



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia

**PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN LA VEREDA EL  
CORZO.**

**ANDRES FELIPE GALVIS MEJIA  
JULIAN ALBERTO RODRIGUEZ MOSQUERA**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.  
FACULTAD DE INGENIERÍA.  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL.  
BOGOTÁ, D. C.  
2019**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia

**PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN LA VEREDA EL  
CORZO.**

**ANDRES FELIPE GALVIS MEJIA  
JULIAN ALBERTO RODRIGUEZ MOSQUERA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
MODALIDAD PROYECTO SOCIAL**

**ASESOR  
HENRY ALBERTO CÓRDOBA ROMERO  
INGENIERO CIVIL**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.  
FACULTAD DE INGENIERÍA.  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL.  
BOGOTÁ, D. C.  
2019**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestra Alma Mater, la Universidad Católica de Colombia, por la oportunidad de llegar a este claustro para prepararnos, y formamos en el área del conocimiento que llena nuestras vidas. También al ingeniero Henry Alberto Córdoba Romero por su conocimiento y su ayuda, sin los cuales esta idea no sería posible. A la comunidad de la Vereda El Corzo y a la Unión Temporal Tabor por brindarnos la información pertinente y ayudarnos en las diferentes etapas para el desarrollo del proyecto.

## **DEDICATORIA**

Dedicamos el trabajo a Dios, por brindarnos la sabiduría, paciencia y el esfuerzo en cada prueba que nos dio la vida en el trasegar de esta experiencia. A nuestros padres por estar ahí, siempre presentes con su apoyo incondicional, muestra de su profundo amor y respeto por este sueño.

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Presidente de Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá, noviembre, 2019

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	14
1. GENERALIDADES .....	15
1.1. ANTECEDENTES.....	15
1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	20
1.2.1. Planteamiento del problema.....	20
1.2.2. Formulación del problema.....	20
1.3. OBJETIVOS.....	21
1.3.1. Objetivo general. ....	21
1.3.2. Objetivos específicos. ....	21
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	22
1.5. DELIMITACIÓN .....	23
1.5.1. Alcance. ....	23
1.5.2. Limitaciones. ....	23
1.6. MARCO DE REFERENCIA .....	24
1.6.1. Marco teórico.....	24
1.6.2. Marco conceptual. ....	30
1.6.3. Marco geográfico.....	31
1.7. METODOLOGÍA .....	32
1.7.1. Diseño centrado en las personas (DCP).....	33
1.7.2. Realizar el catastro de las redes. ....	33
1.7.3. Proyectar y elaborar los diseños hidráulicos. ....	33
1.7.4. Realizar los presupuestos de obra. ....	33
2. DISEÑO CENTRADO EN LAS PERSONAS .....	34
2.1. ESCUCHAR.....	34
2.1.1. Identificar un reto de diseño. ....	34
2.1.2. Averiguar lo que ya se conoce. ....	34
2.1.3. Identificar a las personas con quienes hablar. ....	34
2.1.4. Elegir los métodos de investigación. ....	35
2.1.5. Desarrollar un enfoque para entrevistas .....	36
2.1.6. Desarrollar tu paradigma.....	36
2.2. CREAR .....	38
2.2.1. Desarrollar el enfoque.....	38

2.2.2.	Compartir historias. ....	38
2.2.3.	Identificar patrones. ....	38
2.2.4.	Crear áreas de oportunidad. ....	39
2.2.5.	Hacer tormenta de ideas de soluciones. ....	39
2.2.6.	Concretar las ideas. ....	39
2.2.7.	Recoger comentarios. ....	39
2.3.	ENTREGAR. ....	40
2.3.1.	Desarrollar de un modelo de ingresos sostenibles. ....	40
2.3.2.	Identificar las capacidades que se necesitan para entregar soluciones. ....	40
2.3.3.	Planear un flujo de soluciones. ....	40
2.3.4.	Crear una línea de tiempo para la implementación. ....	41
2.3.5.	Planear mini programas piloto y reiteraciones. ....	41
2.3.6.	Crear un plan de aprendizaje. ....	41
2.3.7.	Evaluar los resultados. ....	41
3.	CATASTRO DE REDES. ....	42
3.1.	CATASTRO REDES DE ACUEDUCTO. ....	42
3.1.1.	Marcación de elementos hidráulicos. ....	42
3.1.2.	Referenciación de elementos hidráulicos. ....	42
3.1.3.	Georreferenciación de elementos. ....	46
3.1.4.	Elementos hidráulicos catastrados. ....	46
3.1.5.	Topología de redes digitalizadas. ....	46
3.2.	CATASTRO REDES DE ALCANTARILLADO. ....	48
3.2.1.	Marcación de elementos hidráulicos. ....	48
3.2.2.	Referenciación de elementos hidráulicos. ....	48
3.2.3.	Georreferenciación de elementos. ....	81
3.2.4.	Elementos hidráulicos catastrados. ....	81
4.	ACUEDUCTO. ....	84
4.1.	PROYECCIÓN DE POBLACIÓN. ....	84
4.1.1.	Método lineal. ....	86
4.1.2.	Método geométrico. ....	87
4.1.3.	Método wappaus. ....	88
4.1.4.	Método logarítmico. ....	89

4.2.	CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA.....	90
4.2.1.	Dotación neta .....	90
4.2.2.	Dotación bruta.....	91
4.2.3.	Dotación neta según el uso.....	91
4.2.4.	Caudal medio diario.....	92
4.2.5.	Caudal máximo diario.....	92
4.2.6.	Caudal máximo horario.....	93
4.3.	EVALUACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	95
5.	ALCANTARILLADO .....	100
5.1.	ALCANTARILLADO SANITARIO.....	100
5.1.1.	Caudal de aguas residuales.....	100
5.1.1.1.	Caudal de aguas residuales domésticas.....	100
5.1.1.2.	Caudal de aguas residuales no domésticas.....	100
5.1.1.3.	Caudal medio diario.....	100
5.1.1.4.	Caudal de conexiones erradas.....	100
5.1.1.5.	Caudal de infiltración.....	100
5.1.2.	Modelación de la red de alcantarillado sanitario.....	101
5.1.3.	Evaluación de la red de alcantarillado sanitario.....	105
5.2.	ALCANTARILLADO PLUVIAL .....	107
5.2.1.	Caudal de aguas lluvias.....	107
5.2.1.1.	Periodo de retorno.....	107
5.2.1.2.	Intensidad de lluvia.....	107
5.2.1.3.	Coefficiente de escorrentía.....	109
5.2.2.	Modelación de la red de alcantarillado pluvial.....	110
5.2.3.	Evaluación de la red de alcantarillado pluvial.....	112
6.	PRESUPUESTO DE OBRA .....	113
	CONCLUSIONES .....	118
	BIBLIOGRAFIA.....	120
	ANEXOS .....	124



## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Municipios con Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado.....	18
Ilustración 2. Diagnóstico del servicio.....	19
Ilustración 3. PDF Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.....	19
Ilustración 4. Marco conceptual.....	30
Ilustración 5. Centro Poblado El Corzo.....	31
Ilustración 6. Metodología.....	32
Ilustración 7. Zonas catastradas.....	42
Ilustración 8. Trazado de redes de acueducto e identificación de elementos hidráulicos visibles.....	43
Ilustración 9. Trazado de localización.....	44
Ilustración 10. Referenciación de elementos.....	44
Ilustración 11. Trazado de localización.....	45
Ilustración 12. Referenciación de elementos.....	45
Ilustración 13. Topología de redes de acueducto en InfoWater For ArcGis.....	46
Ilustración 14. Trazado e identificación de elementos hidráulicos visibles.....	48
Ilustración 15. Ubicación general del pozo 2796.....	49
Ilustración 16. Esquema vertical del pozo 2796.....	49
Ilustración 17. Ubicación general del pozo 2797.....	50
Ilustración 18. Esquema vertical del pozo 2797.....	51
Ilustración 19. Ubicación general del pozo 2797A.....	52
Ilustración 20. Esquema vertical del pozo 2797A.....	52
Ilustración 21. Ubicación general del pozo 2797B.....	53
Ilustración 22. Localización estimada de pozo oculto.....	54
Ilustración 23. Ubicación general del pozo 2798.....	54
Ilustración 24. Esquema vertical del pozo 2798.....	55
Ilustración 25. Ubicación general del pozo 2799.....	56
Ilustración 26. Esquema vertical del pozo 2799.....	56
Ilustración 27. Ubicación general del pozo 2800.....	57
Ilustración 28. Cámara de inspección con tapa partida.....	58
Ilustración 29. Ubicación general del pozo 2801.....	59
Ilustración 30. Esquema vertical del pozo 2801.....	59
Ilustración 31. Ubicación general del pozo 2802.....	60
Ilustración 32. Esquema vertical del pozo 2802.....	61
Ilustración 33. Ubicación general del pozo 2803.....	62
Ilustración 34. Esquema vertical del pozo 2803.....	62
Ilustración 35. Ubicación general del pozo 2804.....	63
Ilustración 36. Esquema vertical del pozo 2804.....	64
Ilustración 37. Ubicación general del pozo 2805.....	65
Ilustración 38. Esquema vertical del pozo 2805.....	65
Ilustración 39. Ubicación general del pozo 2806.....	66
Ilustración 40. Esquema vertical del pozo 2806.....	67
Ilustración 41. Ubicación general del pozo 2807.....	68
Ilustración 42. Esquema vertical del pozo 2807.....	68
Ilustración 43. Ubicación general del pozo 2808.....	69

Ilustración 44. Esquema vertical del pozo 2808.....	70
Ilustración 45. Ubicación general del pozo 2809.....	71
Ilustración 46. Esquema vertical del pozo 2809.....	71
Ilustración 47. Ubicación general del pozo 2810.....	72
Ilustración 48. Esquema vertical del pozo 2810.....	73
Ilustración 49. Ubicación general del pozo 2811.....	74
Ilustración 50. Esquema vertical del pozo 2811.....	74
Ilustración 51. Ubicación general del pozo 2812.....	75
Ilustración 52. Esquema vertical del pozo 2812.....	76
Ilustración 53. Ubicación general del pozo 2813.....	77
Ilustración 54. Esquema vertical del pozo 2813.....	77
Ilustración 55. Ubicación general del pozo 2814.....	78
Ilustración 56. Esquema vertical del pozo 2814.....	79
Ilustración 57. Ubicación general del pozo 2815.....	80
Ilustración 58. Esquema vertical del pozo 2815.....	80
Ilustración 59. Geoportal del DANE (El Corzo). ....	85
Ilustración 60. Polígonos de la zona de estudio.....	94
Ilustración 61. Trazado red de distribución. ....	97
Ilustración 62. Presiones en los nodos. ....	98
Ilustración 63. Alcantarillado PAVCO.....	101
Ilustración 64. Diseño alcantarillado sanitario. ....	101
Ilustración 65. Curva IDF estación Base Aérea .....	109

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Componentes del sistema de acueducto. ....	25
Tabla 2. Especificaciones de la tubería. ....	44
Tabla 3. Especificaciones de la tubería. ....	45
Tabla 4. Información asociada a tuberías. ....	47
Tabla 5. Longitud total de tuberías por diámetro. ....	47
Tabla 6. Identificación del pozo 2796. ....	49
Tabla 7. Características del pozo 2796. ....	50
Tabla 8. Identificación del pozo 2797. ....	50
Tabla 9. Características del pozo 2796. ....	51
Tabla 10. Identificación del pozo 2797A. ....	51
Tabla 11. Características del pozo 2979A. ....	53
Tabla 12. Identificación del pozo 2797B. ....	53
Tabla 13. Identificación del pozo 2798. ....	54
Tabla 14. Características del pozo 2979B. ....	55
Tabla 15. Identificación del pozo 2799. ....	55
Tabla 16. Características del pozo 2979. ....	57
Tabla 17. Identificación del pozo 2800. ....	57
Tabla 18. Características del pozo 2800. ....	58
Tabla 19. Identificación del pozo 2801. ....	58
Tabla 20. Características del pozo 2801. ....	60
Tabla 21. Identificación del pozo 2802. ....	60
Tabla 22. Características del pozo 2802. ....	61
Tabla 23. Identificación del pozo 2803. ....	61
Tabla 24. Características del pozo 2803. ....	63
Tabla 25. Identificación del pozo 2804. ....	63
Tabla 26. Características del pozo 2804. ....	64
Tabla 27. Identificación del pozo 2805. ....	64
Tabla 28. Características del pozo 2805. ....	66
Tabla 29. Identificación del pozo 2806. ....	66
Tabla 30. Características del pozo 2806. ....	67
Tabla 31. Identificación del pozo 2807. ....	67
Tabla 32. Características del pozo 2807. ....	69
Tabla 33. Identificación del pozo 2808. ....	69
Tabla 34. Características del pozo 2808. ....	70
Tabla 35. Identificación del pozo 2809. ....	70
Tabla 36. Características del pozo 2809. ....	72
Tabla 37. Identificación del pozo 2810. ....	72
Tabla 38. Características del pozo 2810. ....	73
Tabla 39. Identificación del pozo 2811. ....	73
Tabla 40. Características del pozo 2811. ....	75
Tabla 41. Identificación del pozo 2812. ....	75
Tabla 42. Características del pozo 2812. ....	76
Tabla 43. Identificación del pozo 2813. ....	76

Tabla 44. Características del pozo 2813.....	78
Tabla 45. Identificación del pozo 2814.....	78
Tabla 46. Características del pozo 2814.....	79
Tabla 47. Identificación del pozo 2815.....	79
Tabla 48. Características del pozo 2815.....	81
Tabla 49. Referenciación de sumideros.....	81
Tabla 50. Listado de elementos hidráulicos catastrados. ....	82
Tabla 51. Catastro pozos de inspección por sistema. ....	82
Tabla 52. Catastro sumideros. ....	83
Tabla 53. Censo poblacional del DANE. ....	84
Tabla 54. Habitantes en El Corzo. ....	85
Tabla 55. Censo poblacional del DANE. ....	85
Tabla 56. Método lineal.....	86
Tabla 57. Método geométrico. ....	87
Tabla 58. Método wappaus.....	88
Tabla 59. Método logarítmico.....	89
Tabla 60. Resumen de los métodos de proyección de población. ....	90
Tabla 61. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.....	90
Tabla 62. Dotación bruta.....	91
Tabla 63. Caudal institucional.....	91
Tabla 64. Caudal comercial. ....	92
Tabla 65. Caudal medio diario. ....	92
Tabla 66. Caudal máximo diario. ....	93
Tabla 67. Caudal máximo horario. ....	93
Tabla 68. Datos de cada zona. ....	94
Tabla 69. Nodos de la red.....	95
Tabla 70. Tuberías de la red. ....	96
Tabla 71. Depósito de la red.....	96
Tabla 72. Presiones en los nodos.....	99
Tabla 73. Caudal de aguas residuales.....	101
Tabla 74. Datos de la población.....	102
Tabla 75. Diseño hidráulico.....	103
Tabla 76. Perfil hidráulico.....	103
Tabla 77. Información de la Vereda. ....	104
Tabla 78. Datos de tubería de PVC. ....	105
Tabla 79. Periodos de retorno.....	107
Tabla 80. Intensidad de lluvia con el método de Pulgarín.....	108
Tabla 81. Cotas de los pozos.....	110
Tabla 82. Parámetros hidráulicos de los pozos. ....	110
Tabla 83. Parámetros hidráulicos de los pozos. ....	111
Tabla 84. Proceso constructivo de los sistemas. ....	113
Tabla 85. Cantidades de relleno. ....	114
Tabla 86. Cantidades de relleno. ....	114
Tabla 87. Presupuesto red de acueducto. ....	115

Tabla 88. Presupuesto red de alcantarillado sanitario. ....	116
Tabla 89. Presupuesto red de alcantarillado pluvial.....	117

**LISTA DE ANEXOS**

Anexo A. Comunidad. ....	124
Anexo B. Acueducto. ....	124
Anexo C. Alcantarillado sanitario. ....	124
Anexo D. Alcantarillado pluvial.....	124

## INTRODUCCIÓN

La mayor riqueza de un conglomerado humano está dada por el abastecimiento de su agua potable. Desafortunadamente, en la actualidad esta posibilidad se ha visto disminuida, no solo por el incremento poblacional, sino por el crecimiento urbano-industrial. Este crecimiento está atado a la contaminación de los recursos hídricos que ha generado problemas de accesibilidad al agua. Dicha problemática ha afectado principalmente a las zonas rurales del país, donde cabe resaltar que en los centros poblados se evidencia la presencia de empresas, sin embargo, las condiciones socioeconómicas de las mismas son bajas y se agrava aún más por el poco acceso a estos servicios. Este caso se presenta en la Vereda El Corzo, el cual se encuentra ubicado en el municipio de Madrid, en el departamento de Cundinamarca, en Colombia.

Con referencia a lo anterior, a la fecha se están desarrollando proyectos constructivos de viviendas, lo cual implica que el municipio de Madrid tendrá un aumento en su población de un tamaño considerable. Actualmente, se cuenta con una población de 120.000 habitantes<sup>1</sup>, el cual crecerá en relación al desarrollo urbanístico que se está generando actualmente. Esto se atribuye a las áreas industriales que hay dentro de la zona urbana, generando oportunidades de empleo, siendo las familias de Bogotá principalmente y zonas aledañas las que más llegan al territorio.

El propósito de este proyecto es realizar un diagnóstico participativo, en el cual por medio de la implementación de un Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, mitigar las problemáticas sociales que se presentan en la comunidad de la Vereda El Corzo, donde se evaluará el estado de las redes, accesorios y estructuras hidráulicas existentes. Adicionalmente, se proyectarán soluciones para el mejoramiento del saneamiento básico con el fin de ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas del centro poblado. Esto se realiza a través de diferentes recorridos por la comunidad y la implementación de una metodología comunitaria que permita recolectar la información pertinente acerca de la situación y problemas identificados por los habitantes de la zona. Además, dar un aproximado de los costos para las redes de acueducto y alcantarillado pluvial. El Plan Maestro en el ámbito social buscar dar soluciones a una de las necesidades humanas fundamentales, cual es el acceso al agua potable.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Información suministrada por los líderes de la comunidad de los Planes Parciales aprobados por la Administración Municipal.

<sup>2</sup> Resolución 2200 A de ONU, Pacto Internacional de Derechos Económicos, sociales y culturales.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. ANTECEDENTES

En Colombia, las zonas rurales cuentan servicios deficientes de acueducto y alcantarillado, lo cual genera inconformidad por parte de los habitantes de estas zonas. Esta problemática también se evidencia en más países, por ejemplo en el estudio donde el Estado de Alaska, el Consorcio de Salud Tribal de los Nativos de Alaska y la Corporación de Salud Yukon Kuskokwim identifican y desarrollan posibles soluciones apropiadas y aceptables para las comunidades rurales de Alaska en infraestructura de saneamiento<sup>3</sup>, ya que cuarenta y dos comunidades de estas zonas se encuentran desatendidas en redes de acueducto y alcantarillado, debido a los problemas en proporcionar una infraestructura pertinente en los hogares, lo cual generaba en las comunidades mayores tasas de enfermedad de las personas. El éxito del desarrollo de la solución, fue mediante la recolección de información de las zonas y la participación activa de los usuarios en los procesos de diseño y monitoreo integrado.

Así mismo en el artículo “Greenlandic water and sanitation- a context oriented analysis of system challenges towards local sustainable development”<sup>4</sup> se analizaron los impactos socioeconómicos y humanos que genera la optimización de los sistemas existentes de acueducto y alcantarillado, y la contribución que presentan al desarrollo sostenible del país. Se hace énfasis en la importancia de los sistemas de infraestructura social ante la necesidad de desarrollar redes eficientes para el saneamiento de las comunidades, no exclusivamente para apoyar en la higiene y salud, sino también en el desarrollo local sostenible que estos pueden generar, esto se hizo por medio de análisis de sectorización, que en las últimas décadas ha reorganizado las infraestructuras de la zona.

Por otro lado en el documento “An effective and comprehensive model for optimal rehabilitation of separate sanitary sewer systems”<sup>5</sup> se realiza un análisis del enfoque integral de costo-beneficio para el mejoramiento de todos los elementos de los sistemas de alcantarillado sanitario y muestra cómo se incorpora la aproximación como una función objetiva en un modelo de optimización evolutivo de objetivos múltiples. Se consideran factores como los costos del tratamiento de las aguas residuales, las tasas que reflejan la adopción de diferentes escenarios y el rendimiento de la red. Es un modelo aplicable en cualquier fase del proyecto lo cual genera beneficios como una herramienta práctica y rápida para la toma de decisiones en la optimización de las redes de alcantarillado. Esto se realiza mediante la utilización de un algoritmo genético, relacionado con las condiciones estructurales de la red y el riesgo de falla del servicio presentando aspectos

---

<sup>3</sup> Hickel, K. A., Dotson, A., Thomas, T. K., Heavener, M., Hébert, J., & Warren, J. A. The search for an alternative to piped water and sewer systems in the Alaskan Arctic. Alaskan Arctic, 2018.

<sup>4</sup> Hendriksen, K., & Hoffmann, B. Greenlandic water and sanitation-a context oriented analysis of system challenges towards local sustainable development. 2018.

<sup>5</sup> Diogo, A. F., Barros, L. T., Santos, J., & Temido, J. S. An effective and comprehensive model for optimal rehabilitation of separate sanitary sewer systems. 2018.

fundamentales, detalles de implementación y resultados preliminares. Se realizó el estudio en tres casos reales de sistemas existentes de alcantarillado donde los resultados reflejan la eficacia y utilidad de la solución implementada y del objetivo propuesto.

Se encontró un proyecto realizado en América, más exactamente en Perú en el cual tiene se busca la optimización de los sistemas de acueducto y alcantarillado<sup>6</sup>, teniendo como fin mejorar la eficiencia, continuidad y confiabilidad de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento en la zona norte de Lima. El proyecto tiene tres componentes. El primero de los cuales es la rehabilitación de las redes de abastecimiento de agua y alcantarillado del sector norte de Lima. Mediante este componente se financiarán tareas de rehabilitación de las redes de abastecimiento de agua y alcantarillado en la primera zona de servicios norte de Lima, con las que se beneficiará directamente a más de 158.380 personas de ingresos bajos. La proporción exacta entre las tareas de reemplazo y de renovación se determinará durante la ejecución sobre la base de modelos hidráulicos detallados de cada subsector y de una metodología acordada El segundo componente consiste en el aumento de la eficiencia del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL). Con este componente se financiarán estudios y servicios de consultoría que proporcionarán a la gerencia de SEDAPAL herramientas para tomar decisiones que le permitan incrementar la eficiencia de la empresa. Por último, el tercer componente es la gestión de proyectos de SEDAPAL.

A nivel nacional se encuentra un documento de estudio acerca las acciones técnicas y operativas implementadas en Bogotá con el fin de generar herramientas de control para la fácil administración y operación del sistema de acueducto, maximizar el uso de los componentes del sistema y la optimización del agua disponible<sup>7</sup>. Ya que La construcción de redes de distribución de acueducto no garantiza necesariamente la adecuada prestación del servicio a los usuarios. La creciente demanda de agua potable, no se resuelve incrementando los sistemas de obtención y producción, tanto como la vida útil de un sistema no dependen solo de la calidad de sus componentes, dado que también es importante la administración y el mantenimiento.

Se encuentra una tesis de “Modelación y optimización de la red de acueducto urbano del municipio de Tibaná-Boyacá”<sup>8</sup> realizado por los estudiantes de la Universidad Católica de Colombia Luis Santiago Sarmiento Huertas y Rolando Silva Díaz, en el cual se hace referencia a la problemática de saneamiento básico en la que se encuentra el municipio de Tibaná del departamento de Boyacá. Tibaná se encuentra ubicado en el departamento Boyacá, aunque el municipio presenta poca dimensión urbana, posee problemas en la distribución de agua

---

<sup>6</sup> QUEZADA TAVARA, Guillermo. Perú - LATIN AMERICA AND CARIBBEAN- P117293- PE Optimization of Lima Water and Sewerage Systems - Procurement Plan. Lima. Perú, 2019

<sup>7</sup> Aldana, M. J. Integral Network Management: A Case Study of Bogotá and the Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá, EAB ESP. Bogotá, 2017.

<sup>8</sup> SILVA DIAZ, Rolando y SARMIENTO HUERTAS, Luis Santiago. Modelación y optimización de la red de acueducto urbano del municipio de tibaná-boyacá. Bogotá, 2017.



potable a sus habitantes. Debido a esto el municipio requiere una mejora en la red de acueducto urbano donde se solucione los problemas que se presentan actualmente en la prestación del servicio, generando así una mejor calidad de vida y un mejor servicio del acueducto urbano. Teniendo en cuenta esto se evidencia en la tesis las soluciones que se plantearon y la modelación hidráulica realizada mediante el software EPANET, cumplimiento a los objetivos fijados y consiguiendo así un diagnóstico profundo del estado de la red de acueducto del municipio, cabe resaltar que este documento en mención sirve de guía a nuestro proyecto de grado.

En el informe realizado por la empresa MANOV INGENIERIA LTDA se realizó un informe de “Diseño definitivo del mejoramiento del sistema de alcantarillado y construcción de la PTAR del corregimiento de Salónica municipio de Riofrio”<sup>9</sup> donde se evidencia la problemática de saneamiento básico en la que se encuentra el corregimiento de Salónica del departamento de Valle del Cauca, teniendo en cuenta esto se encuentran en el informe técnico todos los estudios, diseños hidráulicos y levantamientos topográficos realizados para plantear las dos soluciones a la problemática existente. El Corregimiento de Salónica cuenta con un sistema de alcantarillado combinado el cual presenta problemas de capacidad en las tuberías en cerca del 30% de su longitud, adicionalmente no cuenta con una Planta de Tratamiento de agua residual por lo que presenta varios vertimientos directos a las fuentes de agua. La solución propuesta al problema del alcantarillado será mediante la optimización del sistema existente y la unificación de los vertimientos presentes en el Corregimiento, para el manejo de las aguas residuales y pluviales.

Además, en la tesis de “Estudio de caso para la optimización del sistema de acueducto del municipio de Paipa departamento de Boyacá y búsqueda de fuentes alternativas para el abastecimiento de agua”<sup>10</sup> realizado por la estudiante de la Universidad Libre Olga Islena Cruz Lasso, se tiene como finalidad optimizar el sistema de acueducto del municipio de Paipa y dar diferentes alternativas para el buen abastecimiento de agua a la población. Debido al aumento de la población se ha incrementado el número de urbanizaciones en el municipio. El problema de estas, es que se encuentran construidas en la parte más alta y por tanto es imposible el suministro de agua por gravedad, dado que se encuentran más arriba en cota que la PTAP San Felipe 1 (2589 m.s.n.m.) y también de San Felipe 2 (2610 m.s.n.m.). Puesto que se aprobó urbanismo por encima de estas plantas se construyeron tres tanques de almacenamiento adicionales, los cuales se tienen

---

<sup>9</sup> AVILA SALGADO, Marilyn y DUARTE LAGOS, Sandra Marcela. DISEÑO Y APLICACIÓN GUÍA DE PROCEDIMIENTOS PARA EL DIAGNÓSTICO TÉCNICO-AMBIENTAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES EN EL CORREGIMIENTO DE SALÓNICA EN EL MUNICIPIO DE RIOFRÍO EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA. Bogotá. 2015.

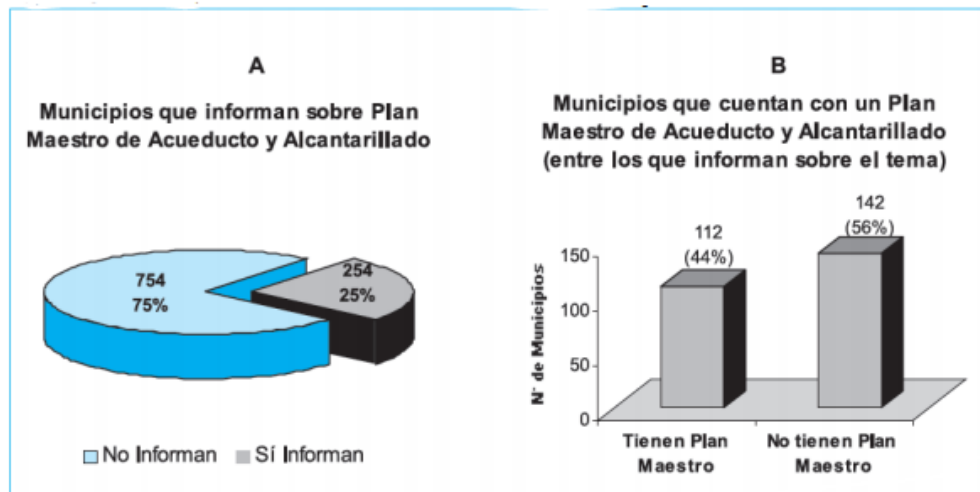
<sup>10</sup> CRUZ LASSO, Olga Islena. Estudio de caso para la optimización del sistema de acueducto del municipio de Paipa departamento de Boyacá y búsqueda de fuentes alternativas para el abastecimiento de agua. Bogotá, 2015.

que alimentar por bombeo, operando en este caso como foso de succión para llenar dichos tanques. Otro de los inconvenientes que presenta este sistema de acueducto es que no da abasto para suministrar agua al sur del casco urbano, donde se encuentran ubicados los hoteles y centros de convenciones del municipio. Dado que Paipa es una de las poblaciones más turísticas del departamento y el suministro de agua es cada vez más insuficiente, actualmente algunos de estos hoteles han tenido que obtener su propio sistema de abastecimiento

A nivel departamental podemos observar una problemática en el plan maestro de los municipios<sup>11</sup>, debido a que los municipios que informan sobre el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado en el país alarmante, ya que solo el 75% presentan reportes de sus respectivos planes maestros, lo que demuestra la falta de control por parte de las entidades en estos temas.

En la ilustración 1, se muestra la cobertura real de los sistemas de acueducto, donde se evidencia el escaso acceso a agua potable de aceptable calidad, y alcantarillado urbano y rural para los municipios del país. Se muestra la poca prestación de servicios por parte de las empresas en estos sectores.

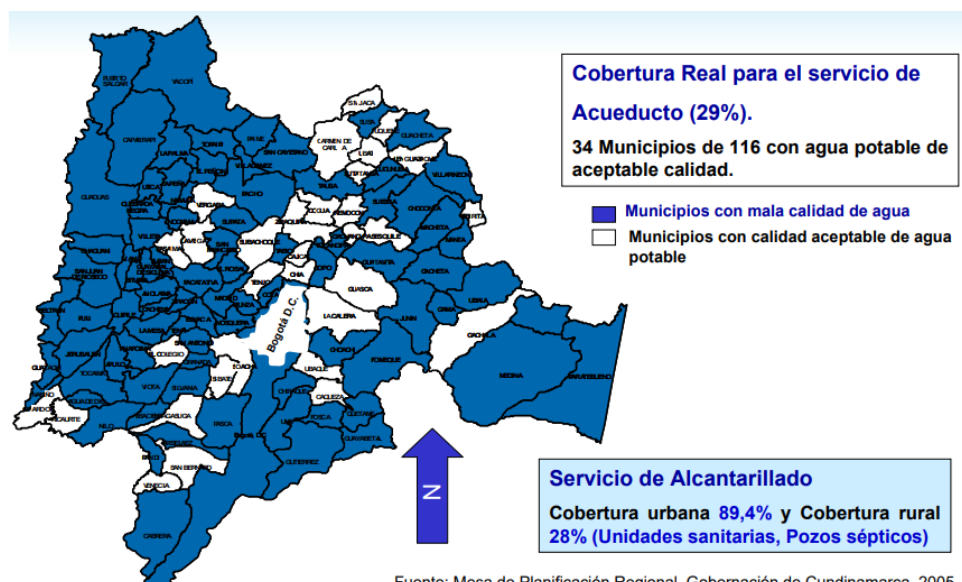
**Ilustración 1. Municipios con Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado.**



Fuente: UNICEF Colombia y procuraduría general de la nación, (2008).

