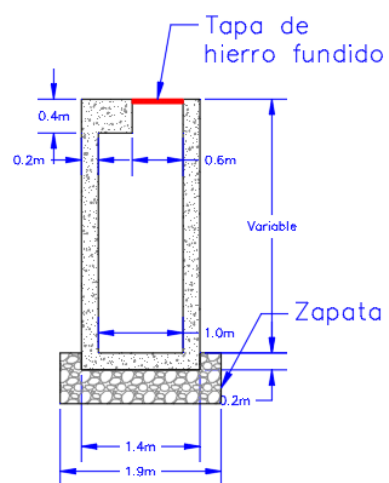
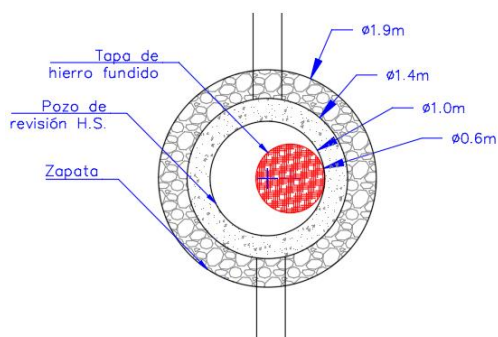
Tabla 47*Parámetros de diseño de pozos*

Parámetro	Criterio
Ubicación	Se colocarán en cambios de pendiente, cambios de dirección, exceptuando el caso de alcantarillas curvas y en las confluencias de los colectores
Máxima distancia de pozos de revisión	Máxima distancia entre pozos de revisión será de 100 m para diámetros menores de 350 mm; 150 m para diámetros comprendidos entre 400 mm y 800 mm; y, 200 m para diámetros mayores que 800 mm. Se podrá colocar a mayor distancia por condiciones topográficas y urbanísticas, pero se deberá tomar en cuenta la longitud de los equipos de limpieza de alcantarillas.
Diámetro superior	La abertura superior del pozo será como mínimo 0,6 m.
Diámetro cuerpo	El cambio de diámetro desde el cuerpo del pozo hasta la superficie se hará preferiblemente usando un tronco de cono excéntrico

Diámetros recomendados	Si el diámetro de la tubería es menor o igual a 550mm el diámetro del pozo se recomienda de 0.9m. Si el diámetro de la tubería es mayor a 550mm, el diámetro del pozo tendrá un diseño especial.
Tapa	La tapa de los pozos de revisión será circular y generalmente de hierro fundido. Las tuberías que entran al pozo formen un ángulo de 45°

Nota: La presente tabla indica los niveles de alcantarillado a tomar en cuenta para el diseño. Tomado de *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*, por SENAGUA, 2012, INEN.

A continuación, en la Figura 50 y 51 se presenta el pozo de revisión tipo que serán los Tipo B1 según la EMAAP-Q.

Figura 50*Esquema de pozo revisión Tipo B1***Figura 51***Esquema de pozo, visto en planta***Conexión domiciliaria**

Tal como lo reza la Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, por

SENAGUA (2012) el diámetro mínimo para sistemas pluviales será de 0.15m y con una pendiente mínima de 1%.

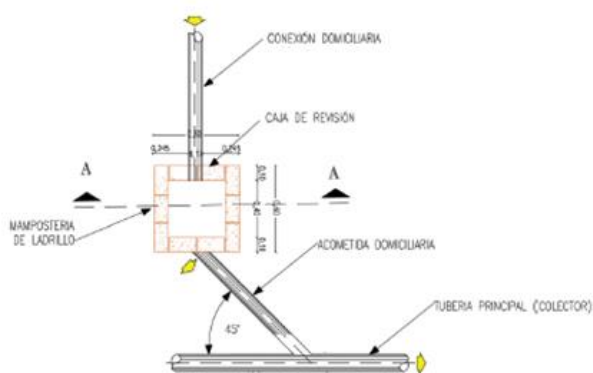
Por ello que las profundidades de las tuberías del nuevo sistema de alcantarillado pluvial se han especificado, de manera que garanticen la recolección de aguas lluvias de las casas más bajas de uno u otro lado de la calzada (SENAGUA, 2012).

