



PROPUESTA DE UN DISEÑO HIDRÁULICO PARA LA CAPTACIÓN Y
ALMACENAMIENTO DEL AGUA QUE UTILIZA EL ACUEDUCTO DE LA VEREDA
BALSAL, (VILLETAS DE SAN MIGUEL ARCÁNGEL, MUNICIPIO DE CUNDINAMARCA).

OAWALD SNEIDER ALDANA TINOCO

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CIUDAD, COLOMBIA

2021

PROPUESTA DE UN DISEÑO HIDRÁULICO PARA LA CAPTACIÓN Y
ALMACENAMIENTO DEL AGUA QUE UTILIZA EL ACUEDUCTO DE LA VEREDA
BALSAL, (VILLETA DE SAN MIGUEL ARCÁNGEL, MUNICIPIO DE
CUNDINAMARCA).

OSWALD SNEIDER ALDANA TINOCO

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

DIRECTOR (A):
INGENIERO CARLOS MARTIN MOLINA

MONOGRAFIA

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ, COLOMBIA

2021

DEDICATORIA

A DIOS, por darme salud y permitirme llegar hasta este gran logro.

A mis padres, hermanas, novia y familia por brindarme un apoyo incondicional sin importar momentos duros, por celebrar todos mis triunfos y acompañarme durante todo el proceso académico.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a DIOS por la vida, por darme salud y fortaleza para poder cumplir esta meta.

Doy gracias a mis padres Constanza y José por darme el apoyo económico y moral durante el transcurso de la carrera.

A la Universidad Antonio Nariño por el apoyo y conocimiento brindado durante la etapa académica.

Agradezco a mi tutor de proyecto Carlos Molina por su disponibilidad y compromiso hacia el buen direccionamiento de mi proyecto.

RESUMEN

El punto de partida es el diseño actual de la captación del recurso hídrico del acueducto de la vereda Balsal, se analizó la ineficiencia en la forma de captación, ya que es directa, la cual permite el paso de partículas que son conducidas hasta los tanques de almacenamiento debido a que no presenta ningún tipo de desarenador. Lo anterior condujo a buscar literatura e información que permita buscar solución a la problemática planteada, para así generar un diseño hidráulico de una bocatoma y un desarenador que cumpla con los parámetros analizados en la captación del acueducto ubicado en la finca de la familia Zamora (vereda Balsal, Villeta Cundinamarca). Se considera que la propuesta mejorará la captación de agua teniendo en cuenta los cálculos y diseño del tamaño de la rejilla para así no afectar el flujo continuo del nacedero, así como, satisfacer la demanda de los habitantes de la vereda. Con estas obras hidráulicas como el desarenado se reducirá el flujo de partículas en suspensión, transportadas por medio de la red de distribución, evitando el desgaste de las tuberías, taponamiento en contadores y mejorando la calidad del agua. La propuesta que se presenta hace un gran aporte a los estudios de mejora que se realizan en acueductos, optimizando la captación y reduciendo el flujo de sedimentos en suspensión.

Palabras clave: Diseño Hidráulico, Bocatoma, Desarenador, Flujo continuo, Demanda y sedimentos en suspensión.

ABSTRACT

The starting point is the current design of the capture of the water resource of the aqueduct of the Balsal village, the inefficiency in the form of capture was analyzed, since it is direct, which allows the passage of particles that are led to the tanks of storage due to the fact that it does not present any type of sand trap. The foregoing led to a search for literature and information that would allow a solution to the problem raised, in order to generate a hydraulic design of a intake and a sand trap that meets the parameters analyzed in the intake of the aqueduct located on the farm of the Zamora family (vereda Balsal, Villeta Cundinamarca). It is considered that the proposal will improve the water catchment taking into account the calculations and design of the size of the grid in order not to affect the continuous flow of the source, as well as to satisfy the demand of the inhabitants of the village. With these hydraulic works such as de-sanding, the flow of suspended particles, transported through the distribution network, will be reduced, avoiding the wear of the pipes, clogging of meters and improving the quality of the water. The proposal presented makes a great contribution to the improvement studies carried out in aqueducts, optimizing the catchment and reducing the flow of suspended sediments.

Keywords: Hydraulic Design, Nozzle, Desander, Continuous flow, Demand and suspended sediments.

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.1	Generalidades de los acueductos.....	6
2.2	Bocatoma.....	7
2.3	Toma lateral con muro transversal	8
2.4	Desarenador	8
3.	ESTADO DEL ARTE.....	9
4.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
4.1	Descripción del problema.....	16
4.2	Objetivos.....	17
4.2.1	Objetivo general.....	17
4.2.2	Objetivos específicos.....	18
4.3	Alcance.....	18
5.	METODOLOGÍA.....	19
5.1	Tabla de Ecuaciones	19
5.2	Cálculo de la población estimada	23
5.2.1	Método aritmético.....	23
5.2.2	Método geométrico.....	24
5.2.3	Método logarítmico	25
5.3	Cálculo del caudal de diseño	26
5.3.1	Cálculo de la dotación neta máxima.....	26
5.3.2	Cálculo de la dotación bruta (Dbr)	26
5.3.3	Cálculo del caudal medio diario (Qmd).....	27
5.3.4	Cálculo del caudal máximo diario (QMD)	27
5.4	Diseño y cálculo de la rejilla y canal de aducción.....	28
5.5	Cálculo de la rejilla.....	30
5.6	Diseño y cálculo del canal de aducción	32
5.7	Diseño de la cámara de derivación.....	33

5.7.1	Diseño de la cámara de excesos.....	35
5.8	Diseño de las tuberías de aducción	37
5.9	Diseño del azud.....	39
6.	DISEÑO DEL TANQUE DESARENADOR	39
6.1	Criterios de diseño.....	40
6.2	Dimensionamiento	40
6.3	Diseño de la pantalla deflectora.....	43
6.4	Diseño del vertedero de salida.....	46
6.5	Análisis de resultados	49
6.5.1	Bocatoma	49
6.5.2	Desarenador	51
7.	CONCLUSIONES.....	52
8.	RECOMENDACIONES.....	53
8.1	Antes de realizar el diseño.....	53
8.2	Después de haber construido el proyecto	54
9.	BIBLIOGRAFÍA	54
10.	ANEXOS	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación geográfica Vereda Balsal.....	3
Figura 2.	Acueductos romanos	7
Figura 3.	Bocatoma	8
Figura 4.	Desarenador.....	9
Figura 5.	Captación directa.....	17
Figura 6.	Metodología.....	19
Figura 7.	Base del canal	29
Figura 8.	Partes de la rejilla.....	30
Figura 9.	Longitud del canal L_c	31

