

Mejoramiento del sistema de acueducto en la zona sur-oeste del municipio de
Villeta-Cundinamarca

José Sebastian Rojas Bohórquez

July Lizeth Gomez Barrera

Universidad Antonio Nariño
Facultas de ingeniería Ambiental & Civil
Bogotá D.C. 2020

Mejoramiento del sistema de acueducto en la zona sur-oeste del municipio de
Villeta-Cundinamarca

José Sebastian Rojas Bohórquez
July Lizeth Gomez Barrera

Proyecto de investigación para optar al título de Ingeniero Civil

Director:
Juan Pablo Rodríguez Rincón

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Ambiental & Civil
Bogotá D.C.
2020

Nota de aceptación

Firma jurado 1

Firma jurado 2

Firma de director

Tabla de contenido

| | |
|--|----|
| 1. RESUMEN | 10 |
| 2. ABSTRACT | 11 |
| 3. INTRODUCCIÓN | 12 |
| 4. OBJETIVO | 14 |
| 4.1. general:..... | 14 |
| 4.2. específicos:..... | 14 |
| 5. MARCO CONCEPTUAL | 15 |
| 5.1 ciclo urbano del agua (un nuevo modelo de sistema integral de gestión) | 15 |
| 5.2 red inteligente de agua | 16 |
| 5.3 tecnología y ciencias de agua..... | 19 |
| 5.4 epanet | 20 |
| 5.5 la captación de agua de lluvia | 22 |
| elementos de diseño para acueductos y alcantarillados..... | 27 |
| 6. ESTADO DEL ARTE | 28 |
| 7. PROBLEMA | 38 |
| 7.1 formulación | 38 |
| 7.2 justificación del problema | 38 |

| | |
|--|----|
| 8. METODOLOGÍA | 39 |
| 8.1 ubicación geográfica | 39 |
| 8.2 información hidrográfica y geológica del municipio | 40 |
| 8.2.1 hidrología | 40 |
| 8.2.1.1 caudales de las fuentes abastecedoras | 40 |
| 8.2.1.1.1 río dulce..... | 40 |
| 8.2.1.1.2 río villeta | 40 |
| 8.2.1.1.3 quebrada cune..... | 40 |
| 8.2.2 geología..... | 42 |
| 8.3 calculo del caudal..... | 46 |
| 8.4 diseño de la bocatoma | 46 |
| 8.5 canal de aducción | 50 |
| 8.6 desarenador | 51 |
| 8.7 diseño red de distribucion | 55 |
| 8.7.1 conjuntos: | 56 |
| 8.7.2 hoteles: | 57 |
| 8.7.3 locales comerciales:..... | 57 |
| 8.7.4 casas: | 59 |
| 8.8 diseño de la red en epanet | 59 |
| 9. RESULTADOS | 63 |
| 10. CONCLUSIONES | 65 |

| | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| 11. RECOMENDACIONES | 67 |
| 12. REFERENCIAS | 68 |
| 13. ANEXOS | ¡Error! Marcador no definido. |
| 13.1 glosario..... | ¡Error! Marcador no definido. |

TABLA DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| ILUSTRACIÓN 1 DISEÑO DE RED DE AGUA | 18 |
| ILUSTRACIÓN 2 ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS. | 21 |
| ILUSTRACIÓN 3 PLANTA DE UN DESARENADOR CONVENCIONAL. | 22 |
| ILUSTRACIÓN 4 ESTIMACIÓN DE SERVICIO DE AGUA POTABLE | 24 |
| ILUSTRACIÓN 5 RESULTADOS DE LA HUELLA HÍDRICA DE UNA EVALUACIÓN GLOBAL DE ALTA RESOLUCIÓN DE HOEKSTRA Y MEKONNEN (2012), NORMALIZADA POR ÁREA (MM DE AGUA POR AÑO)..... | 29 |
| ILUSTRACIÓN 6 BOSQUEJO DE UNA CUENCA DE DRENAJE TÍPICA DEL RÍO WULI EN EL NORTE DE CHINA..... | 31 |
| ILUSTRACIÓN 7 PARTES DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA PLUVIAL | 35 |
| ILUSTRACIÓN 8 ÁREA CUBIERTA POR EL ACUÍFERO DE LAS LLANURAS ALTAS (ACUÍFERO DE OGALLALA) Y LOS CAMBIOS EN EL DESARROLLO PREVIO DEL NIVEL DE LA CAPA FREÁTICA HASTA 2013..... | 33 |
| ILUSTRACIÓN 9 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE VILLETA..... | 39 |
| ILUSTRACIÓN 10 ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA..... | 41 |
| ILUSTRACIÓN 11 CUENCAS VERTIENTES Y CUENCAS HIDROGRÁFICAS..... | 41 |

| | |
|---|--------------------------------------|
| ILUSTRACIÓN 12 HIDROGRAFÍA DE CUENCAS DE VILLETA CUNDINAMARCA..... | 41 |
| ILUSTRACIÓN 13 TIPOS DE FALLAS GEOLOGICAS FUENTE: (LIMITED, 2010)..... | 42 |
| ILUSTRACIÓN 14 DELIMITACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE VILLETA (CUNDINAMARCA) COORDENADAS -74.478405 LONGITUD 5.0110811 LATITUD ... | 43 |
| ILUSTRACIÓN 15 PLANO REJILLA DE BOCATOMA..... | 48 |
| ILUSTRACIÓN 16 PLANO CANAL ADUCCIÓN DE BOCATOMA..... | 48 |
| ILUSTRACIÓN 17 PLANO BOCATOMA DE PLANTA Y CORTES A-A Y B-B..... | 49 |
| ILUSTRACIÓN 18 PLANO DESARENADOR SECCIÓN PLANTA CORTE A-A Y B-B..... | 54 |
| ILUSTRACIÓN 19 DELIMITACIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO EN EL MUNICIPIO DE VILLETA CUNDINAMARCA..... | 55 |
| ILUSTRACIÓN 20 DISEÑO DE RED DE ACUEDUCTO SECTOR SUR-OESTE DEL MUNICIPIO DE VILLETA..... | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| ILUSTRACIÓN 22 GRAFICA CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES MEDIOS..... | 62 |

TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 1 NORMATIVIDAD..... | 27 |
| TABLA 2 TABLA CAUDALES DE DISEÑO..... | 46 |
| TABLA 3 CAUDALES..... | 46 |
| TABLA 4 DIMENSIONES DE LA REJILLA DE LA BOCATOMA..... | 47 |
| TABLA 5 DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA DE LA BOCATOMA..... | 47 |
| TABLA 6 CALCULOS DE CANAL DE ADUCCIÓN..... | 51 |
| TABLA 7 DIMENSIONES DE LA CÁMARA DE ADUCCIÓN DEL DESARENADOR..... | 52 |

| | |
|--|----|
| TABLA 8 DIMENSIONES DEL DESARENADOR | 52 |
| TABLA 9 DEMANDA DE AGUA DE CONJUNTOS..... | 56 |
| TABLA 10 DEMANDA DE AGUA DE HOTELES | 57 |
| TABLA 11 DEMANDA DE AGUA DE LOCALES COMERCIALES | 58 |
| TABLA 12 DEMANDA DE AGUA DE OFICINAS..... | 58 |
| TABLA 13 RED DE LÍNEAS DE ACUEDUCTO ZONA PRINCIPAL | 60 |
| TABLA 14 RED DE NODOS ZONA PRINCIPAL..... | 61 |
| TABLA 15 Q95..... | 62 |

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, por ser mi guía y el soporte de mi vida, en segundo lugar, agradecer a nuestro profesor y asesor de tesis Juan Pablo Rodríguez Rincón, que de no ser por el este proyecto no se hubiera podido terminar, y sobre todo cumplir las expectativas que teníamos. Agradecer a nuestros padres que sin el apoyo y confianza de ellos no hubiera sido posible la culminación de esta etapa, igualmente a la universidad y sus profesores, ya que si no hubiera sido por la disciplina y el carácter inculcado no podríamos estar en el lugar en el que estamos.

1. RESUMEN

El trabajo consiste en el diagnóstico y mejoramiento del sistema del municipal del municipio de Villeta, exactamente la zona sur-oeste la cual está comprendida por los barrios Barranquillita centro, Alto de las iguanas, Colmena, Villa maría, El recreo, Alfonso López, Bagazal, donde existe una gran población que declara demanda de agua potable para llevar a cabo actividades del diario vivir, solucionando así las problemáticas relacionadas con este líquido vital, evidenciando que en el municipio se generan altas quejas por el suministro del líquido asociado a factores como problemas en la infraestructura sanitaria, baja calidad de vivienda, la mala distribución del sistema de redes y la población de la cabecera municipal registra constante intermitencia del servicio, razón por la cual la empresa prestadora de servicios públicos se ve en la necesidad de realizar racionamiento de agua en épocas donde se pueden registrar altas temperaturas, esta situación genera un malestar para la población ya que se ven afectados en la discontinuidad del servicio de agua potable.

Debido a estos hechos se es necesario la implementación de un nuevo sistema de acueducto que mejore la calidad de vida de los habitantes de este municipio, de igual manera preservando los recursos hídricos de la zona.

2. ABSTRACT

The work consists of the diagnosis and improvement of the municipal system of the municipality of Villeta, exactly the south-west zone which is comprised of the Barranquillita downtown, Alto de las iguanas, Colmena, Villa María, El recreo, Alfonso López, Bagazal neighborhoods. where there is a large population that declares the demand for drinking water to carry out the activities of daily living, thus solving the related problems with this vital liquid, showing that in the municipality there are high complaints about the supply of the liquid associated with factors such as a deficiency in sanitary infrastructure, inadequate housing conditions, the poor distribution of the network system and the population of the municipal registry head constant intermittency of the service, which is why the public service provider sees the need to carry out water rationing in times where high temperatures can be registered, this situation generates a man for the population since they are affected in the discontinuity of the drinking water service.

These facts show the need to build an aqueduct system that helps improve the life of this community, in addition to preserving water resources through actions that avoid protecting supply sources for this problem, this aqueduct design project arises.

3. INTRODUCCIÓN

La evaluación de diseño del sistema de abastecimiento del municipio es importante desde las estructuras. “El diseño de estas estructuras es casi siempre difícil y debe recurrirse tanto a métodos analíticos como a la investigación en modelos hidráulicos. La observación y análisis del comportamiento de las obras de toma en funcionamiento es muy importante.” (Rocha Felices). En consecuencia, tanto el diseño como la construcción, la operación y el mantenimiento de una obra de toma deben ofrecer el máximo de seguridad. El diseño de una obra de abastecimiento puede ser un problema muy difícil, en el que debe preverse la interacción estructura-naturaleza. Este trabajo se realiza con el fin de mejorar el diseño de acueducto del municipio de Villeta, desde la bocatoma y el desarenador, hasta la red de tubería para el abastecimiento a las casas del sector elegido a diseñar. Este trabajo contribuye con análisis, procedimientos y cálculos enfocados a el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico de acuerdo con la resolución 0330 de junio de 2017 el cual surge de la necesidad de mejorar el proceso de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

En este proyecto se hará un diseño de la red de acueductos del municipio de Villeta teniendo en cuenta la red las estructuras existentes, para ello se hará un análisis de población para estimar la población futura en un periodo de 25 años, además, será necesario conocer las condiciones físicas de la zona (topografía, recursos hídricos etc.), y con ellos estimar la necesidad de abastecimiento que requiere la población.

El problema que no solo sucede en este municipio, sino en varios pueblos de nuestro país, es no tener un correcto sistema de potabilización del agua, teniendo como solución el reordenamiento de sectores del municipio como bien sale en los proyectos que se han hecho por parte de la “ESP Villeta”, demostrado en los proyectos realizados en la página del municipio, esto quiere decir que cada determinado tiempo se le tiene que quitar el agua a ciertos lugares, para poder realizar limpieza al sistema de acueducto, siendo esta una de nuestras principales finalidades, brindar un mejor sistema de abastecimiento, con las estructuras de desarenador y con la bocatoma finalizando con una correcta red de distribución.

4. OBJETIVO

4.1.GENERAL:

Diseñar el acueducto para la zona sur-oeste del municipio de Villeta (Cundinamarca), generando un diseño de la red hidráulico de red y las estructuras de bocatoma y desarenador.

4.2.ESPECIFICOS:

- Hallar lugares de abastecimiento que cumplan con la demanda de agua necesaria para abastecer el municipio
- Determinar el consumo promedio por persona y en puntos de reunión de masa
- Definir un nuevo lugar para las estructuras de bocatoma y desarenador.

5. MARCO CONCEPTUAL

5.1 CICLO URBANO DEL AGUA (UN NUEVO MODELO DE SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN)

Este modelo propone la inclusión del ámbito urbano, la captación de aguas pluviales, el lógico consumo de este recurso y su reutilización tengan como objetivo prioritario el mantenimiento de la estructura hidrológica de la zona en la que se implanta el nuevo desarrollo urbano, como lo propone sistema que, con el crecimiento urbano, se ve afectado. Los sistemas actuales acumulan una cantidad de problemas para los sistemas naturales de drenaje ya que, contaminarlos recurso al poner el agua de lluvia al en contacto con multitud de materiales tóxicos a lo largo del recorrido diseñado para su evacuación. (LOPES DE ASIAIN, 2007)

Un aspecto muy importante, en el ciclo urbano del agua se encuentra el diseño de un Sistema de distribución de agua (WDS - Water Distribution System) Este cuenta con varios factores, como la operación del equipo, problemas hidráulicos y normativos, seguridad de los servicios públicos, seguridad de las operaciones, niveles de servicio, calidad del agua y patrones de consumo. Diseñar un WDS o expandir uno existente, significa encontrar la dimensión de sus componentes al menor costo que sea técnicamente factible, teniendo en cuenta diferentes escenarios de consumo (normal o de emergencia) y considerando las decisiones de operación. El proceso de selección de los diámetros de tubería (dentro del conjunto de disponibles comercialmente) que conduce al costo más bajo es un problema de extrema complejidad computacional; y en este momento es llevado a diferentes modelos numéricos computacionales.