La caja de revisión, igualmente descrita por SENAGUA (2012) se hará de una dimensión de 0.6m x 0.6m, luego de ella, la acometida deberá conectarse a la red principal con una pieza principal que garantice la hermeticidad o estanqueidad, esta conexión debe hacerse a 45°.

A continuación, en la Figura 53 se ilustra la conexión domiciliar tipo.

Figura 52

Conexión domiciliar tipo



Nota: Adaptado de *Alternativa para el mejoramiento del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Pluvial de la Cooperativa Eloy Alfaro, Cantón Rumiñahui*, por Dávalos, 2019.

Diseño de los Sumideros

De acuerdo a (EMAAP-Q, 2009) existen algunas consideraciones generales para su diseño:

Del caudal total que llega a un sumidero solo una parte es interceptada. El resto lo sobrepasa y debe sumarse al caudal que llega al siguiente sumidero.

El cálculo del caudal total que llega a un sumidero se calculó como:

$$Q = Q_{LL} + (Q_{sp})_{ant}$$

Donde:

Q: Es el caudal total que llega al sumidero.

Q_{LL} : Es el caudal de aguas lluvias del área tributaria del sumidero.

Q_{sp} : Es el caudal que sobrepaso el sumidero anterior.

El ancho de flujo, T (en metros), inmediatamente aguas arriba del sumidero se calculan mediante la fórmula de Manning:

$$T = 0.108 * \left[Q * \frac{n}{S^{\frac{1}{2}} * S_x^{\frac{5}{3}}} \right]^{2/3}$$

Donde:

Q: Es el caudal total que llega al sumidero.

n: Es el coeficiente de rugosidad de Manning

S : Es la pendiente longitud de la calzada.

S_x : Es la pendiente transversal de la calzada.

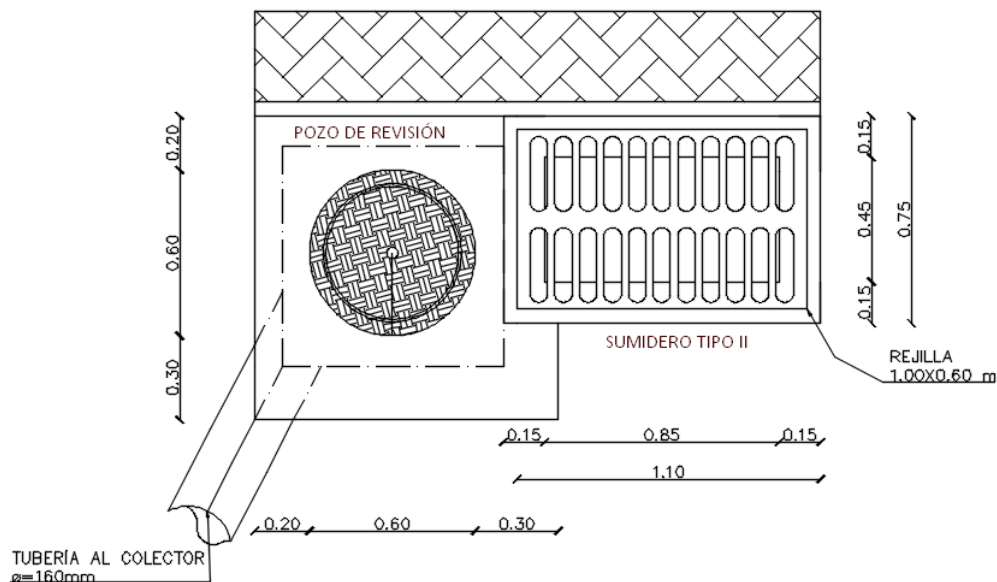
Se considera que las escorrentías originadas en los terrenos ubicados fuera de los límites de la vía pública se conectan directamente al colector.