Figura 10. Grado de inclinación (i).....	33
Figura 11. Longitud de la cámara derivación.....	34
Figura 12. Longitud de la cámara (La).....	35
Figura 13. Ancho de la recamara de excesos.....	37
Figura 14. Esquema de azud.....	39
Figura 15. Ilustración del largo y la base del desarenador.	42
Figura 16. Ilustración altura del desarenador.	42
Figura 17. Parámetros pantalla deflectora.....	44
Figura 18. Número de orificios en la pantalla deflectora.....	46
Figura 19. Diseño del canal.....	46
Figura 20. Diseño de la altura del canal.....	47
Figura 21. Finca familia Zamora.....	59
Figura 22. Sector captación.....	60
Figura 23. Captación directa.....	61
Figura 24. Nacedero.....	61
Figura 25. Cubrimiento.....	62
Figura 26. Transporte al sector.....	63
Figura 27. Tubo de llegada a los tanques de almacenamiento.	64
Figura 28. Tanques de almacenamiento.....	65
Figura 29. Caudal del nacedero.....	66
Figura 30. Subscriptores vereda Balsal.....	67
Figura 31. Topografía.....	68
Figura 32. Diseño Bocatoma.....	69
Figura 33. Diseño Desarenador.....	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ecuaciones para calcular población y caudales	20
Tabla 2. Ecuaciones para el cálculo de la Bocatoma	22
Tabla 3. Ecuaciones para el cálculo de la Desarenador	23
Tabla 4. Poblaciones estimadas del 2006 y 2021	24
Tabla 5. Dotación neta máxima por habitante día	26
Tabla 6. Caudales de diseño	28
Tabla 7. Criterios de diseño para el Desarenador.	40
Tabla 8. Velocidades de sedimentación según el diámetro	42
Tabla 9. Diámetro nominal tubería PVC.	45
Tabla 10. Resultados de interés para el diseño de la bocatoma	50
Tabla 11. Resultados de interés para el diseño del Desarenador	51

1. INTRODUCCIÓN

Colombia se encuentra dentro de los países con mayores recursos hídricos por su ubicación geográfica y diferentes cambios climáticos, contando con 5 vertiente hidrográficas, ríos, represas, lagos, embalses, ciénagas, lagunas y aguas subterráneas; Teniendo en cuenta que cuando se considera las poblaciones urbanas que se satisfacen de fuentes pequeñas como: Quebradas, riachuelos y arroyos sin un sistema de almacenamiento hace que su población sea vulnerable al recurso. (Ministerio de Ambiente, Territorio y Desarrollo Territorial, 2010).

Los temas de interés en la salud son hepatitis A, cólera, fiebre tifoidea, diarrea, malaria y leptospirosis, también el dengue, chicungunya y fiebre amarilla que de forma directa o indirecta con el agua que consume la sociedad, esto depende de si las aguas captadas son tratadas o crudas generando una variación en la calidad. (Tovar, 2016).

En este trabajo se tuvo en cuenta los estudios básicos de hidráulica con el fin de generar un diseño hidráulico adecuado de una bocatoma y un desarenador, teniendo en cuenta que estas estructuras hídricas cumplen la función de captar el cauce de alguna fuente de agua y sedimentar las partículas. De hecho, es la estructura más adecuada de captación y canalización del recurso hídrico según los siguientes factores; Caudal de la fuente, nivel de crecimiento, ancho del cauce, estabilidad del suelo y topografía de la zona, que en este caso se destinará para mejorar la captación del recurso en la vereda Balsal (Villeta, Cundinamarca). Por este motivo se tomaron criterios para

la creación del diseño y tipo de estructura a estudiar, se reunió información existente del proyecto para así identificar fallas o mejoras a realizar.

Para llevar a cabo el diseño hidráulico se tuvo en cuenta la topografía existente, información hidrológica del nacedero y demanda hidráulica, para así garantizar una captación continua y eficiente satisfaciendo las necesidades de todos los habitantes de la vereda, con la finalidad de plantear el proyecto ante la alcaldía y los entes encargados del acueducto veredal. Este proyecto podría ser transversal, ya que se presentan situaciones similares en veredas cercanas.

El proyecto está enfocado en la vereda el Balsal, Villeta; departamento de Cundinamarca, en la Provincia del Gualivá a 20 minutos del centro principal de Villeta, la cual limita: Al norte Quebrada negra –Nimaima, al oriente Nocaima – Sasaima, al sur Albán Vianí y al occidente con Guaduas, como se ve en el mapa de la (figura 1).