5.2 RED INTELIGENTE DE AGUA

Las tecnologías inteligentes se pueden aprovechar para ayudar a abordar los desafíos asociados al agua; principalmente para el aprovechamiento y el cuidado de la misma. Los avances tecnológicos que ofrecen datos mejorados lo hacen posible hoy en día. Por ejemplo, el uso de diferentes tipos de sensores inteligentes para recopilar datos y aplicar análisis avanzados, como la detección de patrones, podría proporcionar información en tiempo real sobre la ubicación de una fuga en la red.

El concepto de redes inteligentes para ciudades inteligentes se generó para vencer los desafíos de desarrollo urbano en grandes cantidades debido al crecimiento demográfico de la población y el cambio climático, tal como lo fue el estudio que realizó (Pandolfi, 2018). Los sistemas inteligentes de distribución de agua potable son cada más eficientes generando más retos para la creación de sistemas de distribución tanto a corto, mediano y largo plazo.

Una red inteligente de agua es un conjunto totalmente integrado de productos, soluciones y sistemas que permiten a las empresas de servicios de agua:

- Monitorear y diagnosticar problemas de forma remota y continua, priorice y administre de manera preventiva los problemas de mantenimiento, y controle y optimice de manera remota todos los aspectos de la red de distribución de agua utilizando información basada en datos
- Cumplir de manera transparente y confiable con los requisitos reglamentarios y de políticas sobre calidad y conservación del agua

- Brindar a los usuarios del agua la información y las herramientas que necesitan para tomar decisiones informadas sobre sus comportamientos y patrones de uso del agua.

Incrementar las redes inteligentes de agua más allá de las barreras convencionales tecnológicas y llevar este tipo de sistemas a sistemas inteligentes requerirá la participación de un conjunto diverso de partes interesadas, incluidas las empresas de servicios públicos y municipios, reguladores, inversores, asociaciones industriales y de servicios públicos, proveedores de tecnología y academia. Colectivamente, estas iniciativas pueden abordar las necesidades ambientales y financieras de las redes inteligentes de agua para revolucionar la infraestructura de distribución de agua del futuro (Sensus, 2013).

Las redes de distribución inteligente de agua son un ejemplo de un sistemas a gran escala que requiere un monitoreo para análisis de datos precisos control de red, se basa en sugerencias empíricas (números de propiedades, longitud de tubería, etc) estas indicaciones y procedimientos son muy difíciles de aplicar a grandes escalas de suministro de agua porque la inserción de válvulas de compuerta modifica el diseño original de la red y pueden disminuir considerablemente el rendimiento hidráulico de la red.

Los avances recientes de la tecnología de modelación inteligente de agua (SWN) ha desempeñado un crecimiento para abordar estos desafíos. La tecnología a equipado a los ingenieros con una herramienta de toma de decisiones analíticas para

ayudar a preservar la integridad del sistema, reduciendo los riesgos de desbordamiento de alcantarillado y escorrentías urbanas según los modelos diseñados (Sokratis Kartakis E. A., 2015).

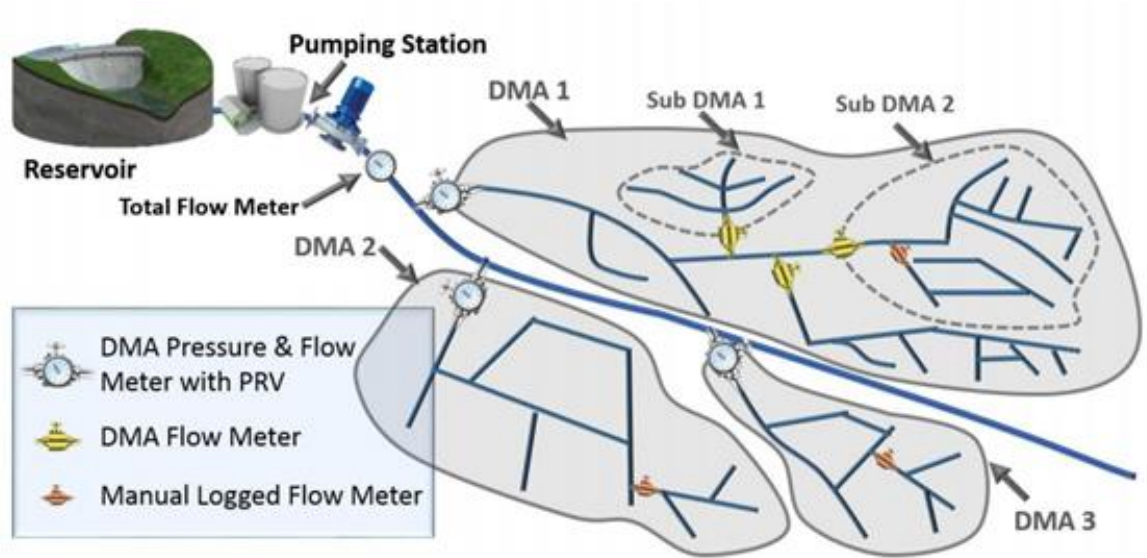


Ilustración 1 Diseño De Red De Agua

Fuente ((Sokratis Kartakis E. A., 2015)

5.3 TECNOLOGIA Y CIENCIAS DE AGUA

Modelado de redes de distribución de agua con suministro intermitente de agua

El suministro intermitente de agua es frecuente entre los países en desarrollo. Algunas de sus consecuencias son la distribución desigual del agua, la contaminación del agua, el valor duplicado para los clientes, el mal uso del agua y los suministradores del servicio. El mal funcionamiento del medidor para los que requieren el servicio de agua. Las grandes diferencias que se tienen entre el servicio intermitente y continuo de las redes de distribución de agua están cubiertas, como la carga y el vaciado iniciales de la red, la demanda de agua dependiente de la presión y la presión de diseño. Como lo propone (CABRERA-BEJAR, 2012).

Los modelos transitorios, incluida la propagación de ondas de presión, se utilizan para el análisis de golpes de ariete y para la evaluación de operaciones de válvulas, interruptor de bombas y el diseño de sistemas de control. Más recientemente, se han aplicado modelos transitorios en sistema de distribución de agua potable para la predicción de una serie de parámetros de calidad del agua, como la descomposición del cloro o los volúmenes de intrusión durante los transitorios de baja presión (Ebacher et al., 2011).

Se han desarrollado numerosos modelos de computadora (software de computadora) para resolver las ecuaciones de simulación de red. Muchos de estos enfoques de modelado numérico diferentes varían en las facilidades de interfaz; pero la mayoría trabajan con el método de gradiente para desarrollar la red. Encontramos desde el modelo tradicional EPANET (Rossman et al. 2000); modelos de columna rígida, como WANDA, aquellos

donde se tiene en cuenta la inercia de la masa de agua en todas las tuberías (Wylie y Streeter, 1993); y modelos completos y más complejos donde se incluye golpe de ariete, compresibilidad del líquido y la rigidez de la tubería para simular correctamente la propagación de las ondas de presión como WaterCAD.

5.4 EPANET

Es una aplicación de software utilizada en todo el mundo 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. Hoy en día, utilizan EPANET para diseñar y 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. También se puede usar para modelar amenazas de contaminación y evaluar la resistencia a amenazas de seguridad o desastres naturales. (GAMBOA BOHÓRQUEZ & RICO RODRIGUEZ, 2020).

Siendo uno de los modelos más utilizados; EPANET que puede simular condiciones de estado estacionario, simulación de período extendido y calidad del agua (Rossman et al. 2000). EPANET es desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Este modelo es un algoritmo explícito de modelado de calidad del agua basado en el tiempo para rastrear concentraciones transitorias de sustancias en redes de tuberías.

EPANET es un programa que puede, entre otras cosas:

- Crear modelos matemáticos de sistemas de distribución de agua potable.
- Facilitar la realización de cálculos iterativos.

- Ayudar en el dimensionado y la selección de materiales y herramientas en los sistemas de distribución de agua potable.
- estimar el comportamiento y efecto de los niveles de agua en los depósitos o tanques.
- Examinar las condiciones de la demanda en la red, como en los casos de evaluar las demandas horarias máximas.
- Modelar el comportamiento de las concentraciones de los químicos empleados para vigilar la calidad del agua por toda la red de distribución.

BOCATOMA DE FONDO

En una bocatoma de fondo el agua es captada a través de una rejilla instalada en la parte superior de una presa. El ancho de la presa puede ser igual o menor que el ancho del río. En la siguiente figura se puede observar la planta de una bocatoma de fondo. (CRUZ LASSO, 2015)



Ilustración 2 Bocatoma Río dulce

Fuente: (Franco Gonzales N. G., 2018)

DESARENADOR

Es un tanque construido con el fin de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad. Este debe situarse lo más próximo a la bocatoma, para evitar obstrucciones en la línea de aducción. Los materiales que principalmente se sedimentan son arcilla, arena o grava fina. (CRUZ LASSO, 2015)



Ilustración 3 planta de desarenador Río dulce

Fuente: (Franco Gonzales N. G., 2018)

5.5 LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

Es la recolección, transporte y almacenamiento del agua de lluvia que cae sobre una superficie de manera natural o hecha por el hombre. Las superficies que captan el agua en las ciudades pueden ser techos de casas y edificios, techumbres de almacenes y de tiendas, explanadas, etc. El agua almacenada puede ser usada para cualquier fin, siempre y cuando

utilicemos los filtros apropiados para cada uso, es decir, para usos básicos como limpieza de ropa, de pisos, sanitarios y riego puede usarse un filtro muy sencillo; para aseo personal y para agua que se pretenda beber, se deberá tener un sistema de filtros diferente, adecuados para estos fines. (NIÑO ESTUPIÑAN & CASTRO OSPITIA, 2016)

PROCESOS DE GESTION DE AGUA POTABLE

En el 2015 el 71% (5200 millones) de población mundial utilizo un servicio de agua potable gestión de manera segura, es decir, es decir ubicado en la vivienda, disponible cuando se necesita y libre de contaminación. Un 89% de la población mundial (6500 millones de personas) utilizaron por lo menos un servicio básico, como una fuente mejorada situada al máximo 30 minutos ida y vuelta para recoger agua. 844 millones de personas carecían incluso de un servicio básico de agua potable. Según información de (ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD, UNICEF, ODS, 2017)

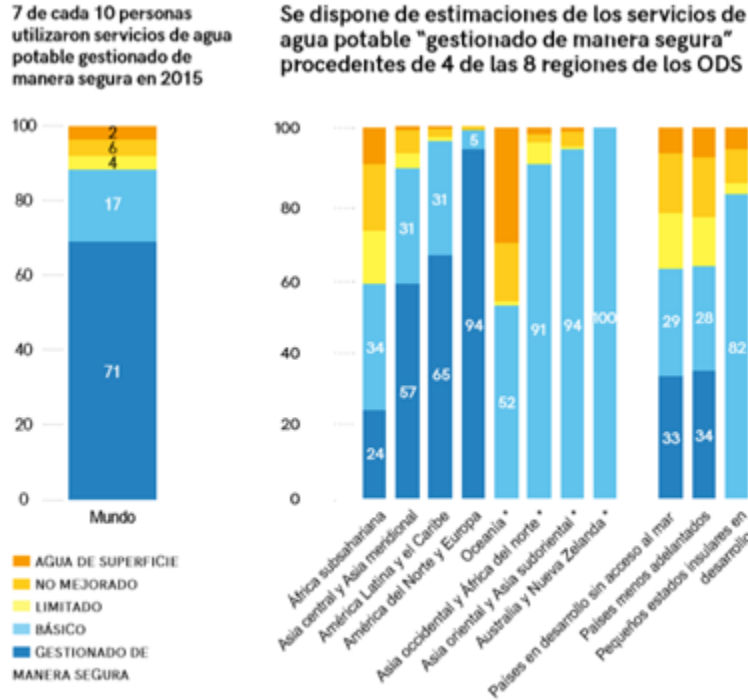


Ilustración 4 Estimación de servicio de agua potable

Fuente: (Organizacion Mundial De La Salud, 2017)

ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO EN COLOMBIA

Se estima que la población urbana del país, pasó de un 68 % en 1990 a un 76 % en 2015. Se aprecia que la cobertura de saneamiento básico en zonas urbanas pasó de un 93 % a 97 % en el periodo 1990 a 2015 y que aún se reporta un 3 % de la población con condiciones de saneamiento básico deficiente. En el área rural, la cobertura de saneamiento básico pasó de 45 % a 74 % en el mismo periodo; quedando en situación de deficiencia un 26 % de la población. A nivel nacional la cobertura pasó de 78 % a 91 %. (JUAN PABLO, CÉSAR, & JUAN, 2016)

De acuerdo con la información reportada por la Superintendencia de servicios públicos domiciliarios, el 17,3 % de los sistemas de tratamiento de aguas residuales realizan tratamientos preliminar y primario (remoción parcial de sólidos suspendidos y materia orgánica). Estas plantas procesan el 42,8 % de las aguas residuales del país. Por otra parte el 82 % de los sistemas realiza tratamiento secundario (remoción total de sólidos suspendidos y materia orgánica). El caudal promedio tratado por la totalidad de los sistemas de tratamiento aumentó de 22,4 m³/seg en 2011 a 23,1 m³/seg en 2012 (JUAN PABLO, CÉSAR, & JUAN, 2016)

| PAÍS, ZONA, O TERRITORIO | Año | NACIONAL | | | | | | RURAL | | | | | | URBANA | | | | | |
|--------------------------|------|--|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------|----------------|--|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------|----------------|--|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------|----------------|
| | | Proporción de la población que utiliza suministros de agua mejorados | | | | | | Proporción de la población que utiliza suministros de agua mejorados | | | | | | Proporción de la población que utiliza suministros de agua mejorados | | | | | |
| | | Gestionados de manera segura | Accesibles en la vivienda | Disponibles cuando se necesitan | Libres de contaminación | Canalizados | No canalizados | Gestionados de manera segura | Accesibles en la vivienda | Disponibles cuando se necesitan | Libres de contaminación | Canalizados | No canalizados | Gestionados de manera segura | Accesibles en la vivienda | Disponibles cuando se necesitan | Libres de contaminación | Canalizados | No canalizados |
| Colombia | 2000 | 67 | 89 | 72 | 74 | 83 | 7 | 32 | 66 | 48 | 32 | 52 | 19 | 81 | 98 | 81 | 90 | 96 | 2 |
| | 2015 | 71 | 96 | 74 | 79 | 88 | 9 | 40 | 85 | 53 | 40 | 63 | 23 | 81 | 99 | 81 | 91 | 95 | 4 |

Figura 1 (Organizacion Mundial De La Salud, 2017)

Fuente: ENFOQUE DEL ACUEDUCTO Y DEL PROGRAMA EN USO EFICIENTE Y

AHORRO DEL AGUA

[Título del documento]

Según en las condiciones señaladas en la ley 373 de 1997 en el ARTICULO 1o.
PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA. Donde se
evidencia (EL CONGRESO DE COLOMBIA , 1997).