<sup>11</sup> PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO. Documento Técnico de Soporte Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado. Bogotá D.C. EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO – ESP, 2006, p. 12.

## Ilustración 2. Diagnóstico del servicio.



Fuente: Mesa de planificación regional. Gobernación de Cundinamarca. 2005.

El “Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá año 2006”<sup>12</sup> se anexó ya que los municipios de la sabana de occidente (Funza-Mosquera-Madrid) reciben el suministro de agua de esta ciudad por una tubería la cual se encuentra instalada por la vía que comunica Bogotá Madrid salía río Bogotá-Fontibón (calle 13) con un diámetro de 24” la cual es responsable de suministrar el 70% del agua que el municipio de Madrid necesita para suministrar a la comunidad de los centros poblados y casco urbano.

## Ilustración 3. PDF Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

Documento Técnico de Soporte Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá D.C. Documento Principal Agosto 2006

### PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

(Documento Técnico Soporte)

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO - ESP

Fuente: Pagina del Acueducto de Bogotá (2006).

<sup>12</sup> Ibid., p.4

## **1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Planteamiento del problema.**

El sistema de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial de la Vereda El Corzo, del municipio de Madrid, presenta actualmente un estado precario en sus redes, por otra parte, se evidencia la inconformidad de los usuarios con la prestación deficiente de estos servicios.

Se identificó que el servicio público de acueducto cuenta con tuberías hechas con materiales en asbesto-cemento, no correspondientes a los estándares propuestos en los nuevos sistemas de acueducto y la normativa RAS en su resolución 0330, teniendo en cuenta que el Ministerio de Salud manifiesta que en el 2016 se presentaron a nivel nacional más de 10 casos por mesotelioma, (enfermedad mortal causada por el asbesto) lo cual ha provocado que el gobierno proyecte la ley que prohíba la fabricación y utilización de este material. Adicionalmente, el servicio público de alcantarillado en la Vereda funciona por pozos sépticos y una red principal la cual conduce las aguas servidas producidas por la comunidad al río Bojacá provocando un deterioro ambiental en la sabana de occidente. Cabe resaltar que la dinámica del crecimiento poblacional, ha provocado la reducción de la funcionalidad de los sistemas existentes y desbordamiento de su capacidad.

### **1.2.2. Formulación del problema.**

De acuerdo a las inconformidades identificadas, se genera la necesidad de tener un servicio adecuado y alcantarillado en beneficio de la comunidad, donde se identifican diversos factores como topografía, hidrología, tratamiento de aguas y la población, a través de datos recolectados por los líderes sociales. A partir de esto se dará repuesta a la siguiente problemática de ¿Cómo mejorar el saneamiento de la Vereda El Corzo del municipio de Madrid con la implementación del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Proyectar el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de la Vereda El Corzo, municipio de Madrid, ubicada en el departamento de Cundinamarca, con el fin de generar una solución a la problemática de saneamiento básico del centro poblado de la Vereda.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Identificar la información topográfica de la Vereda.
- Proyectar las redes de los sistemas de acueducto y alcantarillado de la Vereda El Corzo del municipio de Madrid.
- Analizar el estado de las estructuras hidráulicas presentes en la zona.
- Generar participación activa de la comunidad con el propósito de recolectar información de las condiciones en la comunidad.
- Realizar el catastro de redes existentes de la zona.

#### 1.4. JUSTIFICACIÓN

La escasa información en zonas rurales del país de los sistemas de acueducto y alcantarillado se debe a la mínima cobertura del servicio. Así mismo, muchos de los municipios no presentan información del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de la zona. Los municipios que cuentan con su respectivo Plan Maestro no cumplen con los lineamientos técnicos establecidos por la resolución 0330.

El Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado (PMAA) no es un tema frecuente en los planes de desarrollo municipales. El 75% de los municipios analizados no hace referencia a éste. El resto tiene un PMAA elaborado o en implementación. Sin embargo, no es posible establecer si dicho Plan fue elaborado bajo los criterios técnicos establecidos por el Reglamento Técnico del Sector (RAS 2000). De los 254 municipios que incluyen el tema, menos de la mitad (44%) cuenta con el plan maestro, mientras que el 56% restante no ha elaborado aún dicho plan.<sup>13</sup>

Mediante la implementación del PMAA, en la cual se da la oportunidad de evidenciar la cobertura del servicio y el estado actual de las redes de los sistemas existentes, se busca mitigar la problemática social que hay en la Vereda El Corzo con el fin de generar mecanismos para el mejoramiento de las condiciones de vida en la comunidad. Esto se realiza con la participación de los líderes sociales, los cuales aportan toda la información de la zona, para posteriormente proyectar la optimización de las redes.

---

<sup>13</sup> EL AGUA POTABLE Y EL SANEAMIENTO BÁSICO EN LOS PLANES DE DESARROLLO. En: El estado del agua, el alcantarillado y los residuos sólidos en los municipios. UNICEF, 2008, p. 43

## **1.5. DELIMITACIÓN**

### **1.5.1. Alcance.**

Realizar el levantamiento de las redes, estructuras hidráulicas y accesorios de los sistemas de acueducto y alcantarillado existentes, además de recolectar la información suministrada por la Junta de Acción Comunal, con el fin de plantear las posibles soluciones a las problemáticas que tiene la comunidad del centro poblado de la Vereda El Corzo del Municipio de Madrid.

### **1.5.2. Limitaciones.**

El proyecto se centrará en realizar el levantamiento topográfico y analizar el estado de las redes de los sistemas de acueducto, alcantarillado pluvial y sanitario, cabe resaltar que se proyectará las soluciones a las problemáticas en las que se encuentra la comunidad del centro poblado de la Vereda El Corzo con respecto al saneamiento básico. Por último, se realiza este proyecto con el fin de entregar un documento técnico para la búsqueda de recursos por parte de la comunidad y que este documento sea tenido en cuenta para un futuro como una base para el mejoramiento de la situación de saneamiento básico a la cual se enfrentan actualmente el centro poblado de la Vereda El Corzo.

## 1.6. MARCO DE REFERENCIA

### 1.6.1. Marco teórico.

El Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado sanitario y pluvial concreta las políticas, estrategias, programas, proyectos y metas que permiten garantizar el abastecimiento actual y futuro de agua potable y el servicio de alcantarillado pluvial y sanitario para la ciudad, y establece las normas generales para una regulación sistemática en cuanto a su generación, mantenimiento, recuperación y aprovechamiento económico<sup>14</sup>.

#### **Sistema de acueducto:**

Determinan el nivel de desarrollo social y cultural de una comunidad. Está constituido por las obras de agua potable "acueductos", las cuales permiten llevar el agua potable a los usuarios, que una vez las utilizan de acuerdo a los diferentes fines como son industriales, comerciales, domésticos, entre otros, las desechan como aguas residuales, que son a su vez las aguas que recolecta el sistema de alcantarillado mediante redes de tuberías y sus diferentes aditamentos. Una vez las aguas residuales son captadas con el sistema son conducidas y entregadas al sistema de purificación o planta de tratamiento de aguas residuales en donde se realiza un proceso de descontaminación y así poder entregar esta agua nuevamente a las fuentes de agua superficiales<sup>15</sup>.

“Con el paso del tiempo y debido al crecimiento poblacional ha sido necesario realizar obras cada día de mayor tamaño con la finalidad de abastecer de este preciado líquido a las poblaciones que día a día lo solicitan en mayor cantidad y de mejor calidad, para sus necesidades”<sup>16</sup>. “Un sistema de distribución de agua actúa como un conducto para transportar de manera confiable cantidades adecuadas de agua potable a los consumidores. Para lograr esto, el sistema debe funcionar según lo previsto y mantener una barrera física entre el agua dentro de la red y el entorno externo”<sup>17</sup>.

“El conjunto de elementos y estructuras cuya función es el transporte, almacenamiento y entrega al usuario final, de agua potable con unos requerimientos mínimos de calidad, cantidad y presión. Los componentes del sistema de acueducto son”<sup>18</sup>.

---

<sup>14</sup> PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO, Op. cit, p.4

<sup>15</sup> MURCIA DURAN, Luis Felipe. Curso de acueductos y alcantarillados con uso de multimedia para educación a distancia. Bogotá, 2005. p.4

<sup>16</sup> JIMENEZ TERAN, José Manuel. Manual de diseño para proyectos de hidráulica. México, sf. p.5

<sup>17</sup> ZIL, JE VAN. 2014. Introduction to operation and Maintenance of Water Distribution Systems. South Africa, 2014.

<sup>18</sup> Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de EPM.



**Tabla 1. Componentes del sistema de acueducto.**

Empresas Públicas de Medellín (EPM)	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Captación</li> <li>• Plantas de tratamiento</li> <li>• Tanques de almacenamiento</li> <li>• Aducción</li> <li>• Conducciones</li> <li>• Tuberías de distribución</li> <li>• Válvulas e hidrantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fuente de abastecimiento</li> <li>○ Obras de captación</li> <li>○ Obras de aducción</li> <li>○ Tratamiento del agua</li> <li>○ Almacenamiento</li> <li>○ Distribución</li> </ul>

Fuente: Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de EPM.

Donde el censo poblacional “representa el conteo y la caracterización de todos los habitantes, viviendas y hogares en el territorio nacional”<sup>19</sup>.

- Los componentes de un sistema de acueducto son:

- Fuentes de abastecimiento:

“Depósito o curso de aguas superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas.”<sup>20</sup>

- Captación:

“Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento”.<sup>21</sup> “La bocatoma como dice Novak<sup>22</sup>, “es una estructura hidráulica construido en la cabecera de un canal. La principal función es la de desviar y transportar el flujo que es captado de un cuerpo de agua, ya sea embalse o río”.

La captación a través de rejillas se realiza en ríos de zonas montañosas, con variaciones de caudal entre los periodos de estiaje y de crecientes máximas<sup>23</sup>.

De acuerdo con Corcho<sup>24</sup>, se deben tener en cuenta unos criterios para realizar el diseño de las rejillas, estos son: diámetro de la varilla, longitud de la rejilla, etc.”<sup>25</sup>

<sup>19</sup> ¿Qué es censo poblacional? DANE, D. (2018). DANE. Obtenido de <https://censo2018.dane.gov.co/sobrecenso>.

<sup>20</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Bogotá D.C.: Título B, 2014. p.467

<sup>21</sup> LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. En: Desarenador. Bogotá. 2003. 2 ed. p.140

<sup>22</sup> Novak, P, et al. Estructuras Hidráulicas. En: Obras de desviación. 2 ed. McGraw-Hill, 2001. p. 334.

<sup>23</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Título B, Op. cit, p.57

<sup>24</sup> CORCHO ROMERO, Freddy y DUQUE SERNA, José Ignacio. Acueductos. Teoría y diseño. En: Obras de captación. Medellín. 2005. p.45

- Canal de aducción.

“Son los conductos destinados a transportar por gravedad o por bombeo las aguas crudas desde los sitios de captación hasta las plantas de tratamiento, prestando excepcionalmente servicio de suministro de agua cruda a lo largo de su longitud.”<sup>26</sup>

- Desarenador.

“Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación mecánica.”<sup>27</sup>

- Tratamiento del agua:

“Conjunto de procesos y operaciones unitarios para tratar purificar el agua y que tienen por objeto hacerla apta para el consumo humano.”<sup>28</sup>

- Tanque de compensación:

“Depósito de agua en un sistema de acueducto con capacidad de almacenamiento muy baja, cuya función es actuar como un regulador de presión o quiebre de presión en sistemas de bombeo.”<sup>29</sup>

- Red de distribución:

Una red de distribución (que en lo sucesivo se denominará red) es el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como extinguir incendios.

La red debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y a una presión adecuada.<sup>30</sup>

Se pueden encontrar diferentes tipos de redes de distribución tales como:

- Red cerrada:

“Sistema de tuberías que se caracteriza por tener algún circuito cerrado, con el objetivo de tener un sistema redundante, aumentando así la confiabilidad del sistema.”<sup>31</sup>

---

<sup>25</sup> ARBOLEDA TRIVIÑO, Andrés Felipe y RUIZ CORREDOR, Brayan Alejandro. Diagnóstico Y Mejoramiento Del Sistema De Acueducto Del Municipio De Mesitas Del Colegio. Bogotá. 2017.

<sup>26</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Título B, Op. cit, p.465

<sup>27</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Título B, Op. cit, p.462

<sup>28</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras-2000. Bogotá D.C.: Título C, 2000. p. 13

<sup>29</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Título B, Op. cit, p.477

<sup>30</sup> COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Manual de agua potable, Alcantarillado y saneamiento.

<sup>31</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Título B, Op. cit, p.474

➤ Red matriz:

“Parte de la red de distribución que conforma la malla principal de servicio de una población y que distribuye el agua procedente de la conducción, planta de tratamiento o tanques de compensación a las redes secundarias. La red primaria mantiene las presiones básicas de servicio para el funcionamiento correcto de todo el sistema, y generalmente no reparte agua en ruta.”<sup>32</sup>

➤ Red menor de distribución:

“Red de distribución que se deriva de la red secundaria y llega a los puntos de consumo.”<sup>33</sup>

➤ Red secundaria de distribución:

“Parte de la red de distribución que se deriva de la red primaria y que distribuye el agua a los barrios y urbanizaciones de la ciudad y que puede repartir agua en ruta.”<sup>34</sup>

➤ Acometida.

“Derivación de la red local de acueducto que llega hasta el registro de rueda en el punto de empate con la instalación interna del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.”<sup>35</sup>

Se utiliza el Software EPANET, el cual sirve para modelar sistemas de distribución de agua. Fue desarrollado como una herramienta para comprender el movimiento y el destino de los componentes del agua potable dentro de los sistemas de distribución, y puede usarse para muchos tipos diferentes de aplicaciones en el análisis de sistemas de distribución. Es utilizado ampliamente en la actualidad en dimensionar nueva infraestructura de agua, modernizar la infraestructura existente, optimizar las operaciones de tanques y bombas, reducir el uso de energía, investigar problemas de calidad del agua y prepararse para emergencias.<sup>36</sup>

---

<sup>32</sup> Ibid., p. 474

<sup>33</sup> Ibid., p. 474

<sup>34</sup> Ibid., p. 474

<sup>35</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Título B, Op. cit, p.21

<sup>36</sup> Rossman, L. A.: EPANET 2 users manual, US Environmental Protection Agency. Ohio, 2000.

### **Sistema de alcantarillado:**

“Conjunto de elementos y estructuras cuya función es la recolección, conducción y evacuación hacia las plantas de tratamiento y/o cuerpos receptores de agua, de las aguas residuales y/o lluvias producidas en una ciudad o municipio.”<sup>37</sup>. También se incluyen las obras requeridas para el transporte, tratamiento y disposición final de estas aguas.

El agua lluvia se define como las “aguas provenientes de la precipitación pluvial”<sup>38</sup> y las aguas residuales domésticas las cuales son el “Desechos líquidos provenientes de la actividad doméstica en residencias, edificios e instituciones.”<sup>39</sup>

- Según el tipo de aguas que conducen las redes de alcantarillado, se pueden clasificar como:

- Alcantarillado de aguas combinadas:

“Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte, tanto de las aguas residuales como de las aguas lluvias”.<sup>40</sup>

- Alcantarillado de aguas lluvias:

“Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección transporte, tratamiento y disposición final de aguas lluvias.”<sup>41</sup>

- Alcantarillado de aguas residuales:

“Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales domésticas y/o industriales.”<sup>42</sup>

- Alcantarillado separado:

“Sistema constituido por un alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas lluvias que recolectan en forma independiente en un mismo sector.”<sup>43</sup>

- Existen diversos tipos de redes de alcantarillado:

- Red local de alcantarillado:

“Conjunto de tuberías y canales que conforman el sistema de evacuación de las aguas residuales, pluviales o combinadas de una comunidad, y al cual desembocan las acometidas del alcantarillado de los inmuebles.”<sup>44</sup>

---

<sup>37</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Título B, Op. cit, p.476

<sup>38</sup> Ibid., p.9

<sup>39</sup> Ibid., p.9

<sup>40</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Título D, Op. cit, p.9

<sup>41</sup> Ibid., p.9

<sup>42</sup> Ibid., p.9

<sup>43</sup> Ibid., p.10

<sup>44</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Título D, Op. cit, p.277

- Red pública de alcantarillado:  
“Conjunto de colectores domiciliarios y matrices que conforman el sistema de alcantarillado.”<sup>45</sup>
- Red secundaria de alcantarillado:  
“Conjunto de tuberías que reciben contribuciones de aguas domiciliarias en cualquier punto a lo largo de su longitud.”<sup>46</sup>
- Redes privadas de alcantarillado:  
“Son aquellas redes que están dentro de las urbanizaciones cerradas cuya operación y mantenimiento es responsabilidad de los copropietarios.”<sup>47</sup>
  - Los principales componentes de la red de alcantarillado sanitario son<sup>48</sup>:
    - Colectores terciarios.
    - Colectores secundarios.
    - Colectores principales.
    - Pozos de inspección.
  - Los principales componentes de la red de alcantarillado pluvial son<sup>49</sup>:
    - Cunetas.
    - Colectores secundarios.
    - Colectores principales.
    - Pozos de inspección (de registro, cámaras de inspección).
    - Drenaje.

---

<sup>45</sup> Ibid., p.277

<sup>46</sup> Ibid., p.277

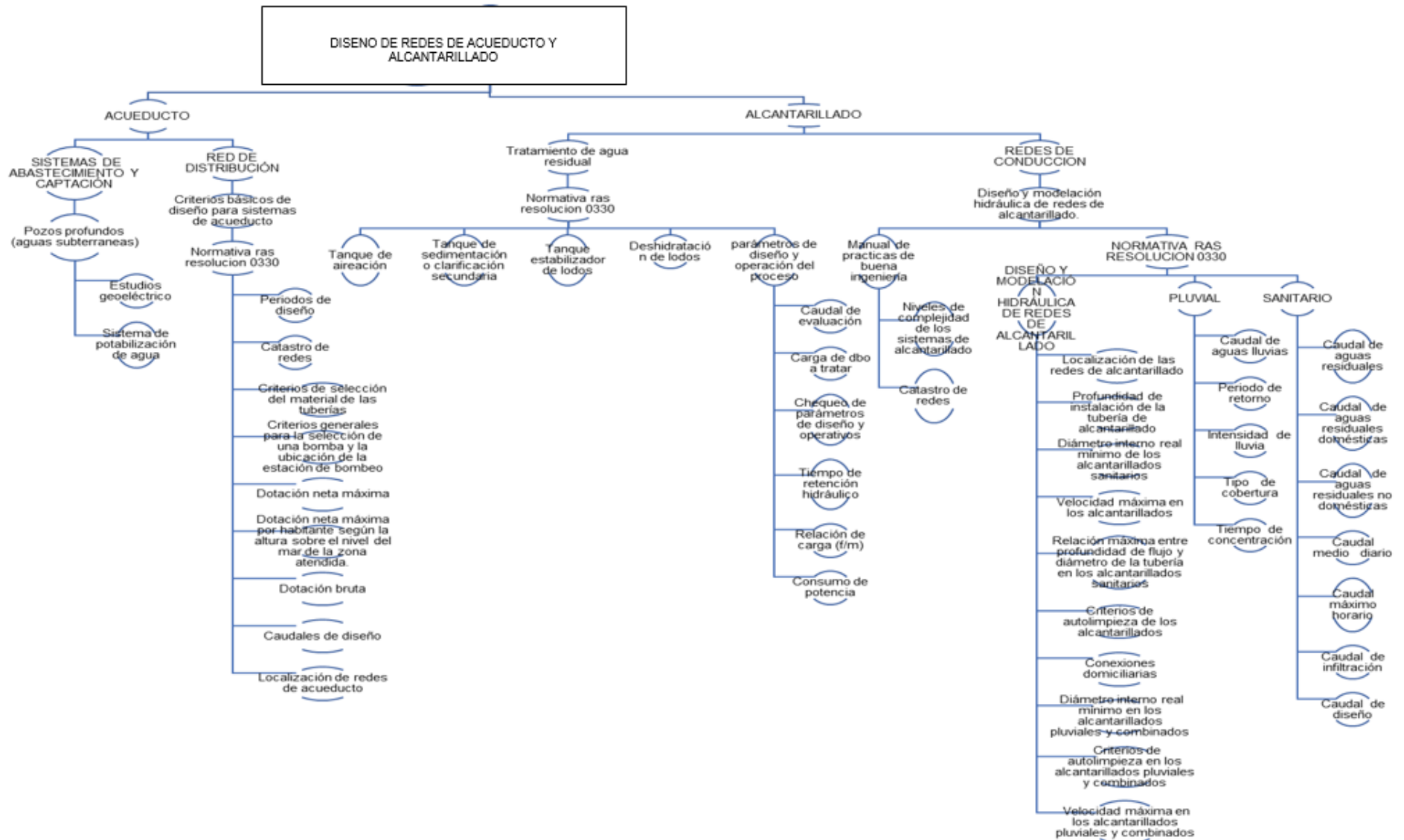
<sup>47</sup> Ibid., p.277

<sup>48</sup> MUÑOZ MARTOS, Cristián Libardo y RUEDA RINCÓN, Andrés David. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA ELABORAR CATASTRO DE REDES DE ALCANTARILLADO. Bogotá. 2017.

<sup>49</sup> Ibid., p.1-28

## 1.6.2. Marco conceptual.

Ilustración 4. Marco conceptual.



Fuente: Autores.

### 1.6.3. Marco geográfico.

- **Localización del municipio.**

Madrid es un municipio que hace parte del Área Metropolitana de Cundinamarca, ubicado a 21 km de Bogotá, sobre la Cordillera Oriental, en la Provincia de la Sabana Occidente; tiene una extensión de 121 km<sup>2</sup> de los cuales 7,5 km corresponde a las Cabecera Municipal o área Urbana; limita al sur con el municipio de Mosquera, al oriente con los municipios de Funza y Tenjo, al norte con Subachoque y el Rosal, y al occidente con los municipios de Facatativá y Bojacá.

- **Localización del centro poblado El Corzo<sup>50</sup>:**

La Vereda El Corzo está ubicada al Oeste del municipio de Madrid y limita con el Municipio de Bojacá y con el Municipio de Facatativá. La línea divisora entre el municipio de Madrid y el municipio de Bojacá es el Río Bojacá.

Los límites de la Vereda son:

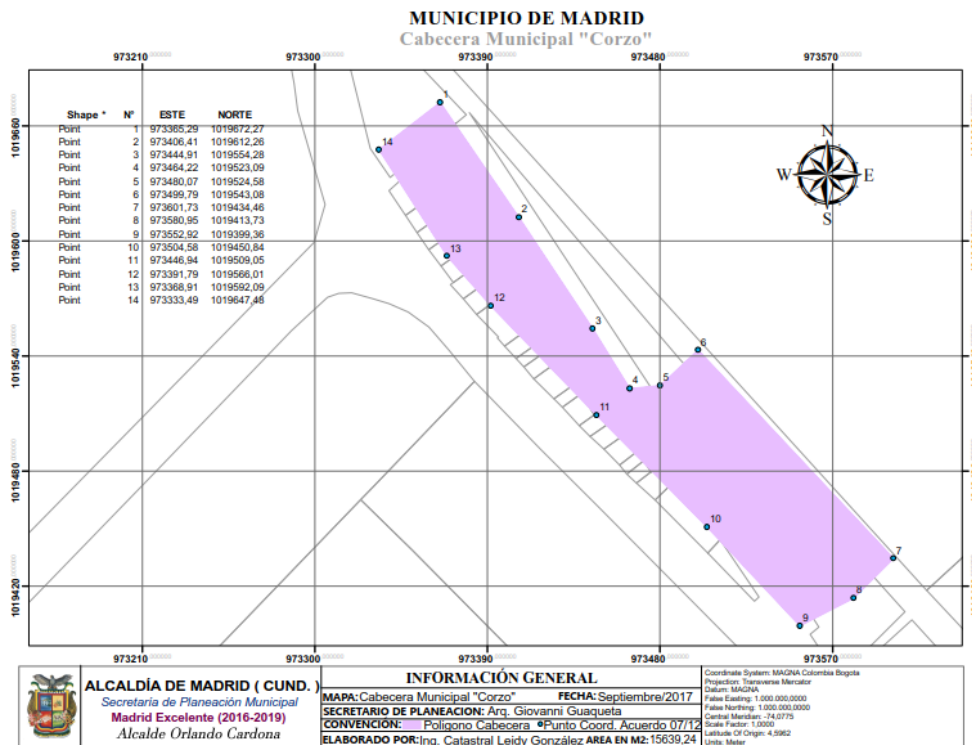
Por el Sur: Vereda Potrero Grande y Municipio de Bojacá.

Por el Norte: Municipio de Facatativá, Vereda Moyano.

Por el Este: Vereda Laguna Larga.

Por el Oeste: Municipio de Bojacá y Municipio de Facatativá.

#### Ilustración 5. Centro Poblado El Corzo.

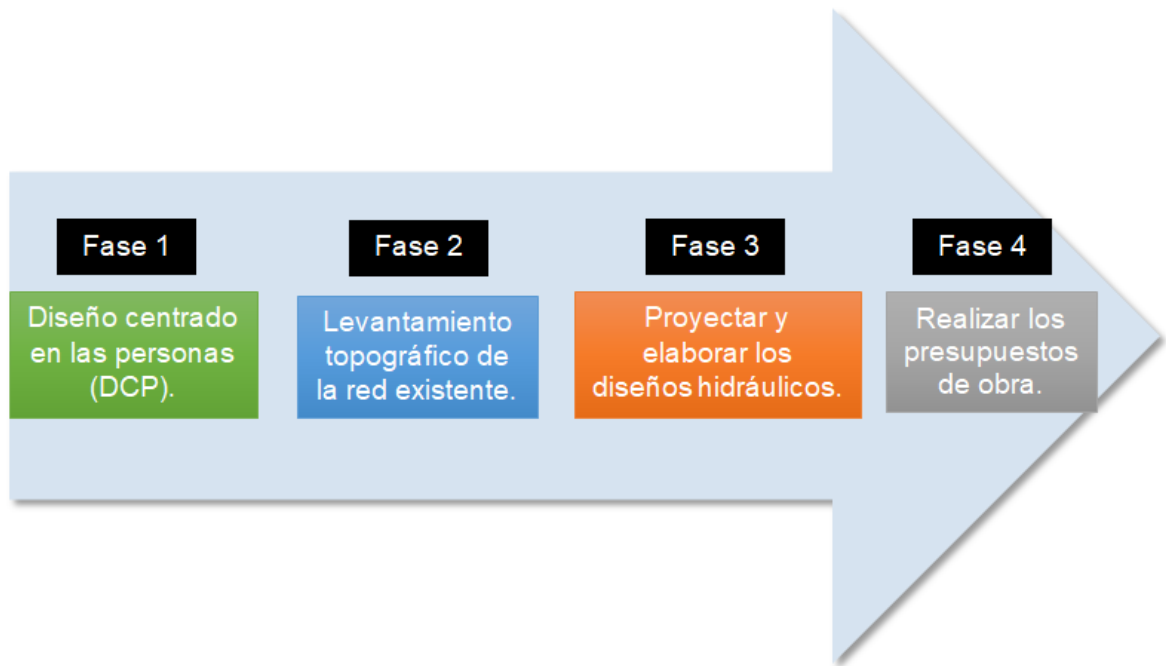


Fuente: Secretaría de Planeación Municipio de Madrid.

<sup>50</sup> Informe Sistematización y recorridos del territorio área urbana del municipio y de los centros poblados.

## 1.7. METODOLOGÍA

Ilustración 6. Metodología.



Fuente: Autores.



Para el desarrollo del proyecto se realizan determinadas visitas a la comunidad con el fin de generar una participación activa de la comunidad, a través de la recopilación de la información pertinente y se divide en cuatro fases específicas (Ilustración 6):

#### **1.7.1. Diseño centrado en las personas (DCP).**

Para hacer participativo el proyecto, se implementará la metodología del Diseño Centrado en la Persona. Se hace uso de un kit de herramientas que genera técnicas y métodos a través del análisis de las necesidades de la población para generar soluciones conjuntas con la comunidad.

#### **1.7.2. Realizar el catastro de las redes.**

La información para el catastro de redes de acueducto y alcantarillado se levantó con las visitas de campo necesarias, realizando la marcación de los elementos hidráulicos. Se verifica las condiciones actuales de las redes existentes de acueducto y alcantarillado con el que cuenta la Vereda donde se identificó la problemática, en compañía de la Presidenta de la Junta de Acción Comunal.

#### **1.7.3. Proyectar y elaborar los diseños hidráulicos.**

De acuerdo a la problemática identificada en la comunidad, información recopilada en las visitas realizadas y las soluciones propuestas, mitigar las necesidades sociales a través de proyectar la red de acueducto y alcantarillado para la Vereda El Corzo basados en la resolución 0330 de 2017.

#### **1.7.4. Realizar los presupuestos de obra.**

Estimar los costos de los diseños propuestos para la Vereda El Corzo de las redes de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial. En este se especificará las cantidades de relleno, suministro e instalación de accesorios y de la tubería, obras civiles y actividades complementarias, pozos de inspección y AIU.

## **2. DISEÑO CENTRADO EN LAS PERSONAS**

El Diseño Centrado en las Personas es una metodología que establece una propuesta participativa, en la cual se evalúa la factibilidad y viabilidad de un proyecto desde el énfasis social, teniendo en cuenta las fases de escuchar, crear y entregar.

### **2.1. ESCUCHAR**

La parte de escuchar se basa en la recolección de información de las personas en la zona de estudio, a partir de un proceso descrito a continuación y poder determinar soluciones óptimas en función de las necesidades de la comunidad. La correcta comunicación facilita los procesos de obtención de información, de acuerdo a las necesidades, deseos y aspiraciones de las personas para la solución de las problemáticas percibidas.

#### **2.1.1. Identificar un reto de diseño.**

Este paso implica directamente la comunidad, es el punto donde se recolecta la correspondiente información de la zona y se plantean ideas que posteriormente deben ser analizadas y validadas por las personas de la comunidad. Se cuenta con la participación de la Junta de Acción Comunal, los estudiantes de ingeniería civil de la Universidad Católica de Colombia y la Unión Temporal Tabor y algunas personas de la comunidad. En la reunión realizada con los partícipes del proyecto, se evidenció una comunicación asertiva, ya que los integrantes de la Junta manifestaron sus inconformidades de manera clara y abierta que presenta actualmente la comunidad.

Después de la recolección de esta información, el reto de diseño es “mejorar el saneamiento de la Vereda El Corzo con la implementación del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado”, de tal manera se implemente un proyecto que mejore la calidad de vida, con el apoyo de la comunidad para generar sentido de pertenencia y apropiación.

#### **2.1.2. Averiguar lo que ya se conoce.**

Siguiente a establecer el reto de diseño de acuerdo a las diferentes problemáticas expresadas por la comunidad de la vereda; en conjunto con la Unión Temporal Tabor se procede a presentar y transmitir a las personas presentes en la reunión la propuesta, donde el objetivo es mitigar una de las problemáticas de los sistemas actuales de las redes de acueducto y alcantarillado en beneficio de la comunidad. La Presidenta de Junta de Acción Comunal manifiesta la desconfianza hacia las entidades prestadoras de estos servicios, ya que han realizado intervenciones que no dan solución y deseaban un proyecto que mejorara la calidad de vida de los habitantes.