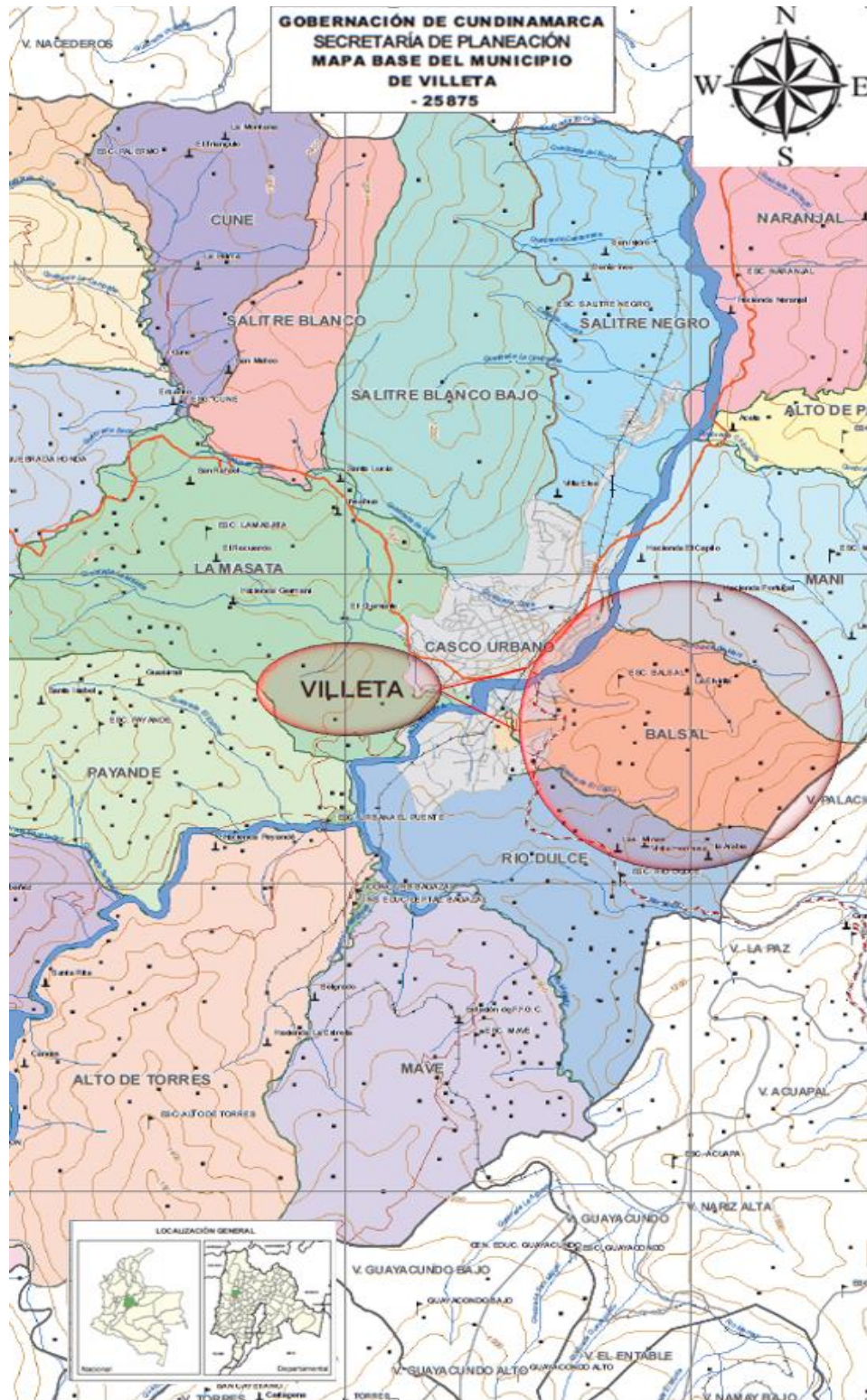
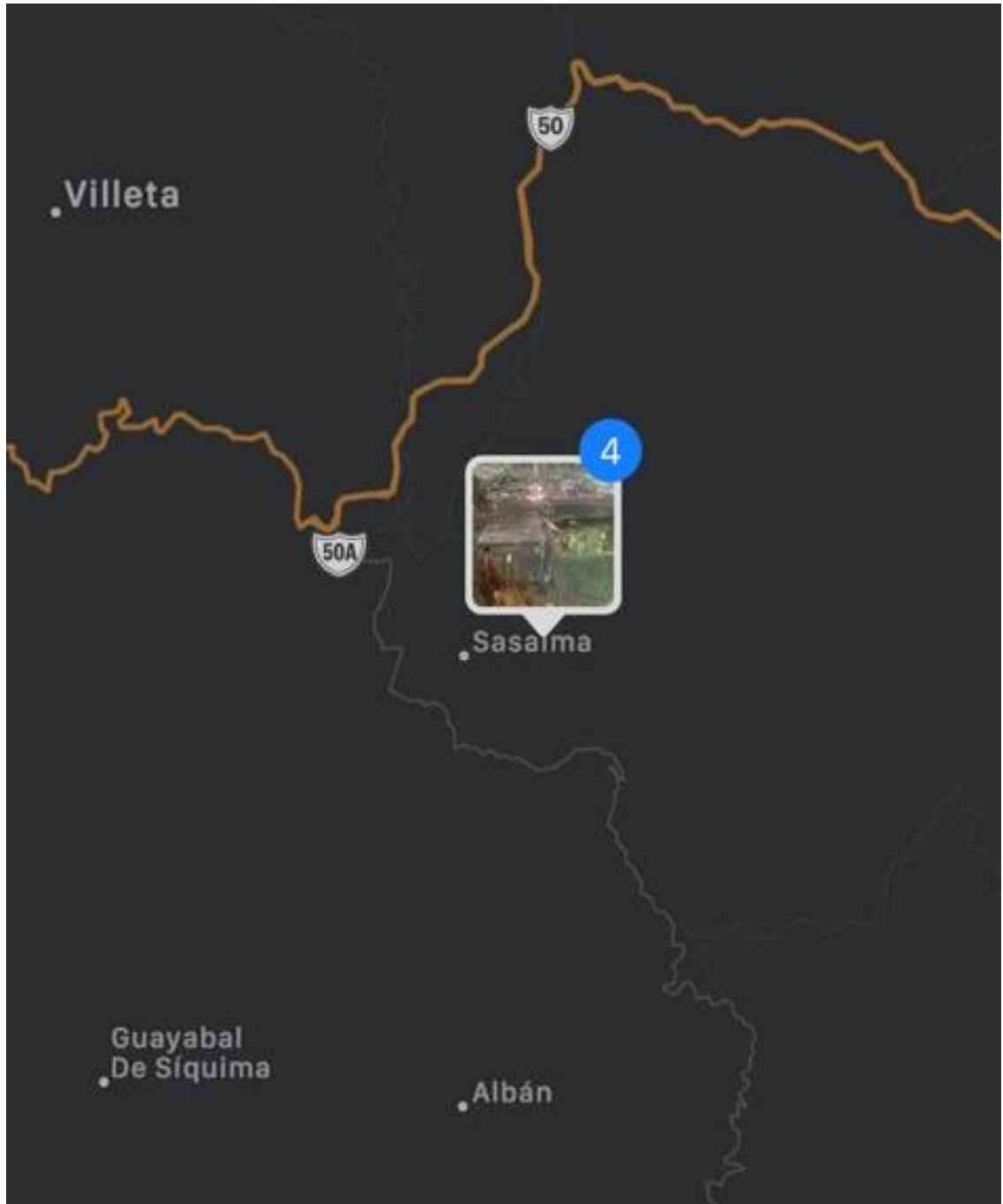
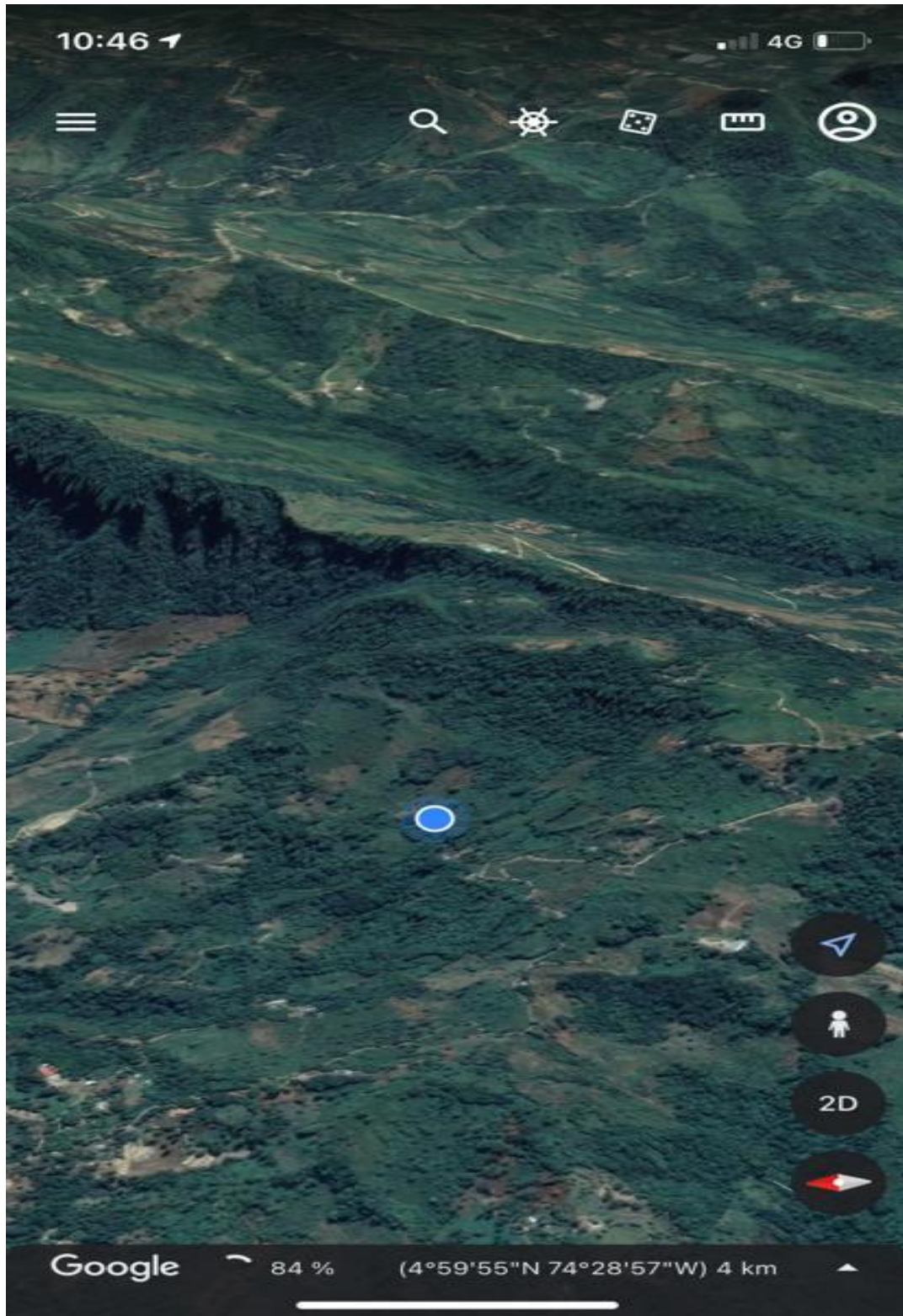