Define el Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua como el “Conjunto de proyectos y acciones que deben desarrollar y adoptar las empresas encargadas de la prestación del servicio de acueducto”. Su servicio como instrumento es regular, controlar y fortalecer la relación o el equilibrio entre la oferta y la demanda del recurso hídrico en las fuentes de suministro ya sea superficial o subterránea. (Corporacion Autonoma Regionla De Cundinamarca -CAR, 2018)

MARCO LEGAL

Para realizar este proyecto fue necesario el estudio de la resolución 0330 de 2017, la cual dice los parámetros que debe de llevar el proyecto, y por último el libro de elementos de diseño para acueductos y alcantarillado de Ricardo Alfredo López Cualla, el cual da de forma detallada los pasos para poder realizar el diseño de las estructuras de bocatoma y desarenador.

[Título del documento]

| NORMATIVA | DESCRIPCION |
|---|--|
| Ley 2811 de 1974 | Código Nacional De Recursos Naturales |
| Decreto 1449 de 1977 | Uso y conservación de los recursos naturales |
| Ley 99 de 1993 | Gestión de conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables |
| Ras 2000 | Documento técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico |
| Resolución 0333 de 2017 | Documento técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico |
| Elementos De Diseño Para Acueductos Y Alcantarillados | Herramienta de diseño de acueductos |

Tabla 1 Normatividad

Fuente: Autores

6. ESTADO DEL ARTE

Desde que la humanidad surgió siempre ha tenido la necesidad de suplir la necesidad de poder abastecerse de agua, siendo esta el recurso máspreciado, debido a su gran importancia en la supervivencia, como lo dijo Larry W, y Mays PH, a medida que los humanos fueron evolucionando los métodos para la obtención del agua, se fueron oponiendo grandes dificultades a su obtención. Pese a estos problemas que iban surgiendo, la humanidad y su gran necesidad de obtener de manera segura y efectiva.

A día de hoy a diario se presentan grandes avances, tanto tecnológicos que a partir de estos avances se van realizando más estudios, que ayudan a la complementación mutua, tal como lo fue el estudio que realizo el ing. Vijay P. y Singh. Realizando un estudio “sobre el agua virtual” que trata del transporte de agua de países con gran disponibilidad de este servicio, a países que tienen dificultades para obtener dicho recurso. Complementando un estudio previo realizado por los ingenieros Wackernagel y Rees en el año 1996. Siendo este el ejemplo de los estudios que se hacen constantemente, facilitando la obtención de este recurso no solo a grandes países, sino a países con poco presupuesto económico y pocos medios para abastecerse de agua. Teniendo como resultado la siguiente información

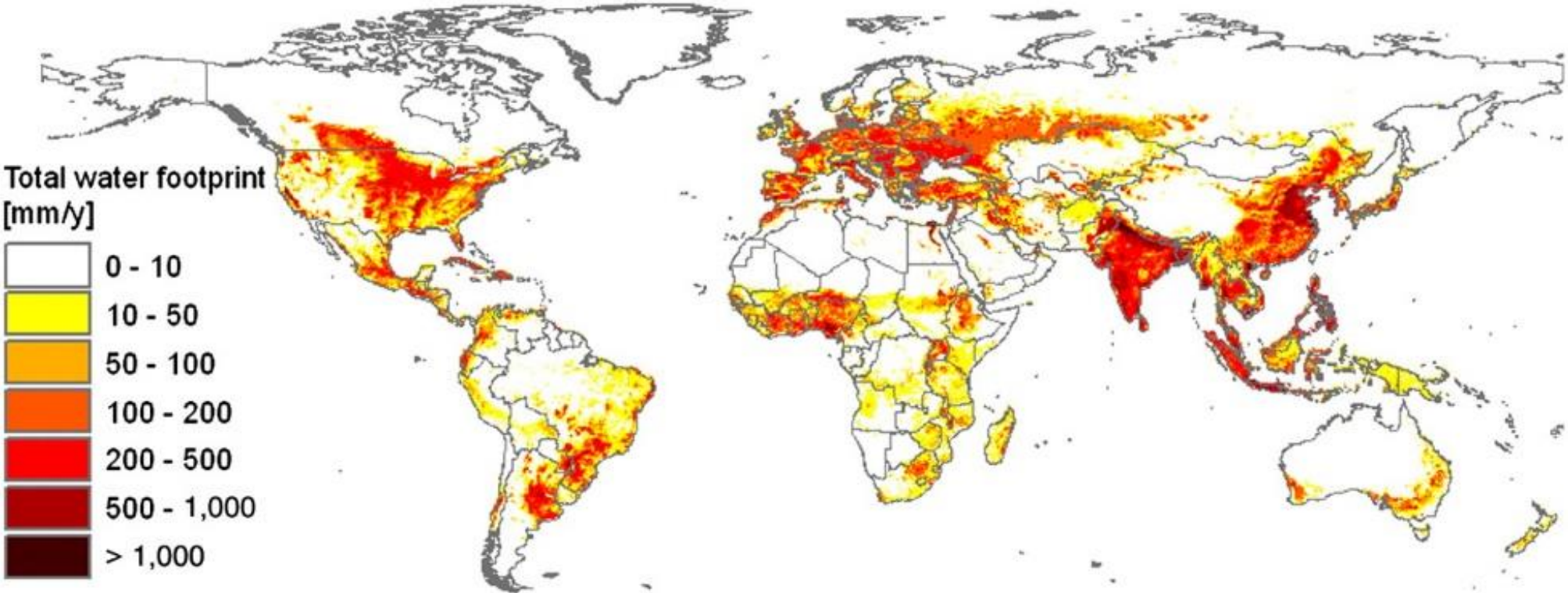


Ilustración 5 Resultados de la huella hídrica de una evaluación global de alta resolución de Hoekstra y Mekonnen (2012), normalizada por área (mm de agua por año).

Fuente: (Singh, 2017)

De esta imagen se puede concluir que este método más que todo es utilizado en Norteamérica, el sur de Asia, y el este de Europa (Singh, 2017), siendo estos países de un amplio presupuesto permitiendo así poder utilizar este método para abastecer estas zonas de agua, yéndonos a un ámbito más local, se puede determinar que este método es utilizado solamente en la zona central de Colombia, principalmente en la zona del departamento de choco, demostrando también que no solo se puede usar este método en lugares con grandes recursos económicos.

Así mismo como se hacen avances tecnológicos, se hacen estudios constantes de métodos ya utilizados, o de características de las zonas de captación tal cual lo hizo el instituto McGraw-Hill Education, que en uno de sus libros “Handbook of Applied Hydrology, Second Edition” habla de los efectos que tiene la urbanización dentro del ciclo hidrológico, facilitando el estudio de la afectación que tiene el ciclo hidrológico de las cuencas subterráneas que tenemos, ya que por estudios previos se pudo demostrar que el agua lluvia se filtra por el suelo, llegando casi siempre a una cuenca subterránea (Education, Handbook of Applied Hydrology, Second Edition, 2017). Haciendo que se facilite y optimice aún más el proceso de abastecimiento a lugares poblados de gente, Pudiendo ampliar las opciones de las zonas de captación, en este caso de las cuencas subterráneas.

Para ampliar más la información actual de las cuencas y su geomorfología e hidrografía el instituto McGraw-Hill Education, agrego otro estudio interesante a su libro acerca de los diferentes factores que componen una cuenca, en el capítulo 2.2 del mismo

Libro “Handbook of Applied Hydrology, Second Edition” dando la suficiente información como para poder hacer planos de cuencas subterráneas, así como se realizó de una cuenca de drenaje del río wuli en china.

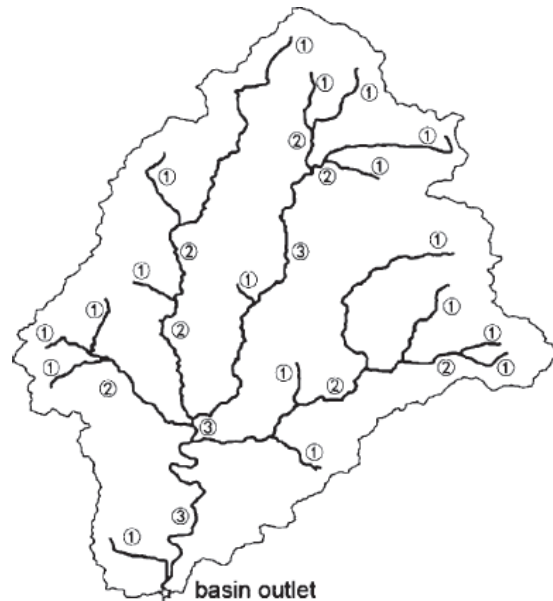


Ilustración 6 Bosquejo de una cuenca de drenaje típica del río Wuli en el norte de China.

Fuente: (Education, Handbook of Applied Hydrology, Second Edition capítulo 2.2,
2017)

Obteniendo principalmente el nivel de número de Horton-Strahler (Horton, 1945; Strahler, 1952) teniendo un valor de 3 el flujo principal de la cuenca.

Para finalizar con estudios recientes que se han realizado a las cuencas y sus entornos, McGraw-Hill Education, publicó en el 2018 la cuarta edición del libro Nalco Water Handbook, en el cual en el capítulo 2.2 habla de algo muy interesante acerca de estas zonas de captación, realizando un estudio del estrés del agua, y su afectación en las capas freáticas del suelo. (Education, Nalco Water Handbook, Fourth Edition, 2018) Teniendo la

Necesidad de excavar más capas para poder seguir teniendo un flujo de agua adecuada, para así su posible extracción, al igual que en el método de agua virtual, los principales países que se ven en la necesidad de acudir a esta excavación son los de Norteamérica (Estados Unidos, Canadá), y el sur de Asia (China e India) Como se demuestra en la siguiente imagen, realizada de un estudio hecho en Norteamérica.

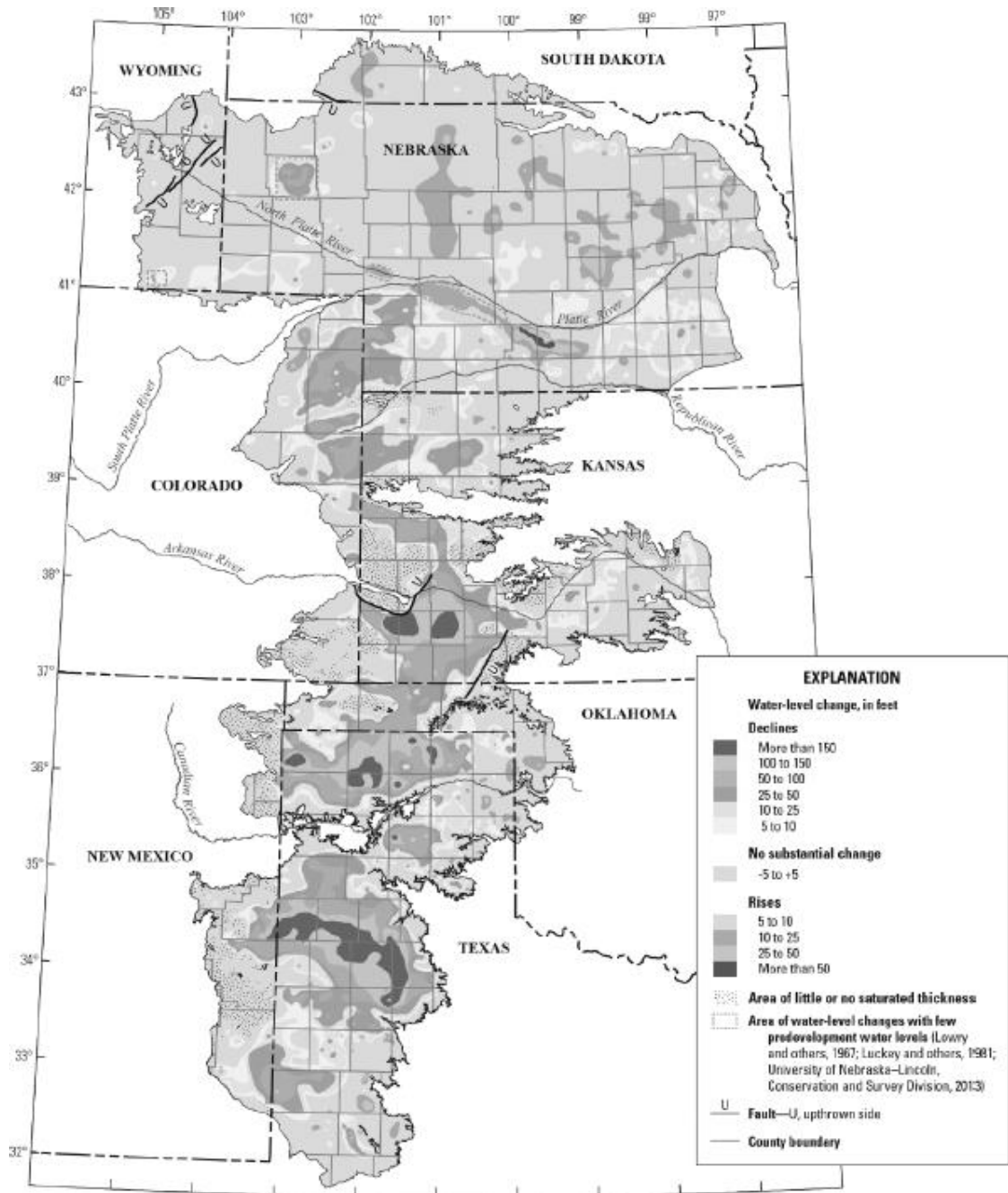


Ilustración 7 Área cubierta por el Acuífero de las Llanuras Altas (Acuífero de Ogallala) y los cambios en el desarrollo previo del nivel de la capa freática hasta 2013.