#### **2.1.3. Identificar a las personas con quienes hablar.**

Es importante en un proyecto social la correcta selección de personas que viven en la comunidad, para hablar y recolectar la información útil y necesaria. Por medio de los líderes comunitarios se puede generar un acercamiento a través de

las redes de confianza que tienen con toda la comunidad, los cuales motivan y transmiten de manera óptima las ideas a los habitantes. Se identificaron a la Presidenta de JAC y un líder social como los representantes de la Vereda.

#### **2.1.4. Elegir los métodos de investigación.**

Se utilizan métodos de investigación, con el fin de percibir el concepto de las personas del contexto que viven en la comunidad. Para esto, se utilizan los siguientes métodos:

- **Entrevista individual**

Es un método muy eficaz para la recolección de la información, ya que permite una comunicación más directa entre el entrevistador y el habitante de la zona. Tiene como ventaja que es económica de realizar y a partir de escuchar a la persona, se analiza el pensamiento individual de acuerdo a su contexto cotidiano. Es de suma importancia las entrevistas individuales debido a que se logran conocer las necesidades personales de la población de la Vereda. Gracias a la implementación de esta entrevista, se obtuvo una respuesta positiva por parte de habitantes de la comunidad que reconocen las falencias de estos sistemas y comprometiéndose a facilitar ayudar para su ejecución.

- **Entrevista grupal**

En este método se identifican las problemáticas y fortalezas globales de la comunidad. Se deben buscar personas que estén dispuestas a facilitar información y conozcan la comunidad. La entrevista grupal se realizó con las personas que conforman la Junta de Acción Comunal y los dos líderes sociales, con el fin de conocer como es la interacción entre las personas de la comunidad, las redes de confianza entre los habitantes y los líderes, y que tan comprometida se encuentran las personas con los proyectos a ejecutar.

- **Conocimiento generado por la comunidad**

Por medio del apoyo de la Presidenta de la Junta de Acción Comunal, la cual se identificó que cuenta con buenas capacidades sociales, motivar a toda la comunidad a apoyar la ejecución del proyecto. Esto genera que la Presidenta asuma un papel del líder, además que se logra percibir la confianza de la comunidad hacia las mejoras propuestas por ella, ya que es una persona que ha habitado por muchos años en este sector.

- **Buscar inspiración en otras partes**

De acuerdo a proyectos ejecutados de la misma magnitud en otras comunidades, analizar cómo puede servir de guía para la ejecución, prevenir problemas ya presentados y la factibilidad de este. Se escoge la inspiración en otras partes como lo pueden ser proyectos que se hayan llevado con la comunidad anteriormente no solo de infraestructura, sino proyectos de integración, de alcance, de comunicación o de recursos humanos.

- **Entrevistas con expertos.**

No se implementa este método, ya que los expertos son las mismas personas de la comunidad que son entrevistadas y viven día a día en la comunidad, los cuales se busca beneficiar con este proyecto.

- **Inmersión del contexto.**

Implica convivir en el contexto de la comunidad, con el fin de generar empatía con las personas, entender la realidad y desarrollar soluciones más acordes a las necesidades de la comunidad. No se dispone del tiempo suficiente para su implementación y solo se establecen unas visitas determinadas a la comunidad, por lo cual no es viable.

- **Documentación propia.**

Para la implementación de este método se necesita recursos tecnológicos para documentar experiencias durante el estudio, por lo cual no se realiza ya que no se cuentan con estos recursos para su implementación, además de que los periodos de tiempo disponibles para la investigación son reducidos.

### **2.1.5. Desarrollar un enfoque para entrevistas**

Se desarrollan entrevistas para obtener información concisa por parte de las personas de la comunidad y así crear estrategias para la solución de la problemáticas de la zona. A continuación se presentan los métodos:

- **Entrevista guiada**

Este método posee ventajas porque se obtiene información de manera rápida y precisa basando las preguntas en los temas clave, que previamente fueron formuladas por los diseñadores para el desarrollo del proyecto. De acuerdo a las respuestas obtenidas, se logra identificar los puntos de vistas de las personas a nivel personal de las expectativas y como este beneficiará directamente a la comunidad. El estudio y análisis de la información recopilada, se realiza en conjunto con las personas de la JAC y la Unión Temporal Tabor.

- **Concepto de sacrificio**

Comprende un alto nivel de complejidad para los habitantes de la comunidad, debido a que plantea escenarios para obtener resultados puntuales. Es un método que conlleva mucho tiempo para recolectar información, retrasando la ejecución de la idea y poniendo a prueba a la comunidad con las preguntas.

- **Técnicas de entrevista**

Este método facilita la comunicación entre los diseñadores y la comunidad. El entrevistador plantea cuestionamientos sobre temas importantes del desarrollo del proyecto, para conseguir información más relevante. No se utiliza este método, ya que requiere de una amplia estructura organizacional.

### **2.1.6. Desarrollar tu paradigma**

Los conocimientos que se tengan a través del tiempo se dejan a un lado y se da la opción de generar e integrar nuevas ideas y soluciones que se puedan implementar en la ejecución del proyecto.

- **Mente de principiante**

No se hace uso de este paso, debido se basa en obtener el conocimiento a través de experiencia e interacción con las personas. Es importante tener claros conceptos anteriores acerca de adopción, construcción y funcionalidad de los sistemas para una zona de estudio. Es importante tener en cuenta estos factores con el fin de cumplir con el objetivo propuesto de beneficiar a la comunidad.

- **Observar vs Interpretar**

Se basan en la relación y dialogo que se tiene con la comunidad, con la cual se busca generar empatía. Este paso es de vital importancia para conocer las opiniones de las personas, estas son escuchadas y se tienen en consideración para el desarrollo del proyecto social. La cobertura, calidad, y la prestación de estos servicios son las principales problemáticas expresadas por la comunidad.

## **2.2. CREAR**

Después de recolectar la información necesaria para el desarrollo de la propuesta, a través de los diferentes pasos descritos anteriormente, se continúa con la siguiente metodología. El proceso de crear consiste en generar soluciones que mitiguen la problemática establecida, por medio de estrategias de acuerdo a la realidad de la comunidad.

### **2.2.1. Desarrollar el enfoque.**

#### **- Co-diseño participativo.**

Este proceso es importante porque relaciona al equipo de trabajo y a la comunidad, desde las capacidades y aportes de cada individuo para generar soluciones a los inconvenientes que se pueden presentar por la ejecución del proyecto. Al ser un proyecto por y para la comunidad, se necesita el empoderamiento de la comunidad a través de la participación activa a través del conocimiento local y la experiencia adquirida. Los habitantes de la Vereda pueden adoptar este método, ya que es difícil implementar soluciones externas. Por este motivo, las personas de la comunidad pueden contribuir a la ejecución del proyecto en factores como el conocimiento, los recursos económicos, y la experiencia. Además, se encuentran actores locales con conocimientos en construcción que pueden ser muy importantes en factores de construcción, identificación de problemas y generación de estrategias.

#### **- Diseño empático.**

Relaciona la experiencia de quien diseña con necesidades de la comunidad, adaptando la postura de los habitantes para generar empatía o agrado. Es importante, con el fin de generar soluciones a partir de las necesidades sentidas de los habitantes. Sin embargo, es un método que requiere de mucho tiempo, lo cual no es viable por las pocas visitas que se realizan a la zona.

### **2.2.2. Compartir historias.**

En este paso algunos habitantes de la comunidad comparten historias de sus anécdotas, donde se pueden identificar aspectos para la ejecución del proyecto, o dificultades que se han presentado en otros proyectos. Este paso se realizó con algunas personas de la comunidad presentes en la reunión, que se encontraron comprometidas con el proyecto, en la cual se conocieron datos e información de experiencias. Después de escuchar a algunas personas de la comunidad, se logran identificar ideas clave para soluciones a los problemas particulares.

### **2.2.3. Identificar patrones.**

Se realizó este proceso donde la recolección de información cobra sentido con el fin de crear posibles soluciones. En la realización de este paso se utilizaron 3 métodos los cuales son detectar intuiciones críticas, encontrar temas y crear modelos interpretativos. El método de detectar intuiciones críticas se utilizó en la comunidad ya que nos permitió conocer las verdaderas historias de algunos de sus habitantes y cómo esto influye en su modo de vida actual. También, se

seleccionó el método de encontrar temas ya que si bien en la comunidad se tiene un alto grado de heterogeneidad lo cual lleva a tener ideas diferentes y temas variados de cada persona. Para finalizar se eligió el método de crear modelos interpretativos debido a que es necesario asociar los diferentes temas encontrados en el anterior método, además cabe resaltar que las historias de los hombres y las mujeres difieren en gran medida.

#### **2.2.4. Crear áreas de oportunidad.**

Generar oportunidades aprovechando las fortalezas de la comunidad, en pro de encontrar soluciones adecuadas a las problemáticas. Este paso se implementa en la realización del proyecto con el objetivo de determinar posibles preguntas de cómo se podría mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona y las posibles rutas de éxito.

#### **2.2.5. Hacer tormenta de ideas de soluciones.**

Es importante realizar este paso, en el cual es importante recibir todo tipo de ideas desde diferentes perspectivas de las personas de la comunidad, sin importar si estas cuentan con la viabilidad suficiente. Algunas ideas pueden ser innovadoras, por lo tanto no se deben establecer límites en la implementación de este.

#### **2.2.6. Concretar las ideas.**

Es esencial concretar las ideas para generar un producto que busca mitigar la problemática social. El proyecto planteado busca el diseño de las redes de acueducto y alcantarillado por lo cual se necesita el apoyo de docentes expertos en estos temas, que den ideas y estrategias acerca de la correcta proyección de los diseños, con el objetivo de establecer propuestas que conlleven a soluciones óptimas en beneficio de la comunidad.

#### **2.2.7. Recoger comentarios.**

Se realiza una segunda reunión con las personas que conforman la JAC, algunos habitantes de la comunidad, la Unión Temporal Tabor y los estudiantes de la Universidad Católica de Colombia, para transmitir los beneficios y problemas de la proyección de los diseños de los sistemas, además de recoger los comentarios de la comunidad respecto a la propuesta. Este paso es importante dar puntos de vista acerca de las soluciones propuestas, debido a que los actores directos del proyecto es la comunidad, por lo tanto es importante recolectar las ideas de ellos para generar nuevas alternativas de solución.

## **2.3. ENTREGAR**

En esta etapa se crean y entregan las soluciones o productos que son diseñados de acuerdo a las necesidades de la comunidad, determinados por el contexto real de la zona. Se tienen en cuenta variables para entregar como la calidad, implementando una excelente calidad en el diseño y los materiales para la construcción, de tal forma que tengan una mayor vida útil. El diseño, por medio del diseño se pueda determinar los componentes, dimensiones de la red y el funcionamiento de la instalación, de tal manera que se pueda aplicar a las necesidades de los habitantes. Mejoramiento de los servicios a través de redes adecuadas con tubería que tenga la capacidad para la población actual y futura. La personalización, adaptación del proyecto a través del alcance en las expectativas y necesidades de la comunidad que permita solucionar las dificultades que alternen la integridad y el bienestar. La conveniencia, mediante la coexistencia del proyecto con la comunidad se podrá generar beneficios de calidad de vida.

El objetivo es entregar los diseños y presupuestos de las redes de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial en la Vereda El Corzo.

### **2.3.1. Desarrollar de un modelo de ingresos sostenibles.**

Se entregará la propuesta de valor de realizada a la JAC de la Vereda, para la implementación de estos sistemas. Es importante resaltar que debe ser apoyado económicamente para su ejecución, por la tanto, la comunidad puede apoyar sacando una contratación y/o convenio con la E.A.A.A.M-E-S-P, donde se pueden buscar los recursos necesarios en la Empresas Públicas de Cundinamarca, Alcaldía del municipio o con la Gobernación. Por medio de estas entidades se puede obtener el financiamiento de las obras y por parte de la comunidad el control en las diferentes etapas del proceso del proyecto, así como la búsqueda de donaciones por parte de personas de la comunidad y externos para la obtención de materiales y herramientas que permitan el desarrollo.

### **2.3.2. Identificar las capacidades que se necesitan para entregar soluciones.**

Es importante contar con las capacidades necesarias de los involucrados, por lo cual se identifica las competencias que presenta la comunidad para la implementación de la propuesta, siendo clave para mitigar las problemáticas y hacer más factible y viable el proyecto a través de las redes de confianza de la comunidad que sea partícipe. La falta de capacidades puede presentar riesgos, impidiendo un correcto proceso de ejecución y de beneficio a la comunidad. Personas con conocimientos en construcción, se comprometen a prestar la mano de obra para el desarrollo del proyecto.

### **2.3.3. Planear un flujo de soluciones.**

Se realiza un flujo de soluciones los cuales expresan como el proyecto cuenta con diferentes soluciones y se establece la parte de la comunidad que se beneficiará. De acuerdo a las ideas determinadas, se generan las soluciones planteadas y se



obtienen respuestas a las problemáticas del sector, estableciendo cual solución es más óptima. Se identifica que el proyecto que se pretende realizar en la Vereda tendrá impactos positivos, lo cual mejorará la calidad de vida de los habitantes de esta zona no solo actualmente, si no, será una solución también a usuarios futuros. Además, el proyecto será desarrollado con base a las necesidades y requerimientos de la comunidad de la Vereda, generando una integración de los habitantes, mitigando el saneamiento básico de la población.

#### **2.3.4. Crear una línea de tiempo para la implementación.**

Es de gran importancia establecer un cronograma de trabajo basado en la recopilación de los anteriores procesos, para que el diseñador tenga una guía de los tiempos de ejecución de cada etapa del proyecto y que la comunidad esté enterada de las actividades que lo conforman, para supervisar y notificar que se está cumpliendo con lo establecido.

#### **2.3.5. Planear mini programas piloto y reiteraciones.**

Se realizan mini programas que justifican las actividades propuestas, mostrando la importancia de cumplir con las fechas establecidas para obtener resultados precisos. Por esta razón un requisito es implementar estos programas de los diferentes escenarios que se pretenden presentar, para analizar el comportamiento de este. Estos mini programas también pueden ser tomados de proyectos similares con resultados que hayan beneficiado a comunidades.

#### **2.3.6. Crear un plan de aprendizaje.**

El plan de aprendizaje da a conocer el comportamiento de las habitantes acerca de la implementación del proyecto en la Vereda, basado en el trabajo en equipo con todos los actores involucrados para dar a conocer inconformidades si las hay y buscar soluciones para estas mismas o mejorar las soluciones ya planteadas. Se busca realizar una comparación de cómo se encuentra la comunidad actualmente y como estará después de implementado el proyecto.

#### **2.3.7. Evaluar los resultados.**

Después de terminar los anteriores pasos, se procede a revisar detenidamente si este proyecto soluciona adecuadamente la problemática social a desarrollar, reevaluando los aspectos ya mencionados, para posteriormente ser entregado.

Se procederá una vez realizada la entrega y aprobación de la propuesta del proyecto, la ejecución de talleres de capacitación y apoderamiento para la comunidad de la Vereda El Corzo para que manifiesten sus opiniones acerca del proceso.

### 3. CATASTRO DE REDES

Este procedimiento se desarrolló en conjunto con la Unión Temporal Tabor en el Contrato de Consultoría No 050 de 2017 de Catastro de redes de Acueducto y Alcantarillado en la Vereda El Corzo.

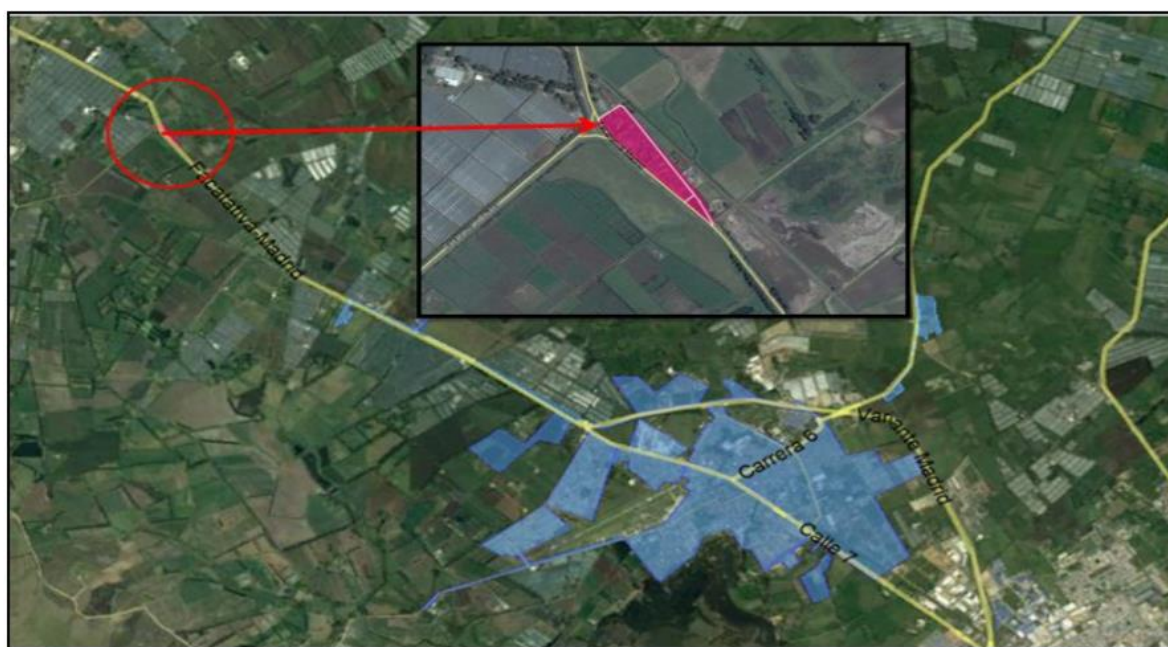
#### 3.1. CATASTRO REDES DE ACUEDUCTO

##### 3.1.1. Marcación de elementos hidráulicos.

Se realiza el recorrido por toda la zona de la Vereda El Corzo los días 29 y 6 de junio de 2019, sin embargo, se resalta que el sistema de acueducto no cuenta con elementos hidráulicos visibles como válvulas de cierre, hidrantes entre otros.

En la Ilustración 7, se puede observar las zonas donde se realizaron las actividades de marcación.

**Ilustración 7. Zonas catastradas.**

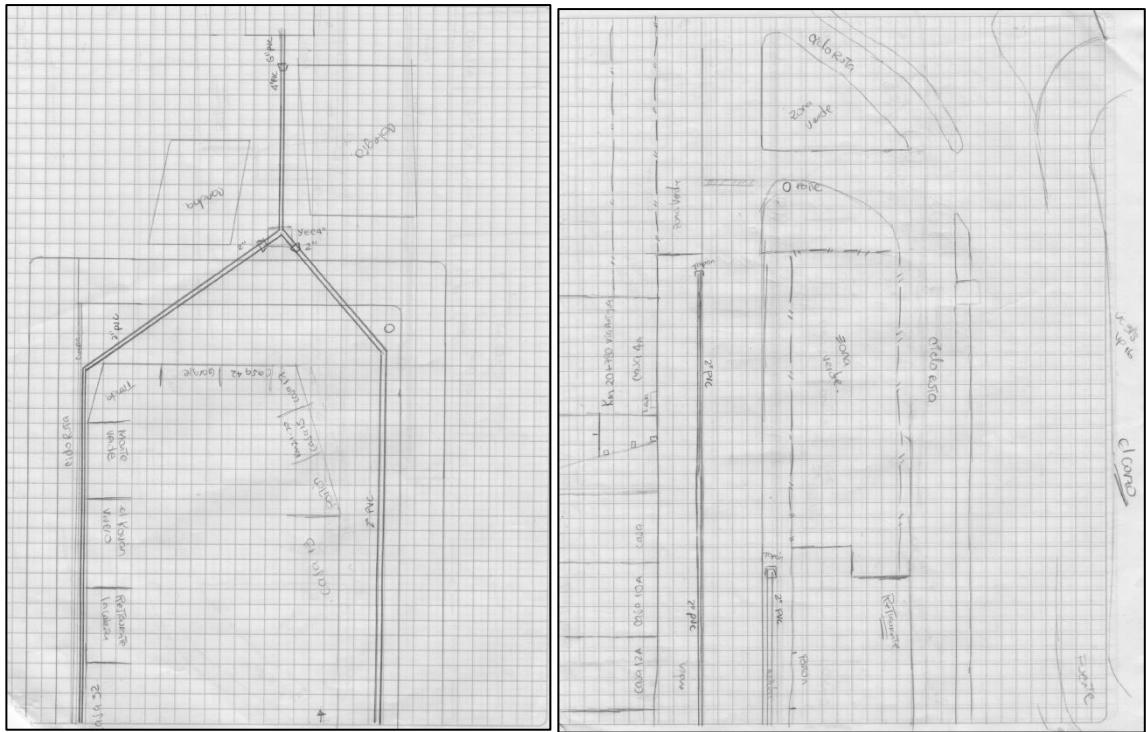


Fuente: Autores.

##### 3.1.2. Referenciación de elementos hidráulicos.

La actividad de trazado de redes de acueducto consiste en un recorrido calle a calle en compañía de la presidenta de la Junta de Acción Comunal. A la fecha no cuenta con ningún tipo de información de redes de El Corzo, por lo que se realizaron trazados a mano alzada (Ilustración 8).

### Ilustración 8. Trazado de redes de acueducto e identificación de elementos hidráulicos visibles.

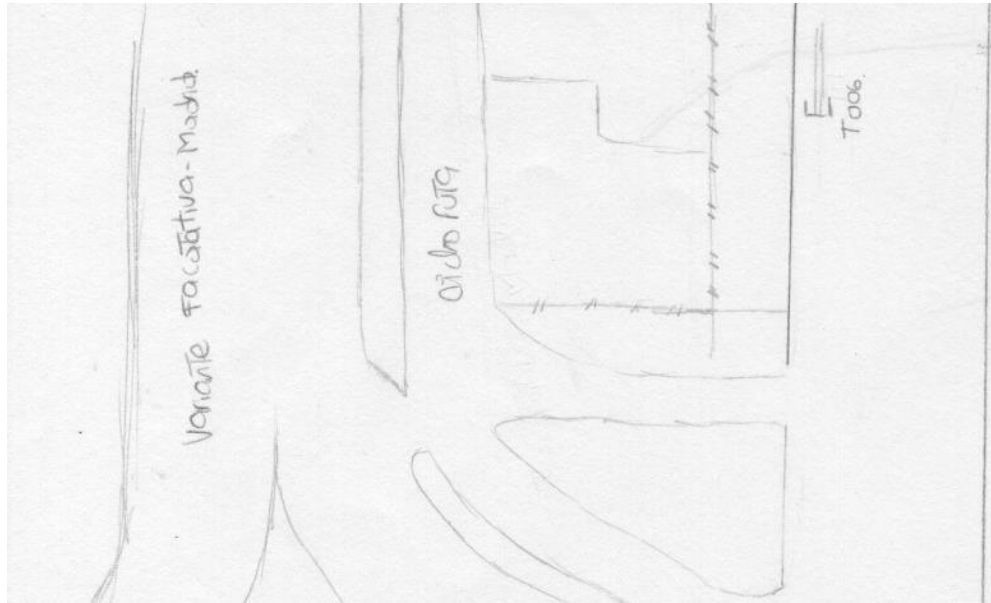


Fuente: Autores.

Esta actividad consistió en el levantamiento de información de los elementos existentes sobre las líneas de distribución primaria y secundaria del sistema de acueducto, se resalta que esta zona no cuenta con ningún tipo de elemento hidráulico como hidrantes, válvulas de cierre entre otros elementos, solo se identificaron dos tapones y se catastraron como tuberías del sistema de El Corzo, identificados como Tapón T006 y T007, con sus respectivos esquemas y fotografías.

- Tapón T006.

**Ilustración 9. Trazado de localización.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 10. Referenciación de elementos.**



Fuente: Fotografías tomadas por autores.

En la tabla 2 se especifica el material y diámetro.

**Tabla 2. Especificaciones de la tubería.**

Tubería	No	Diámetro	Material
	T006	50	PVC

Fuente: Autores.



- Tapón T007.

**Ilustración 11. Trazado de localización.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 12. Referenciación de elementos.**



Fuente: Fotografías tomadas por autores.

En la tabla 3 se especifica el material y diámetro.

**Tabla 3. Especificaciones de la tubería.**

Tubería	No	Diámetro	Material
	T007	50	PVC

Fuente: Autores.

### 3.1.3. Georreferenciación de elementos.

Para el desarrollo del proyecto se adopta el método de Georreferenciación con GPS con la precisión que se defina para el proyecto, lo cual nos permite que todos los dispositivos queden amarrados a MAGNA SIRGAS. La técnica GPS será utilizada para definir las coordenadas oeste norte (X, Y) definitiva de cada dispositivo y la elevación de GPS será tomada como una elevación de referencia.

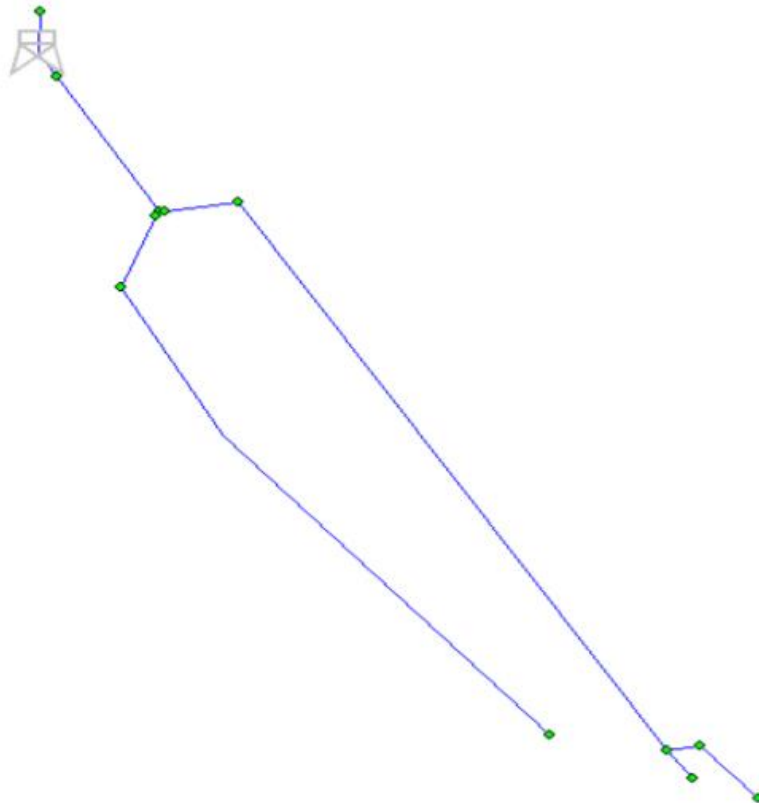
### 3.1.4. Elementos hidráulicos catastrados.

En el sistema de acueducto, no se encontraron elementos hidráulicos, como válvulas, hidrantes, entre otros; sin embargo, existen dos tuberías que no hacen parte de la red de distribución existentes, pero que cumplen el papel de válvulas purgas.

### 3.1.5. Topología de redes digitalizadas.

Por medio del software InfoWater Executive Suite For ArcGis, se digitalizó la topología de las redes. Se ingresan 12 nodos y 12 tuberías, las cuales se pueden observar en la ilustración 13.

**Ilustración 13. Topología de redes de acueducto en InfoWater For ArcGis.**



Fuente: Autores.

En la siguiente tabla se especifica y detalla la información de las tuberías con su longitud, diámetro y rugosidad (Tabla 4).

**Tabla 4. Información asociada a tuberías.**

	ID [Char]	LENGTH [Double]	DIAMETER [Double]	ROUGHNESS [Double]	MINORLOSS [Double]	TOTALIZER [Boolean]	CHK_VALVE [Boolean]
1	P10626	14.228	80.420	105.000	0.000	No	No
2	P10628	9.283	152.220	105.000	0.000	No	No
3	P10630	53.654	12.000	100.000	0.000	No	No
4	P10632	1.598	103.420	105.000	0.000	No	No
5	P10634	1.655	103.420	105.000	0.000	No	No
6	P10636	20.821	54.580	105.000	0.000	No	No
7	P10638	25.695	54.580	105.000	0.000	No	No
8	P10640	24.339	54.580	105.000	0.000	No	No
9	P10642	11.256	54.580	105.000	0.000	No	No
10	P10644	9.028	54.580	105.000	0.000	No	No
11	P10646	220.099	54.580	105.000	0.000	No	No
12	P10648	193.388	54.580	105.000	0.000	No	No

De la tabla 5, se evidencia que las tuberías ingresadas, en cuanto a su topología, representan una longitud total de 0.58 km distribuidos de la siguiente manera:

**Tabla 5. Longitud total de tuberías por diámetro.**

Diámetro	Longitud (m) PVC
54,58	504,626
80,42	14,228
103,42	56,907
152,22	9,283
Total	585,044

Fuente: Autores.

## 3.2. CATASTRO REDES DE ALCANTARILLADO

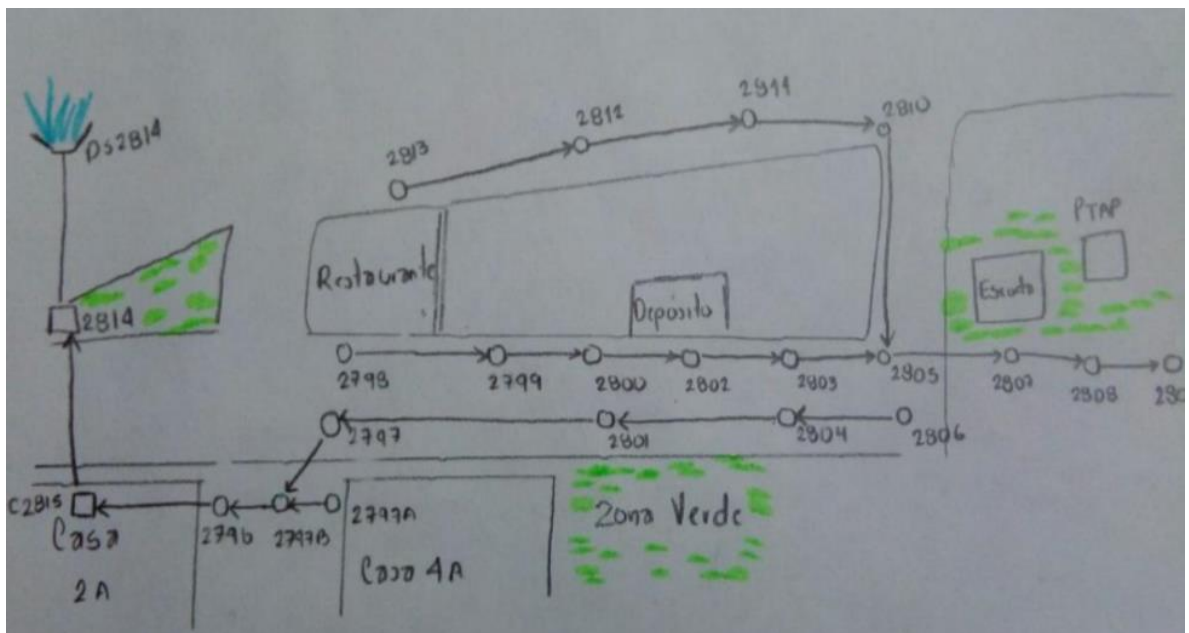
### 3.2.1. Marcación de elementos hidráulicos.