Figura 1. Ubicación geográfica Vereda Balsal.
Fuente: (Oficina de Sistemas de Información, 2000)



*Figura 2. Ubicación satelital con fotografía del Nacadero.
Fuente: Propia*



*Figura 3. Ubicación satelital Nacadero.
Fuente: Propia*

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Generalidades de los acueductos

Un acueducto describe un sistema de conductos artificiales, los cuales su función principal es el traslado de agua desde una fuente de abastecimiento. Con ellos se suplen necesidades básicas como el riego o recolecta del agua, incluso son usados el para transporte de aguas residuales denominados alcantarillados y estos se encuentran principalmente en hogares y empresas a nivel mundial.

La primera línea de acueducto data del año 700 a.c, denominado como “Jerwan” en Nínive capital de Asiria, muy cercano a esa época el rey de Judá (715 a 586 a.c), planifico y ejecuto la construcción de un sistema de abastecimiento de agua de 30 km de longitud para la ciudad de Jerusalén como lo enuncia (Nacion, 2014).

Sin embargo, el adelanto tecnológico en este aspecto lo brindo el gran Imperio Romano el cual realizo grandes avances en la ingeniería y arquitectura de este sistema de abastecimiento de agua como se ve en la figura 2. Cabe resaltar que solamente en el caso de Roma se construyeron 507 kilómetros en acueductos (Geographic, 2020).



*Figura 4. Acueductos romanos
Fuente: (alacarta, 2021)*

2.2 Bocatoma.

Una bocatoma consiste en una estructura hidráulica la cual va construida sobre un rio o canal con el propósito de extraer una parte del flujo allí presente o caudal diseñado sin afectar el flujo normal del cauce, en la (figura 3) se aprecia la foto satelital de un sistema hidráulico con una bocatoma. Este tipo de estructura se pueden clasificar de acuerdo con el uso que se le va a dar al agua, por ejemplo: a) toma para abastecimiento público, b) toma para irrigación, c) toma para centrales hidroeléctricas, d) toma para industria y minería y e) para uso múltiple (Felices, 2003).



Figura 5. Bocatoma
Fuente: (Wikipedia, 2019)

2.3 Toma lateral con muro transversal

Este tipo de toma es utilizada en ríos pequeños donde la profundidad del cauce es pequeña.
(Lopez, 2003).

2.4 Desarenador

Es una estructura que se diseña para retener y minimizar el flujo de partículas como arenas, las cuales son transportadas por las aguas captadas en las bocatomas y son conducidas por el canal de aducción hasta el mismo (Lopez, 2003). En la figura 4 se ve un ejemplo de un desarenador.