Fuente: Informe de Investigaciones Científicas del USGS 2014-5218 Servicio

Geológico de EE. UU.

Desde no hace mucho el programa de las naciones unidas para el medio ambiente en asociación con international renewable resources institute en México publicaron un método de captación interesante el cual trata de captar el agua lluvia para usos domésticos básicos, siendo una gran solución para zonas de población de recursos muy bajos, generando un sistema de abastecimiento, que bien dependería directamente de la frecuencia de lluvia, tendrían un sistema de abastecimiento gratuito.

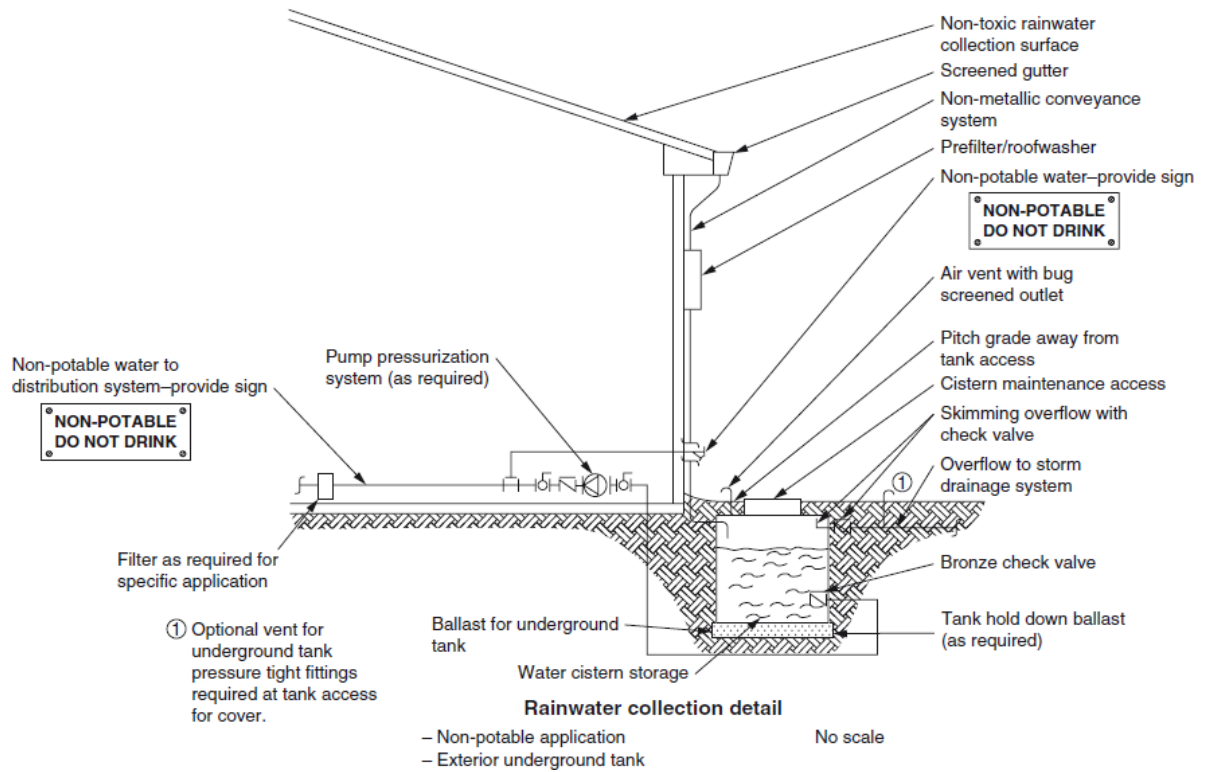


Ilustración 8 partes del sistema de recolección de agua pluvial

Fuente: (Boulware, 2013)

Este método genera tanto ventajas como desventajas, una de las principales es que disminuye en gran medida los costos anuales de la población, debido a que utilizarían menos agua proveniente del acueducto, sin embargo el coste de producción es algo alto, ya que como bien se observa en la imagen 4 se tiene que constar de 1tanque subterráneo, que será el que almacenara el agua pluvial proveniente del sistema de recolección.

Las principales zonas de las cuencas estados unidos saca agua subterránea es la lado oeste y sur del país, demostrando que mientras más se explote esta zona, se va a tener que excavar cada vez más profundo las capas freáticas.

A pesar de que estamos en plena era moderna con constantes estudios de todas las áreas a diario, seguimos viviendo con constantes problemas, en nuestro caso de abastecimiento de agua, ya que como se menciona en el libro (Education, Handbook of Applied Hydrology, Second Edition, 2017) debido al gran aumento de población que hemos tenido y a la dificultad que tienen algunos países que no disponen de grandes recursos hídricos, se han propuesto otras formas de abastecer, como lo sería el método de agua virtual mencionado también antes, y la extracción de agua subterránea, ya sea de cuencas o de la capa freática, no solo para el consumo directo de agua, sino para la utilización en casos como la producción de alimentos, siendo Egipto uno de los países que están intentando implementar este método a futuro.

En cuanto a las tecnologías Smart Water la revista Springer link presento una metodología la cual consiste en detectar fugas de agua (Farah, 2017). Este sistema se aplicó a un proyecto piloto realizado en la universidad de Lille, la cual tiene el tamaño de una ciudad pequeña. La red de acueducto de este campus esta monitoreada por unos sensores que permiten tener los parámetros hidráulicos del sistema en tiempo real. Esto ha permitido tener el balance hídrico así mismo de manera actual. Si se llegara a presentar una excedencia de los umbrales se genera una alarma de fuga automáticamente. El principal beneficio que ha otorgado este estudio es la reducción de tiempo en la detección de explosiones o fugas en la red de distribución, se detectó un 36% de reducción en detección de fugas y la disminución del nivel de agua sin ingresos.

De acuerdo a la página oficial del municipio de Villeta, ESPVILLETA, la mayoría de zonas sufre de constantes interrupciones en el suministro de agua, debido a constantes daños en las redes principales de acueducto generando grandes problemas en el día a día de las personas afectadas por estas interrupciones

En cuanto a proyectos realizados en la optimización de redes de acueducto se encuentran la ingeniera Olga Islena Cruz de la universidad libre, la cual realizo un estudio del diseño de la red de acueducto del municipio de Paipa-Boyacá, debido a problemas que presentaban en las interrupciones del suministro por daños, y por el gran crecimiento del municipio a partir del 2014, haciendo que el abastecimiento de agua es apenas suficiente para los habitantes actuales de Paipa. (Selena Cruz, 2015)

Se hizo un estudio en el acueducto en el municipio de San Rafael Antioquia por Camilo Andrés Ospina, el cual consistía en junto a la población del lugar diseñaron un sistema para el uso eficiente y el ahorro agua realizando un diagnóstico de la zona, para así poder realizar cambios en las estructuras del acueducto del lugar, mejorando el suministro de agua al municipio. (Ospina, 2013)

En el municipio de Timana Huila los ingenieros David Leonardo Benavides Garzón, Mildred Yohana Castro Molano y Hernan Mauricio Vizcaino Cagueno realizaron la optimización del diseño de la red de acueducto debido a problemas de intermitencia en el municipio, realizando un diagnóstico de cómo funciona el sistema de la red de acueducto, y estudiando las zonas de captación disponibles en la zona, para así poder mejorar el sistema de abastecimiento del municipio. (Benavides Gárzon, Castro Molano, & Vizcaino Cagueno, 2006)

7. PROBLEMA

7.1 FORMULACIÓN

¿Cómo mejorar el sistema de acueducto en la zona sur-oeste del municipio de Villeta Cundinamarca?

7.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta los estudios previos que se hicieron no se ha encontrado una solución directa a este problema que presentan los habitantes del municipio de Villeta, pues si bien las reparaciones de los daños ocasionados son rápidas, no se ha encontrado una manera eficaz de solucionar este defecto de manera permanente, debido a esto decidimos realizar el diseño de acueducto para un sector de este municipio, el cual algunos barrios presentan dicho problema, otorgando así un sistema de acueducto más duradero tal cual lo dice la norma resolución 0330 y solucionar los daños que muestran las tuberías de estos barrios, de igual forma los problemas que tienen las estructuras de bocatoma y desarenador, de tapones en épocas de lluvia, pues bien hay más formas de abastecerse de agua, tal cual se mencionó en los estudios previos, la manera más rentable y eficiente de este municipio es captar el agua del río Villeta y de la quebrada cune , teniendo la necesidad de buscar una solución a este problema para poder mejorar así la calidad de vida de los habitantes.

8. METODOLOGÍA

8.1 Ubicación geográfica

El municipio de Villeta está ubicado en la zona noroccidental del departamento de Cundinamarca.



Ilustración 9 delimitación geográfica del municipio de villeta

Fuente: Autores

Cuenta con una extensión de 140.67 Km²

Extensión área urbana 2.89 km²

Extensión área rural 137.78 km²

Cuenta con una altura de 850 metros sobre el nivel del mar

8.2 INFORMACIÓN HIDROGRÁFICA Y GEOLÓGICA DEL MUNICIPIO

8.2.1 HIDROLOGÍA

Hidrográficamente el municipio de Villeta se encuentra al lado del río negro, sin embargo a lo largo del municipio se encuentran una serie de cuencas que desembocan en el río negro.

8.2.1.1 CAUDALES DE LAS FUENTES ABASTECEDORAS

8.2.1.1.1 Río dulce

- Caudal promedio anual (lps): 600

8.2.1.1.2 Río Villeta

- Caudal promedio anual (lps): 8000
- Caudal promedio en época seca (lps): 2000
- Caudal promedio en épocas de lluvia (lps) 14000

8.2.1.1.3 Quebrada cune

- Caudal promedio anual (lps): 80
- Caudal promedio en época seca (lps): 10
- Caudal promedio en épocas de lluvia (lps): 44