Por lo tanto, el caudal interceptado de la calzada está en función de varios factores, tales como la pendiente longitudinal y transversal de la calzada, la geometría y dimensiones de la rejilla, el caudal y el tirante inmediato aguas arriba. Estos parámetros han sido presentados y calculados en el Anexo G.

Es recomendable usar un mismo tipo de sumidero en un proyecto a fin de reducir costes. El sumidero tipo II de la EMAP-Q es la versión mejorada de los sumideros tradicionales, posee un pozo de inspección para el mantenimiento, debido a su diseño será el sumidero tipo usado en el presente proyecto, sus dimensiones se detallan en la Figura 53. (EMAAP-Q, 2009).

Figura 53

Sumidero tipo II de alcantarillado pluvial



Nota. El gráfico ilustra las dimensiones de un sumidero tipo II con pozo de revisión.

Elaboración propia.

Estructuras de Descarga

Son estructuras al final de la red de alcantarillado pluvial que evitan posibles daños al último tramo de dicha red debido a la fuerte corriente. Su importancia radica en que permite el desfogue de la acumulación del agua lluvia captada por toda la red de forma controlada.

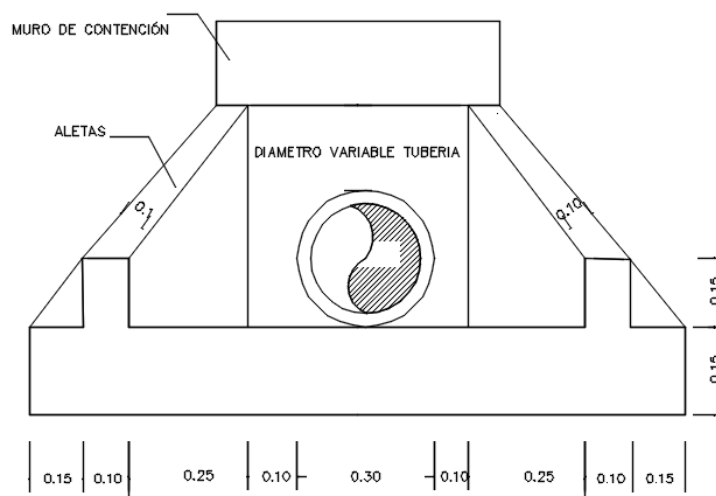
Permite proteger el ecosistema en los alrededores de la quebrada que conforma la zona de descarga, prevenir deslizamientos en los taludes donde es instalada y evacuar las aguas lluvias exactamente en el punto deseado.

En un sistema de drenaje pluvial por lo general se ha elige un cuerpo de agua ya sea una vertiente, un río, una laguna, etc. En el presente estudio se ha definido como sitios de descarga las quebradas correspondientes a los ríos Suruhayco y Santa Ana.

El cálculo y las dimensiones de cada una de las descargas de cada red se encuentran de forma detallada en el Anexo G. La descarga tipo usada en el presente proyecto es una embocadura de hormigón armado con aletas. A continuación, en la Figura 54 se presentan las dimensiones de la estructura.

Figura 54

Cabezal de descarga tipo



Nota. El gráfico ilustra las dimensiones de un cabezal de descarga de cada red de alcantarillado pluvial con diámetro y profundidad variable. Elaboración propia

Resumen del rediseño y diseño

El nuevo diseño fue realizado en base a la normativa y metodología expuesta en el capítulo anterior, las redes que presentaron problemas en su configuración, fueron reemplazadas en su totalidad, además las antiguas redes conformadas por tuberías de hormigón armado fueron intercambiadas por tuberías de PVC, adicionalmente se implementaron estructuras de descarga que actualmente no existen. A continuación, se presenta una tabla resumen.