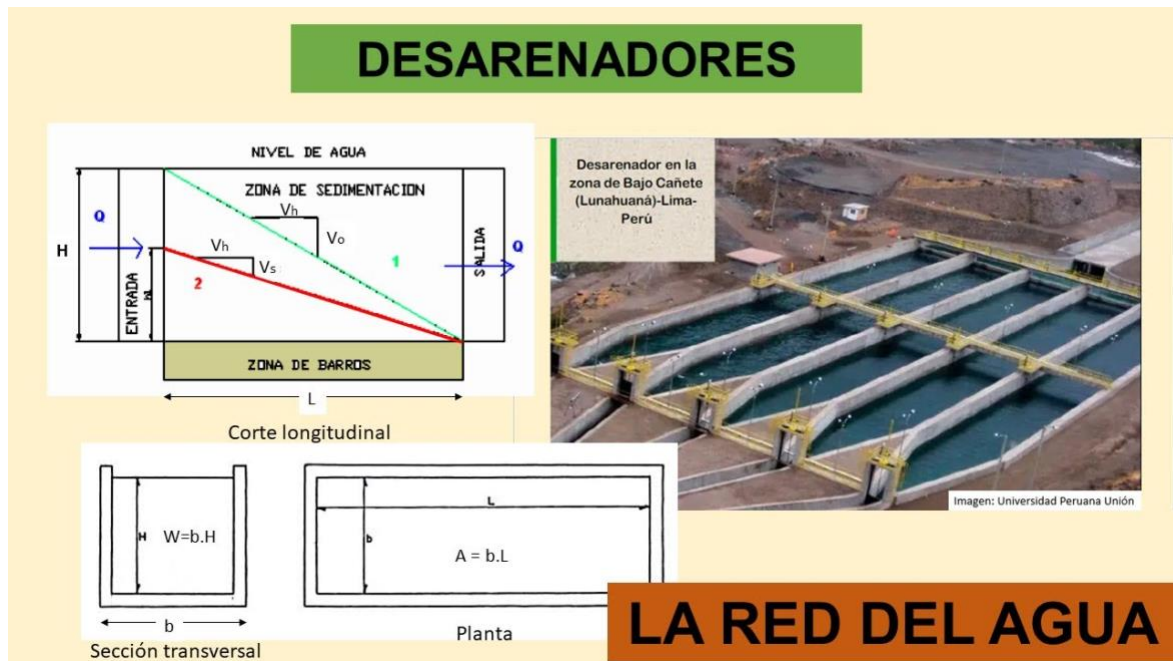


Figura 6. Desarenador

Fuente: (agua, 2020)

3. ESTADO DEL ARTE

Debido a la naturaleza del trabajo elaborado en este documento y que el tema de diseño de esta estructura hídrica no es innovación propia, en este capítulo se recopilara trabajos nacionales o internacionales, los cuales tratan de diversas maneras el tema abordado en este trabajo con las

particularidades que nos proporciona la diversidad tanto de la geografía, como de los diferentes puntos de vista varios autores, entre otras variables. Esto amplía el tema, ya que a pesar de que el punto de vista estructural es básicamente el mismo, se aborda de manera diferente como lo veremos a continuación.

En la investigación elaborada por (Carhuapoma Rodríguez, 2019) el autor realiza una investigación de tipo cuantitativa, lo cual lo hace mediante el software Hcc-Hms con lo cual recoge datos suficientes para el diseño de hidráulico de una bocatoma de agua, con esto lo que buscaba desarrollar el autor era la sostenibilidad de zonas de cultivos las cuales lograran obtener un abastecimiento hídrico estable. A través del software mencionado anteriormente, hizo una simulación de datos hídricos del caudal máximo con un periodo de vigencia aproximado de 50 años, para lo cual puedo determinar las dimensiones de la bocatoma.

En el trabajo de grado presentado por (Flores, 2017), el autor describe la variación de la calidad del agua en la bocatoma desde un enfoque con varias variables a interpretar y no paramétrico. A partir de esto y de otros análisis que se evidencian en el documento, el autor concluye como por ejemplo que

El análisis de componentes principales determinó que la variabilidad es: conductividad eléctrica, hierro, sólidos disueltos, caudal y dureza total. En épocas se muestra sobre el CP1, un vínculo de dependencia con el caudal, siendo las variables más importantes: conductividad eléctrica en estiaje; cobre, zinc, y manganeso en transición y, aluminio, hierro y manganeso en avenida. (Flores, 2017)

En el documento presentado por Mirengi (2018) se realiza una investigación, la cual se enfoca en el comportamiento hidráulico de la bocatoma mediante el modelamiento numérico Telemac-2D, con el cual se verifica el comportamiento de la bocatoma con las características

hídricas del lugar de Chóchope. Una de las ventajas aparentes de este sistema es que mediante el software se puede realizar distintas variaciones al diseño, lo cual, en el momento de la ejecución del proyecto proporciona un gran beneficio económico debido a la flexibilidad y adaptabilidad del diseño y con lo cual como lo dice Mirengi:

La modelación numérica con el programa Telemac-2D dio resultados de un flujo aceptable sobre la superficie, brindando los distintos valores y magnitudes de velocidad, caudal, líneas de corriente, tirantes, etc. Se logró comprobar la gran similitud en los valores obtenidos en el modelo numérico y los valores calculados con fórmulas empíricas. Por lo tanto, la utilización de la modelación numérica muestra en este caso ser una herramienta confiable para el diseño hidráulico. (Mirengi, 2018)

Uno de los aspectos que se debe valorar en la elaboración de cualquier proyecto hídrico, es que la calidad del fluido a tratar no se vea afectada. Para ello se realizan diferentes estudios a nivel fisicoquímico, entre otros, como lo evalúa Capa (2017), donde concluye una serie de recomendaciones basado en los datos arrojados en su estudio y comparados a niveles normalizados. Por lo cual, recomienda el mejoramiento del trato del fluido debido a que se presentan enfermedades en población aledaña a la obra y a la fuente hídrica.