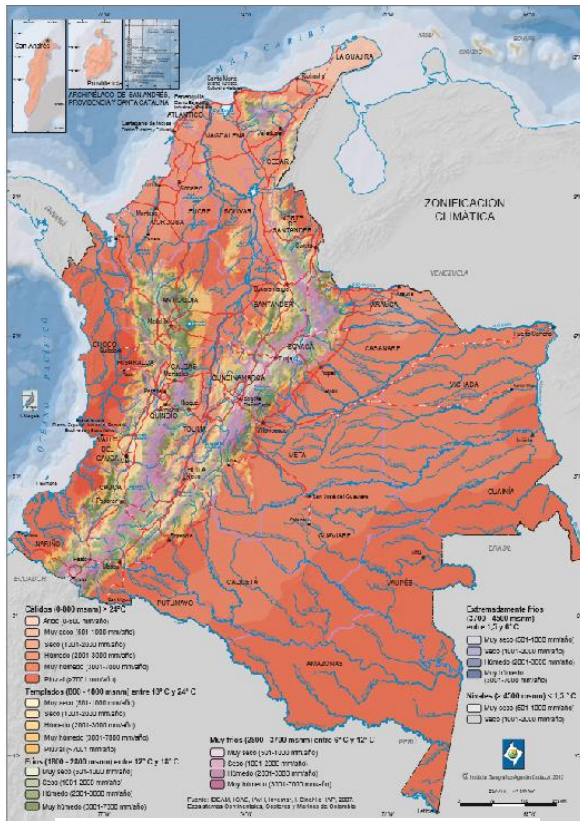


Ilustración 10 zonificación climática

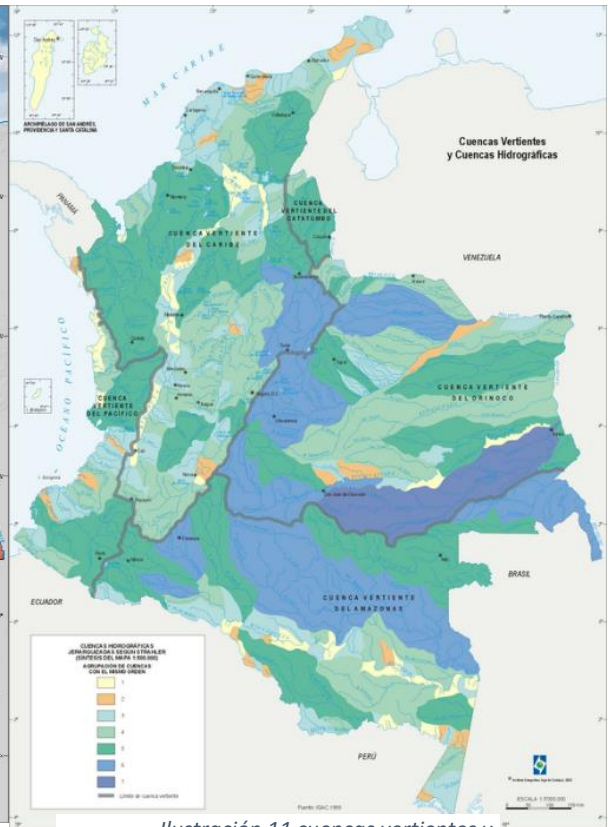


Ilustración 11 cuencas vertientes y cuencas hidrográficas

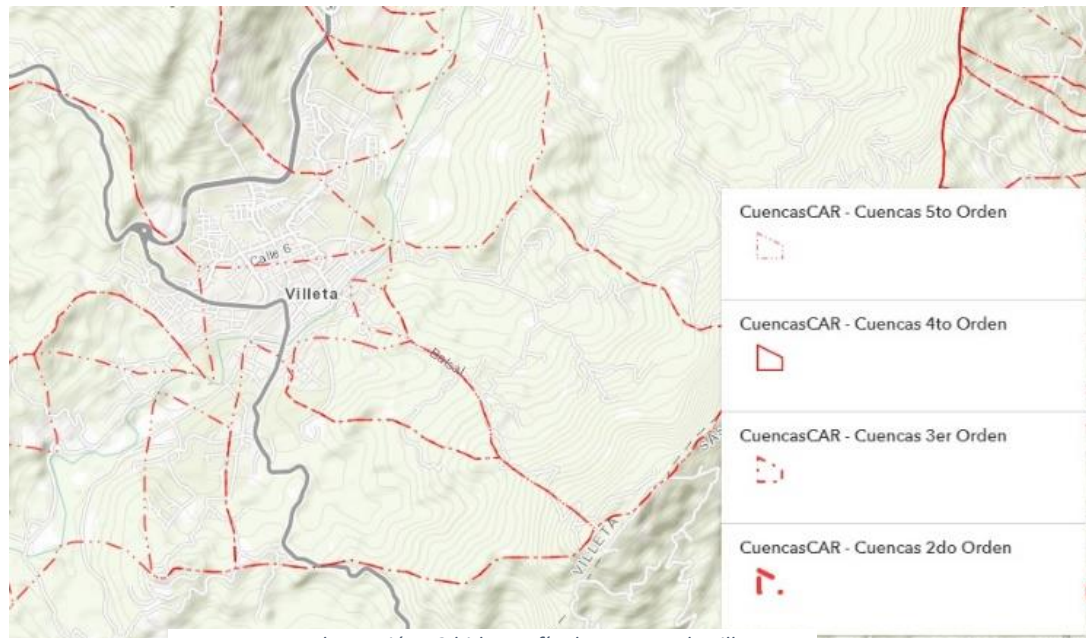


Ilustración 12 hidrografía de cuencas de villeta Cundinamarca

Fuente: (CAR, 2017)

Las cuencas más relevantes son las del río Villeta, río Tobia y la quebrada cune, las cuales son de las que vamos a realizar el estudio para identificar cual es la más apta para realizar la captación. De acuerdo a la imagen 8 demuestra que las cuencas que hay en la zona geográfica donde está ubicado Villeta se puede observar que el número de orden de la cuenca es de 4, tomando como conclusión que las cuencas tomadas en la imagen 10 llegan a una cuenca principal de orden #4. Teniendo un tipo de humedad seco, por la temperatura que se tiene en esta zona la cual oscila entre 12°C y 18°C, teniendo una altura de entre 1800-2800 MSNM. Tal cual como se observa en la imagen 11.

8.2.2 GEOLOGÍA

El municipio de Villeta se encuentra atravesada por dos tipos de fallas, siendo las dos fallas inversas o de cabalgamiento. Esto significa que debido a la compresión generada por el terreno una capa de suelo va a ceder y a subir un poco más que la otra, como se observa en la imagen.

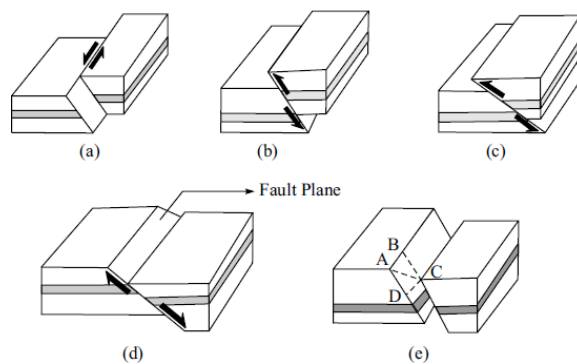


Ilustración 13 tipos de fallas geológicas Fuente: (Limited, 2010)

Claro ejemplo de la falla inversa o por cabalgamiento sería la imagen c y d las cuales muestran que debido a la compresión del suelo una capa se superpone sobre la otra.

La primera falla está situada al lado izquierdo del municipio llamada falla de bituima, mientras que la segunda falla no tiene ningún nombre.

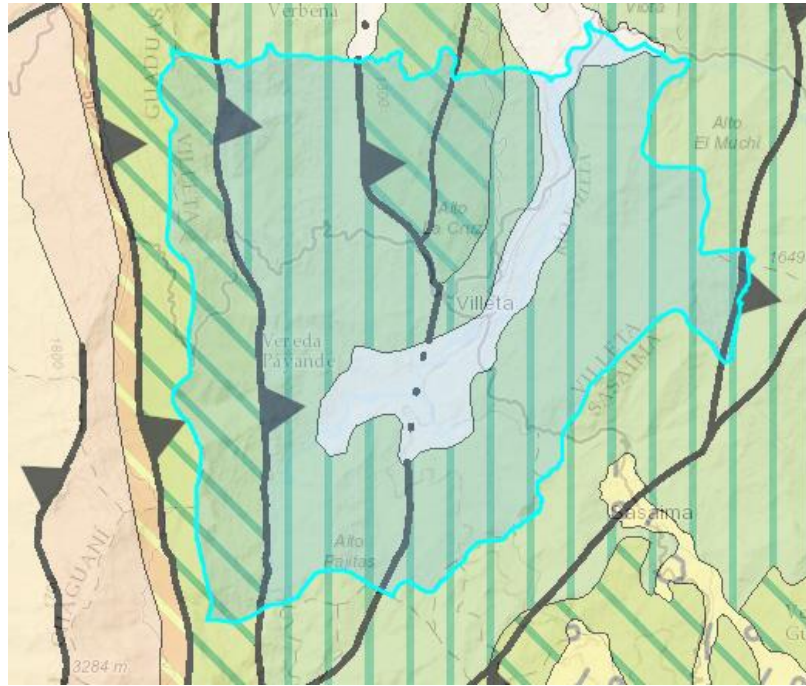


Ilustración 14 delimitación geológica y geotécnica de Villeta (Cundinamarca) coordenadas -74.478405 longitud 5.0110811 latitud

(GOMEZ, MONTEZ., NIVIA, & DIEDERIX, 2015)

- Delimitación del municipio de Villeta
- Se encuentran dos fallas principales de tipo cabalgamiento a lo largo de todo el municipio, las cuales presentan una compresión horizontal con un Angulo de 30° respecto a la horizontal.
- Presenta un anticlinaje de 15km de longitud y 4km de ancho al oriente de la comunidad de Útica.

- En quebradanegra, presenta las fallas de tipo cabalgamiento, que de acuerdo a estudios previos se determino que el estilo estructural es de escamas y de traslape, a las cuales se les denomino como el conjunto de fallas de quebrada negra.

El municipio de Villeta presenta una formación de pliegues en la corteza terrestre, ubicado entre las localidades de Villeta y Útica, en la cual la serie de pliegues anticlinales se encuentran muy apretados, extendiéndose de forma norte-sur, los cuales son afectados por las fallas de cabalgamiento mencionadas anteriormente ubicadas en Quebradanegra.

En el flanco oriental del anticlinorio de Villeta, se identifican tres fallas principales las cuales se identifican como falla de Cune, falla de Villeta y falla de Tobia, que al igual que las fallas anteriores son de tipo cabalgamiento presentando los pliegues mencionados anteriormente. (S., 2011)

La zona en la cual está situada Villeta la componen los materiales de suelos con yeso, cherts, calizas y arenitas, la cual hace que sea un lugar donde pueden crecer plantas y fauna, debido a los materiales que componen el suelo. Cuenta con grandes zonas boscosas dando una gran variedad de fauna y flora por los cuales atraviesa el Río Dulce y Bituima, uno de los considerados para realizar la captación de agua. Se encuentra ubicado al norte de Bogotá exactamente en la provincia de Gualiva con una superficie total de 140 Km². De igual forma Villeta se encuentra en una zona de influencia de volcanes, siendo esta una de los motivos por los cuales se encuentra gran variedad de flora y fauna en este municipio. (MORERA GUTIERREZ, 2016)

ESTRATIGRAFÍA

gracias a la falla geológica mencionada anteriormente se puede observar que existe una composición de (Areniscas, Limos, Shale) (geovilletacundinamarca.blogspot.com, 2017)



Ilustración 15 estratigrafía de Villeta Cundinamarca

Fuente: (geovilletacundinamarca.blogspot.com, 2017)

De acuerdo a lo mencionado anteriormente y lo observado en la figura anterior se puede observar de dos composiciones principales, las cuales son las divisiones respectivas en cuantos a la composición del suelo.

8.3 CALCULO DEL CAUDAL

| Componente | Caudal de diseño |
|------------------------------|-------------------|
| Captación fuente superficial | Hasta 2 veces QMD |
| Captación fuente subterránea | QMD |
| Desarenador | QMD |
| Aducción | QMD |
| Conducción | QMD |
| Tanque | QMD |
| Red de Distribución | QMH |

Tabla 2 Tabla caudales de diseño

Fuente: (ministerio de vivienda, 2017)

De acuerdo a la resolución 0330 de 2017 para municipios que tengan una población superior a 12.500 habitantes el coeficiente para determinar los caudales “md, MD” será de 1.2 y 1.5 correspondientemente. De acuerdo a esto los caudales obtenidos fueron:

| CAUDAL | ECUACIÓN | RESULTADO |
|--------|-----------------------------|-----------|
| Qmedio | $\frac{135 * 25280}{86400}$ | 39,5L/S |
| QMD | 1,2*Qmedio | 47,4L/S |
| QMH | 1,5*QMD | 71,1L/S |

Tabla 3 Caudales

8.4 DISEÑO DE LA BOCATOMA

Realizaremos el diseño e una bocatoma profunda, debido al caudal promedio que tiene el rio Villeta de 8000l/s, siendo este un caudal grande, teniendo la necesidad de realizar el diseño de una bocatoma profunda, de acuerdo a lo estipulado en la resolución 0330 de 2017. 0330

| NOMBRE | ECUACIÓN | RESULTADO |
|--------|--|-----------|
| QMD | | 0,0474 |
| V | | 1,15 |
| A | | 0,041 |
| B | | 0,8 |
| L | $\frac{0,041}{0,8}$ | 0,051 |
| H | $\left(\frac{0,0474}{1,84 * 0,051}\right)^{2/3}$ | 0,11 |
| v | $\frac{0,0474}{0,7 * 0,11}$ | 0,97 |

Tabla 4 Dimensiones de la rejilla de la bocatoma

Ya que la longitud no cumple con el parámetro establecido, se establece el mínimo que es 0.7. Se realiza el diseño de la estructura de la bocatoma teniendo en cuenta las dimensiones obtenidas de la rejilla, y los valores de los caudales. Teniendo en cuenta el diseño actual de la rejilla datos tomados del informe del ESP Villeta del estado actual del diseño de bocatoma y desarenador, se puede ver que aumenta considerablemente siendo de 0.35m * 0.62m la rejilla actual, y la nuestra de 0.7m * 0.8m de acuerdo al caudal determinado.

| NOMBRE | ECUACIÓN | RESULTADO |
|--------|---------------------------------------|-----------|
| B | $\frac{0,22 * 0,11}{0,7 * 0,1}$ | 0,35 |
| A | 0,346*0,7 | 0,24 |
| Vv | $\frac{0,0395}{0,9 * 0,24}$ | 0,182 |
| Lcanal | 0,7+0,8 | 1,5 |
| He | $\frac{0,0395^2}{9,8 * 0,35^2}^{1/3}$ | 0,11 |
| Lcam. | 0,7+0,5+0,8 | 2 |

Tabla 5 Dimensiones de la estructura de la bocatoma

Al igual que las dimensiones de la rejilla, la distancia del canal de aducción aumenta el doble de 25m a 50m, esta diferencia se debe a la zona en la que se va a realizar la bocatoma, ya que necesitamos un tramo más largo del actual.