Tabla 48

Resumen del diseño y rediseño

Descripción	Cantidad Nuevo Diseño	Unidades
PZ \leq 2.75m	143	Unidad
PZ $>$ 2.75	30	Unidad
Sumideros	136	Unidad
Tubería PVC \varnothing 250 mm	5599.64	m
Tubería PVC \varnothing 300 mm	3648.06	m
Tubería PVC \varnothing 350 mm	2386.25	m
Tubería PVC \varnothing 400 mm	2344.80	m
Tubería PVC \varnothing 450 mm	621.38	m
Tubería PVC \varnothing 500 mm	1353.24	m

Tubería PVC Ø 550 mm	1491.39	M
Acometidas domiciliarias	726	Unidades

Nota: La presente tabla indica las cantidades añadidas de los componentes mencionados en el nuevo diseño. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo VI

Presupuesto Referencial

Para la elaboración del presupuesto referencial se tomó en consideración la base de datos de los rubros proporcionados por el Departamento de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización del Municipio de Rumiñahui, en cuyo análisis de precios unitarios se incluyen los valores actualizados de equipo, material, mano de obra y transporte. Cada rubro adicionalmente cuenta con su respectiva especificación técnica.

Especificaciones técnicas

Las especificaciones de cada rubro se encuentran en el Anexo H, fueron modificadas en base a las características y necesidades del nuevo diseño del alcantarillado pluvial expuesto en el capítulo anterior, se mencionan aspectos importantes como son definiciones, el proceso constructivo, parámetros de calidad, forma de pago, materiales, equipo, mano de obra necesaria, entre otros.

Presupuesto

Debido a la gran extensión de la parroquia de Cotogchoa, se ha decidido dividir el presupuesto por cada una de las nuevas redes pluviales diseñadas, de esta manera se puede priorizar en que barrios de la parroquia se debe intervenir de acuerdo a los recursos que se logren gestionar. Los rubros que tienen una mayor incidencia en el presupuesto, son los correspondientes a los de las tuberías de PVC de diámetro variable, sumideros y pozos de hormigón armado. En el Anexo H se encuentran desglosados cada uno de los valores correspondientes a los rubros por cada red y adicional un resumen del proyecto en su totalidad.

CAPÍTULO VII

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

El sistema actual de alcantarillado pluvial en la parroquia Cotogchoa cubre alrededor del 40% del total de la superficie de estudio, sin embargo, solo 5 de las 15 redes antiguas cumplen con un funcionamiento correcto.

Los resultados de la encuesta socioeconómica indican que el nivel socioeconómico de la parroquia y la cantidad de ingresos de su población se pueden catalogar como bajo, lo que determinó en el nivel de servicio de alcantarillado.

Se tomaron en consideración los cambios que tendrán los coeficientes del diseño hidrológico debido al desarrollo y el crecimiento poblacional, que transformarán a lo largo de los años la superficie de la parroquia.

La caracterización de suelos demostró que no hay nivel freático, por ello se escogió para el diseño y rediseño el material PVC en tuberías

El nuevo diseño de las redes de alcantarillado pluvial ha logrado cubrir aproximadamente 95% el área total de Cotogchoa cumpliendo con los parámetros de las normas de control y drenaje de aguas lluvias.

El presente proyecto fue realizado en coordinación con los tesisistas del proyecto de alcantarillado sanitario en la misma parroquia, de tal manera se evitó conflictos en la implementación de las estructuras de los nuevos diseños.

El presupuesto referencial para este proyecto es: 2' 562.537,93 USD y fue calculado de acuerdo a la base de datos proporcionados por el Municipio de Rumiñahui, con valores actualizados al presente año.

Recomendaciones

Es importante realizar la limpieza de los sumideros actuales en la parroquia debido a que durante el catastro se comprobó que casi la totalidad de ellos cuenta con residuos y sedimentos.