Se realiza el recorrido por toda la zona de la Vereda El Corzo los días 13 y 20 de julio de 2019, donde se realizó la marcación de elementos hidráulicos, que hacen parte del sistema de alcantarillado como son los pozos de inspección y sumideros.

### 3.2.2. Referenciación de elementos hidráulicos.

La actividad de levantamiento de información en campo, consistió en un recorrido calle a calle con el fin de identificar los elementos hidráulicos existentes. En la ilustración 15 se encuentra el trazado de los elementos visibles.

#### Ilustración 14. Trazado e identificación de elementos hidráulicos visibles.



Fuente: Autores.

#### - Ubicación general:

En este espacio se dibujó la localización aproximada del pozo, dibujando andenes, nomenclatura vial y dirección frente al elemento catastrado.

#### - Esquema vertical del pozo:

El diagrama muestra las tuberías de entrada y salida del pozo, indicando si este posee o no cuerpo y/o cono.

A continuación, se presenta la identificación del pozo, los trazados de la ubicación, los esquemas y características para cada pozo referenciado.



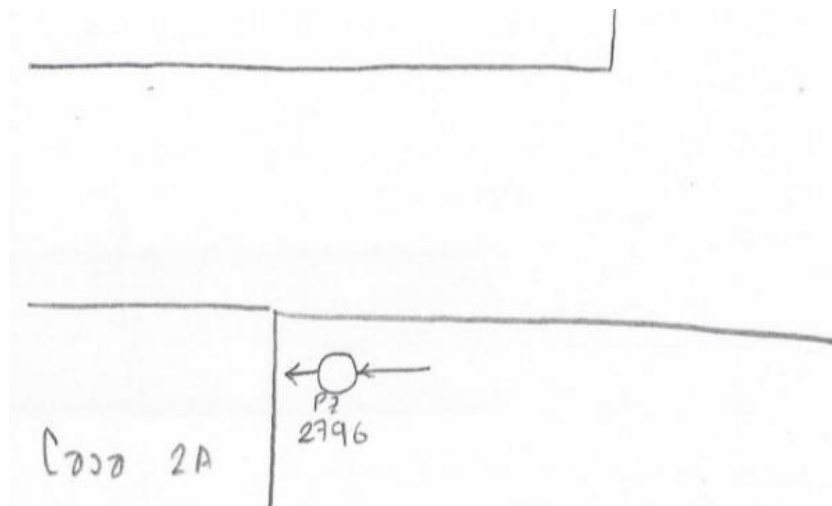
- Pozo 2796.

**Tabla 6. Identificación del pozo 2796.**

Pozo	2796
Dirección	Km 20+700 Vía antigua-Casa 2A
Sistema	Combinado
Estado	Sin represamiento

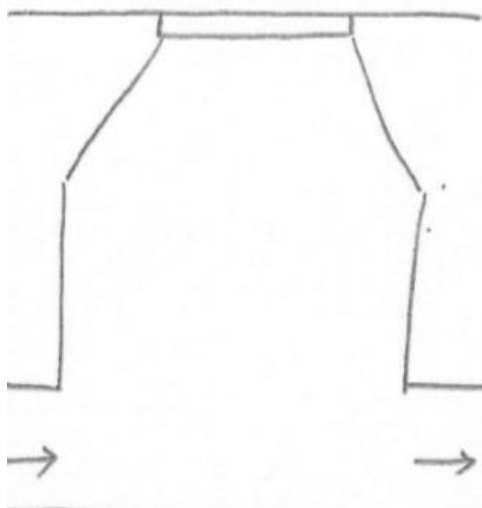
Fuente: Autores.

**Ilustración 15. Ubicación general del pozo 2796.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 16. Esquema vertical del pozo 2796.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cono: Tipo concéntrico.
- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- Rasante: Afirmado.
- Altura pozo: 1,219 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 7. Características del pozo 2796.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Ferrocemento	Bueno
Cargue	NO	NA	NA
Cono	SI	Mampostería	Bueno
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	NO	NA	NA
Peldaños	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

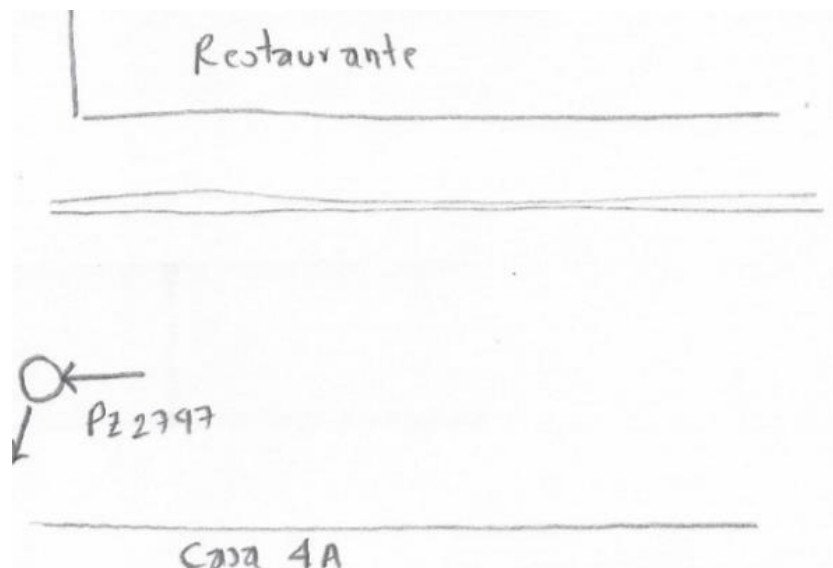
- Pozo 2797.

**Tabla 8. Identificación del pozo 2797.**

Pozo	2797
Dirección	Km 20+700 Vía antigua-Casa 4A
Sistema	Pluvial
Estado	Sin represamiento

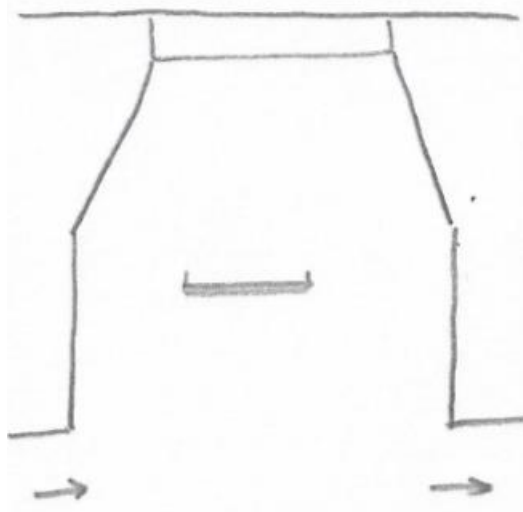
Fuente: Autores.

**Ilustración 17. Ubicación general del pozo 2797.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 18. Esquema vertical del pozo 2797.**



Fuente: Autores.

**Características:**

- Cono: Tipo concéntrico.
- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- # Peldaños: 1.
- Rasante: Par flexible.
- Altura pozo: 1,566 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 9. Características del pozo 2796.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Ferrocemento	Bueno
Cargue	SI	Concreto	Bueno
Cono	SI	Mampostería	Bueno
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	NO	NA	NA
Peldaños	SI	Hierro	Regula

Fuente: Autores.

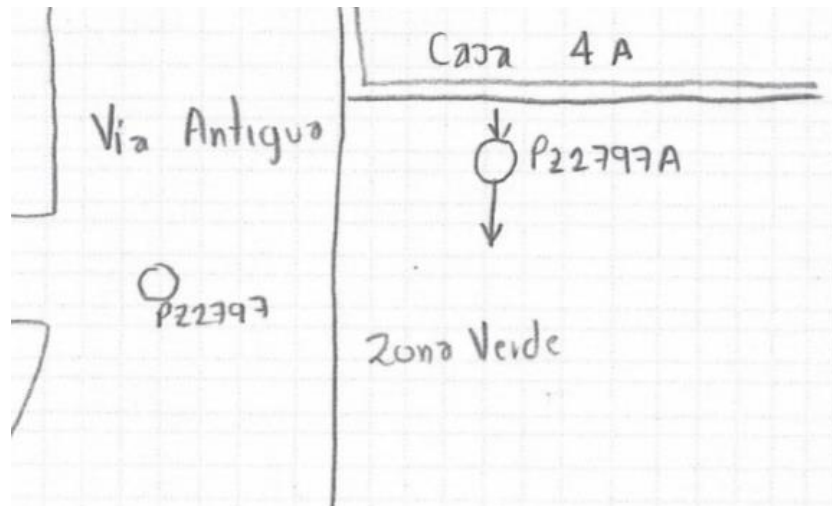
- Pozo 2797A.

**Tabla 10. Identificación del pozo 2797A.**

Pozo	2797A
Dirección	El Corzo
Sistema	Combinado
Estado	Sin represamiento

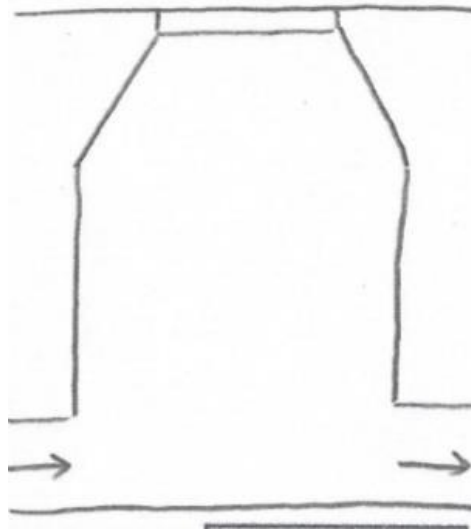
Fuente: Autores.

**Ilustración 19. Ubicación general del pozo 2797A.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 20. Esquema vertical del pozo 2797A.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cono: Tipo mampostería.
- Cuerpo: Diámetro 1,50 m.
- Rasante: Zona verde.
- Altura pozo: 2,050 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 11. Características del pozo 2979A.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Ferrocemento	Bueno
Cargue	SI	Concreto	Malo
Cono	SI	Mampostería	Bueno
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	SI	Concreto	Bueno
Peldaños	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

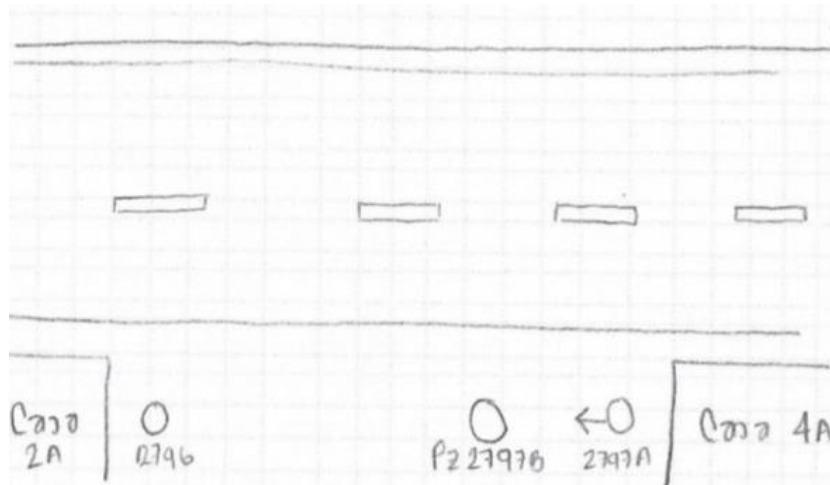
- Pozo 2797B.

**Tabla 12. Identificación del pozo 2797B.**

Pozo	2797B
Dirección	Km 20+700 Vía antigua Casa 2A-4A
Sistema	Combinado
Estado	Oculto

Fuente: Autores.

**Ilustración 21. Ubicación general del pozo 2797B.**



Fuente: Autores.

Características:

- Rasante: Zona verde.

**Ilustración 22. Localización estimada de pozo oculto.**



Fuente: Autores.

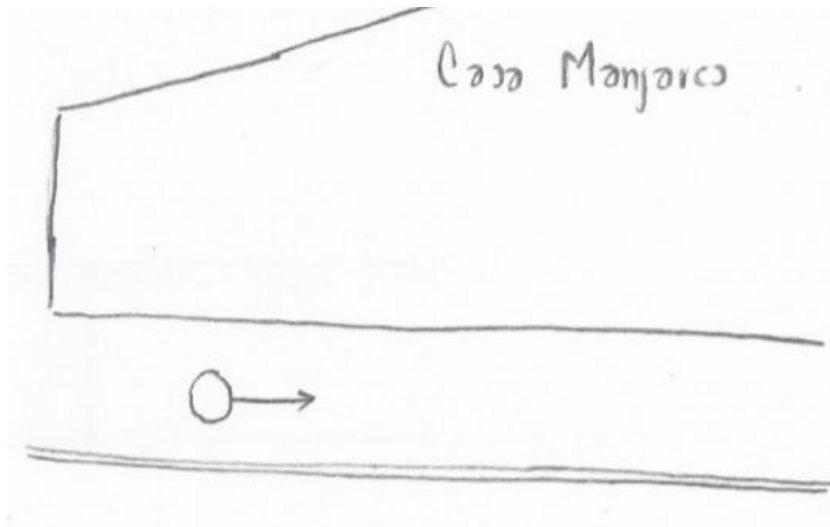
- Pozo 2798.

**Tabla 13. Identificación del pozo 2798.**

Pozo	2798
Dirección	Km 20+700 Vía antigua-Casa 4A
Sistema	Sanitario
Estado	Sin represamiento

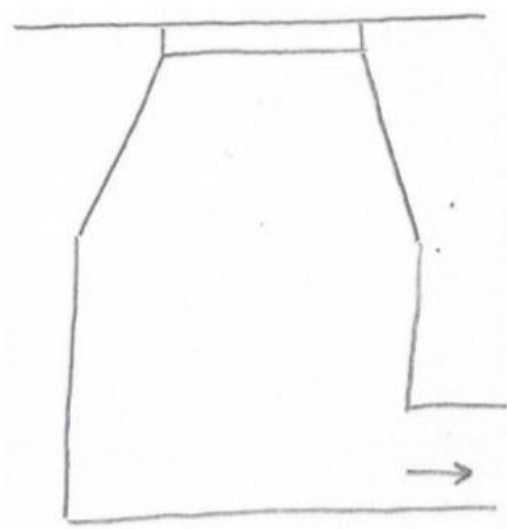
Fuente: Autores.

**Ilustración 23. Ubicación general del pozo 2798.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 24. Esquema vertical del pozo 2798.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cono: Tipo concéntrico.
- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- Rasante: Pavimento rígido.
- Altura pozo: 0,910 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 14. Características del pozo 2979B.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Bueno
Cargue	NO	NA	NA
Cono	SI	Mampostería	Bueno
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	NO	NA	NA
Peldaños	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

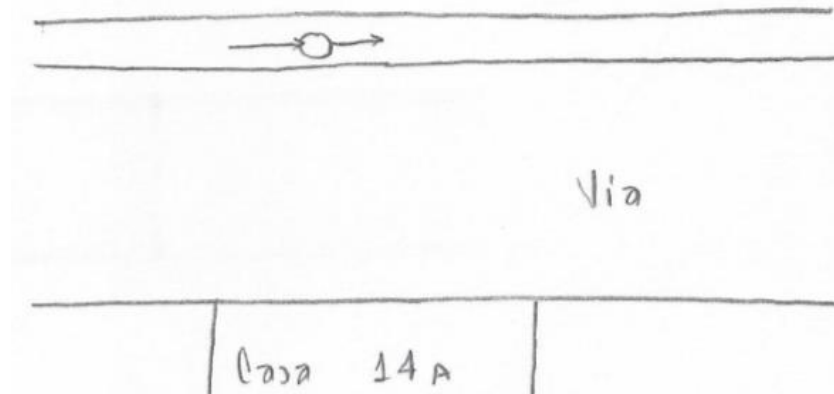
- Pozo 2799.

**Tabla 15. Identificación del pozo 2799.**

Pozo	2799
Dirección	Km 20+700 Vía antigua-Casa 14A
Sistema	Sanitario
Estado	Sin represamiento

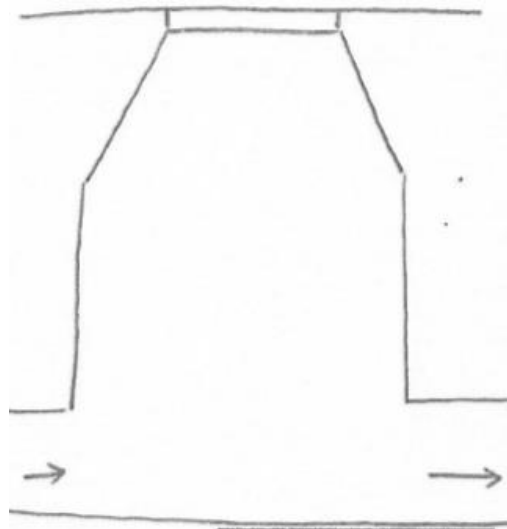
Fuente: Autores.

**Ilustración 25. Ubicación general del pozo 2799.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 26. Esquema vertical del pozo 2799.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cono: Tipo concéntrico.
- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- Rasante: Afirmado.
- Altura pozo: 1,261 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.



**Tabla 16. Características del pozo 2979.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Ferrocemento	Bueno
Cargue	NO	NA	NA
Cono	SI	Mampostería	Bueno
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	SI	Gres	Regular
Peldaños	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

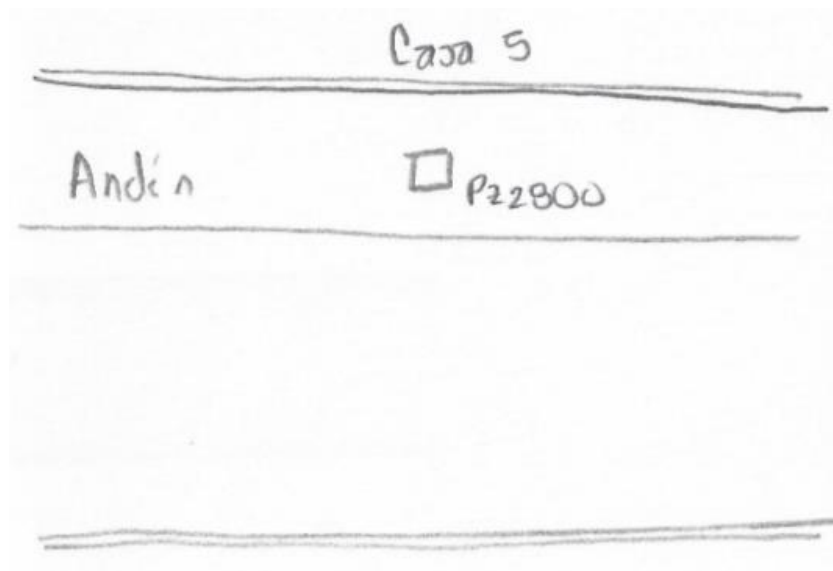
- Pozo 2800.

**Tabla 17. Identificación del pozo 2800.**

Pozo	2800
Dirección	Km 20+870 Vía antigua-Casa 5
Sistema	Sanitario
Estado	Tapa partida

Fuente: Autores.

**Ilustración 27. Ubicación general del pozo 2800.**



Fuente: Autores.

Características:

- Rasante: Pavimento rígido.

**Tabla 18. Características del pozo 2800.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Malo
Cargue	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

**Ilustración 28. Cámara de inspección con tapa partida.**



Fuente: Autores.

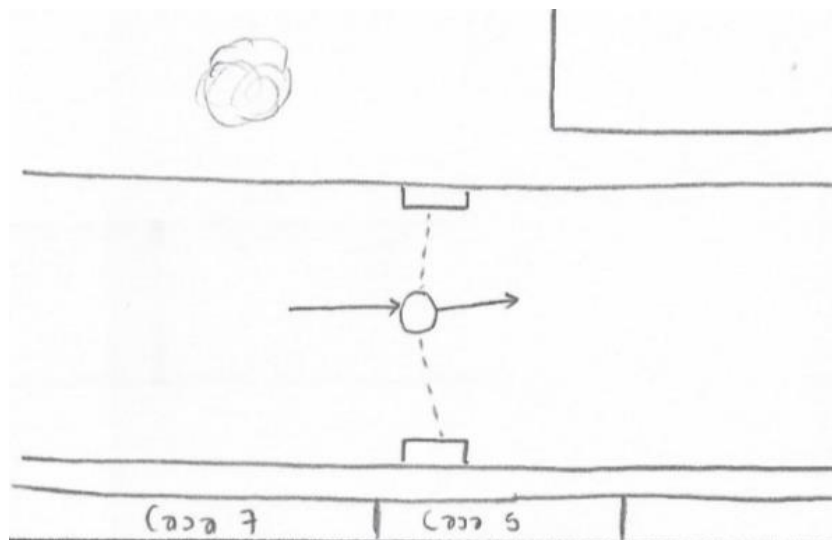
- Pozo 2801.

**Tabla 19. Identificación del pozo 2801.**

Pozo	2801
Dirección	Km 20+880 Vía antigua-Casa 7
Sistema	Pluvial
Estado	Sin represamiento

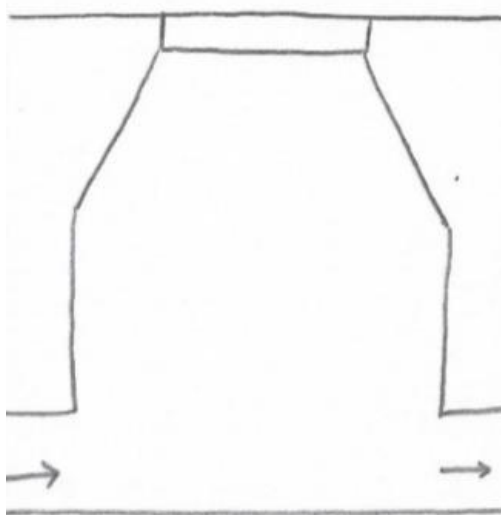
Fuente: Autores.

**Ilustración 29. Ubicación general del pozo 2801.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 30. Esquema vertical del pozo 2801.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cono: Tipo concéntrico.
- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- Rasante: Pavimento flexible.
- Altura pozo: 1,458 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 20. Características del pozo 2801.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Ferrocemento	Bueno
Cargue	SI	Concreto	Bueno
Cono	SI	Mampostería	Bueno
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	SI	Concreto	Regular
Peldaños	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

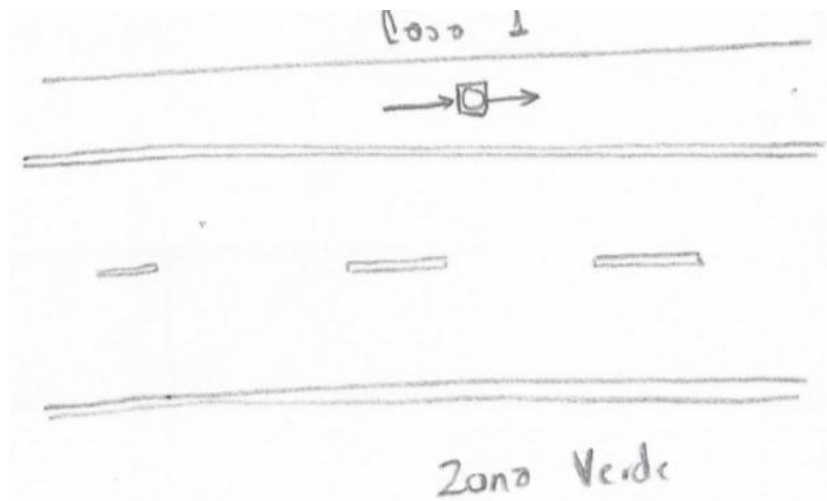
- Pozo 2802.

**Tabla 21. Identificación del pozo 2802.**

Pozo	2802
Dirección	Km 20+927 Vía antigua-Casa 1
Sistema	Sanitario
Estado	Sin represamiento

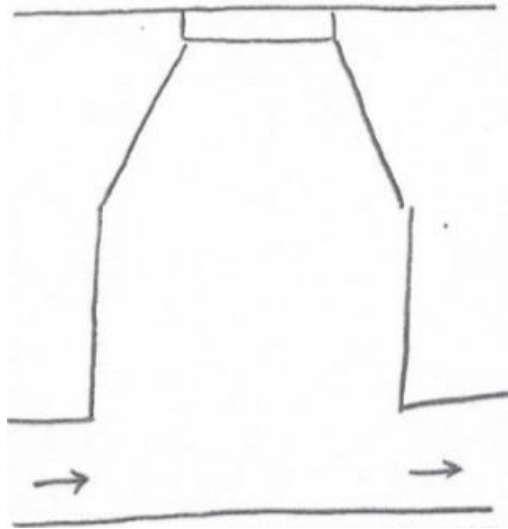
Fuente: Autores.

**Ilustración 31. Ubicación general del pozo 2802.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 32. Esquema vertical del pozo 2802.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cono: Tipo concéntrico.
- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- # Peldaños: 2.
- Rasante: Pavimento rígido.
- Altura pozo: 1,659 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 22. Características del pozo 2802.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Ferrocemento	Bueno
Cargue	NO	NA	NA
Cono	SI	Mampostería	Bueno
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	SI	Gres	Bueno
Peldaños	SI	Hierro	Regular

Fuente: Autores.

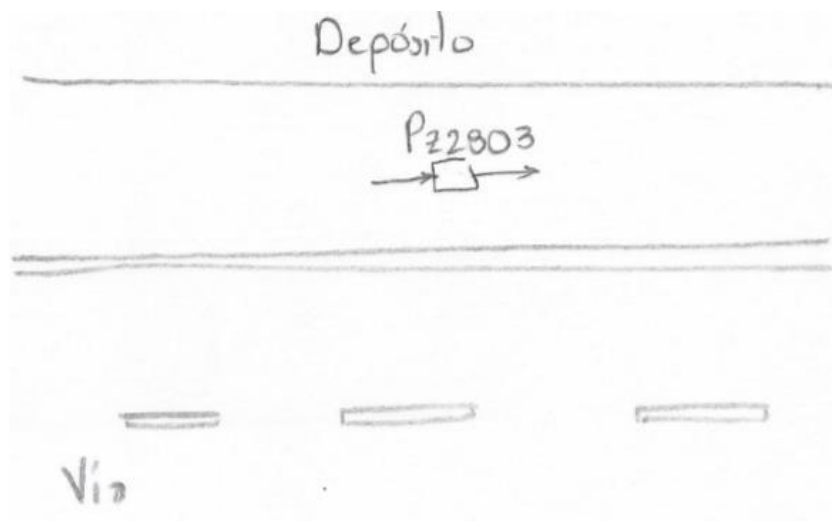
- Pozo 2803.

**Tabla 23. Identificación del pozo 2803.**

Pozo	2803
Dirección	Km 20+927 Vía antigua-Depósito
Sistema	Sanitario
Estado	Sin represamiento

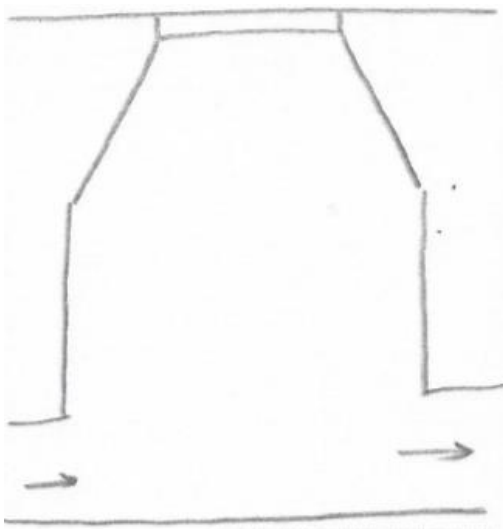
Fuente: Autores.

**Ilustración 33. Ubicación general del pozo 2803.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 34. Esquema vertical del pozo 2803.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cono: Tipo concéntrico.
- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- Rasante: Pavimento rígido.
- Altura pozo: 1,832 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 24. Características del pozo 2803.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Malo
Cargue	NO	NA	NA
Cono	SI	Mampostería	Bueno
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	SI	Concreto	Regular
Peldaños	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

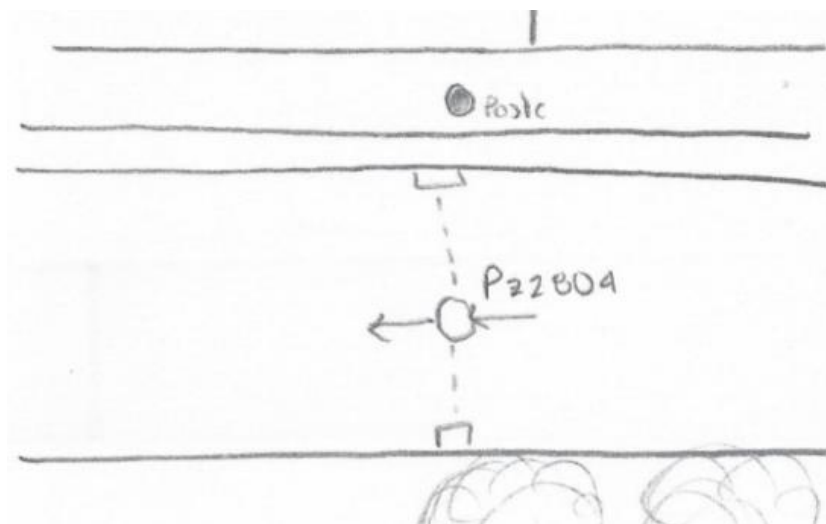
- Pozo 2804.

**Tabla 25. Identificación del pozo 2804.**

Pozo	2804
Dirección	Km 20+927 Vía antigua-Depósito
Sistema	Pluvial
Estado	Sin represamiento

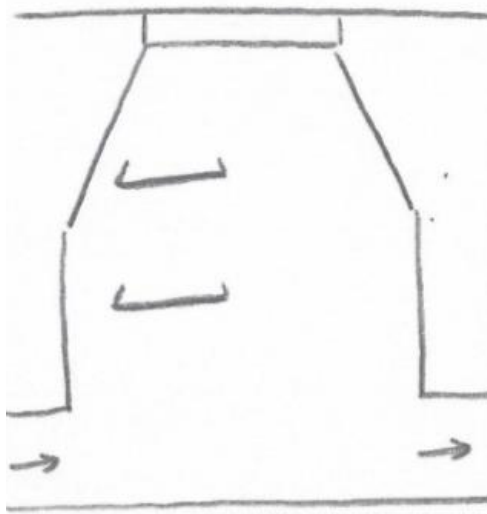
Fuente: Autores.

**Ilustración 35. Ubicación general del pozo 2804.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 36. Esquema vertical del pozo 2804.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cono: Tipo concéntrico.
- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- # Peldaños: 2.
- Rasante: Pavimento flexible.
- Altura pozo: 1,335 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 26. Características del pozo 2804.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Regular
Cargue	SI	Concreto	Bueno
Cono	SI	Mampostería	Bueno
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	SI	Concreto	Regular
Peldaños	SI	Hierro	Bueno

Fuente: Autores.

- Pozo 2805.