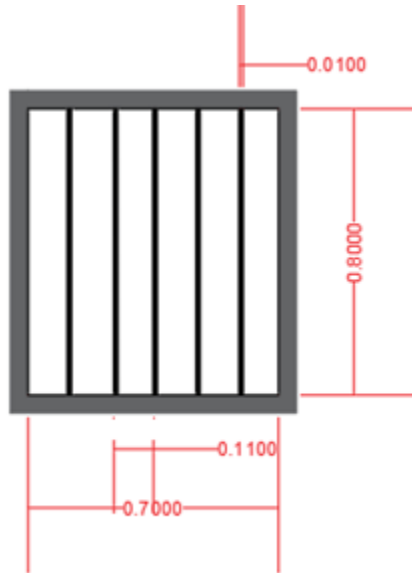


Ilustración 16 Plano rejilla de bocatoma

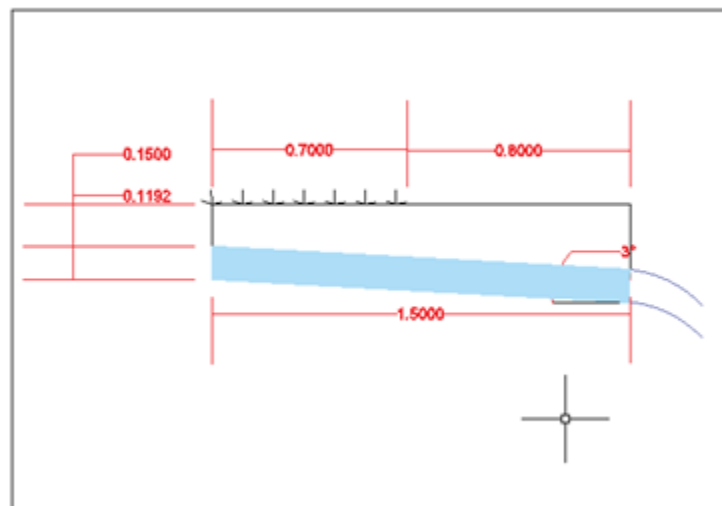
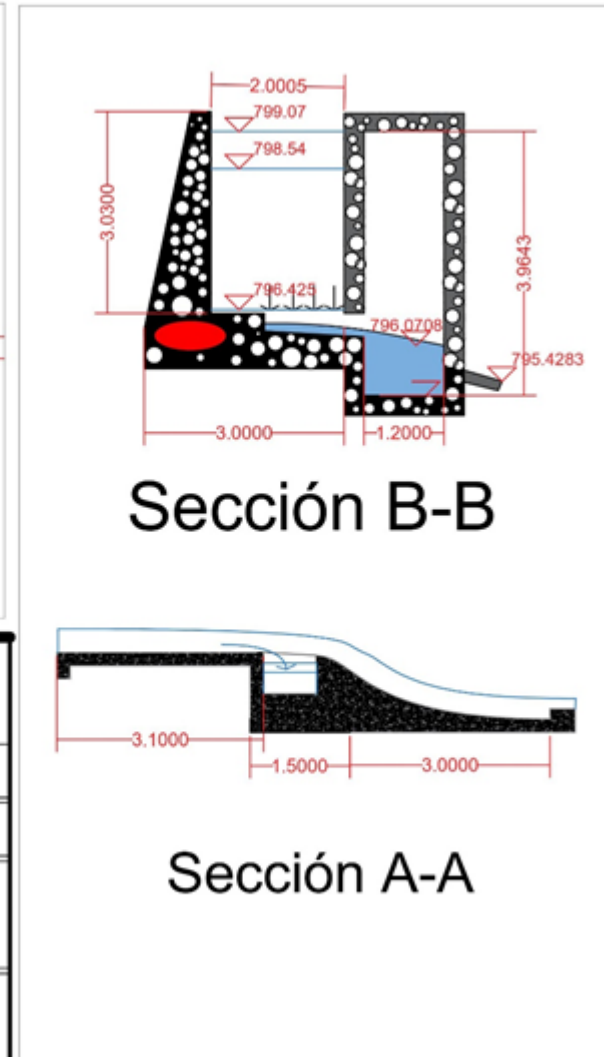
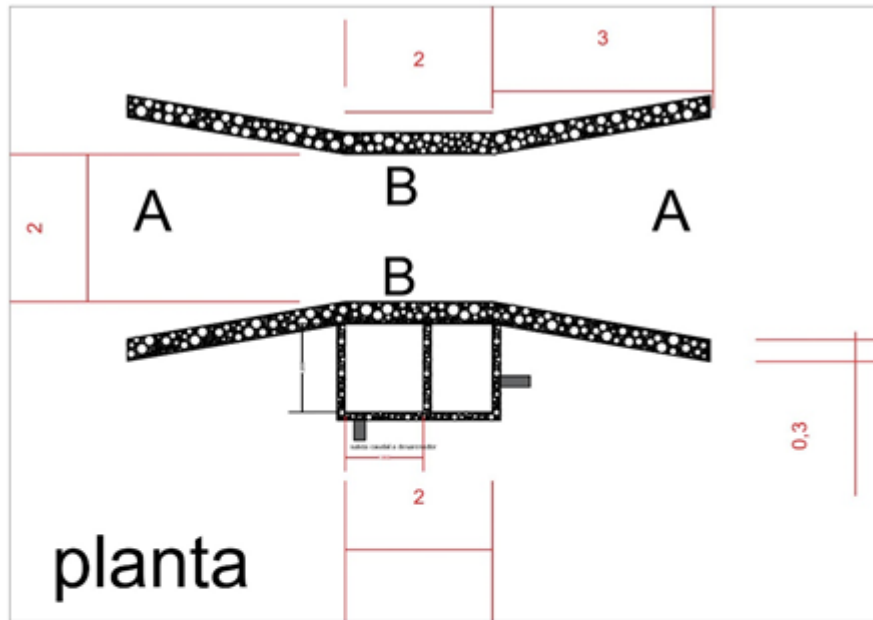


Ilustración 17 plano canal aducción de bocatoma



| | |
|---|---|
| diseño plantas de tratamiento para agua potable | |
| realizado por: Sebastian Rojas Bohorquez; July Gomez barrera | |
| plano: bocatoma de fondo | escala: |
| ubicación: villeta-cundinamarca | UAN UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO |

Ilustración 18 plano bocatoma de planta y cortes A-A y B-B

8.4 PERIODOS DE DISEÑO

De acuerdo a la resolución 0330 de 2017 es necesario realizar la proyección del diseño de acueducto a un periodo de 25 años para así poder garantizar una vida útil, tanto del diseño mencionado y de las estructuras de bocatoma y desarenador.

CRECIMIENTO EXPONENCIAL

| Variable | Ecuación | Resultado |
|----------|---------------------------------------|----------------------------|
| A | $\frac{\ln P_1 - \ln P_2}{t_2 - t_1}$ | A1= 7,869*10 ⁻⁴ |
| | | A2= 4,870*10 ⁻⁸ |
| B | $\frac{P}{e^{A*t}}$ | 23398.010 |
| | | 23620.25 |
| Aprm | | 2,828*10 ⁻³ |
| Bprom | | 23509,13 |
| P | $B*e^{(a*t)}$ | 25231 |

Tabla 6 cálculo de población a 25 años

Se escogió el método exponencial, ya que era el mas acorde al crecimiento que a tenido el municipio a lo largo de los últimos años, teniendo en cuenta los últimos censos realizados

8.5 CANAL DE ADUCCIÓN

| variable | ecuación | resultado |
|----------|--|-----------------------------|
| s | $\frac{795,4282 - 795,1282}{50} * 100$ | 0,60% |
| D | $15,618 \frac{(0,009 * 0,0474)}{0,006^{1/2}})^{3/8}$ | 0,22=9" |
| Qo | $0,312 \frac{0,2268^{8/3} * 0,006^{1/2}}{0,009}$ | 0,0513 m ³ /s |
| Vo | $\frac{0,0513 * 4}{\pi * 0,2268^2}$ | 1,27m/s |
| Ro | $\frac{0,2268}{4}$ | 0,0567m |
| Vt | 1,021*1,23 | 1,25m/s |
| d | 0,835*0,2268 | 0,19m |
| R | 1,4*0,0567 | 0,068m |
| T | 9,87*0,068*0,006 | 4N/m ² |

Tabla 7 Calculos de canal de aducción

Fuente: autores

Se observa que la línea de aducción entre la bocatoma y el desarenador tiene un diámetro menor al estimado, también se puede observar que la velocidad obtenida cumple con el parámetro, estando en las velocidades recomendadas.

8.6 DESARENADOR

Cámara de inducción: para el diseño de la cámara de aducción se tuvieron en cuenta los caudales de la tabla 2, de valores estipulados por la resolución 0330 de 2017 y algunos valores necesarios hallados operacionalmente, tales como la longitud, la remoción, coeficientes del pvc, densidad de la arena. Para poder determinar las dimensiones de esta cámara.

| NOMBRE | ECUACIÓN | RESULTADO |
|--------|--|------------|
| D | | 4"=0,1016m |
| RH | $\frac{0,1016}{4}$ | 0,0254 m |
| V | $\frac{1}{0,0120} 0,0254^{2/3} 0,46^{1/2}$ | 5,85 m/s |
| L | | 50m |

Tabla 8 dimensiones de la cámara de aducción del desarenador

Fuente: autores

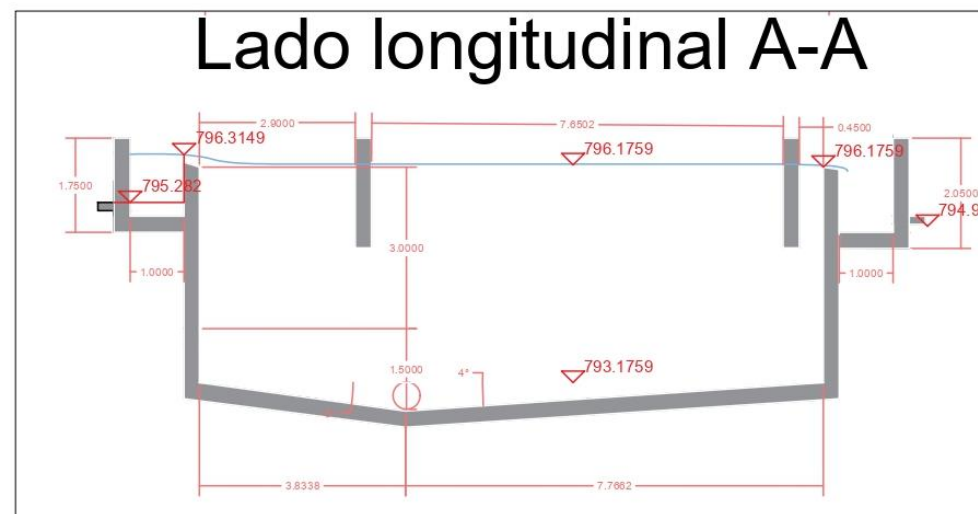
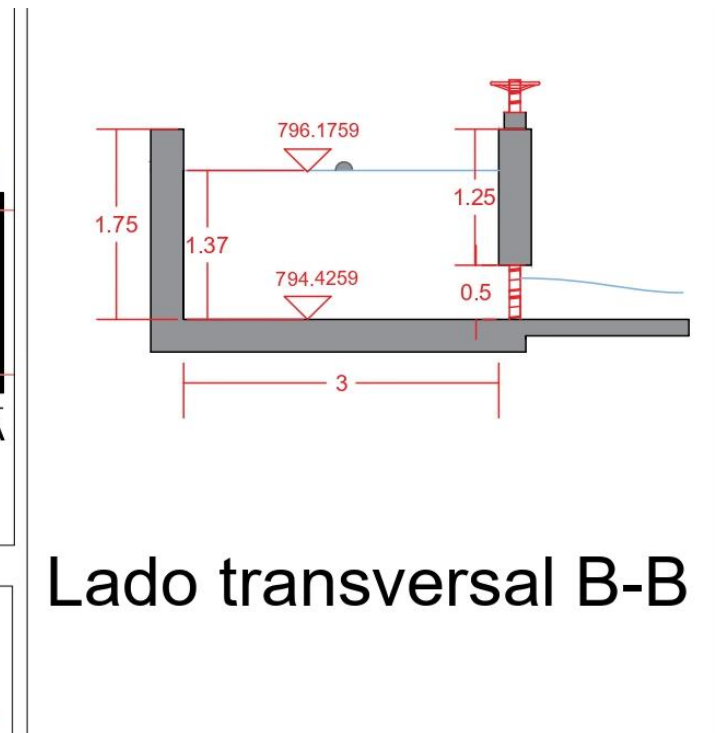
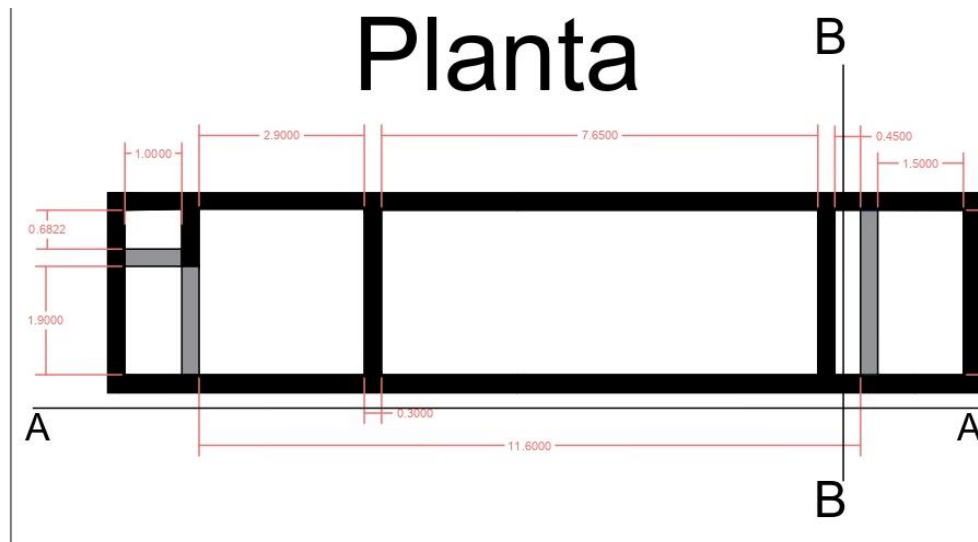
Ya con las dimensiones de la cámara, se realiza la estructura del desarenador, para realizar el diseño se tienen en cuenta los valores físicos y las dimensiones del material a sedimentar, en este caso las arenas finas siendo 2650 kg/m^3 y 0.05mm correspondientemente. Y estimando otros valores como lo dice la norma, tales como H y la remoción. Determinados como 3m y 60%.

| NOMBRE | ECUACIÓN | RESULTADO |
|----------|--|------------------------------|
| Vs | $\frac{9,81}{18} * \frac{2,65 - 1}{1,059 * 10^{-6}} * (5 * 10^{-5})^2$ | 0,00212 m/s |
| t | $\frac{3}{0,00212}$ | 1415,094 s |
| θ | $1,5 * 1415,094$ | 0,59s |
| Volumen | $2122,6415 * 0,0474$ | $100,6\text{m}^3$ |
| As | $\frac{100,6}{3}$ | 33,53m |
| B | $\sqrt{\frac{33,53}{4}}$ | 2,9m |
| L | $4 * 2,9$ | 11,6m |
| Vh | $\frac{11,6 * 0,00212}{3}$ | $8,19 * 10^{-5} \text{ m/s}$ |

Tabla 9 dimensiones del desarenador

Fuente: autores

Las dimensiones del desarenador son casi las mismas que el actual, teniendo una diferencia de 60cm en el largo y de 80cm de ancho, siendo la estructura actual de 11m*2.1m y la calculado por nosotros de 11.6m * 2.9m. Se esperaba este resultado, ya que el material a sedimentar es el mismo, siendo la diferencia por valores que se estiman a gusto de cada diseñador.



| | |
|---|---|
| Diseño plantas tratamiento agua potable | |
| Realizado por: Sebastian Rojas Bohorquez; July Gomez Barrera | |
| Plano: Desarenador | Escala: |
| Ubicación: Villeta-cundinamarca | UAN UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO |

Ilustración 19 plano desarenador sección planta corte A-A y B-B

8.7 DISEÑO RED DE DISTRIBUCION

Se decidió realizar el diseño para la zona sur-oeste central del municipio de Villeta, teniendo en cuenta el tipo la geología del lugar y las fallas geológicas mostradas en la figura 11. Pasando así solo por encima de una falla, y no por las dos, facilitando la construcción de la red de distribución.