Se recomienda la reposición inmediata de los pozos y alcantarillas que desaparecieron o que se encuentran en malas condiciones.

Se recomienda socializar el presente proyecto con los pobladores de la parroquia con el fin de buscar posibles soluciones a la problemática socioeconómica.

Es necesario que la implementación del presente proyecto sea coordinada junto a un futuro estudio vial con el fin de gestionar de manera más eficiente los recursos gestionados.

Es importante la actualización del análisis de los rubros a la fecha de implementar el proyecto, para la actualización del presupuesto.

Se recomienda realizar un estudio hidrológico de los ríos adyacentes a la parroquia, al momento de ubicar las estructuras de descarga, de tal manera que ante crecidas estas estén fuera de peligro.

BIBLIOGRAFÍA

ASTM-D-2216. (98). MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN ENLABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE SUELOS Y ROCASPOR MASA.

ASTM-D-422. (1998). METODO DE ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS DE SUELO.

ASTM-D-4318. (2020). Método de Ensayo Estándar para.

Cabriá, S. (1994). *Filosofía de la estadística*. Valencia, España: Universidad de Valencia.

Carmona, R. P. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Bogotá: Ecoe.

Charter Activaciones. (2018). *International Charter Space & Major Disasters*. Obtenido de <https://disasterscharter.org/web/guest/home;jsessionid=51D2A87F398638D9E1DA7B6026B161C3.jvm1>

Chuvieco, E. (2010). *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*. Barcelona, España: Ariel .

CONAGUA. (2015). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Drenaje pluvial urbano 19. México, D.F.

CONAGUA. (2016). MAPAS-Datos Básicos Para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado. México, D.F.

- Dávalos, D. (2019). *Alternativa Para el Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Pluvial de la Cooperativa Eloy Alfaro, Cantón Rumiñahui*. Sangolquí, Ecuador: Espe.
- DPYD-GADMG. (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Guamote*. Guamote.
- EMAAP-Q. (2009). *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q*. Quito: VM Gráficas.
- Frausto Martínez , O., Ihl, T., & Rojas López, J. (2006). Acceso al agua potable Indicador clave de desarrollo humano. *Teoría y Praxis*, 171-180.
- GAD Cotogchoa. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Quito .
- GAD Gobierno de Pichincha; VILLALBA asociados. (2012:25). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cotogchoa. Rumiñahui.
- GADP Cotogchoa; SIGMA consultores. (2015:19). Plan de Desarrollo Estratégico y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Cotogchoa. En *Plan de Desarrollo Estratégico y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Cotogchoa* (pág. 18). Rumiñahui: Sigma.
- Garces, G. N. (1996). *Los pequeños sistemas de agua potable*. Quito: Editores del Sur.
- Herrera, M., Porras, L., & Estrella, C. (2018). Propuesta de declaración del Espectro Electromagnética para Ecuador. *Geoespacial*, 15(1), 17-32.

- IEOS. (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. En I. E. Sanitarias. INEN.
- IEOS. (1992). Normas para estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 habitantes. Quito.
- IEOS. (2018). *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*. Quito.
- IEOS. (2018). *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*. Quito.
- INAMHI. (2019). Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación. En *Actualización del Estudio de Lluvias Intensas* (pág. 283). Quito.
- INEC. (2010). *VII Censo de Población y VI Vivienda*. Quito.
- INEC, I. N. (2015). *Encuesta de Condiciones de Vida Ronda VI 2013-2014*. Quito.
- Lavell, A. (2014). *Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una definición*. Bogotá: United Nations Development Programme.
- LEAL. (2017). Descripción-Normas de Construcción de Cámaras de Caída. En *Normas de Construcción de Cámaras de Caída* (págs. 4-5). Medellín: Centro de Excelencia Técnica.