En el documento presentado es importante relatar las conclusiones que se presentan con respecto a las bocatomas mixtas como lo presenta el autor

Las bocatomas mixtas son más favorables en el caso de ríos con baja pendiente, menor a 1%, mientras que las bocatomas tirolesas son más favorables en el caso de ríos con pendiente mayores a 1%. En el caso de ríos de cauces con trayectoria recta, es mejor una bocatoma tipo tirolesa, mientras que, en ríos con curvas, es más favorable la bocatoma mixta, siempre que la bocatoma se ubique el codo exterior. En ríos con alta proporción de

material en suspensión es más oportuno el diseño de bocatoma mixta combinada con un buen desarenado. Por el estudio topográfico. (Pereda Medina, 2016)

Como evidenciamos anteriormente, el análisis mediante modelamiento numérico proporciona una flexibilidad y predicción ante varios eventos. En este caso Acuña (2017) realiza una modelación de una bocatoma cercana a una plata hidroeléctrica María Auxiliadora de Quiroz usando el software ANSYS-CFX con el cual estudia el desempeño hídrico de la estructura. Este software tiene como bondades el uso de ecuaciones como la de navier-stokes para analizar el comportamiento del fluido, con lo cual se obtuvieron valores y a través de ellos se determinó una probabilidad alta a la erosión en la estructura hídrica. (Acuña, 2017)

Verónica Aida Debernardi Borda (2018) debido al estudio de la evaluación estructural preliminar de la bocatoma CHUSCHUCO-TACNA, evaluó propiedades como capacidad de resistencia y la estabilidad que puede proporcionar la estructura propuesta, esto lo realizaron mediante estudios destructivos, no destructivos y uso de software SAP 2000, con lo que concluyeron una resistencia menor a los estándares del material, en este caso concreto, pero con la particularidad de que la estructura cumplía la norma técnica de edificaciones E.060. (Verónica Aída Debernardi Borda, 2018)

En el trabajo presentado por López Dimaté & Tique Yara (2019), se realiza la propuesta de la estandarización de modelos de bocatomas en la jurisdicción de la CAR en el departamento de Cundinamarca. Dichos modelos cumplen en sí, requerimientos técnicos y legales para caudales pequeños de 0.1 -100 L/s, adicional a esto, también son modelos de bajo costo y fácil construcción. (Valdiviezo, 2011)

En el presente documento el autor argumenta la realización de su trabajo de grado en:

El diseño hidráulico de una bocatoma en el río Moyobamba para asegurar la captación permanente del recurso hídrico hacia los sectores de riego Ccecca, Ishua y Huaycahuacho. Teniendo en cuenta los criterios se llevó a cabo la creación de un diseño hidráulico de la bocatoma, se analizaron documentos recopilados para así determinar por medio de la topografía, geología, hidrología y morfología el lugar de captación y tipo de estructura. (JÁUREGUI, 2019)

El informe presentado por Valdiviezo (2011) se enfoca en los parámetros hidrológicos del diseño hidráulico y estructural de bocatomas y sistemas de riego, con lo cual hace una investigación preliminar acerca de la fuente hídrica a tratar y de esta manera determinar la mejor opción desde los puntos de vista del ambiente y recurso económico. (Valdiviezo, 2011)

El documento presentado por Silva & Góngora (2019) establece un estudio enfocado al funcionamiento, captación, aducción y conducción del agua hasta la planta de tratamiento del acueducto del municipio de Viotá-Cundinamarca. Este mismo concluye el mal estado de la estructura de bocatoma debido a la vulneración de la estructura de la bocatoma. Adicional a esto menciona fallas en el sistema de acueducto, por ejemplo, en la estructura del desarenador e incluye las observaciones correspondientes para el mejoramiento de estos sistemas. (Sahuinco & Teresa, 2015)

En el trabajo de grado realizado por Sahuinco & Teresa (Sahuinco & Teresa, 2015) se evidencia un análisis hidrológico, el cual, se enfoca en la zona de Facalá con un análisis de los caudales de 50 años en los cuales se evaluaron los rangos máximos a mínimos y algunos valores intermedios. Este proyecto se enfocó en la demanda de agua de los cultivos en la zona a estudiar, para mejorar el rendimiento de las plantaciones de maíz, espárragos, caña de azúcar, entre otros cultivos en esta zona.

En el documento de Pinedo (2011) se describe el diseño de una bocatoma con barraje fijo, uno de los aspectos que los autores concluyen es que:

La creación de orificios en la pantalla disipadora para la disminución de la fuerza de empuje logra se una forma eficiente, esta se incrementaría si no estuvieran provocando que la estructura falle. Por medio de los programas Hec-GeoRas y ArcGIS se mostró que los modelos son eficientes. (Pinedo)

En el estudio hecho por Alfaro Layza & White Álvarez (2017), se evaluó la evolución de la morfología del cauce del río Viru y se analizó elementos como ancho, pendiente y profundidad, para esto realizaron un estudio topográfico. Estos análisis se realizaron mediante estudio de anteriores revisiones de estos aspectos en el río como también un análisis mediante diferentes métodos, en este caso en particular los métodos morfológicos, estadísticos y geométricos. Adicional a esto los autores realizaron un estudio de inundabilidad, para ello usaron el caudal máximo y lo hacen con dos consideraciones las cuales son con bocatoma y sin ella. (Alfaro Layza, 2017)

En el trabajo de grado realizado por Vilca (2018), es de resaltar el uso de diferentes tipos de técnicas para la comparación de datos, donde se destacan el modelo digital del terreno, a lo cual se atribuye la obtención de datos geomorfológicos. Se analizaron datos de precipitación y de evapotranspiración potencial. También se simularon los caudales mensuales mediante los modelos Témez, abcd, GR2M y Lutz Scholz, realizando la calibración y validación de datos simulados y observados; la simulación de caudales máximos para periodos de 2.5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, entre otros métodos descritos en el documento. (Vilca, 2018)

En el documento de Pérez se evidencia un análisis del cálculo de los parámetros, lo cuales van enfocados al dimensionamiento de la red colectiva para lograr suplir las necesidades de los incrementos de demanda de consumo de agua. (Pérez, 2015)

En el documento de Garcia (2018) se realizó debido a la fragilidad y carencia que existe en el difícil abastecimiento de agua para lima, donde se realiza una descripción geomorfológica que es fundamental para la prospección del terreno en cual se estaría trabajando. También se abarcan temas como geología estructural, geodinámica y geomecánica, con los cuales se caracteriza el macizo rocoso, perfiles lito estratigráficos, análisis de SPT, entre otros estudios realizados en la zona. (Garcia, 2018)