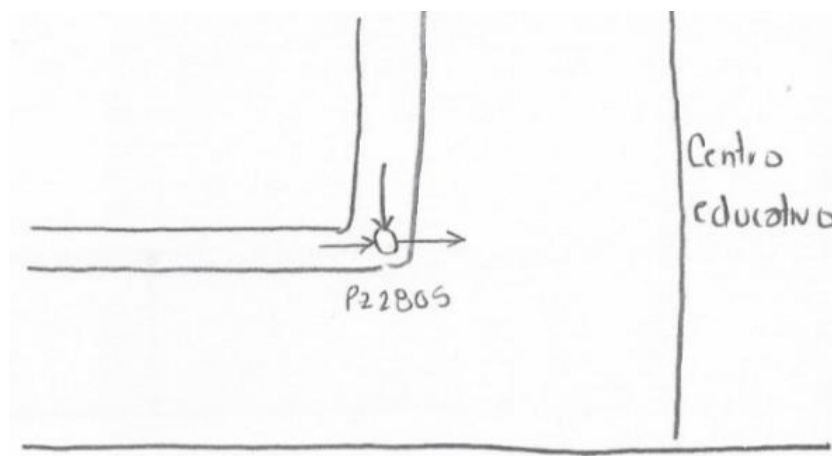
**Tabla 27. Identificación del pozo 2805.**

Pozo	2805
Dirección	Km 21+30 Vía antigua-Casa 17
Sistema	Sanitario
Estado	Sin represamiento

Fuente: Autores.

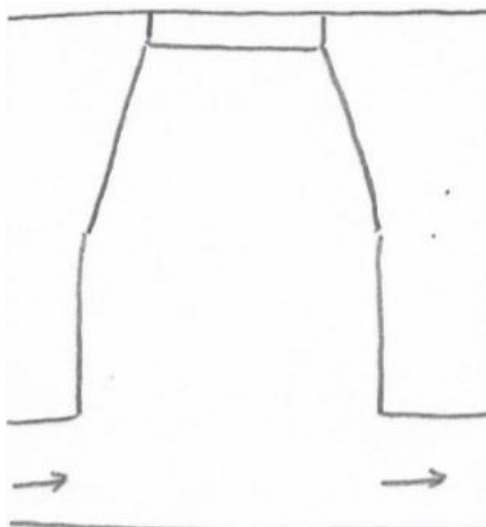


**Ilustración 37. Ubicación general del pozo 2805.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 38. Esquema vertical del pozo 2805.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cono: Tipo concéntrico.
- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- Rasante: Pavimento rígido.
- Altura pozo: 2,450 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 28. Características del pozo 2805.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Bueno
Cargue	NO	NA	NA
Cono	SI	Mampostería	Bueno
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	SI	Concreto	Regular
Peldaños	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

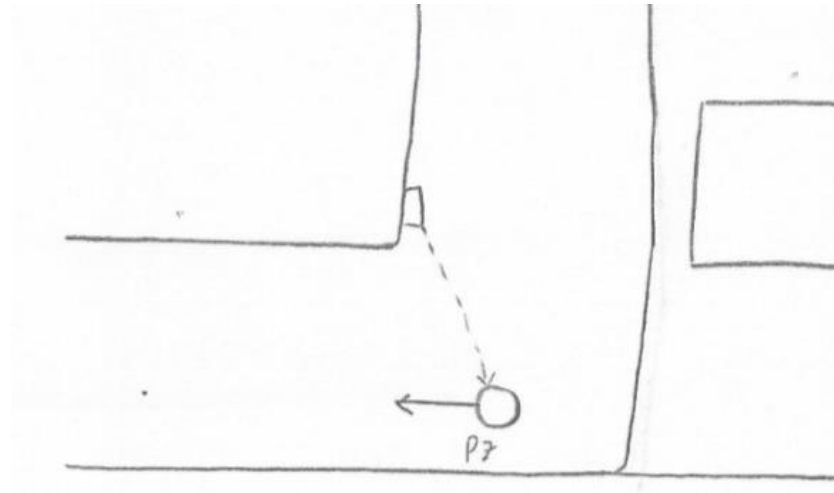
- Pozo 2806.

**Tabla 29. Identificación del pozo 2806.**

Pozo	2806
Dirección	Km 21+30 Vía antigua-Casa 17
Sistema	Pluvial
Estado	Colmatado

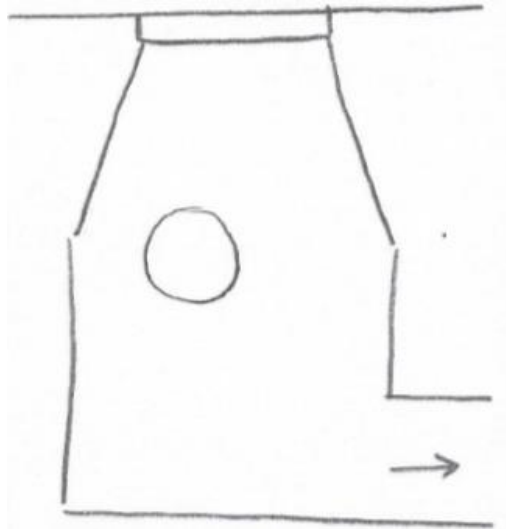
Fuente: Autores.

**Ilustración 39. Ubicación general del pozo 2806.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 40. Esquema vertical del pozo 2806.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cono: Tipo concéntrico.
- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- Rasante: Pavimento flexible.
- Altura pozo: 1,569 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 30. Características del pozo 2806.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Ferrocemento	Bueno
Cargue	SI	Concreto	Bueno
Cono	SI	Mampostería	Bueno
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	NO	NA	NA
Peldaños	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

- Pozo 2807.

**Tabla 31. Identificación del pozo 2807.**

Pozo	2807
Dirección	Centro educativo
Sistema	Sanitario
Estado	Inundado

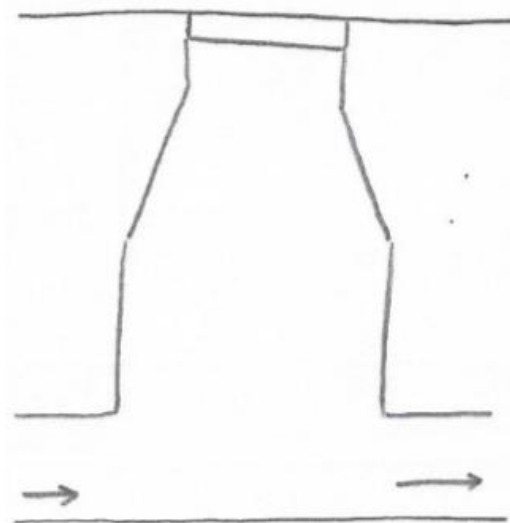
Fuente: Autores.

**Ilustración 41. Ubicación general del pozo 2807.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 42. Esquema vertical del pozo 2807.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cono: Tipo concéntrico.
- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- Rasante: Zona verde.
- Altura pozo: 2,593 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 32. Características del pozo 2807.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Bueno
Cargue	NO	NA	NA
Cono	SI	Mampostería	Bueno
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	NO	NA	NA
Peldaños	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

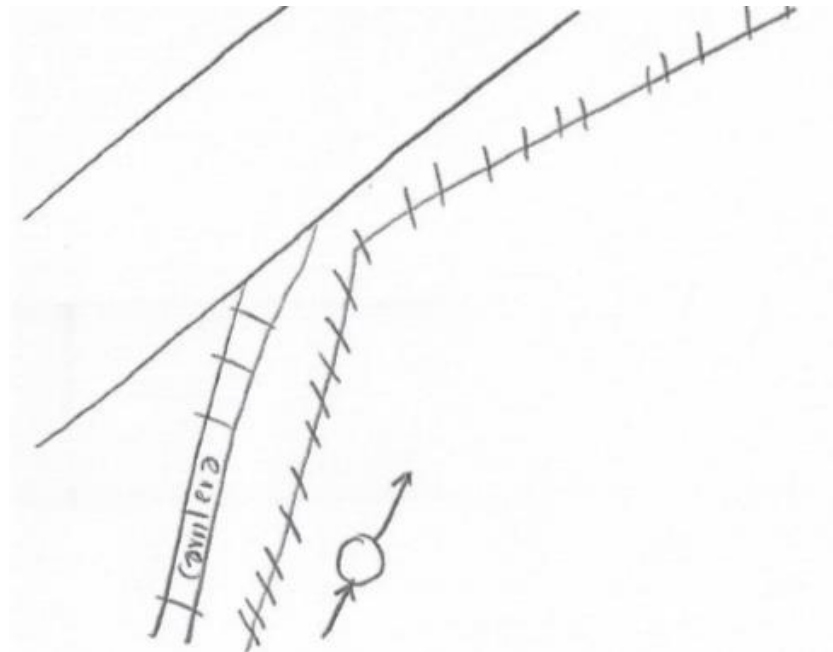
- Pozo 2808.

**Tabla 33. Identificación del pozo 2808.**

Pozo	2808
Dirección	
Sistema	Sanitario
Estado	Sin represamiento

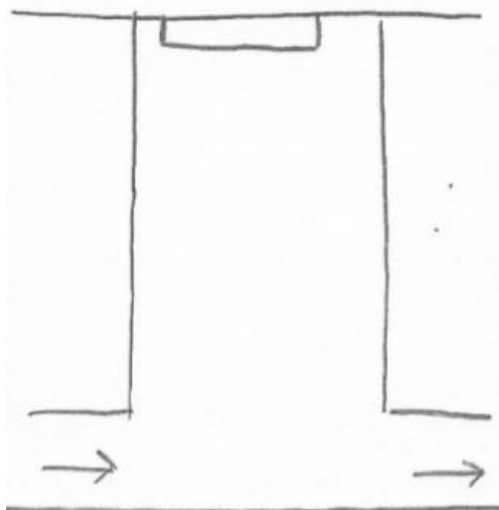
Fuente: Autores.

**Ilustración 43. Ubicación general del pozo 2808.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 44. Esquema vertical del pozo 2808.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- Rasante: Zona verde.
- Altura pozo: 3,184 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 34. Características del pozo 2808.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Bueno
Cargue	NO	NA	NA
Cono	NO	NA	NA
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	SI	Gres	Bueno
Peldaños	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

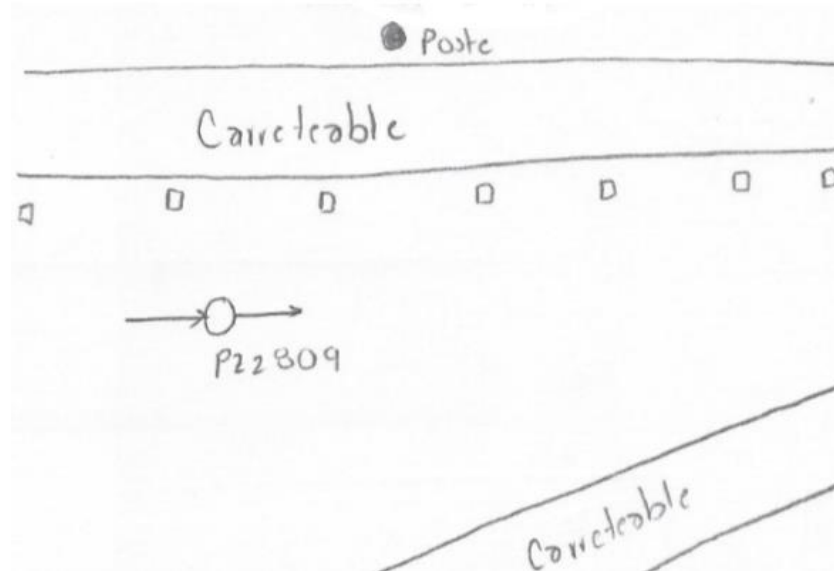
- Pozo 2809.

**Tabla 35. Identificación del pozo 2809.**

Pozo	2809
Dirección	
Sistema	Sanitario
Estado	Sin represamiento

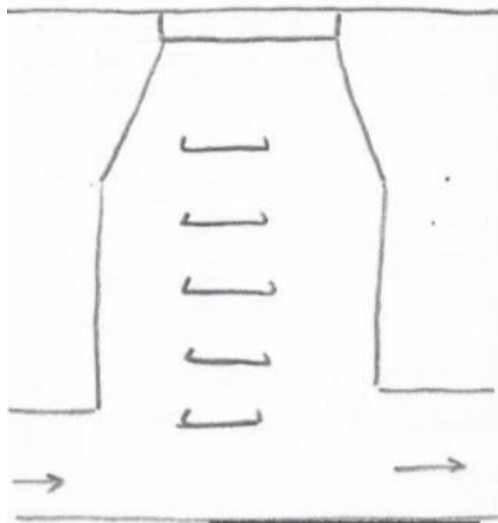
Fuente: Autores.

**Ilustración 45. Ubicación general del pozo 2809.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 46. Esquema vertical del pozo 2809.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cono: Tipo concéntrico.
- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- # Peldaños: 5.
- Rasante: Zona verde.
- Altura pozo: 3,612 m.

- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 36. Características del pozo 2809.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Regular
Cargue	NO	NA	NA
Cono	SI	Mampostería	Bueno
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	SI	Gres	Bueno
Peldaños	SI	Hierro	Malo

Fuente: Autores.

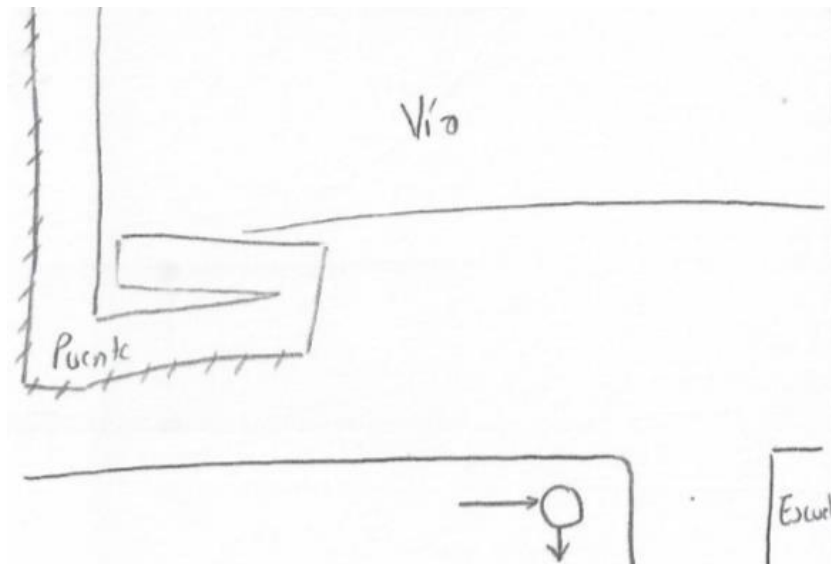
- Pozo 2810.

**Tabla 37. Identificación del pozo 2810.**

Pozo	2810
Dirección	Esquina escuela El Corzo
Sistema	Sanitario
Estado	Sin represamiento

Fuente: Autores.

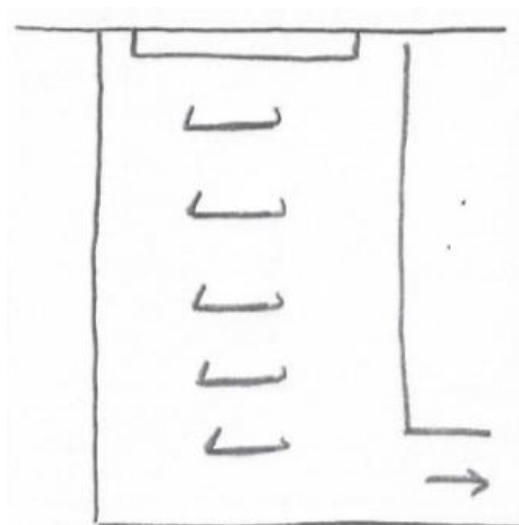
**Ilustración 47. Ubicación general del pozo 2810.**



Fuente: Autores.



**Ilustración 48. Esquema vertical del pozo 2810.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- # Peldaños: 5.
- Rasante: Pavimento flexible.
- Altura pozo: 3,101 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 38. Características del pozo 2810.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Bueno
Cargue	SI	Concreto	Bueno
Cono	NO	NA	NA
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	SI	Concreto	Bueno
Peldaños	SI	Hierro	Malo

Fuente: Autores.

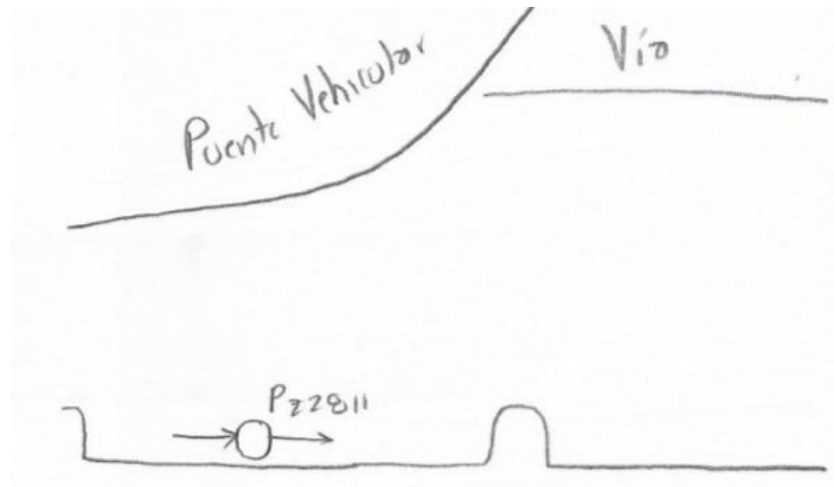
- Pozo 2811.

**Tabla 39. Identificación del pozo 2811.**

Pozo	2811
Dirección	Km 20+971 Casa 34
Sistema	Sanitario
Estado	Sin represamiento

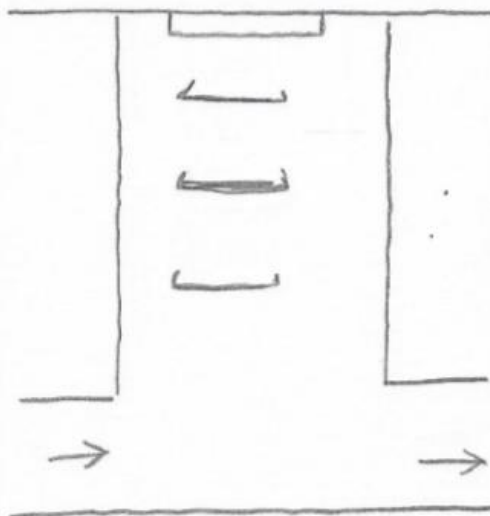
Fuente: Autores.

**Ilustración 49. Ubicación general del pozo 2811.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 50. Esquema vertical del pozo 2811.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- # Peldaños: 3.
- Rasante: Pavimento flexible.
- Altura pozo: 2,333 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 40. Características del pozo 2811.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Bueno
Cargue	SI	Concreto	Bueno
Cono	NO	NA	NA
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	SI	Concreto	Malo
Peldaños	SI	Hierro	Bueno

Fuente: Autores.

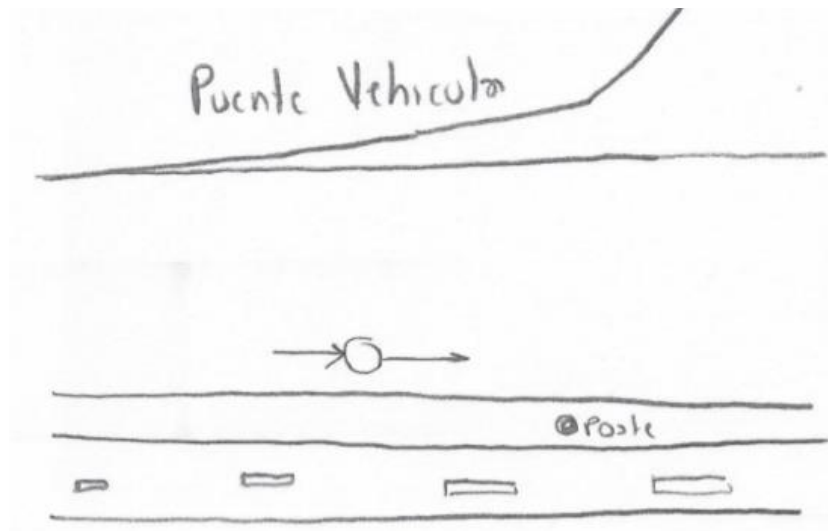
- Pozo 2812.

**Tabla 41. Identificación del pozo 2812.**

Pozo	2812
Dirección	Km 20+880 Casa 18
Sistema	Sanitario
Estado	Sin represamiento

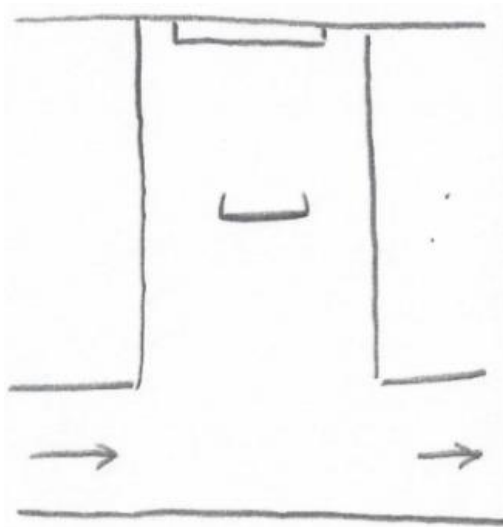
Fuente: Autores.

**Ilustración 51. Ubicación general del pozo 2812.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 52. Esquema vertical del pozo 2812.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- # Peldaños: 1.
- Rasante: Pavimento flexible.
- Altura pozo: 1,4 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 42. Características del pozo 2812.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Bueno
Cargue	SI	Concreto	Bueno
Cono	NO	NA	NA
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	SI	Concreto	Malo
Peldaños	SI	Hierro	Bueno

Fuente: Autores.

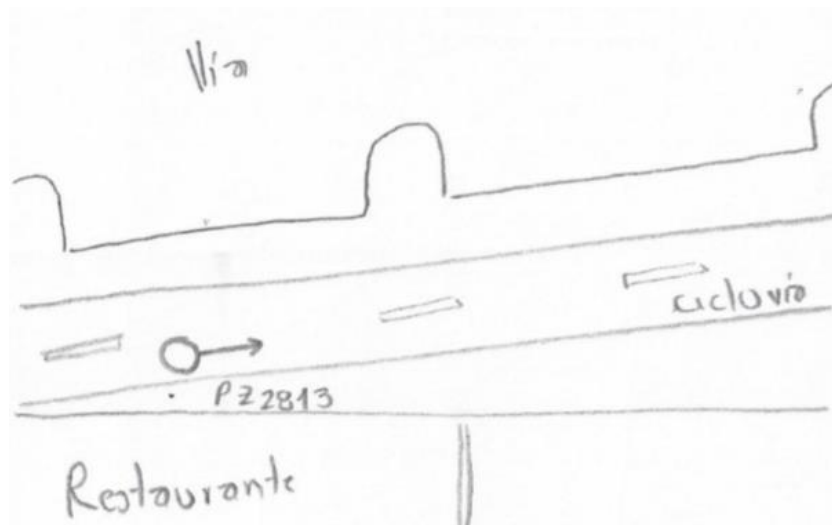
- Pozo 2813.

**Tabla 43. Identificación del pozo 2813.**

Pozo	2813
Dirección	
Sistema	Sanitario
Estado	Sin represamiento

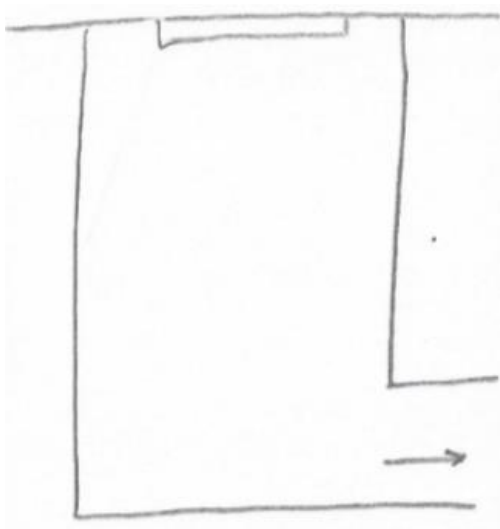
Fuente: Autores.

**Ilustración 53. Ubicación general del pozo 2813.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 54. Esquema vertical del pozo 2813.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- Rasante: Pavimento flexible.
- Altura pozo: 0,721 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.

**Tabla 44. Características del pozo 2813.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Bueno
Cargue	SI	Concreto	Bueno
Cono	NO	NA	NA
Cuerpo	SI	Mampostería	Bueno
Cañuela	SI	Concreto	Bueno
Peldaños	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

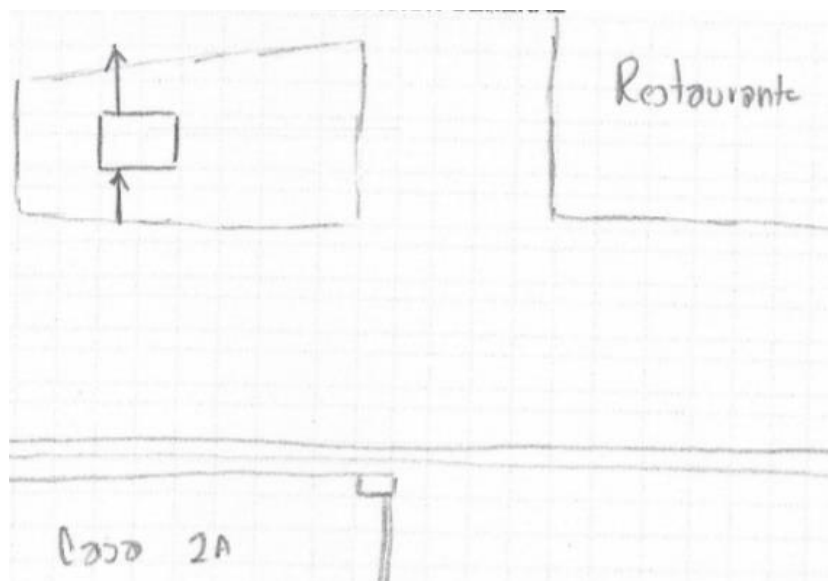
- Pozo 2814.

**Tabla 45. Identificación del pozo 2814.**

Pozo	2814
Dirección	Km 21+30 Vía antigua-Casa 17
Sistema	Combinado
Estado	Sin represamiento

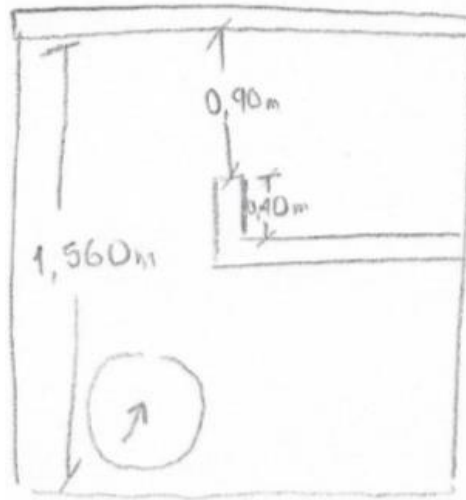
Fuente: Autores.

**Ilustración 55. Ubicación general del pozo 2814.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 56. Esquema vertical del pozo 2814.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cuerpo: Diámetro 1,65 m.
- Rasante: Zona verde.
- Tipo de cámara: Típica de fondo y aliviadero lateral sencillo.

**Tabla 46. Características del pozo 2814.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Bueno
Cargue	NO	NA	NA
Cono	NO	NA	NA
Cuerpo	SI	Concreto	Bueno
Cañuela	NO	NA	NA
Peldaños	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

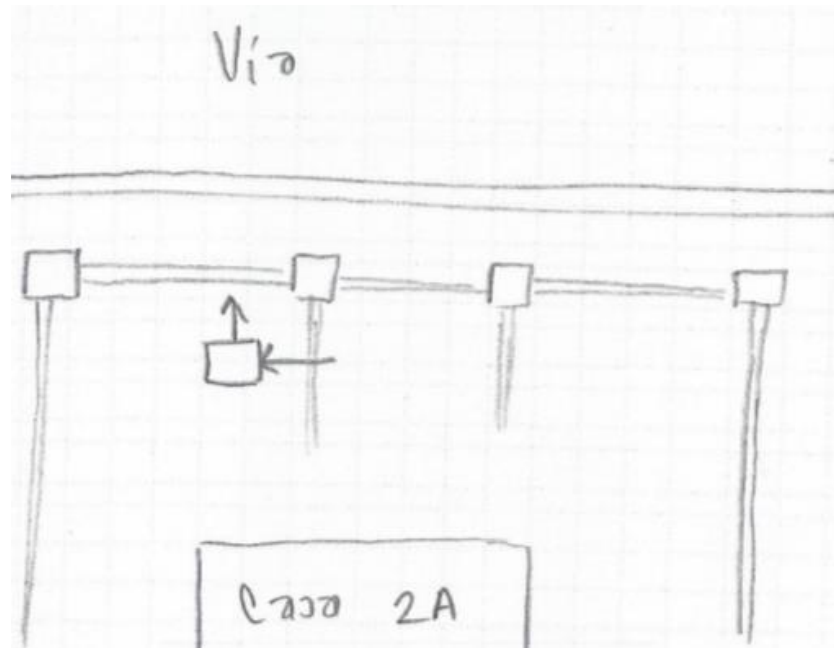
- Pozo 2815.

**Tabla 47. Identificación del pozo 2815.**

Pozo	2815
Dirección	Km 21+30 Vía antigua-Casa 2A
Sistema	Combinado
Estado	Sin represamiento

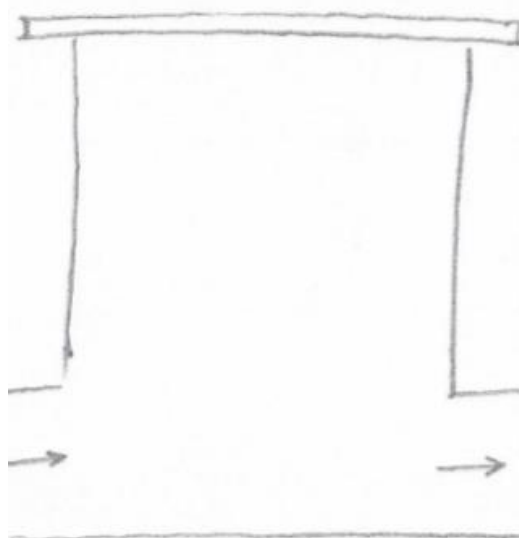
Fuente: Autores.

**Ilustración 57. Ubicación general del pozo 2815.**



Fuente: Autores.

**Ilustración 58. Esquema vertical del pozo 2815.**



Fuente: Autores.

Características:

- Cuerpo: Diámetro 1,20 m.
- Rasante: Zona verde.
- Altura pozo: 1,30 m.
- Tipo de cámara: Típica de fondo.



**Tabla 48. Características del pozo 2815.**

	Existe	Material	Estado
Tapa	SI	Concreto	Malo
Cargue	NO	NA	NA
Cono	NO	NA	NA
Cuerpo	SI	Mampostería	Regular
Cañuela	NO	NA	NA
Peldaños	NO	NA	NA

Fuente: Autores.

- Sumideros.

**Tabla 49. Referenciación de sumideros.**

CÓDIGO	CONECTA A POZO	TIPO	ESTADO	DIMENSIONES			CAJA		TUBERÍA	
				Alto (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Material	Estado	Material	H Salida (m)
S2797-1	PZ2797	Vía	Sin represamiento	0,495	0,50	0,90	Concreto	Bueno	Concreto	0,495
S2797-2	PZ2797	Vía	Colmatado	0,337	0,50	0,90	Concreto	Bueno	Concreto	0,337
S2801-1	PZ2801	Vía	Sin represamiento	0,624	0,50	0,90	Concreto	Bueno	Concreto	0,623
S2801-2	PZ2801	Vía	Colmatado	0,299	0,55	1,00	Concreto	Bueno	Concreto	0,299
S2804-1	PZ2804	Vía	Sin represamiento	0,536	0,55	1,00	Concreto	Bueno	Concreto	0,536
S2804-2	PZ2804	Vía	Sin represamiento	0,502	0,55	1,00	Concreto	Bueno	Concreto	0,502
S2806-1	PZ2806	Vía	Sin represamiento	0,437	0,50	0,90	Concreto	Bueno	Concreto	0,437

Fuente: Autores.