- Lozano, C. L. (2012). *Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para la manutención, limpieza y recuperación hidráulica de las tuberías de alcantarillado sanitario y pluvial en las empresas sanitarias*. Lima.
- Luque, J. (2012). *Autores Científico-Técnicos y Académicos*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2018, de <https://www.acta.es/recursos/revista-digital-manuales-formativos/13-062>
- Machado, K. V. (2018). *El acceso al recurso hídrico para el desarrollo socioeconómico de la parroquia Cotogchoa del cantón Rumiñahui*. Quito.
- Morales, A. M. (2015). *Gestión de Riesgos en el proceso de construcción de proyectos de*. Quito.
- Muñoz, C., & Rueda, A. (2017). *Manual de Procedimientos Para Elaborar Catastro de Redes de Alcantarillado*. Bogotá.
- Naciones Unidas . (2006). *Uso que el sistema de las Naciones Unidas da a la tecnología espacial para alcanzar los objetivos de desarrollo. Soluciones espaciales a los problemas del mundo , 50-62.*
- OMS. (2017). *Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene*. Ginebra.
- Organización Mundial de la Salud. (2013). *Planificación de la Seguridad del Saneamiento; Manual para el Uso y la Disposición Seguros de Aguas Residuales, Aguas Grises y Excretas*. Ginebra: who.
- Pelaéz, D. (2015). *Diseño de un prototipo que permita realizar la inspección del interior de tuberías de acueducto por medio de un sistema teleoperado*. Pereira.

- Plaza, G., & Yépez, H. (1998). *Manual para la Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas Rurales de Agua Potable*. Quito.
- Racón, L. E. (2005). *Principios de Hidrogeografía Estudio del ciclo Hidrológico*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico*. Medellín: Sello Editorial de la Universidad de Medellín.
- Rincón Villalba, M. A., Vargas Vargas, W. E., & González Vergara, C. J. (2017). *Topografía Conceptos y Aplicaciones*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- Robalino Rodríguez, C. A., & López Zevallos, R. E. (2011). *Sistemas de Drenajes y Agua de Riego en la Cuenca Alta, Media y Baja del Río Valdivia*. Guayaquil.
- Rodríguez, L. C. (2012). Una metodología de evaluación del riesgo público por inundación por falla del sistema de alcantarillado pluvial - caso de la cuenca del río Salitre, Bogotá. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
- Rodríguez, R., Martínez, C., Hernández, D., Lucas, J., & Acevedo, L. (2003). CALIDAD DEL AGUA DE FUENTES DE MANANTIAL EN LA ZONA BÁSICA. *Rev Esp Salud Pública*, 77(3), 423-432.
- Samboni, N. E., Escobar, Y. C., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista de Ingeniería e investigación*, 172-181.
- Sánchez, J. C. (2015). *Cálculo de caudales de Avenida*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

- SENAGUA. (2012). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Quito.
- SIAPA. (2014). *Actualización de los criterios y lineamientos técnicos para factibilidades en la Z.M.G. Mexico*.
- Torres-Drego, A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional: Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial. *CIDE digital*.
- Universidad Nacional de Colombia . (2017). Obtenido de <http://ciencias.bogota.unal.edu.co/gruposdeinvestigacion/ecolmod/informacion-de-interes/que-son-los-sensores-remotos/>
- Vaca, C. L. (2016). *Propuesta para el manejo sostenible de la microcuenca de la quebrada Suruhuyco en la parroquia Cotogchoa*. Quito.
- Vergès, J.-F. (2010). *Servicios de agua potable y alcantarillado: lecciones de las experiencias de Alemania, Francia e Inglaterra*. Chile: CEPAL.

ANEXOS

Anexo A Solicitud de participación Municipio Rumiñahui

Anexo B Encuestas Socioeconómica

Anexo C Planos topográficos

Anexo D Caracterización del suelo

Anexo E Fichas Catastrales

Anexo F Evaluación del sistema de alcantarillado existente

Anexo G Diseño del nuevo sistema de alcantarillado

Anexo H Presupuesto