Rebolledo (2019) manifiesta en su documento el estudio de la disipación de la energía cinética que se puede evidenciar en obras hidráulicas que generalmente se observa en vertederos, estructuras caídas, desfuegos de fondo, bocatomas, entre otras. En este caso, se tomó como estructura de estudio la bocatoma Miraflores, este estudio tiene como fin abordar una problemática evidente en este tipo de estructuras como es la erosión o socavación, y mediante la aplicación de esta técnica estos inconvenientes se mantendrían contenidos. (Rebolledo, 2019)

En el escrito realizado por Manrique se destaca el énfasis del autor en:

El desarrollo del diseño hidráulico de la bocatoma Zapatero opto principalmente por mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector (1022 familias), mejorando la captación del recurso para así suplir el riego de sus cultivos. Esto llevo a realizar estudios de campo para determinar los parámetros de diseño estructural e hidráulico. Finalmente, diseño teniendo en cuenta las recomendaciones de diferentes especialistas y autores con gran conocimiento y experiencia. (Manrique, 2019)

Se describe una evaluación de un diseño ya establecido al cual se revisó aspectos importantes como el desarenador entre otras estructuras hidráulicas con el fin de lograr la iniciación de un proyecto de hidroeléctrica alimentado por este rio, para esto usaron herramientas como LDPIV y UVP con los cuales se realizaron medidas donde el UVP permite la medición de

la velocidad media del flujo y la eficiencia de las cuencas en su capacidad de retención, adicional a esto se usó la técnica LSPIV para lograr comparaciones en diferentes escenarios en las superficies de los modelos, al final del trabajo los autores concluyeron que se lograron evidenciar las limitaciones del diseño inicial con lo cual se logra dar unas recomendaciones para mejorar la estructura ya establecida lo cual mejora considerablemente el desempeño. (Giovanni De Cesare, 2010)

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1 Descripción del problema

En la actualidad existe un acueducto en la vereda Balsal, el cual carece de un diseño hidráulico para la creación de una bocatoma y de desarenador que permita la captación indirecta del yacimiento. Actualmente la captación del recurso se hace de forma directa del nacimiento, permitiendo que residuos del subsuelo sean conducidos por las tuberías que llegan a los tanques de almacenamiento, como se evidencia en la figura 5. Esto genera fallas en los ramales de distribución por desgaste, también presenta taponamientos y daños en los contadores. Esto afecta a la comunidad ya que no pueden suplir sus necesidades cuando se presentan estas fallas.

Frente a esta situación, el enfoque inicial es analizar todos los factores que influyen para la creación del diseño de la bocatoma, con el fin de que mejore la captación del sistema de acueducto de la vereda Balsal, y el desarenador le dé una mejor calidad al agua para el consumo humano.



*Figura 7. Captación directa
Fuente. Propia*

4.2 Objetivos

4.2.1 Objetivo general

➤ Realizar una revisión detallada de diseños hidráulicos de una estructura (bocatoma), con la finalidad de sugerir un diseño adecuado para el sistema de captación y abastecimiento para la comunidad de la vereda Balsal del municipio de Villeta (Cundinamarca).

4.2.2 Objetivos específicos

- Proponer un diseño hídrico de bocatoma y desarenador para la vereda Balsal que cumpla con el abastecimiento y captación permanente.
- Analizar para la creación de los diseños factores como caudal de la fuente, ancho del caudal, estabilidad del suelo y topografía para la creación de los diseños.

4.3 Alcance

- Principalmente se espera aportar a la comunidad y satisfacer una necesidad diaria de quienes viven en la vereda.
- Diseños hidráulicos de la bocatoma y el desarenador.
- Durabilidad de la estructura de ingeniería basada en estudios y diseños.
- Que cumpla con los requisitos del diseño.

5. METODOLOGÍA

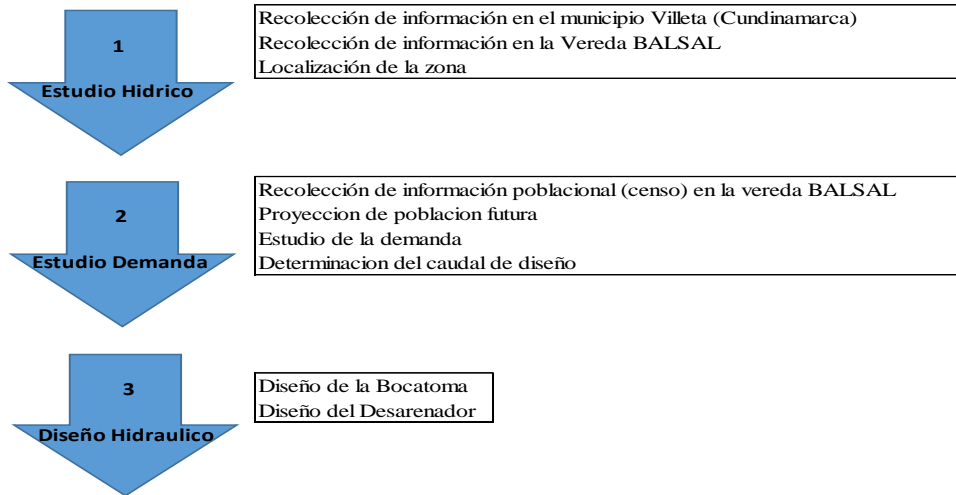


Figura 8. Metodología
Fuente. Propia

5.1 Tabla de Ecuaciones

POBLACION Y CAUDALES

N°	DESCRIPCION	ITEM	ECUACION	UNIDAD
1	Población Futura (método aritmético)	Pf	$Pf = Puc + \left(\frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} \right) (Tf - Tci)$ (Ingenieria,2019)	Personas
2	Tasa de crecimiento (Anual)	r	$r = \left(\frac{Puc}{Pci} \right)^{\frac{1}{Tuc - Tci}} - 1$ (Ortiz,2014)	Adimensional
3	Población Futura (método geométrico)	Pf	$Pf = Puc(1 + r)^{Tf - Tuc}$ (Ortiz,2014)	Personas
4	Población Futura (método logarítmico)	Pf	$Pf = Pci * e^{k*(Tf - Tci)}$ (Ospina,1981)	Personas