Ilustración 20 delimitación de la red de acueducto en el municipio de Villeta Ecuador

Fuente: autores

En total serán 7 barrios los beneficiados por este proyecto, con un área total de 409,550.57 metros cuadrados

Para poder determinar la demanda necesaria en cada nodo de la red de distribución fue necesaria hacer un levantamiento de la zona de manera virtual, para así poder determinar qué tipo de estructuras hay en la zona y la cantidad. Se obtuvieron un total de 68 conexiones y 98 tuberías.

Para poder realizar el diseño en epanet se necesitó realizar el cálculo tanto de la población a futuro estimada por lo estipulado en la resolución 0330 de 2017, de igual forma el caudal necesario para poder suplir la demanda actual y con la población estimada.

Las estructuras que hay en el lugar son hoteles, conjuntos y locales comerciales, casas y restaurantes.

8.7.1 CONJUNTOS:

Para el cálculo de la demanda de los conjuntos se tomó como promedio un número de 3 recamaras por apartamento, para un total de 6 personas por apartamento, ya que no se pudo encontrar el valor exacto de las recamaras que tienen los apartamentos de cada conjunto. Se usó un promedio de 135l/día por persona. Como se ha hecho hasta el momento.

| conjunto | cantidad de apartamentos | personas por apartamento | total personas | demanda caudal (m ³ /s) |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|------------------------------------|
| conjunto nuevo de león | 44 | 6 | 264 | 0,4125 |
| conjunto asoprove | 64 | 6 | 384 | 0,6 |
| conjunto residencial bahía | 84 | 6 | 504 | 0,7875 |
| | | | | 1,8 |

Tabla 10 Demanda de agua de conjuntos

Fuente: autores

8.7.2 HOTELES:

Para el cálculo de la demanda de los hoteles, se promedió el consumo de 750l/día por habitación de acuerdo a lo estipulado en la norma Resolución 0330 de 2017. El número de camas fue sacado de la página de ESP Villeta.

| hotel | número de habitaciones | demanda de agua por habitación | total demanda |
|--------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------|
| hotel molienda | 14 | 750 | 0,121527778 |
| hotel Q. del descanso | 20 | 750 | 0,173611111 |
| hotel las cascadas | 8 | 750 | 0,069444444 |
| hotel los balnearios | 30 | 750 | 0,260416667 |
| hotel morada hostel | 40 | 750 | 0,347222222 |
| hotel casa blanca | 14 | 750 | 0,121527778 |
| hotel bellavista Premium | 14 | 750 | 0,121527778 |
| hotel Bochica | 13 | 750 | 0,112847222 |
| | | | 1,328125 |

Tabla 11 Demanda de agua de Hoteles

Fuente: autores

8.7.3 LOCALES COMERCIALES:

Dentro de los locales comerciales se tuvieron en cuenta, restaurantes, bares, papelerías, tiendas y gasolineras. Para el cálculo de su demanda diaria se tomó el área total de cada local y se multiplico por 6 que es la demanda diaria por metro cuadrado, de acuerdo a lo estipulado por la resolución 0330 de 2017.

| tipo de local comercial | nombre del local | área del local | demanda por 1m ² (l/día) | demanda total (m3/s) |
|-------------------------|------------------|----------------|-------------------------------------|----------------------|
| restaurante | lokiburger | 151,6 | 6 | 0,01052778 |
| bar | copacabana | 192,6 | 6 | 0,013375 |
| gasolinera | Terpel | 676,57 | 6 | 0,04698403 |
| tienda | tienda san José | 75,15 | 6 | 0,00521875 |
| restaurante | Burger Queen | 197,8 | 6 | 0,01373611 |
| hotel y restaurante | mar azul | 109,64 | 6 | 0,00761389 |
| restaurante | salsa mora | 179,14 | 6 | 0,01244028 |
| restaurante | el sabor de paty | 109,45 | 6 | 0,00760069 |
| taller | taller GMG | 93,12 | 6 | 0,00646667 |
| local comercial | ingeniería roja | 112,04 | 6 | 0,00778056 |
| restaurante | rompoith | 197,64 | 6 | 0,013725 |
| bar | soho disco-bar | 650,78 | 6 | 0,04519306 |
| restaurante | crepes y waffles | 930,76 | 6 | 0,06463611 |
| tienda | papelería Tolima | 142,21 | 6 | 0,00987569 |
| | | | | 0,26517361 |

Tabla 12 Demanda de agua de locales comerciales

Fuente: autores

OFICINAS: Para oficinas se tuvo en cuenta locales como bancos, centros educativos, ya que no se tiene el valor exacto de estudiantes y concesionarios.

| tipo oficina | nombre | área total | demanda por m ² | demanda total |
|------------------|-----------------|------------|----------------------------|---------------|
| centro educativo | Sena | 8819,88 | 20 | 2,041638889 |
| banco | Bancolombia | 280,79 | 20 | 0,064997685 |
| concesionario | auteco | 312,28 | 20 | 0,072287037 |
| droguería | Colsubsidio | 616,14 | 20 | 0,142625 |
| envíos | efecty | 498,81 | 20 | 0,115465278 |
| concesionario | nuevo horizonte | 832,33 | 20 | 0,192668981 |
| | | | | 2,62968287 |

Tabla 13 Demanda de agua de oficinas

8.7.4 CASAS:

Para el consumo de las casas se sumó el total de casas en cada sector, se estimó un total de 6 personas por casa y se multiplico el número de personas por el total de casas de cada cuadra. Para un total de 1235 casas en total.

8.8 DISEÑO DE LA RED EN EPANET

Para realizar el diseño se tuvo en cuenta la población que presentaba más problemas con este servicio, presentando interferencia en el suministro de agua, enfocándonos en realizar una nueva red de distribución para esta zona, teniendo en cuenta los parámetros estipulados en la resolución 0330 de 2017.

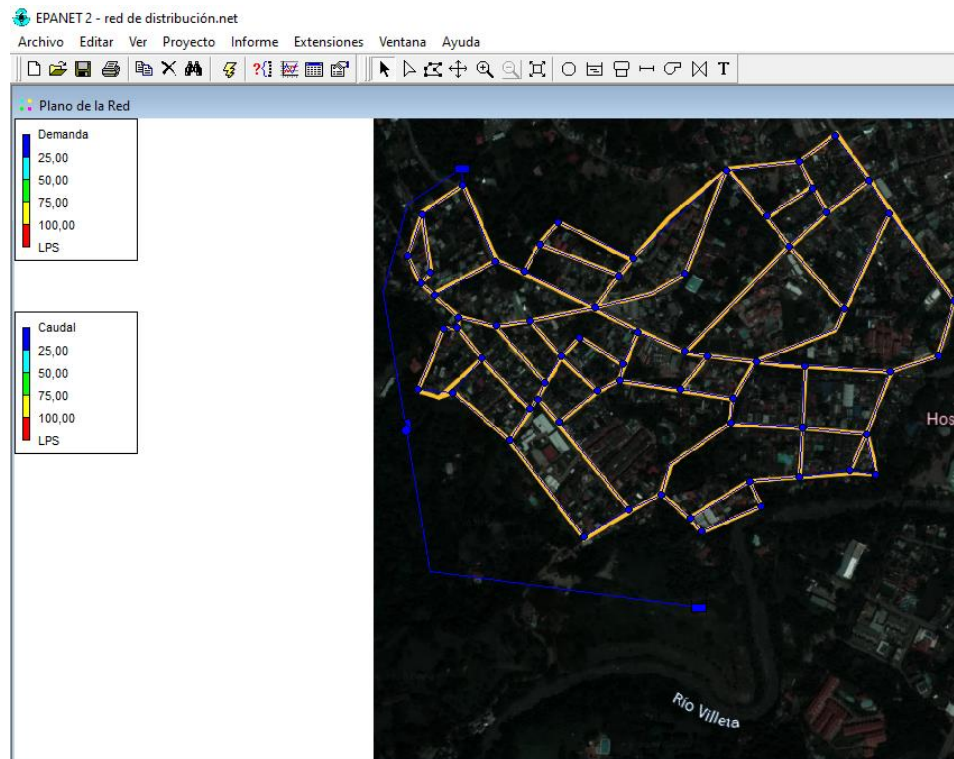


Ilustración 21 diseño de red de acueducto sector sur-oeste del municipio de Villeta

Fuente: Autores

Para poder llevar a cabo el diseño de la red en epanet se agregaron los datos de la demanda en cada nodo del diseño realizado en los cálculos previos de la demanda máxima en cada zona, para que así el programa mediante el uso de análisis matemático y la evaluación del comportamiento de los niveles de agua en los depósitos o embalses estudiados anteriormente poder determinar cuál es el más favorable para el proyecto realizado.

| ID LÍNEA | CAUDAL LPS | VELOCIDAD M3/S | PERD. UNIT. m/km | FACTOR DE FRICCIÓN |
|------------|------------|----------------|------------------|--------------------|
| Tubería 1 | 8,67 | 1,1 | 13,78 | 0,022 |
| Tubería 2 | 8,33 | 0,06 | 12,76 | 0,022 |
| Tubería 3 | 4,18 | 0,53 | 3,47 | 0,024 |
| Tubería 4 | 4,27 | 0,54 | 3,6 | 0,024 |
| Tubería 5 | 4,24 | 0,54 | 3,56 | 0,024 |
| Tubería 6 | 4,26 | 0,54 | 3,6 | 0,024 |
| Tubería 7 | 8,62 | 1,1 | 1,61 | 0,022 |
| Tubería 8 | 8,93 | 1,14 | 14,57 | 0,022 |
| Tubería 9 | 0,54 | 0,07 | 0,09 | 0,036 |
| Tubería 10 | 8,19 | 1,04 | 12,34 | 0,022 |
| Tubería 11 | 4,18 | 0,53 | 3,47 | 0,024 |
| Tubería 12 | 1,92 | 0,24 | 0,82 | 0,027 |
| Tubería 13 | 1,89 | 0,24 | 0,8 | 0,027 |
| Tubería 14 | 2,1 | 0,27 | 0,97 | 0,027 |
| Tubería 15 | 1,58 | 0,2 | 0,58 | 0,028 |
| Tubería 16 | 0,83 | 0,11 | 0,18 | 0,032 |
| Tubería 17 | 0,74 | 0,01 | 0 | 0,04 |
| Tubería 18 | 0,45 | 0,06 | 0,06 | 0,038 |
| Tubería 19 | 0,59 | 0,08 | 0,1 | 0,035 |
| Tubería 20 | 1,67 | 0,21 | 0,64 | 0,028 |
| Tubería 21 | 0,83 | 0,11 | 0,19 | 0,032 |
| Tubería 22 | 0,51 | 0,07 | 0,08 | 0,037 |
| Tubería 24 | 1 | 0,13 | 0,26 | 0,031 |
| Tubería 25 | 0,59 | 0,07 | 0,1 | 0,035 |

Tabla 14 Red de líneas de acueducto zona principal

Fuente: Autores

| ID NUDO | DEMANDA LPS | ALTURA m | PRESIÓN m |
|-------------|----------------|-------------|--------------|
| Conexión 22 | 0,3 | 878,59 | 58,59 |
| Conexión 23 | 0,37 | 878,59 | 57,59 |
| Conexión 24 | 0,44 | 878,59 | 44,59 |
| Conexión 25 | 0,33 | 878,6 | 49,6 |
| Conexión 26 | 0,69 | 878,56 | 55,56 |
| Conexión 27 | 0,27 | 878,61 | 50,61 |
| Conexión 28 | 0,02 | 878,77 | 44,77 |
| Conexión 32 | 0,16 | 878,7 | 48,7 |
| conexión 33 | 0,24 | 878,9 | 37,9 |
| Conexión 34 | 0,33 | 878,85 | 41,85 |
| Conexión 35 | 0,15 | 878,83 | 46,83 |
| Conexión 36 | 0,24 | 878,86 | 46,86 |
| Conexión 37 | 0,33 | 878,53 | 74,53 |
| Conexión 38 | 0,54 | 878,53 | 62,53 |
| Conexión 39 | 0,52 | 878,53 | 71,53 |
| Conexión 40 | 0,35 | 878,57 | 61,57 |
| Conexión 41 | 0,27 | 878,6 | 57,6 |
| Conexión 42 | 0,21 | 878,7 | 52,7 |
| Conexión 43 | 0,17 | 878,72 | 50,72 |
| Conexión 44 | 0,24 | 878,69 | 55,69 |
| Conexión 45 | 0,27 | 878,7 | 56,7 |
| Conexión 46 | 0,33 | 878,74 | 54,74 |
| Conexión 47 | 0,25 | 878,74 | 56,74 |
| Conexión 48 | 0,6 | 878,73 | 58,73 |

Tabla 15 Red de nodos zona principal

Fuente: autores

Se puede observar en las tablas 13 y 14 que la red de diseño cumple con los parámetros estipulados por la norma Resolución 0330 de 2017.