### 3.2.3. Georreferenciación de elementos.

Para el desarrollo del proyecto se adopta el método de Georreferenciación con GPS con la precisión que se defina para el proyecto, lo cual nos permite que todos los dispositivos queden amarrados a MAGNA SIRGAS.

### 3.2.4. Elementos hidráulicos catastrados.

Para el catastro de redes de alcantarillado, se levantó la información de veintidós cámaras de inspección (Tabla 50).

**Tabla 50. Listado de elementos hidráulicos catastrados.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESTADO</b>	<b>SISTEMA</b>
PZ2796	Sin represamiento	Combinado
PZ2797	Sin represamiento	Pluvial
PZ2797A	Sin represamiento	Combinado
PZ2797B	Oculto	Combinado
PZ2798	Sin represamiento	Sanitario
PZ2799	Sin represamiento	Sanitario
PZ2800	Tapa partida	Sanitario
PZ2801	Sin represamiento	Pluvial
PZ2802	Sin represamiento	Sanitario
PZ2803	Sin represamiento	Sanitario
PZ2804	Sin represamiento	Pluvial
PZ2805	Sin represamiento	Sanitario
PZ2806	Sin represamiento	Pluvial
PZ2807	Inundado	Sanitario
PZ2808	Sin represamiento	Sanitario
PZ2809	Sin represamiento	Sanitario
PZ2810	Sin represamiento	Sanitario
PZ2811	Sin represamiento	Sanitario
PZ2812	Sin represamiento	Sanitario
PZ2813	Sin represamiento	Sanitario
PZ2814	Sin represamiento	Combinado
PZ2815	Sin represamiento	Combinado

Fuente: Autores.

**Tabla 51. Catastro pozos de inspección por sistema.**

<b>SISTEMA</b>	<b>CANTIDAD</b>
Combinado	5
Pluvial	4
Sanitario	13
TOTAL	22

Fuente: Autores.

Por otro lado, se catastraron 7 sumideros del sistema de alcantarillado pluvial relacionados en la tabla 52.

**Tabla 52. Catastro sumideros.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>CONECTA A POZO</b>	<b>TIPO</b>	<b>ESTADO</b>
S2797-1	PZ2797	Vía	Sin represamiento
S2797-2	PZ2797	Vía	Colmatado
S2801-1	PZ2801	Vía	Sin represamiento
S2801-2	PZ2801	Vía	Colmatado
S2804-1	PZ2804	Vía	Sin represamiento
S2804-2	PZ2804	Vía	Sin represamiento
S2806-1	PZ2806	Vía	Sin represamiento

Fuente: Autores.

#### 4. ACUEDUCTO

De acuerdo a la socialización realizada con la comunidad el día 25 de mayo de 2019 acerca del mejoramiento de la red de acueducto y posteriormente ejecutar el catastro de la red de acueducto los días 29 y 6 de junio de 2019, donde se analizaron las estructuras hidráulicas vigentes en la Vereda, se procede a determinar la población de estudio, con el objetivo de establecer la capacidad del sistema de la red de distribución que será diseñado para un periodo de tiempo determinado.

Primeramente, se procede a determinar las proyecciones de demanda de agua potable de la población objeto del diseño de la Vereda. Este se calcula a través de censos de población de datos recolectados por el DANE, donde se establece el crecimiento de los habitantes hasta el año del último censo.

Para realizar las proyecciones se utilizan los siguientes métodos: lineal, geométrico, wappaus y logarítmico. Se seleccionará el método más cercano al comportamiento histórico de la población (Ver anexo B).

##### 4.1. PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

Se presenta tres datos del censo poblacional de la Vereda por el DANE en los años de 1985 y 1993 y 2018 en la tabla 53.

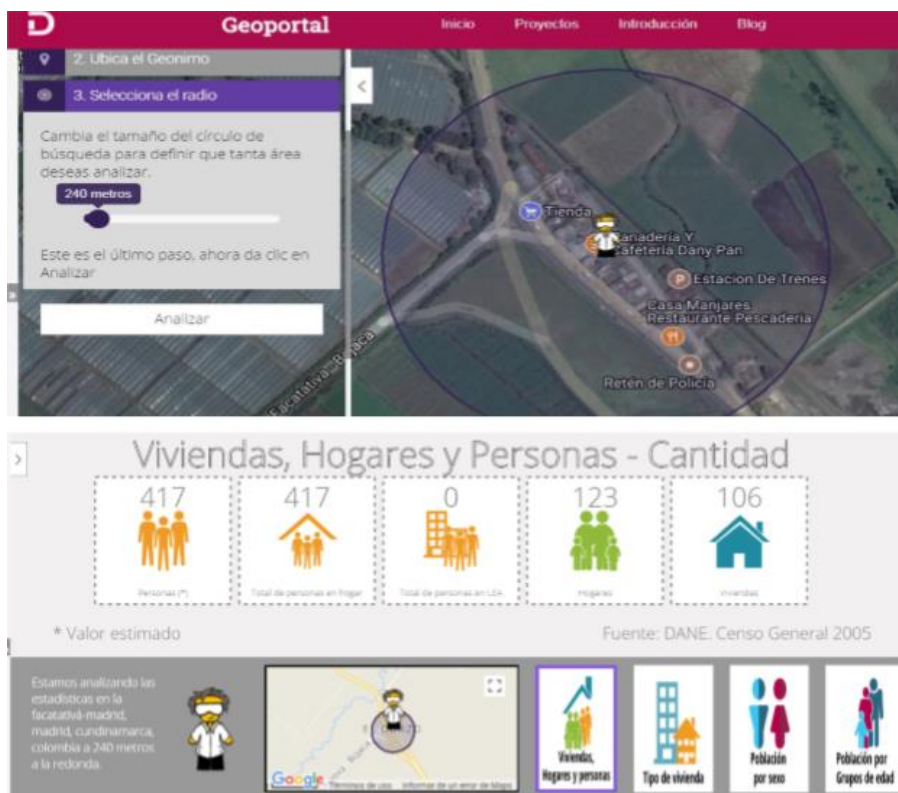
**Tabla 53. Censo poblacional del DANE.**

Año	Población rural DANE
1985	266
1993	294
2018	529

Fuente: DANE.

El censo de población para el año 2005 se realizó principalmente a nivel nacional y departamental. Sin embargo, los centros poblados, corregimientos y/o Veredas la información es reducida, a lo cual se acude al Geoportal del DANE con el fin de consultar la población correspondiente para ese año.

### Ilustración 59. Geoportal del DANE (El Corzo).



Fuente: Geoportal del DANE

**Tabla 54. Habitantes en El Corzo.**

Parámetro	Cantidad
Total de personas en hogar	417
Número de hogares	123
Número de Viviendas	106

Fuente: Autores con información del Geoportal del DANE.

Censo poblacional de la Vereda para los años 1985 y 1993, 2005 y 2018 (Tabla 55).

**Tabla 55. Censo poblacional del DANE.**

Año	Población rural DANE
1985	266
1993	294
2005	417
2018	529

Fuente: DANE.

A continuación, se detalla la información correspondiente para realizar el cálculo de la estimación de la población a partir de los diferentes métodos para los años 2019, 2024, 2029, 2034, 2039 y 2044, teniendo en cuenta el Título B, Capítulo 2 del RAS 2000 y el documento Guía RAS-001, Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT del año 2003.

#### 4.1.1. Método lineal.<sup>51</sup>

Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente (Ecuación 1):

$$K_a = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}$$

$$P_f = P_{uc} + K_a(T_f - T_{uc}) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

$P_f$  = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

$P_{uc}$  = Población correspondiente al último año censado con información (habitantes).

$P_{ci}$  = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

$T_{uc}$  = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

$T_f$  = Año al cual se quiere proyectar la información.

$T_{ci}$  = Año correspondiente al censo inicial con información.

Los resultados de las proyecciones se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 56. Método lineal.**

Año	Población rural DANE	Ka	AÑO DE PROYECCIÓN					
			2019	2024	2029	2034	2039	2044
1985	266	7,97	536,97	576,82	616,67	656,52	696,36	736,21
1993	294	9,40	538,40	585,40	632,40	679,40	726,40	773,40
2005	417	8,62	537,62	580,69	623,77	666,85	709,92	753,00
2018	529							
	<b>PROMEDIO (Pf)</b>		<b>537,66</b>	<b>580,97</b>	<b>624,28</b>	<b>667,59</b>	<b>710,90</b>	<b>754,20</b>

Fuente: Autores con datos del DANE.

<sup>51</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Titulo B, Op. cit, p.30

#### 4.1.2. Método geométrico.<sup>52</sup>

Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades (Ecuación 2). Los resultados son presentados en la tabla 57.

$$r = \left( \frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc}-T_{ci}}} - 1$$

$$P_f = P_{uc} (1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

r= Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

P<sub>f</sub>= Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

P<sub>uc</sub> = Población correspondiente al último año censado con información (habitantes).

P<sub>ci</sub> = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

T<sub>uc</sub> = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

T<sub>f</sub> = Año al cual se quiere proyectar la información.

T<sub>ci</sub>= Año correspondiente al censo inicial con información.

Los resultados de las proyecciones se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 57. Método geométrico.**

Año	Población Estimación DANE	rata	AÑO DE PROYECCION					
			2019	2024	2029	2034	2039	2044
1985	266	0,02	540,14	599,43	665,24	738,28	819,33	909,28
1993	294	0,02	541,58	609,09	685,02	770,42	866,46	974,47
2005	417	0,02	538,77	590,39	646,96	708,95	776,88	851,32
2018	529							
	<b>PROMEDIO (Pf)</b>		<b>540,16</b>	<b>599,64</b>	<b>665,74</b>	<b>739,22</b>	<b>820,89</b>	<b>911,69</b>

Fuente: Autores con datos del DANE.

<sup>52</sup> Ibid., p.27

### 4.1.3. Método wappaus.<sup>53</sup>

El RAS 2000 recomienda que este método sea utilizado para todos los niveles de complejidad. Es un método poco común, aunque sus resultados son confiables (Ecuación 3). Los resultados son presentados en la tabla 58.

$$i = \frac{200 * P_{uc} - P_{ci}}{(T_{uc} - T_{ci}) * (P_{uc} + P_{ci})}$$

$$P_f = P_{ci} \left( \frac{200 + i(T_f - T_{ci})}{200 - i(T_f - T_{ci})} \right)$$

(Ecuación 3)

Dónde:

i = Tasa de crecimiento.

P<sub>f</sub> = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

P<sub>uc</sub> = Población correspondiente al último año censado con información (habitantes).

P<sub>ci</sub> = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

T<sub>uc</sub> = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

T<sub>f</sub> = Año al cual se quiere proyectar la información.

T<sub>ci</sub> = Año correspondiente al censo inicial con información.

Los resultados de las proyecciones se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 58. Método wappaus.**

Año	Población Estimación DANE	i	AÑO DE PROYECCION					
			2019	2024	2029	2034	2039	2044
1985	266	2,00	541,09	607,51	685,85	779,63	893,90	1036,20
1993	294	2,28	542,37	616,32	704,61	811,86	944,92	1114,39
2005	417	1,82	538,87	591,51	650,28	716,32	791,07	876,38
2018	529							
	<b>PROMEDIO (Pf)</b>		<b>540,78</b>	<b>605,11</b>	<b>680,25</b>	<b>769,27</b>	<b>876,63</b>	<b>1008,99</b>

Fuente: Autores con datos del DANE.

<sup>53</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Ras-001, Op. cit, p.22



#### 4.1.4. Método logarítmico.<sup>54</sup>

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión (Ecuación 4). Los resultados son presentados en la tabla 59.

$$K = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{cd}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

$$\ln P_f = \ln P_{ci} + K(T_f + T_{ci})$$

$$P_f = P_{ci} * e^{k*(T_f - T_{ci})} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Dónde:

K= Tasa de crecimiento de la población.

P<sub>cp</sub> = Población del censo posterior.

P<sub>cd</sub> = Población del censo anterior.

T<sub>cp</sub> = Año correspondiente al censo posterior.

T<sub>cd</sub> = Año correspondiente al censo anterior.

P<sub>f</sub> = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

P<sub>ci</sub> = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

T<sub>f</sub> = Año al cual se quiere proyectar la información.

T<sub>ci</sub> = Año correspondiente al censo inicial con información.

Los resultados de las proyecciones se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 59. Método logarítmico.**

Año	Población rural DANE	Kg	AÑO DE PROYECCIÓN					
			2019	2024	2029	2034	2039	2044
1985	266	0,013	524,67	579,79	640,70	708,01	782,38	864,58
1993	294	0,029						
2005	417	0,018						
2018	529							
	<b>PROMEDIO (Pf)</b>	0,020	524,67	579,79	640,70	708,01	782,38	864,58
		Kg Promedio						

Fuente: Autores con datos del DANE.

<sup>54</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Titulo B, Op. cit, p.31

A continuación, el resumen de los valores obtenidos por cada uno de los métodos para los años de proyección:

**Tabla 60. Resumen de los métodos de proyección de población.**

AÑO	HABITANTES				
	M.LINEAL	M.GEOMETRICO	M.LOGARITMICO	M.WAPPAUS	PROMEDIO
2019	538	540	525	541	<b>536</b>
2024	581	600	580	605	<b>591</b>
2029	624	666	641	680	<b>653</b>
2034	668	739	708	769	<b>721</b>
2039	711	821	782	877	<b>798</b>
2044	754	912	865	1009	<b>885</b>

Fuente: Autores con datos del DANE.

De la tabla 60 se puede evidenciar una población promedio para el año 2044 de 885 habitantes, donde los cálculos realizados por el método Wappaus y geométrico se encuentran por encima de este valor promedio, con una diferencia de 97 habitantes entre estos. El método de Wappaus refleja el mayor valor del crecimiento poblacional, por este motivo se adopta como la población de diseño.

## 4.2. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA

### 4.2.1. Dotación neta<sup>55</sup>

La Vereda El Corzo se encuentra a 2548,3 metros sobre el nivel del mar, lo cual, según la tabla de dotación neta máxima (tabla 61), le corresponde una dotación de 120 L/hab\*día.

**Tabla 61. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.**

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: Tabla 1, Resolución 0330 de 2017.

<sup>55</sup> Artículo 43 de la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017. p. 32.

#### 4.2.2. Dotación bruta<sup>56</sup>.

La dotación bruta para el diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto se calcula mediante la ecuación 5:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%P} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde:

$d_{bruta}$ = Dotación bruta (L/hab\*día).

$d_{neta}$ = Dotación neta (L/hab\*día).

%P= Porcentaje de pérdidas técnicas máximas para diseño.

El resultado se muestra en la tabla 62.

**Tabla 62. Dotación bruta.**

$d_{neta}$	120	L/hab*día
%P	0,25	%
$d_{bruta}$	160	L/hab*día

Fuente: Autores.

#### 4.2.3. Dotación neta según el uso.

- Cálculo del caudal institucional:

Deben identificarse los establecimientos y predios que requieran una dotación especial debido a las características de sus actividades, tales como hospitales, cárceles, hoteles, etc.<sup>57</sup>

En este caso la Vereda cuenta con una escuela rural denominada 'Institución Educativa Departamental Tecnológico De Madrid' con 81 alumnos inscritos cursando los cursos de transición y primaria en una única jornada diurna. Se toma una jornada de 7 horas según lo estipula la Ley 1753 de 2015, lo equivalente a 25200 segundos.

El resultado se muestra en la tabla 63.

**Tabla 63. Caudal institucional.**

Dotación institucional	L/alumno/jornada	25
Número de estudiantes	Alumnos	81
Caudal institucional	L/s	0,08

Fuente: Autores.

- Cálculo del caudal comercial:

"Para establecer el uso comercial, el consultor debe utilizar un censo comercial y realizar un estimativo de consumos futuros. El consultor debe cuantificar y analizar

<sup>56</sup> *Ibíd.*, p.33

<sup>57</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Titulo B, Op. cit, p.33

detenidamente la dotación comercial de acuerdo con las características de dichos establecimientos. Deben estudiarse los consumos puntuales o concentrados de demandas. El uso comercial también incluye el uso en oficinas.”<sup>58</sup>

El resultado se muestra en la tabla 64.

**Tabla 64. Caudal comercial.**

Caudal comercial de referencia	L/s*ha	0,5
Área comercial del Corzo	Ha	0,10
Caudal comercial	L/s	0,05

Fuente: Autores.

#### 4.2.4. Caudal medio diario<sup>59</sup>.

Caudal medio calculado para la población proyectada del año 2044. El caudal medio diario es el promedio de los consumos diarios en un año, se calcula a partir de la ecuación 6.

$$Q_{md} = \frac{P * d_{bruta}}{86400} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

$Q_{md}$ = Caudal medio diario (L/s).

P= Número de habitantes proyectados al período de diseño (hab).

$d_{bruta}$ = Dotación bruta (L/hab\*día).

El resultado se muestra en la tabla 65.

**Tabla 65. Caudal medio diario.**

P	1009	Hab
$d_{bruta}$	160	L/hab*día
$Q_{md}$	1,87	L/s

Fuente: Autores.

#### 4.2.5. Caudal máximo diario<sup>60</sup>.

Consumo máximo en 24 horas durante un periodo de un año. Se determina de la siguiente manera (Ecuación 7):

$$Q_{MD} = Q_{md} * K_1 \quad (\text{Ecuación 7})$$

Dónde:

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

$Q_{md}$ = Caudal medio diario (L/s).

$K_1$ =Coeficientes de consumo diario.

<sup>58</sup> Ibid., p.32

<sup>59</sup> Ibid., p.37

<sup>60</sup> Ibid., p.37

Para El Corzo se considera como nivel de complejidad Bajo, por lo tanto, el k1 a asignar es de 1,30.

El resultado se muestra en la tabla 66.

**Tabla 66. Caudal máximo diario.**

Q <sub>md</sub>	1,87	L/s
K <sub>1</sub>	1,30	
Q <sub>MD</sub>	2,43	L/s

Fuente: Autores.

#### 4.2.6. Caudal máximo horario<sup>61</sup>.

Consumo máximo en una hora durante un periodo de un año (Ecuación 8).

$$Q_{MH} = Q_{MD} * K_2 \quad (\text{Ecuación 8})$$

Dónde:

Q<sub>MH</sub>= Caudal máximo horario (L/s).

Q<sub>MD</sub>= Caudal máximo diario (L/s).

K<sub>2</sub>=Coeficientes de consumo máximo horario.

Para El Corzo, k2 es 1,60.

El resultado se muestra en la tabla 67.

**Tabla 67. Caudal máximo horario.**

Q <sub>MD</sub>	2,43	L/s
K <sub>2</sub>	1,60	
Q <sub>MH</sub>	3,89	L/s

Fuente: Autores.

Se trazan polígonos (Ilustración 64) para determinar el área, la población por hectárea y los caudales de las zonas que componen la Vereda (Tabla 68).

---

<sup>61</sup> Ibíd., p.37

**Ilustración 60. Polígonos de la zona de estudio.**



Fuente: Autores.

**Tabla 68. Datos de cada zona.**

POLÍGONO	ÁREA (m)	ÁREA (Ha)	POBLACIÓN / HECTAREA	Q <sub>md</sub>	Q <sub>MD</sub>	Q <sub>MH</sub>
1	2430,76	0,24	70	0,13	0,17	0,27
2	2918,39	0,29	84	0,16	0,20	0,32
3	1427,42	0,14	41	0,08	0,10	0,16
4	1079,35	0,11	31	0,06	0,07	0,12
5	4630,39	0,46	133	0,25	0,32	0,51
TOTAL		1,25	358	0,66	0,86	1,38

Fuente: Autores.

### 4.3. EVALUACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

Se realiza la evaluación de la red de distribución mediante el Software EPANET, con la ayuda de la guía de la Universidad Piloto de Colombia de ejercicios prácticos en EPANET<sup>62</sup>.

La evaluación se realizó mediante el modelo matemático de Darcy-Weisbach en el cual se calculan las pérdidas de carga o de altura piezométrica por fricción en una tubería.

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Dónde:

hf= Pérdida de energía por fricción.

f= Factor de fricción de Darcy.

L= Longitud de la tubería.

D= Diámetro de la tubería.

v= Velocidad media del flujo.

g= Aceleración de la gravedad.

Se ingresan los datos de entrada y las características de cada elemento, los cuales se representan en las siguientes tablas:

- Nodos.

**Tabla 69. Nodos de la red.**

Junction	Elevation	Base Demand
2	2561	0
3	2561	0,08
4	2561	0
5	2561	0,32
6	2557,981	0,16
7	2561	0,27
8	2559	0
9	2557,983	0,12
10	2559	0,51

Fuente: Autores.

<sup>62</sup> De Plaza Solórsano, Juan Sebastián. Ejercicios básicos de mecánica de fluidos e hidráulica aplicados a través del software de distribución gratuita EPANET 2.0. Bogotá, 2017.

- Tuberías.

**Tabla 70. Tuberías de la red.**

Pipes	Node 1	Node 2	Length	Diameter	Roughness
1	1	2	1000	200	0,0015
2	2	3	7,8	75	0,0015
3	3	4	10,1	50	0,0015
4	4	5	30,69	50	0,0015
5	5	6	273	50	0,0015
6	4	7	20,3	50	0,0015
7	7	8	205,2	50	0,0015
8	6	9	7,006	50	0,0015
9	9	8	68,31	50	0,0015
10	8	10	10,8	50	0,0015

Fuente: Autores.

- Depósito.

**Tabla 71. Depósito de la red.**

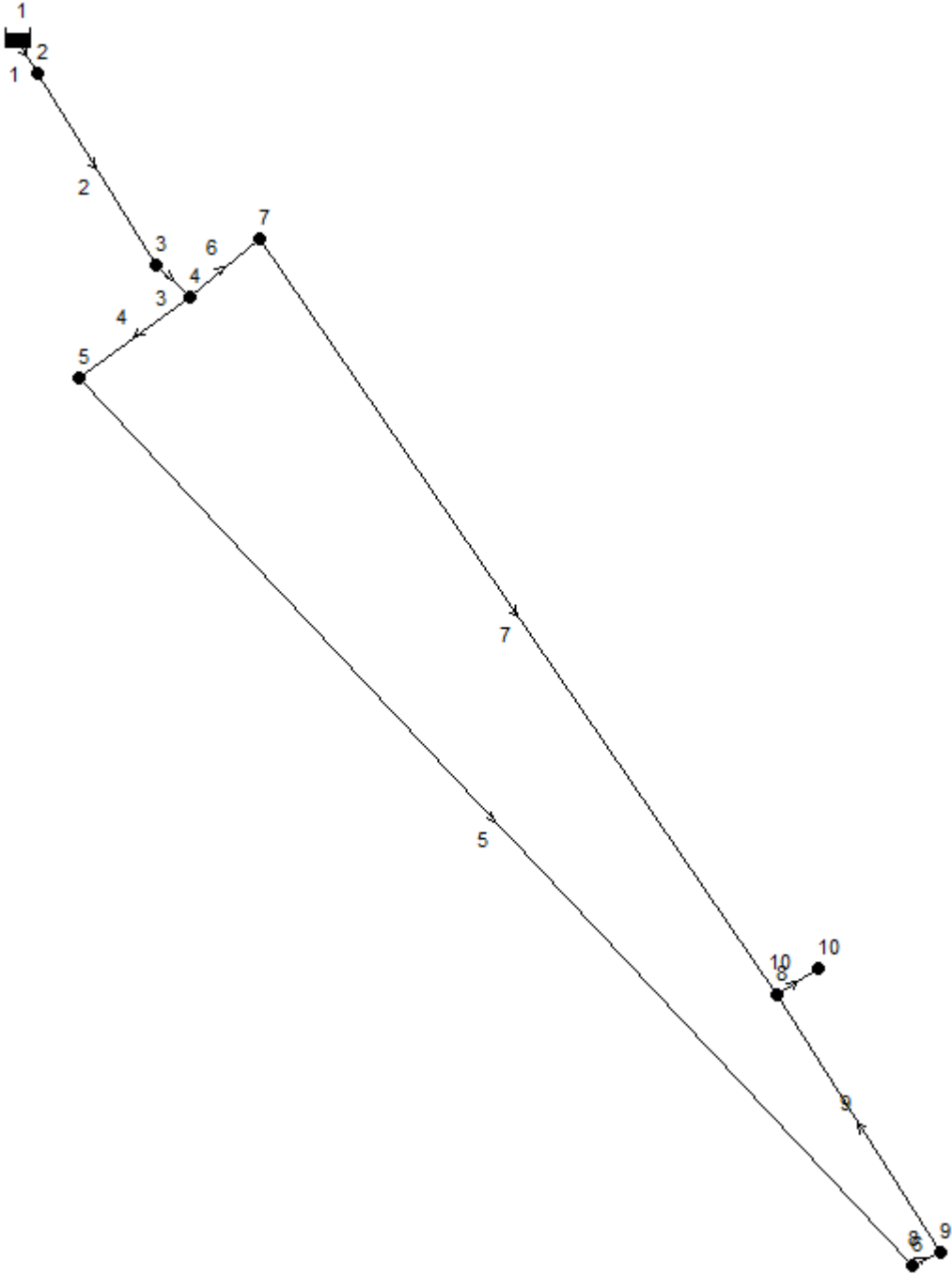
Reservoirs	Total Head
1	2590

Fuente: Autores.



La red de distribución se proyecta para la población de la zona. Se encuentra compuesto por 9 nodos y 10 tuberías. La red de distribución se va manejar un diámetro de 3" según lo estipula la 0330 y va quedar perpendicular a la vía sobre el andén (Ver anexo B).

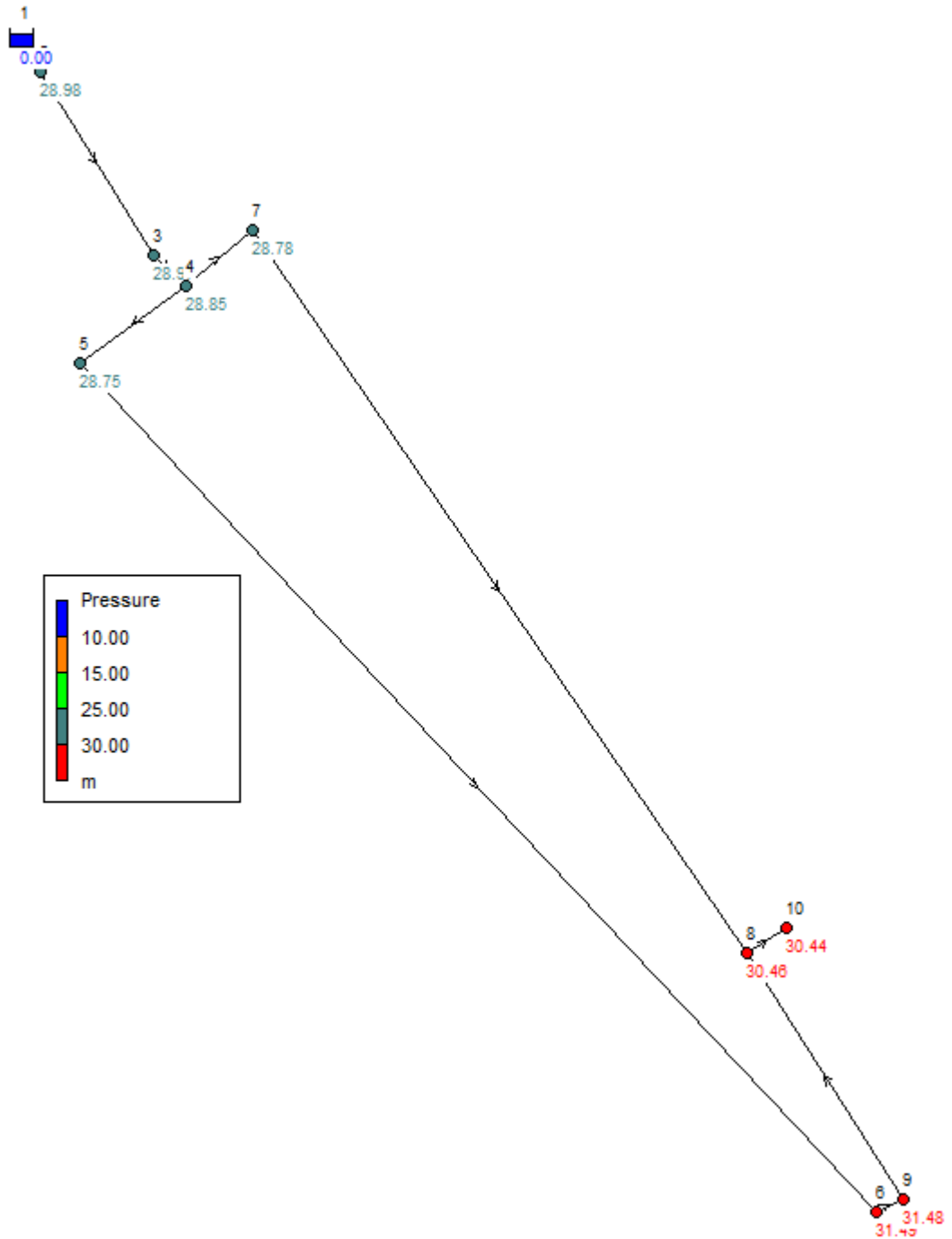
**Ilustración 61. Trazado red de distribución.**



Fuente: Autores.

Después de ingresar los datos de cada elemento, se procede a correr el programa y se visualizan los resultados de la presión de los nodos en la ilustración 66.

**Ilustración 62. Presiones en los nodos.**



Fuente: Autores.

**Tabla 72. Presiones en los nodos.**

Nodo	Presión
2	28,98
3	28,97
4	28,85
5	28,75
6	31,49
7	28,78
8	39,46
9	31,48
10	30,44

Fuente: Autores.

Una población inferior a 12500 habitantes, la presión mínima de la red de distribución debe ser de 10 m.c.a. y una presión máxima de 50 m.c.a. para optimizaciones. En la ilustración 66 se puede analizar que las presiones cumplen con lo establecido en la resolución, debido a que la presión mínima es de 28,75 en el nodo 5 y la presión máxima es de 31,49 en el nodo 6. El diámetro escogido para la red de distribución es de 3" según lo estipula la resolución 0330 de 2017. Es importante mencionar que, para cumplir las velocidades de diseño, se debían utilizar diámetros pequeños los cuales varían entre ½", 1" y 2". Por lo cual, el depósito está aportando 1,46 L/s para el consumo total de la población que satisface las necesidades exigidas. Es una red alimentada únicamente por el depósito, no se plantea el uso de una bomba.

En anexos (Ver anexo B) se encuentra el trazado de la red de distribución.

## 5. ALCANTARILLADO

Conforme a los recorridos efectuados los días 13 y 20 de julio de 2019, y realizar el catastro de las redes de alcantarillado de la zona, se identificó la problemática de la prestación adecuada de este servicio, además de las inconformidades expresadas por la presidenta de la Junta de Acción Comunal. Seguidamente, se procede a optimizar el diseño de estas redes con la finalidad de mitigar las falencias presentadas en la comunidad.

### 5.1. ALCANTARILLADO SANITARIO

#### 5.1.1. Caudal de aguas residuales.<sup>63</sup>

##### 5.1.1.1. Caudal de aguas residuales domésticas.

De acuerdo al artículo 134 de la resolución 0330 de 2017, se realiza el cálculo del caudal de aguas residuales domésticas.

$$Q_D = \frac{C_n * P * d_{neta}}{86400} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Dónde:

$d_{neta}$ = dotación neta de agua potable proyectada por habitante.