Cálculo de Duración De Caudales Medios

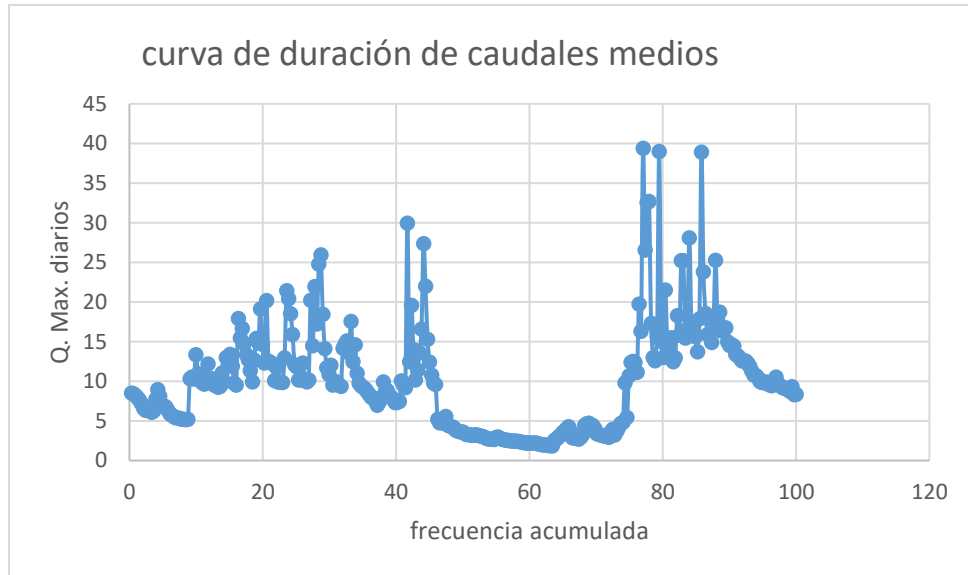


Ilustración 22 grafica curva de duración de caudales medios

Fuente: Autores

El Q95 se estimó para el último año, antes del diseño de la bocatoma y desarenador, tomando los datos de los caudales máximos diarios y la frecuencia acumulada, tal como se puede observar en la figura 20, se obtuvieron los siguientes valores.

| | |
|-----------------|-------|
| máximo registro | 39,42 |
| registro 50% | 3,64 |
| registro 75% | 10,71 |
| registro 95% | 9,84 |
| menor registro | 1,85 |

Tabla 16 Q95

9. RESULTADOS

Se obtuvo que el diseño de la red es funcional, ya que cumple con los parámetros estipulados en la resolución 0330 de 2017. Se determinó un diámetro de 100mm para todo el diseño de la red, generando así menos gastos, teniendo en cuenta la población y los recursos económicos del municipio. En cuanto al tramo del desarenador al tanque y del tanque al primer punto de distribución se tomó un diámetro de 150mm siendo el mínimo permitido por la norma. Se escogió el tipo de bomba periférica ya que por el nivel que alcanza de altura piezométrica era la más viable para este proyecto.

Se decidieron ubicar una serie de 4 válvulas de cierre ubicadas estratégicamente al inicio de la red de distribución, en la zona de arriba, una en la zona central y otra en la zona de abajo, para así poder cerrar el suministro en estas zonas para poder realizar el mantenimiento correspondiente en las tuberías, y en caso de daños poder arreglarlo sin tener que suspenderle el suministro a toda la zona, sino al lugar en específico.

Se comprobó con la ecuación de Hazen Williams, que las pérdidas de carga son correctas, ya que las pérdidas máximas encontradas son de 1.99m teniendo unas pérdidas por fricción bajas.

Se decidió que el sistema de distribución sería por gravedad, ya que debido a que el terreno nos favorece no hubo la necesidad de colocar un sistema de bombeo, reduciendo costos y mano de obra, sin tener en cuenta la conducción del desarenador al tanque, que fue necesaria una bomba de tipo periférica, siendo la más indicada para poder conducir el agua, debido a las diferencias de alturas piezométricas y la longitud que presenta del desarenador al tanque.

Se tomaron en total 4 tramos en la tubería de conducción del desarenador al tanque, ya que por los datos obtenidos de manera virtual era la ruta más adecuada teniendo en cuenta el tipo de terreno y las irregularidades de él.

Las dimensiones del desarenador y bocatoma son muy similares a las ya existentes, teniendo en cuenta que el principal cambio realizado es en la demanda del caudal, ya que se hizo una nueva proyección hasta el año 2045 como se puede observar en los cálculos de la tabla 3, aumentando la vida útil de estas estructuras.

Se obtuvo un promedio de 8715 personas las cuales serán beneficiadas por este proyecto como se puede observar en los cálculos de las tablas 9, 10, 11 y 12, no teniendo en cuenta tiendas y oficinas ya que estas personas fueron tomadas en cuenta en otros cálculos, y estimando los hoteles con un media de $\frac{3}{4}$ de la capacidad de ellos.

10. CONCLUSIONES

El área que se eligió para el diseño de red, se escogió debido a la topografía del terreno, ya que facilitó el diseño de aducción y conducción desde la bocatoma, hasta el tanque de almacenamiento, y solucionando el problema que tienen ciertos sectores de daños de tuberías principales.

Teniendo en cuenta la topografía del municipio, se logró realizar un sistema de distribución que actúa por la gravedad teniendo una disminución en tanto en los costos como en la mano de obra y en el tiempo, ya que no fue necesario realizar un estudio de qué tipo de bomba era la más acorde para el diseño de la red de acueducto.

De acuerdo a los estudios realizados de la quebrada cune y el río Villeta, se determinó que es más rentable abastecerse del río Villeta, ya que este presenta un mayor caudal en sequías, además geográficamente está mejor ubicado que la quebrada cune.

Por las circunstancias que estamos viviendo actualmente no se logró obtener la información de la manera que se esperaba, por tal motivo fue necesario guiarse en gran medida de las recomendaciones que se hacen en la norma resolución 0330 de 2017, y el libro Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados de Ricardo López Cualla.

De acuerdo a todo lo realizado en este proyecto de grado, los conocimientos teóricos se pudieron afianzar de una mejor forma pudiendo implementar todo lo que se ha venido estudiando hasta el día de hoy.

Se obtuvo un tipo de flujo laminar en la red de distribución, ya que en todos los tramos se obtuvo un número de Reynolds menor a 2000, teniendo a su vez fricciones bajas en la tubería.

Teniendo en cuenta la población actual del municipio que es de 25710 personas, el diseño de la red beneficiaria al 33.9% de la población, reduciendo en gran medida los problemas que presentaban de intermitencia en el suministro para estas personas.

11. RECOMENDACIONES

- Se recomienda un cerramiento de la zona en las estructuras de bocatoma y desarenador para evitar el acceso de animales y personal no autorizado.
- Seguir los lineamientos de mantenimiento a las estructuras, y con personal capacitado, para que estén siempre en óptimas condiciones para poder suplir las necesidades de los habitantes.
- Los anclajes para las tuberías deben ser de concreto macizo, y deben de estar ubicados en terreno firme, para evitar accidentes en caso de temblores o desprendimiento del terreno.
- En la excavación de la tubería se debe de tener en cuenta el diámetro de esta, y dejar un espacio libre de 0.3 metros, de acuerdo a la resolución 0330 de 2017.
- Para la desinfección de las tuberías se debe de utilizar cloro y aplicarse por toda la red de distribución del acueducto siguiendo los lineamientos de la resolución 0330 de 2017.
- Se recomienda continuar con los estudios del suelo, ya que por diferentes motivos no se pudo obtener toda la información requerida para el diseño de la red de distribución y puede haber diferentes factores que afecten el diseño de la red

12. Referencias

- Adler, I., Carmona, G., & Bojalil, A. J. (2008). *MANUAL DE CAPTACIÓN DE AGUAS PARA SISTEMAS URBANOS*. PNUMA Y IRRI Mexico.
- Alberich, M. L. (2007). EL CICLO URBANO DEL AGUA. *IDEAS SOSTENIBLES*.
- Benavides Gárzon, D. L., Castro Molano, M. Y., & Vizcaino Cagueno, H. M. (2006). *Optimización del acueducto por gravedad del*. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle.
- Boulware, E. W. (2013). *Alternative Water Sources and Wastewater Management*. McGraw-Hill Education.
- CABRERA-BEJAR, J. A. (2012). Modelado de redes de distribución de agua con suministro intermitente de agua . *SCIELO*, 05-25.
- CAR. (2017). *CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL CUNDINAMARCA*. Obtenido de <http://opendata-carcundinamarca.opendata.arcgis.com/datasets/72fefe7e644946a4930b73889d91cbba?f ullScreen=true&geometry=-74.526%2C4.982%2C-74.410%2C5.034>
- Corporacion Autonoma Regionla De Cundinamarca -CAR. (2018). *Guia Planeacion Del Proyecto De Uso Eficiente Y Ahoro De Agua RUEAA*. Villeta Cundinamarca: Corporacion Autonoma Regionla De Cundinamarca -CAR.
- Cualla), (. A. (s.f.). *Elementos De Diseño Para Acueductos Y Alcantarillados*. ESCUELA COLOMBIAA DE INGENIERIA.
- Cualla, r. A. (s.f.). *Elementos De Diseño Para Acueductos Y Alcantarillados*. ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA.

Education, M.-H. (2017). *Handbook of Applied Hydrology, Second Edition*. New York, Chicago, San Francisco, Athens, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, Singapore, Sydney, Toronto.: access engineering.

Education, M.-H. (2017). *Handbook of Applied Hydrology, Second Edition*. Access Engineering.

Education, M.-H. (2017). *Handbook of Applied Hydrology, Second Edition capitulo 2.2*.

Education, M.-H. (2018). *Nalco Water Handbook, Fourth Edition*. Access Engineering.

EE., U. S. (2014). *informe de investigación científica del USGS*.

EL CONGRESO DE COLOMBIA . (1997). LEY 373 DE 1997 . *LEY 373 DE 1997* (págs. 1-6). Bogota: EL CONGRESO DE COLOMBIA .

Farah, E. S. (2017). Detección de fugas mediante el sistema inteligente de agua: combinación de equilibrio hídrico y flujo nocturno mínimo automatizado. *Springer LINK*.

Franco Gonzales, N. G. (2018). *Acueducto del municipio guía de planeación y uso eficiente del programa PUEAA1*. Villeta: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

Franco Gonzales, N. G. (2018). *ACUEDUCTOS MUNICIPALES guía de planeación del programa de uso eficiente y ahorro del agua*. Villeta-cundinamarca: CAR.

García-Ubaque, J. P.-U. (2016). Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. *SCIELO*.

geovilletacundinamrca.blogspot.com. (4 de diciembre de 2017). Obtenido de

geovilletacundinamrca.blogspot.com:

<http://geovilletacundinamrca.blogspot.com/2017/12/estrtratigrafia.html>

GOMEZ, J., MONTEZ., N., NIVIA, A., & DIEDERIX, H. (2015). *Instituto geografico nacional*. Obtenido de mapa geologico nacional de colombia escala 1:100.000:

http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Mapa_Geologico_colombiano_2015/#

Herrera, M. (2010). *CVI*.

IGAC. (2002). *Instituto Geografico Agustin Codasi*. Obtenido de cuencas vertientes y cuencas hidrograficas:

https://geoportal.igac.gov.co/sites/geoportal.igac.gov.co/files/geoportal/cuencas_vertientes_cuencas_hidrograficas.jpg

L., R. (s.f.).

Limited, 2. M. (2010). *Understanding Earthquake Disasters*. india.

López Cualla, R. A. (s.f.). *ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO*. Bogotá D.C.: Editorial escuela colombiana de ingeniería.

Mays, L. W. (2000). *Manual del sistema de distribución de agua*. McGraw-Hill.

MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS*. Colombia.

ministerio de vivienda, c. y. (2017). *Ley 0330*. Colombia.

Monitor, A. (2014).

MORERA GUTIERREZ, J. (2016). *DIAGNOSTICO DEL MUNICIPIO DE VILLETÁ*. VILLETÁ CUNDINAMARCA.

Organizacion Mundial De La Salud, U. (2017). Procesos De Materal De Agua Potable ,Sanamiento e Higiene. *PUBLICACIONES UNICEF*, 61.

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD,UNICEF,ODS. (2017). Proceso De Materia De Agua Potable,Sanamiento e Higiene. *UNICEF,ODS*, 4.

Ospina, C. A. (2013). *programa para el uso eficiente y ahorro del agua ley 373 de 1997*. San Rafael Antioquia.

Pandolfi, D. A. (2018). Redes inteligentes de agua: factores y métodos para la predicción del consumo residencial de agua potable. *Sedici Universida Nacional De Colombia*, 46-49.

Rocha Felices, A. (s.f.). *LA BOCATOMA, ESTRUCTURA CLAVE EN UN PROYECTO DE APROVECHAMIENTO HIDRAULICO*.

S., C. A. (2011). *ESTUDIO DEL TERRENO Y OBRAS CORRECTIVAS EN EL SITIO DE EL CUNE*. BOGOTÁ : UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

Salud, O. M. (2004). *Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud*.

Selena Cruz, O. I. (2015). *ESTUDIO DE CASO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO*. Bogotá D.C.: Universidad Libre.

Singh, V. P. (2017). *Manual de Hidrología Aplicada, Segunda Edición. TRANSFERENCIAS DE AGUA Y EL CONCEPTO DE AGUA VIRTUAL, Capítulo* (McGraw-Hill Education: New York, Chicago, San Francisco, Athens, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, Singapore, Sydney, Toronto. Acess Engineering.

Sokratis Kartakis, E. A. (2015). seguimiento y control inteligente del agua redes. *ACM* , 1-8.

Sokratis Kartakis, E. A. (s.f.). *WaterBox: A Testbed for Monitoring and Controlling Smart*. LONDON:

Department of Computing Imperial College London.

Strehler, H. (1945-1952). *Número de Strehler, Horton*.