P= número de habitantes proyectados al período de diseño.

$C_n$ = De no contar con datos de campo, se debe tomar un valor de 0,85.

##### 5.1.1.2. Caudal de aguas residuales no domésticas.

Contribución de las zonas comerciales, industriales e institucionales, el cual será de 0,50 L/s\*ha.

##### 5.1.1.3. Caudal medio diario.

Es la suma de las aguas residuales domésticas y no domésticas.

##### 5.1.1.4. Caudal de conexiones erradas.

No se cuenta con un sistema de medición control de calidad y de evacuación de aguas lluvias, ya que existe poca información acerca de aportes por conexiones erradas, se utiliza un valor de 0,2 L/s\*ha.

##### 5.1.1.5. Caudal de infiltración.

No existe información, por lo tanto, se toma un factor de 0,1 L/s\*ha según las condiciones del terreno.

---

<sup>63</sup> Artículo 134, Op. cit, p.83

### 5.1.2. Modelación de la red de alcantarillado sanitario.

Se realiza el diseño del alcantarillado sanitario para la Vereda, utilizando como guía el libro de cálculo para el diseño hidráulico de PAVCO (Ver anexo C).

#### Ilustración 63. Alcantarillado PAVCO.



#### CALCULO ALCANTARILLADO SANITARIO

##### TIPO DE ALCANTARILLADO

SANITARIO

ADVERTENCIA

TUTORIAL

Fuente: Hoja de cálculo de PAVCO.

#### Ilustración 64. Diseño alcantarillado sanitario.



PROYECTO: VEREDA EL CORZO

NOTA: POR FAVOR UTILICE UNICAMENTE LAS CASILLAS QUE SE ENCUENTRAN EN COLOR AZUL.

DISEÑO: ALCANTARILLADO SANITARIO

Fuente: Hoja de cálculo de PAVCO.

- **Caudal de aguas residuales.**

En la tabla 73 se muestra la contribución de las aguas residuales.

**Tabla 73. Caudal de aguas residuales.**

<u>Contribución l/s/ha</u>	
<u>Comercial y/o Institucional</u>	0,50
<u>Industrial</u>	0,50
<u>Vivienda</u>	0,85
<u>Conexiones erradas</u>	0,20
<u>Infiltración</u>	0,10

Fuente: Hoja de cálculo de PAVCO.

- **Datos de la población.**

En la tabla 74 se evidencia que aproximadamente se encuentran 4 habitantes por cada vivienda y 287 habitantes por cada hectárea de la zona.

**Tabla 74. Datos de la población.**

Datos de población	
# hab / viv	4 hab / viv
Dviv (viv/ha)	
Dpob (hab/ha)	287,00 hab / Ha
d percápita	120,00 (l/hab/día)

Fuente: Hoja de cálculo de PAVCO con datos de la Vereda.

- **Tramo.**

Se determinan los diferentes tramos, se coloca 1 para especificar que se trata de un tramo inicial y los demás no se rellenan.

- **Área tributaria.**

Con los tramos definidos se procede a introducir la información de las siguientes áreas:

- Área comercial y/o Institucional.
- Área industrial.
- Área vivienda.

En la tabla 77 se muestra los tramos y el área tributaria de cada uno de los predios que lo conforman, además del área aferente (acumulada).

El diseño de la red de alcantarillado por medio de la hoja de cálculo de PAVCO, se registra en las tablas 75 y 76 de diseño y perfil hidráulico respectivamente.

De acuerdo a los cálculos obtenidos en la tabla 75 y 76, las longitudes introducidas son las longitudes correspondientes a cada tramo especificadas en la tabla 77.

Las tuberías de PVC utilizan un valor de rugosidad absoluta de  $1,5 \times 10^{-6}$  metros.

Tabla 75. Diseño hidráulico.

Inicio	Tramo		Area Tributaria									Diseño Hidráulico																				
	De	A	Ha									Población	Caudal					Long	Pend	Diam Nom min 200mm	Diam. Interior	n	V	Q	q/Q	v	Y	Y / d	F	Fuerza Tractiva $\tau \geq 10 \text{ kg/m}^2$		
			Comercial y/o Institucional			Industrial			Vivienda				Area Acumul	Q Medio Diario	F	Q <sub>MH</sub>	Q <sub>CE</sub>														Q <sub>INF</sub>	q
1			Area Propia	Otras	Area Acum	Area Propia	Otras	Area Acum	Area Propia	Otras	Area Acum	Total	hab	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	m	%	mm, "	m	m/s	l/s	≤1.0	m/s	m	≤85%				
1	1	2	0,27		0,27	3,00		3,00	0,04		0,04	3,31	11	1,67	2,74	1,73	0,66	0,33	2,72	52,16	0,90	160-S8	0,145	0,009	1,15	19,07	0,140	0,819	0,037	25,5%	1,61	0,19
	2	3		0,27	0,27	3,00	3,00	6,00	0,09	0,04	0,13	6,40	37	3,25	2,44	3,40	1,28	0,64	5,32	56,88	0,90	160-S8	0,145	0,009	1,15	19,07	0,280	0,990	0,052	36,1%	1,61	0,26
	3	4	0,06	0,27	0,33	6,00	6,00	12,00	0,14	0,13	0,27	12,60	77	6,39	2,27	6,68	2,52	1,26	10,46	88,52	0,90	160-S8	0,145	0,009	1,15	19,07	0,550	1,181	0,077	52,9%	1,52	0,34
	4	5		0,33	0,33	3,00	12,00	15,00	0,03	0,27	0,30	15,63	86	7,92	2,24	8,24	3,13	1,56	12,93	67,29	0,88	160-S8	0,145	0,009	1,14	18,85	0,690	1,230	0,088	60,8%	1,44	0,36
	5	6		0,33	0,33		15,00	15,00		0,30	0,30	15,63	86	7,92	2,24	8,24	3,13	1,56	12,93	55,89	0,93	160-S8	0,145	0,009	1,17	19,38	0,670	1,257	0,087	59,7%	1,49	0,37
	6	7		0,33	0,33		15,00	15,00		0,30	0,30	15,63	86	7,92	2,24	8,24	3,13	1,56	12,93	13,32	0,90	160-S8	0,145	0,009	1,15	19,07	0,680	1,241	0,088	60,4%	1,46	0,36
1	8	9				2,00		2,00	0,20		0,20	2,20	57	1,17	2,33	1,40	0,44	0,22	2,06	59,58	1,04	160-S8	0,145	0,009	1,24	20,49	0,100	0,794	0,031	21,4%	1,72	0,19
	9	10				2,00	2,00	4,00	0,51	0,20	0,71	4,71	204	2,60	2,06	3,24	0,94	0,47	4,65	80,30	0,96	160-S8	0,145	0,009	1,19	19,69	0,240	0,976	0,048	33,1%	1,66	0,26
	10	11				8,00	4,00	12,00	0,13	0,71	0,84	12,84	241	6,71	2,02	7,44	2,57	1,28	11,30	69,49	0,92	160-S8	0,145	0,009	1,17	19,28	0,590	1,213	0,080	55,0%	1,52	0,35
	11	7	0,03		0,03	6,00	12,00	18,00	0,14	0,84	0,98	19,01	281	9,85	1,99	10,67	3,80	1,90	16,38	53,58	1,42	160-S8	0,145	0,009	1,45	23,95	0,680	1,561	0,088	60,7%	1,83	0,57
	7	12			0,36	1,00	33,00	34,00	0,34	1,28	1,62	35,98	465	18,56	1,89	19,79	7,20	3,60	30,58	50,34	0,93	250-S8	0,227	0,009	1,58	64,04	0,480	1,564	0,110	48,7%	1,70	0,52
	12	13		0,36	0,36		34,00	34,00		1,62	1,62	35,98	465	18,56	1,89	19,79	7,20	3,60	30,58	30,66	1,08	250-S8	0,227	0,009	1,71	69,01	0,440	1,654	0,106	46,6%	1,85	0,59
	13	14		0,36	0,36		34,00	34,00		1,62	1,62	35,98	465	18,56	1,89	19,79	7,20	3,60	30,58	56,56	0,95	250-S8	0,227	0,009	1,60	64,72	0,470	1,577	0,110	48,4%	1,72	0,53

Fuente: Autores con la hoja de cálculo de PAVCO.

Tabla 76. Perfil hidráulico.

Inicio	Tramo		PERFIL HIDRÁULICO																										
	De	A	Caída	Cota Clave		Cota rasante		Tipo de rasante	Recubrimiento ≥ 0.90 m		Pozo repetido	Cota batea		V <sup>2</sup> /2g	Energía específica	Alineamiento	FLUJO SUBCRITICO				FLUJO SUPERCRITICO				Cota Clave sugerida				
				Super	Infer	Super	Infer		Super	Infer		1	Super				Infer	m	m	%	r/c/φ	HC	0.2 D H <sub>v</sub>	Hp		Yc	0.319Qd / φ <sup>2.5</sup>	Hc	He
1	1	2	0,47	2559,96	2559,49	2561,00	2561,00		1,04	1,51		2580,00	2579,53	0,03	0,07		4					0,05	0,108	0,06	0,00	1,2	0,08	#REF!	
	2	3	0,51	2559,48	2558,97	2561,00	2561,00		1,52	2,03		2559,32	2558,81	0,05	0,10		4					0,07	0,212	0,09	0,00	1,2	0,11	2559,45	
	3	4	0,80	2558,87	2558,07	2561,00	2560,71		2,13	2,64		2558,71	2557,91	0,07	0,15	0,33	4					0,10	0,417	0,14	0,01	1,2	0,17	2558,91	
	4	5	0,59	2558,07	2557,48	2560,71	2558,80		2,64	1,32		2557,91	2557,32	0,08	0,17	2,84	4					0,11	0,515	0,16	0,01	1,2	0,21	2557,98	
	5	6	0,52	2557,48	2556,96	2558,80	2557,99		1,32	1,03		2557,31	2556,79	0,08	0,17	1,45	4					0,11	0,515	0,16	0,01	1,2	0,21	2557,36	
	6	7	0,12	2556,95	2556,83	2557,99	2557,99		1,04	1,16		2556,79	2556,67	0,08	0,17							0,11	0,515	0,16	0,01			2556,84	
																													2556,77
1	8	9	0,62	2559,86	2559,24	2561,00	2560,25		1,14	1,01		2559,70	2559,08	0,03	0,06	1,26	4					0,04	0,082	0,06	0,00	1,2	0,07	2559,20	
	9	10	0,77	2559,23	2558,46	2560,25	2559,75		1,02	1,29		2559,07	2558,30	0,05	0,10	0,62	4					0,06	0,185	0,09	0,00	1,2	0,10	2559,20	
	10	11	0,64	2558,45	2557,81	2559,75	2558,89		1,30	1,08		2558,29	2557,65	0,08	0,15	1,24	4					0,10	0,450	0,14	0,01	1,2	0,19	2558,40	
	11	7	0,76	2554,80	2554,04	2558,89	2557,99		4,09	3,95		2557,59	2556,83	0,12	0,21	1,68						0,12	0,653					2557,71	
																													2553,98
	7	12	0,47	2556,85	2556,38	2557,99	2558,27		1,14	1,89	1	2556,60	2556,13	0,12	0,24	-0,56	3					0,02	0,26						2556,23
	12	13	0,33	2556,38	2556,05	2558,27	2558,66		1,89	2,61		2556,12	2555,79	0,14	0,25	-1,27	3					0,15	0,397	0,21	0,01	1,2	0,26	2556,23	
	13	14	0,54	2556,04	2555,50	2558,66	2557,00		2,62	1,50		2555,79	2555,25	0,13	0,24	2,93						0,15	0,397	0,21	0,01			2555,89	
																													2555,39

Fuente: Autores con la hoja de cálculo de PAVCO.

Tabla 77. Información de la Vereda.

Tramo	Longitud (m)	Predio	Descripción Predio	Área predio (m <sup>2</sup> )	Área aferente	
					m <sup>2</sup>	ha
2-1	52,16	2	Habitacional	198	537	0,0537
		3	Habitacional	124		
		4	Comercial 1	136		
		5	Habitacional	79		
		1	IED rural el Corzo	2567	2567	0,2567
8-9	66,3	6	Habitacional	457	2043	0,2043
		7	Habitacional	1586		
9-10	80,3	8	Habitacional	214	5110	0,511
		19	Habitacional	4896		
10-11	69,49	9	Habitacional	88	1315	0,1315
		10	Habitacional	243		
		11	Habitacional	104		
		12	Habitacional	234		
		13	Habitacional	305		
		14	Habitacional	69		
		15	Habitacional	64		
		16	Habitacional	208		
11-7	99,8	17	Comercial	322	1355	0,1355
		18	Espacio público	0		
		20	Habitacional	509		
		21	Habitacional	84		
		22	Habitacional	237		
		23	Habitacional	125		
		24	Habitacional	72		
		25	Habitacional	328		
Tramo	Longitud (m)	Predio	Descripción Predio	Área predio (m <sup>2</sup> )	Área aferente	
					m <sup>2</sup>	ha
4-5	67,29	27	Habitacional	72	303	0,0303
		28	Habitacional	130		
		29	Habitacional	101		
3-4	88,51	30	Habitacional	258	1440	0,144
		31	Habitacional	144		
		32	Habitacional	115		
		33	Habitacional	180		
		34	Habitacional	495		
		35	Habitacional	248		
		36	Comercial 2	264		
		37	Comercial 3	290		
2-3	56,88	38	Habitacional	290	870	0,087
		39	Habitacional	290		
		40	Habitacional	290		
5-6	98,7	18	Espacio público	0	0	0
7-12	11,03	26	Habitacional	3378	3378	0,3378

Fuente: Autores.



### 5.1.3. Evaluación de la red de alcantarillado sanitario.

Seguidamente, se realizan las siguientes comprobaciones para verificar un diseño óptimo del sistema:

- **Diámetro interno:** Como diámetro nominal se utilizaron tubos de 160-S8 y 250-S8 de diámetros de tubería de 145 mm y 227 mm respectivamente, como se puede evidenciar en la siguiente tabla de PAVCO (Tabla 78).

**Tabla 78. Datos de tubería de PVC.**

Diámetro Nominal	Diámetro Interno mm	Diámetro Externo m	Rigidez		Bd m	Ks m	Long efec	Norma	Nombre	
			psi	Kg/m <sup>2</sup>						
4	pulgadas	100.70	0.11	46.00	32348.80	0.51	1.50E-06		NTC-1748	W-Reten
6	pulgadas	151.60	0.16	28.00	19690.58	0.56	1.50E-06		NTC-1748	W-Reten
8	pulgadas	203.20	0.21	28.00	19690.58	0.61	1.50E-06		NTC-1748	W-Reten
10	pulgadas	253.90	0.27	28.00	19690.58	0.67	1.50E-06		NTC-1748	W-Reten
12	pulgadas	302.30	0.32	28.00	19690.58	0.72	1.50E-06		NTC-1748	W-Reten
24	pulgadas	595.12	0.63	10.00	7032.35	1.05	1.50E-06	6.50	NTC-5070	NOVALOC
27	pulgadas	671.01	0.71	10.00	7032.35	1.15	1.50E-06	6.50	NTC-5070	NOVALOC
30	pulgadas	747.01	0.79	10.00	7032.35	1.20	1.50E-06	6.50	NTC-5070	NOVALOC
33	pulgadas	823.09	0.86	10.00	7032.35	1.26	1.50E-06	6.50	NTC-5070	NOVALOC
36	pulgadas	899.03	0.95	10.00	7032.35	1.35	1.50E-06	6.50	NTC-5070	NOVALOC
39	pulgadas	974.98	1.03	10.00	7032.35	1.46	1.50E-06	6.50	NTC-5070	NOVALOC
42	pulgadas	1050.93	1.10	10.00	7032.35	1.50	1.50E-06	6.50	NTC-5070	NOVALOC
45	pulgadas	1127.00	1.18	10.00	7032.35	1.78	1.50E-06	6.00	NTC-5070	NOVALOC
48	pulgadas	1202.94	1.27	10.00	7032.35	1.87	1.50E-06	6.00	NTC-5070	NOVALOC
51	pulgadas	1295.00	1.36	10.00	7032.35	1.96	1.50E-06	6.00	NTC-5070	NOVALOC
54	pulgadas	1355.09	1.42	10.00	7032.35	2.02	1.50E-06	6.00	NTC-5070	NOVALOC
60	pulgadas	1507.24	1.58	8.00	5625.88	2.18	1.50E-06	6.00	NTC-5070	NOVALOC
110-S8	mm	99.00	0.11	57.00	40084.39	0.50	1.50E-06	5.92	NTC-3722-1	NOVAFORT
160-S8	mm	145.00	0.16	57.00	40084.39	0.60	1.50E-06	5.91	NTC-3722-1	NOVAFORT
200-S8	mm	182.00	0.20	57.00	40084.39	0.60	1.50E-06	5.91	NTC-3722-1	NOVAFORT
250-S8	mm	227.00	0.25	57.00	40084.39	0.65	1.50E-06	5.88	NTC-3722-1	NOVAFORT
315-S8	mm	284.00	0.32	57.00	40084.39	0.75	1.50E-06	5.88	NTC-3722-1	NOVAFORT
400-S8	mm	362.00	0.40	57.00	40084.39	0.80	1.50E-06	5.85	NTC-3722-1	NOVAFORT
450-S8	mm	407.00	0.45	57.00	40084.39	0.85	1.50E-06	5.79	NTC-3722-1	NOVAFORT
500-S8	mm	452.00	0.50	57.00	40084.39	0.90	1.50E-06	5.76	NTC-3722-1	NOVAFORT
200-S4	mm	185.00	0.20	28.00	19690.58	0.60	1.50E-06	5.88	NTC-3722-1	NOVAFORT
250-S4	mm	231.00	0.25	28.00	19690.58	0.65	1.50E-06	5.87	NTC-3722-1	NOVAFORT
315-S4	mm	291.00	0.32	28.00	19690.58	0.72	1.50E-06	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
355-S4	mm	328.00	0.36	28.00	19690.58	0.76	1.50E-06	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
400-S4	mm	370.00	0.40	28.00	19690.58	0.80	1.50E-06	5.77	NTC-3722-1	NOVAFORT
24-S4	pulgadas	595.00	0.66	28.00	19690.58	1.06	1.50E-06	5.65	NTC-3722-1	NOVAFORT
27-S4	pulgadas	670.00	0.73	28.00	19690.58	1.13	1.50E-06	5.61	NTC-3722-1	NOVAFORT
30-S4	pulgadas	747.00	0.81	28.00	19690.58	1.21	1.50E-06	5.55	NTC-3722-1	NOVAFORT

Fuente: Hoja de cálculo de PAVCO.

- **Relación q/Q:** La relación entre el caudal de diseño y el caudal a tubo lleno, esta relación debe ser menor o igual a 1. Esta condición se cumple, las relaciones de los tramos digitalizados son menores a 1.
- **Velocidad (v):** La velocidad mínima a tubo lleno es de 0,6 m/s y velocidad máxima de 5 m/s. Las velocidades calculadas se encuentran dentro de estos rangos, por lo tanto, cumplen con los parámetros de diseño (Tabla 75).

- **F:** Los números de Froude son recomendables que estén por fuera del intervalo de 0.7 a 1.5 para la condición de flujo uniforme expresados en la tabla 75.
- **Fuerza tractiva ( $\tau$ ):** Debe ser mayor igual de 0,10 Kg/m<sup>2</sup>, con el fin de que cumplan con el criterio de autolimpieza. En la tabla 75 se evidencia como el diseño cumple con este criterio de la fuerza producida por el flujo de agua en la tubería.

En la tabla 76 se puede evidenciar que las cotas bateas de los colectores que fueron diseñados son mínimas debido a la topografía de la zona de estudio. El sistema de alcantarillado sanitario propuesto, logra transportar los caudales de aguas residuales por cada área. Para lograr la optimización del sistema, se realiza la separación de los colectores, en el cual se modifica el diámetro de las tuberías, con el fin de cumplir con los parámetros hidráulicos especificados anteriormente en la resolución 0330.

La implementación de alcantarillados combinados en las zonas rurales del país, generan problemas en salubridad, debido a la contaminación e ineficiencia de estos sistemas que dificultan en consideración el tratamiento de las aguas captadas. Por lo tanto, se realizó el diseño óptimo para aguas residuales.

En anexos (Ver anexo C) se encuentran los diseños de los perfiles de los colectores y los perfiles longitudinales.

## 5.2. ALCANTARILLADO PLUVIAL

### 5.2.1. Caudal de aguas lluvias.<sup>64</sup>

#### 5.2.1.1. Periodo de retorno.

Los valores no pueden ser inferiores a los establecidos en la tabla 79, según la resolución 0330 de 2017.

**Tabla 79. Periodos de retorno.**

Características del área de drenaje	Periodo de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas.	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas.	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas.	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores a 10 hectáreas.	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas(alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Fuente: Tabla 16 de la Resolución 0330 de 2017.

En la zona del corzo los tramos de las zonas residenciales no exceden las 2 hectáreas de área tributaria, por lo tanto, se elige un periodo de retorno de 3 años.

#### 5.2.1.2. Intensidad de lluvia.

Para efectos de disponer de información de precipitaciones máximas en la zona del municipio de Madrid que permitan el análisis de la red de alcantarillado de aguas lluvias, se requiere el conocimiento de las relaciones Intensidad-Frecuencia-Duración. A partir de la ubicación de la información disponible, la estación más cercana a la zona del municipio de Madrid es la estación Base Aérea, Para efectos de construir la curva IDF según la información disponible se concluyó que es posible aplicar el método de Pulgarín. La ecuación para calcular es la siguiente (Ecuación 11):

$$\bar{y} = -\ln \left[ -\ln \left( 1 - \left( \frac{1}{T} \right) \right) \right]$$

---

<sup>64</sup> Ibíd., p.85

$$I = \left[ (0,88m - 0,004) + \left( \frac{0,12m}{0,5772} * \bar{y} \right) \right] \left( \frac{t}{1440} \right)^\theta \quad (\text{Ecuación 11})$$

Dónde:

I= Intensidad para un periodo de retorno T y duración t(mm/h).

t= Duración de la tormenta (min).

T= Periodo de retorno (años).

m= Intensidad promedio diaria anual (mm/h).

θ= Exponente de escalamiento.

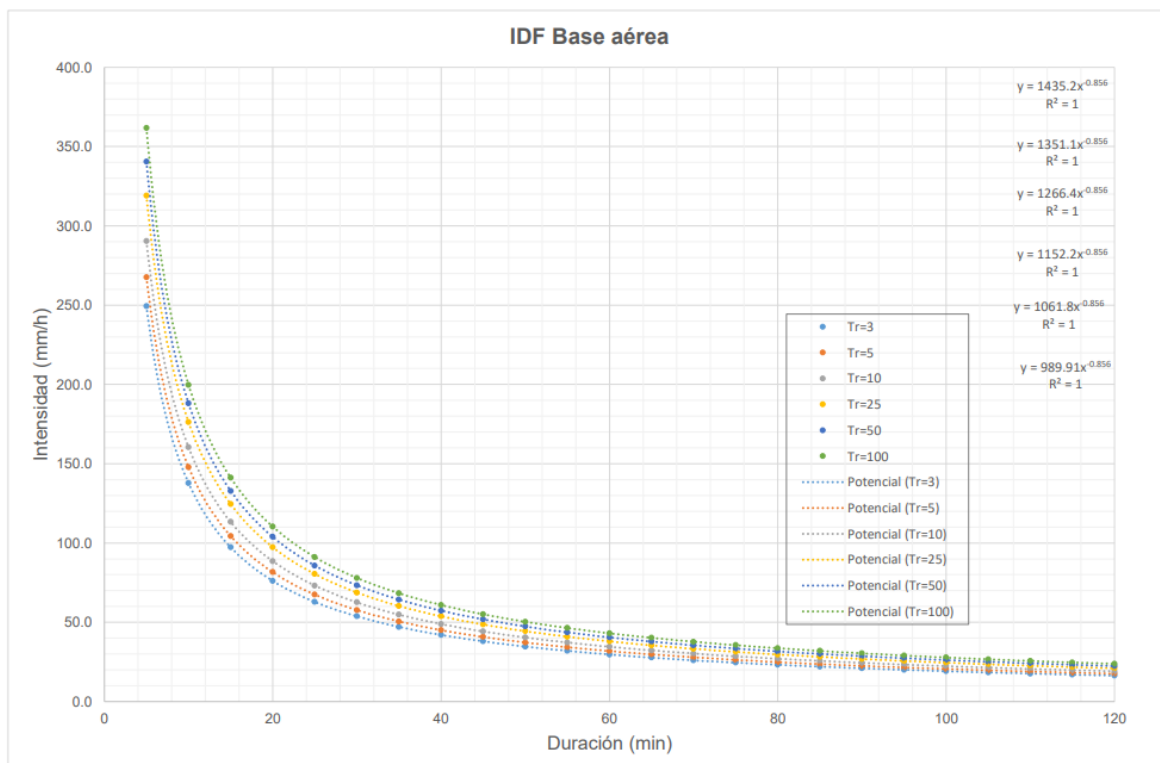
A continuación, en la tabla 80 se presentan las intensidades calculadas para la estación Base Aérea utilizando el método y en la ilustración 69 la gráfica de la curva IDF correspondiente.

**Tabla 80. Intensidad de lluvia con el método de Pulgarín.**

Tr=	3	5	10	25	50	100
d(min)	I(mm/h)	I(mm/h)	I(mm/h)	I(mm/h)	I(mm/h)	I(mm/h)
5	249.4	267.5	290.3	319.1	340.4	361.6
10	137.8	147.8	160.3	176.2	188.0	199.7
15	97.3	104.4	113.3	124.5	132.9	141.1
20	76.1	81.6	88.6	97.3	103.8	110.3
25	62.8	67.4	73.1	80.4	85.8	91.1
30	53.8	57.7	62.6	68.8	73.4	77.9
35	47.1	50.5	54.8	60.3	64.3	68.3
40	42.0	45.1	48.9	53.8	57.3	60.9
45	38.0	40.7	44.2	48.6	51.8	55.1
50	34.7	37.2	40.4	44.4	47.4	50.3
55	32.0	34.3	37.2	40.9	43.7	46.4
60	29.7	31.8	34.6	38.0	40.5	43.0
65	27.7	29.7	32.3	35.5	37.8	40.2
70	26.0	27.9	30.3	33.3	35.5	37.7
75	24.5	26.3	28.5	31.4	33.5	35.6
80	23.2	24.9	27.0	29.7	31.7	33.6
85	22.0	23.6	25.6	28.2	30.1	31.9
90	21.0	22.5	24.4	26.8	28.6	30.4
95	20.0	21.5	23.3	25.6	27.3	29.0
100	19.2	20.6	22.3	24.5	26.2	27.8
105	18.4	19.7	21.4	23.5	25.1	26.7
110	17.7	18.9	20.6	22.6	24.1	25.6
115	17.0	18.2	19.8	21.8	23.2	24.7
120	16.4	17.6	19.1	21.0	22.4	23.8

Fuente: Autores.

**Ilustración 65. Curva IDF estación Base Aérea**



Fuente: Autores.

### 5.2.1.3. Coeficiente de escorrentía.

Se adopta un coeficiente de 0,75 en función del tipo de zona que se va a manejar.

### 5.2.2. Modelación de la red de alcantarillado pluvial.

Las zonas residenciales que componen la Vereda no son mayores a 2 hectáreas, por lo tanto, se toma un periodo de retorno de 3 años, al igual que un coeficiente de 0,75 por el tipo de zona y con una intensidad de 137,8 mm/h determinado a partir de la curva IDF (Ilustración 69).

Posteriormente, de acuerdo a lo mencionado, se realizó la optimización de la red existente de alcantarillado pluvial. De acuerdo a este, en las tablas 81, 82 Y 83 están las comprobaciones de las cotas, los diámetros, las pendientes y los parámetros hidráulicos del sistema propuesto (Ver anexo D).

**Tabla 81. Cotas de los pozos.**

Pozo		Cota rasante		Cota clave		Cota batea		Cota lamina		Cota energía		prof. a clav	
De	A	De	A	De	A	De	A	De	A	De	A	De	A
PZ-01	PZ-02	2.561,000	2.561,000	2560,25	2560,15	2559,80	2559,70	2560,11	2560,01	2560,16	2560,06	0,75	0,85
PZ-02	PZ-03	2.561,000	2.561,000	2559,59	2559,45	2559,09	2558,95	2559,44	2559,31	2560,05	2559,92	1,41	1,55
PZ-03	PZ-04	2.561,000	2.560,430	2559,12	2558,97	2558,52	2558,37	2558,87	2558,72	2559,92	2559,76	1,88	1,46
PZ-04	PZ-05	2.560,430	2.557,990	2558,48	2557,69	2557,88	2557,09	2558,12	2557,33	2559,75	2558,96	1,95	0,30
PZ-05	PZ-06	2.557,990	2.558,070	2557,42	2557,38	2556,82	2556,78	2557,20	2557,16	2558,97	2558,94	0,57	0,69
PZ-10	PZ-9	2.561,000	2.559,990	2559,75	2559,64	2559,452	2559,339	2559,66	2559,55	2559,69	2559,58	1,25	0,35
PZ-9	PZ-8	2.559,990	2.559,790	2559,41	2559,18	2558,909	2558,683	2559,21	2558,98	2559,54	2559,31	0,58	0,61
PZ-8	PZ-6	2.559,790	2.558,070	2558,60	2557,73	2557,990	2557,120	2558,27	2557,40	2559,29	2558,42	1,19	0,34
PZ-6	PZ-7	2.558,070	2.558,540	2557,64	2557,52	2556,888	2556,766	2557,50	2557,38	2558,44	2558,32	0,43	1,02
PZ-7	DES	2.558,540	2.557,130	2556,95	2556,86	2556,204	2556,111	2556,76	2556,67	2558,31	2558,22	1,59	0,27

Fuente: Autores.

**Tabla 82. Parámetros hidráulicos de los pozos.**

Pozo		Area	Areas	C	Frec	I	I	Q Dis	Long	S	Diámetro		D de diseño		Qo	Vo
De	A	Prop	A tot.		años	mm/hr	L/sHa	L/s	m	diseño	m	pulg	Pulg	m	L/s	m/s
PZ-01	PZ-02	0,370	0,37	0,75	3	137,80	383,08	106,31	60,11	0,17	0,38	15,1	18	0,407	130,03	1,00
PZ-02	PZ-03	0,140	0,51	0,75	3	137,80	383,08	146,53	73,10	0,18	0,42	16,8	20	0,452	176,98	1,10
PZ-03	PZ-04	0,180	0,69	0,75	3	137,80	383,08	198,25	89,90	0,17	0,48	19,1	24	0,595	357,97	1,29
PZ-04	PZ-05	0,070	0,76	0,75	3	137,80	383,08	218,36	98,49	0,80	0,37	14,8	24	0,595	776,55	2,79
PZ-05	PZ-06	0,010	0,77	0,75	3	137,80	383,08	221,23	20,06	0,17	0,50	19,9	24	0,595	357,97	1,29
PZ-10	PZ-9	0,125	0,13	0,75	3	137,80	383,08	35,91	75,24	0,15	0,26	10,3	12	0,284	46,79	0,74
PZ-9	PZ-8	0,290	0,42	0,75	3	137,80	383,08	119,23	90,50	0,25	0,37	14,7	18	0,407	157,69	1,21
PZ-8	PZ-6	0,341	0,76	0,75	3	137,80	383,08	217,21	91,59	0,95	0,36	14,3	18	0,407	307,39	2,36
PZ-6	PZ-7	0,315	1,84	0,75	3	137,80	383,08	528,94	87,23	0,14	0,71	28,6	30	0,747	595,89	1,36
PZ-7	DES		1,84	0,75	3	137,80	383,08	528,66	51,76	0,18	0,68	27,3	30	0,747	675,67	1,54

Fuente: Autores.

**Tabla 83. Parámetros hidráulicos de los pozos.**

Pozo		Q/Qo		0.1x	V/Vo	d/D	R/Ro	H/D	V	R	$\tau$	$\tau_{10}$	$V^2/2g$	d	E	H	NF	Perdidas energía (m)			
De	A			Q/Qo						m	Pa	Kg/m <sup>2</sup>	m	m	m	m		h tran.	Rc/D	curv.	h tot.
PZ-01	PZ-02	0,82	0,82	0,1	0,990	0,770	1,208	0,767	0,99	0,12	2,01	0,10	0,050	0,31	0,36	0,31	0,57	0,005			0,005
PZ-02	PZ-03	0,83	0,83	0,1	0,993	0,778	1,211	0,783	1,10	0,14	2,37	0,12	0,061	0,35	0,41	0,35	0,59	0,001	1,0	0,013	0,014
PZ-03	PZ-04	0,55	0,55	0,1	0,875	0,594	1,113	0,494	1,13	0,17	2,71	0,15	0,065	0,35	0,42	0,29	0,66	0,000			0,000
PZ-04	PZ-05	0,28	0,28	0,1	0,713	0,409	0,874	0,307	1,99	0,13	10,01	0,70	0,202	0,24	0,45	0,18	1,49	0,014			0,014
PZ-05	PZ-06	0,62	0,62	0,1	0,908	0,639	1,143	0,550	1,17	0,17	2,78	0,15	0,070	0,38	0,45	0,33	0,65	-0,013			-0,013
		-																			
PZ-10	PZ-9	0,77	0,77	0,1	0,972	0,738	1,195	0,700	0,72	0,08	1,22	0,06	0,026	0,21	0,24	0,20	0,51	0,003	1,5	0,010	0,012
PZ-9	PZ-8	0,76	0,76	0,1	0,969	0,732	1,193	0,688	1,17	0,12	2,92	0,15	0,070	0,30	0,37	0,28	0,71	0,004	1,5	0,033	0,037
PZ-8	PZ-6	0,71	0,71	0,1	0,951	0,699	1,179	0,633	2,25	0,12	10,96	0,57	0,257	0,28	0,54	0,26	1,41	0,019			0,019
PZ-6	PZ-7	0,89	0,89	1,1	1,015	0,820	1,214	0,892	1,38	0,23	3,05	0,15	0,097	0,61	0,71	0,67	0,54	-0,016			-0,016
PZ-7	DES	0,78	0,78	2,1	0,975	0,743	1,197	0,713	1,50	0,22	3,87	0,20	0,115	0,56	0,67	0,53	0,66	0,002			0,002

Fuente: Autores.

En anexos (Ver anexo D) se encuentran los diseños de los perfiles de los colectores.

### 5.2.3. Evaluación de la red de alcantarillado pluvial.

A continuación, se realizan las comprobaciones para verificar un diseño óptimo del sistema, las cuales son:

- **Diámetro interno mínimo<sup>65</sup>**: El diámetro mínimo para redes de alcantarillado pluvial no debe ser inferior a 10", en la tabla 83 se encuentra especificado los diámetros comerciales con los cuales se realizó el diseño.
- **Criterios de autolimpieza<sup>66</sup>**: La velocidad mínima permitida debe generar un esfuerzo cortante de mínimo 2 Pa. Las velocidades expresadas en la tabla 83, generan esfuerzos por encima de este rango, determinados con el caudal de diseño.
- **Velocidad máxima<sup>67</sup>**: La velocidad máxima por gravedad en un colector no puede ser superior a 5 m/s. Las velocidades determinadas en la tabla 84 no superan el límite
- **Relación máxima entre profundidad y diámetro<sup>68</sup>**: Los valores máximos para esta relación de profundidad de flujo por cada colector es del 93% del diámetro interno (Tabla 83).

Así mismo, se realizaron las verificaciones correspondientes para alcantarillado pluvial especificadas en la resolución 0330, a través de las modificaciones en las pendientes y el diámetro de las tuberías que conforman el diseño hasta el punto de descarga de los colectores pluviales. Al momento de realizar los cálculos correspondientes se consideraron factores como la topografía, la intensidad de la lluvia y el tiempo de retorno. La zona cuenta con una alta intensidad de lluvia, determinada a partir de la curva IDF, donde los parámetros corresponden a la solicitud hidráulica. Se generó con éxito la optimización del sistema actual, los parámetros hidráulicos de diseño cumplen con los establecidos en la norma.

El sistema actual de la zona de alcantarillado combinado, no cumple con los requerimientos establecidos, afectando principalmente en épocas de altas lluvias la comunidad al no contar con un servicio eficiente. El diseño empleado se ubica en puntos estratégicos, sugiriendo los diámetros y el material adecuado a emplear, en concordancia con el caudal de diseño determinado y las pendientes no muy pronunciadas del lugar.

---

<sup>65</sup> Ibid., p.93

<sup>66</sup> Ibid., p.93

<sup>67</sup> Ibid., p.93

<sup>68</sup> Ibid., p.93



## 6. PRESUPUESTO DE OBRA

A continuación, se encuentran el presupuesto constructivo, las cantidades de relleno y presupuestos para la red de acueducto y alcantarillado pluvial con los costos directos e indirectos de acuerdo a las especificaciones y cuantificaciones correspondientes de forma desglosada para que sea más entendible parte de las personas de la comunidad.

- Proceso constructivo.

**Tabla 84. Proceso constructivo de los sistemas.**

FASE	PROCESO	PASO	ACTIVIDAD
Acueducto	Pasos para la elaboración del proyecto	1	Suministro e instalación de accesorios
		2	Obras civiles y rellenos
FASE	PROCESO	PASO	ACTIVIDAD
Alcantarillado sanitario	Pasos para la elaboración del proyecto	1	Preliminares
		2	Suministro de tubería
		3	Instalación de la tubería
		4	Suministro de accesorios
		5	Instalación de accesorios
		6	Obras civiles y rellenos
FASE	PROCESO	PASO	ACTIVIDAD
Alcantarillado pluvial	Pasos para la elaboración del proyecto	1	Demoliciones y preliminares
		2	Excavaciones
		3	Entibados
		4	Instalación de la tubería
		5	Rellenos
		6	Obras civiles complementarias
		7	Actividades complementarias
		8	Suministro de tubería

Fuente: Autores.

- Cantidades de relleno.

**Tabla 85. Cantidades de relleno.**

PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN		ESPESOR	
<b>0,6</b>	BASE ASFÁLTICA	<b>0,12</b>	0,00
	BASE RECEBO	<b>0,29</b>	0,48
	RELLENO EN ARENA DE PEÑA	<b>0,20</b>	

Fuente: Autores.

**Tabla 86. Cantidades de relleno.**

VOLUMEN DE TUBO	RELLENO DE ARENA DE PEÑA		ANCHO DE LA ZANJA	
<b>3,026237298</b>	CAMA	<b>0,195</b>	<b>0,5</b>	LONGITUD DEL TRAMO
	0,1		<b>685</b>	M3 DE DEMOLICIÓN
	DIÁMETRO DEL TUBO		41,1	
	<b>0,075</b>			
RECUBRIMIENTO				
0,02				

VOLUMEN DE TUBERIAS				ÁREA (m2)	VOLUMEN CON TUBO (m3)	VOLUMEN SIN TUBO
Diámetro (m)	Diámetro (in)	Radio	Volumen			
0,025	1	0,0125	0,336248589			
0,05	2	0,025	1,344994355			
0,075	3	0,0375	3,026237298			
0,1	4	0,05	5,379977419	EXCAVACIÓN	206	
0,15	6	0,075	12,10494919	RELLENO EN ARENA	64	67
0,2	8	0,1	21,51990968	RELLENO RECEBO	98	
0,25	10	0,125	33,62485887	PAVIMENTO	8	1

LONGITUD AFECTACION DE PAVIMENTO
16

Fuente: Autores.

- Presupuesto red de acueducto (Ver anexo B).

**Tabla 87. Presupuesto red de acueducto.**

Presupuesto Estimado Optimización a la Red De Acueducto Vereda el Corzo						
ÍTEM	ITEM ICCU	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	VR. UNIT	VR. TOTAL
<b>1. SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS</b>						
1,1		SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERIA PVC RDE 21 DE 3"	ML	685	\$ 27.094,89	\$ 18.559.999,65
1,2		TAPON H.F. E.L 3" PVC	UN	2,00	\$ 52.534,40	\$ 105.068,80
1,3		SUMINISTRO E INSTALACIÓN CODO GRAN RADIO 90º PVC DE 3"	UN	6,00	\$ 74.187,15	\$ 445.122,90
1,4		UNION P.C 3"	UN	10,00	\$ 50.027,50	\$ 500.275,00
1,5		SUMINISTRO E INSTALACIÓN TEE HD DE 3*3*3*	UN	3,00	\$ 118.936,40	\$ 356.809,20
1,6		SUMINISTRO E INSTALACIÓN VALVULA HD DE 3" EXTREMO LISO	UN	7,00	\$ 267.750,00	\$ 1.874.250,00
1,7		SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACOMETIDA DE 1/2" ACUEDUCTO	UN	38,00	\$ 74.240,64	\$ 2.821.144,32
<b>2. OBRAS CIVILES Y RELLENOS</b>						
2,1		DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO INC. Y ANDENES CORTE DE FRONTERAS CON DISCO DIAMANTADO	M3	45,00	\$ 20.389,00	\$ 917.505,00
2,2		EXCAVACIÓN MANUAL EN CONGLOMERADO H=0.0-2.0 M (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	206,00	\$ 52.599,00	\$ 10.835.394,00
2,3		RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM (INCLUYE CARGUE)	M3	45,00	\$ 9.427,00	\$ 424.215,00
2,4		RELLENO TIPO 7 ARENA DE PEÑA	M3	67,00	\$ 120.052,00	\$ 8.043.484,00
2,5		RELLENO TIPO 2 EN RECEBO	M3	98,00	\$ 58.614,00	\$ 5.744.172,00
2,6		RIEGO IMPRIMACION	M2	8,00	\$ 3.275,00	\$ 26.200,00
2,7		RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICACRR-1	M2	8,00	\$ 1.144,00	\$ 9.152,00
2,8		MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-19 (INCLUYE CEMENTO ASFÁLTICO)	M3	1,00	\$ 580.963,00	\$ 580.963,00
<b>TOTAL COSTOS</b>						<b>\$ 51.243.754,87</b>
<b>ADMISTRATIVOS 20%</b>						<b>\$ 10.248.750,97</b>
<b>IMPREVISTOS 4%</b>						<b>\$ 2.049.750,19</b>
<b>UTILIDAD 6%</b>						<b>\$ 3.074.625,29</b>
<b>TOTAL COSTOS DEL ACUEDUCTO</b>						<b>\$ 66.616.881,33</b>

Fuente: Autores.

- Presupuesto red de alcantarillado sanitario (Ver anexo C).

**Tabla 88. Presupuesto red de alcantarillado sanitario.**

PRESUPUESTO DETALLADO CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	VR. UNIT	VR. TOTAL
<b>1. PRELIMINARES</b>					
1,1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DE REDES	ML	720	\$ 10.626,00	\$ 7.650.720,00
<b>2. SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS</b>					
2,1	TUBERÍA PVC ALCANTARILLADO 6"	ML	650	\$ 37.195,73	\$ 24.177.224,50
2,2	TUBERÍA PVC ALCANTARILLADO 8"	ML	0	\$ 51.251,00	\$ -
2,3	TUBERÍA PVC ALCANTARILLADO 10"	ML	135	\$ 72.401,00	\$ 9.774.135,00
2,4	CILINDRO POZO EN LADRILLO TOLETE, Di=1.20M, E=0.38M (INC. PAÑETE INTERNO E=1.5CM Y CAÑUELA)	UN	15	\$ 956.559,00	\$ 14.348.385,00
2,5	PLACA DE FONDO POZO D=1.7M, E=0.25M (CONCRETO 3000 PSI CON REFUERZO)	UN	15	\$ 700.276,00	\$ 10.504.140,00
2,6	CUBIERTA POZO D= 1.7M, E=0.20M CONCRETO 3000 PSI CON REFUERZO (INCLUYE ARO Y TAPA HF)	UN	15	\$ 740.484,00	\$ 11.107.260,00
2,7	YEE PVC ALCANTARILLADO 6"X 6"	UN	30	\$ 94.252,88	\$ 2.827.586,40
2,8	SILLA YEE PVC ALCANTARILLADO 10 X 6"	UN	20	\$ 116.413,00	\$ 2.328.260,00
<b>3. OBRAS CIVILES Y RELLENOS</b>					
3,1	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO INC. CORTE DE FRONTERAS CON DISCO DIAMANTADO	M3	129,60	\$ 28.832,00	\$ 3.736.627,20
3,3	EXCAVACIÓN MANUAL EN CONGLOMERADO H=0.0-2.0 M (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	949,55	\$ 52.599	\$ 49.945.380,45
3,4	RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM (INCLUYE CARGUE)	M3	129,60	\$ 9.427,00	\$ 1.589.675,00
3,5	BASE GRANULAR (NORMA INVIAS 330)	M3	366,12	\$ 152.598,00	\$ 55.869.179,76
3,6	SUBBASE GRANULAR	M3	351,00	\$ 143.269,00	\$ 50.287.419,00
3,7	RIEGO IMPRIMACION	M2	1080,00	\$ 3.275,00	\$ 3.537.000
3,8	TRITURADO GRUESO 3/4	M3	90,13	\$ 114.211,00	\$ 10.293.837
3,9	RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICACRR-1	M2	1080	\$ 1.144,00	\$ 1.235.520,00
3,10	MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-19 (INCLUYE CEMENTO ASFÁLTICO)	M3	129,6	\$ 580.963,00	\$ 75.292.804,80
3,11	MANEJO DE AGUAS	DIA	60	\$ 100.945,00	\$ 6.056.700,00
<b>TOTAL COSTOS</b>					<b>\$ 340.561.855</b>
<b>ADMINISTRATIVOS 20%</b>					<b>\$ 68.112.371</b>
<b>IMPREVISTOS 4%</b>					<b>\$ 13.622.474</b>
<b>UTILIDAD 6%</b>					<b>\$ 20.433.711</b>
<b>TOTAL COSTOS DEL ALCANTARILLADO SANITARIO</b>					<b>\$ 442.730.410,90</b>

Fuente: Autores.

- Presupuesto red de alcantarillado pluvial (Ver anexo D).

**Tabla 89. Presupuesto red de alcantarillado pluvial.**

PRESUPUESTO DETALLADO CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS					
ITEM	ACTIVIDAD	U.M	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1,00</b>	<b>DEMOLICIONES Y PRELIMINARES</b>				
1,1	Localización y replanteo para redes de alcantarillado	M	686,22	\$ 3.039,87	\$ 2.086.019,59
1,2	Corte con disco diamantado	M	2.011,06	\$ 7.911,00	\$ 15.909.511,48
1,3	Demolición de pavimentos, andenes y concretos	M3	120,00	\$ 90.608,00	\$ 10.872.834,15
<b>2,00</b>	<b>EXCAVACIONES</b>				
2,1	Excavaciones en conglomerado de 0-2 mts	M3	428,97	\$ 49.987,00	\$ 21.442.820,15
2,2	Excavaciones de zanja para instalación de tubería de 0-4 mts (incluye retiro de sobrantos a una distancia menor de 5 km)	M3	1.419,73	\$ 25.905,00	\$ 36.778.189,84
<b>3,0</b>	<b>ENTIBADOS</b>				
3,1	Entibado metálico	M2	1.907,29	\$ 59.734,00	\$ 113.930.354,38
<b>4,00</b>	<b>INSTALACION DE TUBERIA</b>				
4.2	Tub PVC 250 mm	M	285,00	\$ 19.800,00	\$ 5.643.000,00
4.3	Tub PVC 315 mm	M	75,24	\$ 23.760,00	\$ 1.787.702,40
4.6	Tub PVC 450 mm	M	242,20	\$ 35.640,00	\$ 8.632.008,00
4.7	Tub PVC 500 mm	M	73,10	\$ 39.600,00	\$ 2.894.760,00
4.8	Tub PVC 650 mm	M	208,45	\$ 47.520,00	\$ 9.905.544,00
4.10	Tub PVC 813 mm	M	87,23	\$ 59.400,00	\$ 5.181.462,00
<b>5,00</b>	<b>RELLENOS</b>				
5,1	Triturado	M3	648,06	\$ 67.847,00	\$ 43.969.027,20
5,2	Suministro e instalación de geotextil NT 2000	M2	3.182,60	\$ 8.193,00	\$ 26.075.072,43
5,3	Relleno en recebo tipo b-200 compactado mecánicamente	M3	323,75	\$ 69.022,00	\$ 22.346.212,64
5,4	Subbase granular	M3	326,48	\$ 139.173,00	\$ 45.437.681,01
5,5	Base granular	M3	247,86	\$ 148.109,00	\$ 36.710.238,42

<b>6,00</b>	<b>OBRAS CIVILES COMPLEMENTARIAS</b>				
6,1	Suministro e instalacion cinta prevencion sobre tuberia	ml	686,22	\$ 650,00	\$ 446.043,00
6,2	Manejo de aguas en excavaciones	mes	2,00	\$2.406.504,00	\$ 4.813.008,00
6,3	CONCRETOS f'c =3500 psi (bases)	m3	2,00	\$ 578.375,00	\$ 1.156.750,00
6,4	CONCRETOS f'c =3500 psi (elevaciones)	m3	2,00	\$ 674.879,00	\$ 1.349.758,00
6,5	acero figurado 60000 psi	kg	540,00	\$ 4.382,00	\$ 2.366.280,00
<b>7,00</b>	<b>ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS</b>				
7,1	Base asfáltica MDC-2	M3	120,00	\$ 599.244,00	\$ 71.908.447,65
	Riego de imprimación	M2	786,24	\$ 3.190,00	\$ 2.508.100,58
<b>8,00</b>	<b>POZOS INSPECCION</b>				
8,1	Placa de fondo pozo d=1.7m, e=0.25m (concreto 3000 psi con refuerzo)	UN	8,00	\$ 676.471,00	\$ 5.411.768,00
8,2	Cubierta pozo d= 1.96m, e=0.20m c0ncreto 3000 psi con refuerzo (incluye aro y tapa Hf)	UN	8,00	\$ 828.329,00	\$ 6.626.632,00
8,3	Cilindro pozo en ladrillo tolete, di=1.20m, e=0.25m (inc. pañete interno e=1.5cm y cañuela)	UN	13,32	\$ 653.276,00	\$ 8.702.518,24
8,4	Cilindro pozo en ladrillo tolete, di=1.20m, e=0.38m (inc. pañete interno e=1.5cm y cañuela)	UN	15,00	\$ 926.855,00	\$ 13.902.825,00
	sumidero tipo SL 100	UN	30,00	\$ 1.990.684,00	\$ 59.720.520,00
<b>9,00</b>	<b>SUMINISTRO DE TUBERIA</b>				
9,1	Tub PVC 250 mm	M	285,00	\$ 70.438,00	\$ 20.074.830,00
9,2	Tub PVC 315 mm	M	75,24	\$ 101.616,00	\$ 7.645.587,84
9,3	Tub PVC 450 mm	M	242,20	\$ 171.112,00	\$ 41.443.326,40
9,4	Tub PVC 500 mm	M	73,10	\$ 250.606,00	\$ 18.319.298,60
9,5	Tub PVC 650 mm	M	208,45	\$ 364.028,00	\$ 75.881.636,60
9,6	Tub PVC 813 mm	M	87,23	\$ 440.107,00	\$ 38.390.533,61
<b>TOTAL COSTOS</b>					<b>\$ 790.270.301,22</b>
<b>ADMISTRATIVOS 20%</b>					<b>\$ 158.054.060,24</b>
<b>IMPREVISTOS 4%</b>					<b>\$ 31.610.812,05</b>
<b>UTILIDAD 6%</b>					<b>\$ 47.416.218,07</b>
<b>TOTAL COSTOS DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL</b>					<b>\$ 1.027.351.391,59</b>

Fuente: Autores.

## CONCLUSIONES

- Por medio de la implementación del Diseño Centrado en las Personas como metodología, se mantuvo una estrategia de intervención comunitaria que permitió una relación con la comunidad en general durante el proceso, donde la comunicación asertiva jugó un papel importante en todo el desarrollo para contar con una población enterada y conocedora de la transformación que se realizará en el entorno y de los beneficios que se generarán a futuro en todos los ámbitos de habitabilidad.
- La recopilación de la información a través de la metodología del Diseño Centrado en las Personas fue de gran aporte, ya que se logró identificar la problemática principal de la comunidad e implementar una propuesta participativa, en la cual se logró desarrollar satisfactoriamente un proyecto factible y viable que mejore la calidad de vida de las personas de la Vereda.
- En las Veredas, donde la financiación de las obras corre por cuenta de los municipios, se debe elegir recursos eficientes y de bajo costo, que garanticen un funcionamiento correcto y que permita hacer frente a los gastos de operación y mantenimiento. Como alternativa de solución se propone implementar materiales eficientes, con mínimos costos de operación y mantenimiento. Además, en la comunidad se encuentran personas con capacidades en el ámbito de la gerencia y construcción, comprometidos con aportar y participar en la ejecución del proyecto, lo cual viabiliza más la propuesta.
- El municipio de Madrid al 2017 tiene más habitantes de los que se habían proyectado al año 2020 sobrepasando las metas de incremento, por lo cual se partió de la necesidad de generar un sistema acorde a las necesidades del crecimiento poblacional que está teniendo el municipio en los últimos años y se puede evidenciar en la presencia de una alta oferta inmobiliaria que se ha generado debido a su cercanía con la ciudad de Bogotá y varios proyectos que hacen atractivo el territorio. El crecimiento desbordado de la población le ha puesto un límite a la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua que hoy surte a las familias, debido a la alta demanda de usuarios que se ha generado desmejorando la calidad del servicio.
- En el catastro de las redes de acueducto y alcantarillado se evidencia que las empresas prestadoras de estos servicios a la fecha no cuentan con ningún tipo de información de plano o cartografía del centro poblado, por lo cual se tuvo que recurrir a realizar dibujos a mano alzada del trazado de las redes en cada uno de los recorridos, ubicando los elementos hidráulicos visibles existentes, identificando sus condiciones actuales, con el

acompañamiento por parte de la Presidenta de la Junta de Acción Comunal.

- Sobre las líneas de distribución primaria y secundaria del sistema de acueducto, se resalta que esta zona no cuenta con ninguna estructura de tipo hidráulico como hidrantes, válvulas de cierre entre otros elementos, solo se identificaron dos tapones y se catastraron como tuberías del sistema de El Corzo. En cuanto a las estructuras existentes de alcantarillado se encontraron pozos para sistemas sanitarios, pluviales y combinados, además de sumideros, de los cuales algunos presentan problemas en su estado actual. Una vez realizada la inspección técnica se pudo determinar el colector existente en la Vereda es combinado, por lo tanto, se realizó la separación de los colectores con diseños basados en la resolución 0330 de 2017.
- No se realizó todo el diseño de la red de acueducto, debido a que dentro de los proyectos que se estipularon por parte de la administración municipal, van a lanzar una red presurizada desde el tanque Casablanca hacia la zona de El Corzo o un anillo hidráulico veredal, dando solución al problema presentado por la comunidad. Por lo tanto, se desarrolló únicamente la evaluación de la red de distribución contemplando los parámetros establecidos en la resolución 0330 de 2017.
- Para la red de distribución, el diámetro interno real no debe ser inferior a 3" según lo establecido por la resolución 0330 de 2017. Sin embargo, de acuerdo a la evaluación realizada en la Vereda, para dar cumplimiento a las velocidades de diseño, los diámetros a utilizar serían de ½", 1" y 2".

## BIBLIOGRAFIA

- Aldana, M. J. Integral Network Management: A Case Study of Bogotá and the Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá, EAB ESP. [En línea] 2017. [Citado: 22 de marzo 2019]. Disponible en internet: <<https://doi-org.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/10.1016/j.proeng.2017.03.282>>
- ARBOLEDA TRIVIÑO, Andrés Felipe y RUIZ CORREDOR, Brayan Alejandro. Diagnóstico Y Mejoramiento Del Sistema De Acueducto Del Municipio De Mesitas Del Colegio. Bogotá. 2017. 60 h. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad Católica De Colombia. Facultad De Ingeniería. Disponible en <<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15224/1/Trabajo%20de%20grado.pdf>>>
- AVILA SALGADO, Marilyn y DUARTE LAGOS, Sandra Marcela. DISEÑO Y APLICACIÓN GUÍA DE PROCEDIMIENTOS PARA EL DIAGNÓSTICO TÉCNICO-AMBIENTAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES EN EL CORREGIMIENTO DE SALÓNICA EN EL MUNICIPIO DE RIOFRÍO EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA. Bogotá. 2015, 86 h. Trabajo de grado (Ingeniería Ambiental). UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4591/1/DuarteLagosSandraMarcela2015.pdf>>
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Manual de agua potable, Alcantarillado y saneamiento [en línea], [Citado 20 de marzo de 2019], p. 12. Disponible en internet: <<http://www.mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro12.pdf>>
- CORCHO ROMERO, Freddy y DUQUE SERNA, José Ignacio. Acueductos. Teoría y diseño. En: Obras de captación. Medellín: 2005. 45 p.
- CRUZ LASSO, Olga Islena. Estudio de caso para la optimización del sistema de acueducto del municipio de Paipa departamento de Boyacá y búsqueda de fuentes alternativas para el abastecimiento de agua. Bogotá, 2015, 152 h. Trabajo de grado (Ingeniería Ambiental). Universidad Libre. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <[https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/8119/OPTIMIZACION\\_ACUEDUCTO\\_PAIPA\\_OLGA\\_CRUZ%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/8119/OPTIMIZACION_ACUEDUCTO_PAIPA_OLGA_CRUZ%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>.
- DE AMÉRICA, Coaliciones Comunitarias Antidrogas. Un diagnóstico comunitario: analizar la comunidad, identificar problemas y establecer metas. Washington DC: Instituto Nacional de Coaliciones Antidrogas, 2005.



- De Plaza Solórsano, Juan Sebastián. Ejercicios básicos de mecánica de fluidos e hidráulica aplicados a través del software de distribución gratuita EPANET 2.0, 2017, 96 P. Disponible en <<<https://www.unipiloto.edu.co/descargas/LibroEpanet.pdf>>>
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS-DANE. Censo Nacional, 2005.
- Diogo, A. F., Barros, L. T., Santos, J., & Temido, J. S. An effective and comprehensive model for optimal rehabilitation of separate sanitary sewer systems. [En línea]. 2018. [Citado: 22 de marzo 2019]. Disponible en internet:<<https://doi-org.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/10.1016/j.scitotenv.2017.08.315>>
- EL AGUA POTABLE Y EL SANEAMIENTO BÁSICO EN LOS PLANES DE DESARROLLO. El estado del agua, el alcantarillado y los residuos sólidos en los municipios. UNICEF. [En línea]. 2008. [Citado: 20 de marzo 2019]. Disponible en internet: < <http://www.unicef.org/colombia/pdf/Agua3.pdf>>
- EL PROGRESO DE BOJACÁ. Plan de desarrollo Municipal. [En línea] (2016-2019). [Citado: 22 de marzo 2019]. Disponible en internet : <[https://www.ccb.org.co/content/download/28876/578914/file/PDM\\_Bojaca\\_2016.pdf](https://www.ccb.org.co/content/download/28876/578914/file/PDM_Bojaca_2016.pdf)>
- Hendriksen, K., & Hoffmann, B. Greenlandic water and sanitation-a context oriented analysis of system challenges towards local sustainable development. [En línea]. 2018. [Citado: 22 de marzo 2019]. Disponible en internet: <<https://doi-org.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/10.1007/s11356-017-9862-z>>
- Hickel, K. A., Dotson, A., Thomas, T. K., Heavener, M., Hébert, J., & Warren, J. A. The search for an alternative to piped water and sewer systems in the Alaskan Arctic. [En línea]. 2018. [Citado: 22 de marzo 2019]. Disponible en internet: <<https://doi-org.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/10.1007/s11356-017-8815-x>>
- JIMENEZ TERAN, José Manuel. Manual de diseño para proyectos de hidráulica. [En línea] [Citado el: 10 de Junio de 2019.] p.5. Disponible en <<https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-paa-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>>.
- LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. 2 ed. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003. 140 p.

- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS. Bogotá: El Ministerio, 2000. 9-21 p.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS. Bogotá: El Ministerio, 2014. 92-477 p.
- MUÑOZ MARTOS, Cristián Libardo y RUEDA RINCÓN, Andrés David. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA ELABORAR CATASTRO DE REDES DE ALCANTARILLADO. Bogotá. 2017, 28 h. Trabajo de grado (Ingeniería Catastral y Geodesia). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5407/1/Mu%C3%B1ozMartosCristianLibardo2017.pdf>>
- MURCIA DURAN, Luis Felipe. 2005. Curso de acueductos y alcantarillados con uso de multimedia para educación a distancia. [En línea]. 2005. [Citado el: 10 de junio de 2019.] Disponible en <<http://repositpry.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/10194/2/MurciaDuranLuisFelipe2005.pdf>>
- Novak, P, et al. Estructuras Hidráulicas. En: Obras de desviación. 2 ed. McGraw-Hill, 2001. 334 p.
- PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO. Documento Técnico de Soporte Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado. Empresa de Acueducto y Alcantarillado – esp. Bogotá, 2006.
- QUEZADA TAVARA, Guillermo. Perú - LATIN AMERICA AND CARIBBEAN- P117293- PE of Lima Water and Sewerage Systems - Procurement Plan. Perú, Lima. [En línea]. 2019. [Citado: 22 de marzo 2019]. Disponible en internet: <<http://projects.bancomundial.org/P117293/optimization-lima-water-sewerage-systems?lang=es>>
- SILVA DIAZ, Rolando y SARMIENTO HUERTAS, Luis Santiago. Modelación y optimización de la red de acueducto urbano del municipio de tibaná-boyacá. Bogotá. 2017, 83 h. Trabajo de grado (Ingeniera Civil). Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15487/1/Modelaci%C3%B3ny%20optimizaci%C3%B3nde%20la%20red%20de%20acueducto%20urbano%20del%20municipio%20de%20Tiban%C3%A1-Boyac%C3%A1.pdf>>

- Todini, E. y Pilati, S. A gradient method for the analysis of pipe networks. International Conference on Computer Applications for Water Supply and Distribution. Leicester: Leicester Polytechnic, 1987.
- Rossman, L. A.: EPANET 2 user's manual, US Environmental Protection Agency (EPA), Office of Research and Development, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, Ohio, EPA/600/R-00/057. Ohio, 2000.
- ZIL, JE VAN. 2014. Introduction to operation and Maintenance of Water Distribution Systems. South Africa. [En línea]. 2014. [Citado el: 10 de junio de 2019.] Disponible en <<http://www.wrc.org.za/Knowledge%20Hub%20Documents/Research%20Reports/TT600-14.pdf>>.

## **ANEXOS**

**Anexo A. Comunidad.**

**Anexo B. Acueducto.**

**Anexo C. Alcantarillado sanitario.**

**Anexo D. Alcantarillado pluvial.**