5	Tasa de crecimiento	k	$k = \frac{\ln P_{ci} - \ln P_{uc}}{T_{ci} - T_{uc}}$ (Ortiz,2014)	Adimensional
6	Dotación Bruta	D_{br}	$D_{br} = \frac{D_{neta}}{1 - \%Perdidas}$ (Lopez,2003)	L/H/D
7	Caudal medio diario	Q_{md}	$Q_{md} = \frac{D_{bruta} * Poblacion\ estimada}{86400}$ (Lopez,2003)	l/s
8	Caudal Máximo Diario	Q_{MD}	$Q_{MD} = Q_{md} * K1$ (Lopez,2003)	l/s
9	Caudal de Diseño	$Q_{diseño}$	$Q_{diseño} = Q_{MD} * 2$ (Lopez,2003)	l/s

Tabla 1. Ecuaciones para calcular población y caudales

Fuente: Propia

DISEÑO BOCATOMA

10	Altura hidráulica	H	$H = \left(\frac{Q_{rio}}{1.84 * L_{rio}} \right)^{2/3}$ (Lerma,2014)	m
11	Velocidad del rio	V_{rio}	$V_{rio} = \left(\frac{Q_{rio}}{L_{rio} * H} \right)$ (Lerma,2014)	m/s
12	Distancia del borde de la rejilla al punto donde cae el agua	X_{s1}	$X_{s1} = (0.36 * V_{rio}^2) + (0.6 * H^4)$ (Lerma,2014)	m
13	Área Neta	A_n	$A_n = \frac{Q_{diseño}}{K * V_b}$ (Lerma,2014)	m^2
14	Longitud de Rejilla	L_r	$L_r = \frac{A_n(a + b)}{a * B}$ (Lerma,2014)	m
15	Longitud del canal	L_c	$L_c = L_r + m$ (Lerma,2014)	m
16	Longitud muro (Final rejilla- inicio cámara)	m	$m = \frac{L_{rio}}{2} - \frac{L_r}{2}$ (Lerma,2014)	m

17	Nivel agua (Aguas abajo)	$hc=he$	$hc = \left(\frac{Q^2}{g * B^2}\right)^{1/3}$ (Lopez,2003)	m
18	Nivel agua (Aguas arriba)	h_o	$h_o = \left[(2 * hc^2) + \left(hc - \frac{i*Lc}{3}\right)^3\right]^{1/2} - \frac{2*i*Lc}{3}$ (Lopez,2003)	m
19	Altura muros de aducción	Ho	$Ho = ho + Blibre$ (Lopez,2003)	m
20	Altura muro aducción (aguas abajo)	He	$He = Ho + y$ (Lopez,2003)	m
21	Pendiente	i	$i = \frac{y}{Lc}$ (Lopez,2003)	
22	Radio Hidráulico	R	$R = \frac{Area\ mojada}{Perimetro\ mojado}$ (Lopez,2003)	m
23	Área mojada Perímetro mojado	Am, Pm	$Am = B * hc$ y $Pm = 2hc + B$ (Lopez,2003)	m^2, m
24		Vc	$Vc = \frac{1}{n} R^{2/3} * i^{1/2}$ (Lopez,2003)	m/s
25	Alcance filo superior Cámara de recolección	X_{s2}	$X_{s2} = 0.36Vc^{2/3} + 0.6he^{4/7}$ (Lopez,2003)	m
26	Longitud de la camara	$Lcamara$	$Lcamara = X_{s2} + 0.1m$ (Lopez,2003)	m
27	Caudal captado	$Q_{captado}$	$Q_{captado} = 0.3 * An\sqrt{2 * g * H}$ (Lerma,2014)	m^3/s
28	Caudal de excesos	Q_{exc}	$Q_{exc} = Q_{captado} - C_{diseño}$ (Lerma,2014)	m^3/s
29	Altura hídrica de excesos	$Hexc$	$Hexc = \left(\frac{Q_{exc}}{1.84 * Lcamara}\right)^{2/3}$ (Lerma,2014)	m
30	Velocidad flujo de excesos	$Vexc$	$Vexc = \frac{Q_{exc}}{Hexc * Lcamara}$ (Lerma,2014)	m/s
31	Distancia horizontal Caída del fluido	X_{s3}	$X_{s3} = 0.36(Vexc)^{\frac{2}{3}} + 0.6(Hexc)^{\frac{4}{7}}$ (Lerma,2014)	m

32	Diámetro Tubería de salida	D	$R = \left[1 - \frac{\text{sen}(\alpha)}{\alpha}\right] \frac{D}{4} \text{ ecu (32)}$ $A = [\alpha - \text{sen}(\alpha)] \frac{D^2}{8} \text{ ecu (33)}$ $Q_{\text{diseño}} = \left[A \frac{1}{n}\right] R^{2/3} S^{1/2} \text{ ecu (34)}$ $\alpha = \pi + 2 \alpha \text{ ecu (35)}$ $\text{sen}(\alpha) = \frac{0.3D}{0.5D} \text{ ecu (36)}$	m
33				
34				
35				
36				

Tabla 2. Ecuaciones para el cálculo de la Bocatoma

Fuente: Propia

DESARENADOR

37	Requisito		$\frac{L}{H} = \frac{Vh}{V_s}$	
38	Área superficial	A_s	$A_s = \frac{Q_{\text{diseño}}}{V_s}$ (Lopez,2003)	m^2
39	Velocidad de sedimentación	V_s	$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_a - \rho}{\mu}\right) d^2$ (Lopez,2003)	m/s
40	Tiempo de retención	T_o	$T_o = \frac{A_s * H}{3600 * Q_{\text{diseño}}}$ (Lopez,2003)	horas
41	Área de orificios	A_o	$A_o = \frac{Q_{\text{diseño}}}{V_o}$ (Lopez,2003)	m^2
42	Cantidad de orificios	n	$n = \frac{A_o}{a_o}$ (Lopez,2003)	U
43	Altura del agua (cámara de salida)	h	$h = \left(\frac{0.0038}{1.84 * 0.43m}\right)^{\frac{2}{3}}$ (Lopez,2003)	M

44	Velocidad del vertedero	Vv	$Vv = \frac{Q_{diseño}}{h * B}$ (Lopez,2003)	m/s
45	Distancia Caída del agua	$Xs2$	$Xs2 = 0.36Vv^{2/3} + 0.6h^{4/7}$ (Lopez,2003)	M
46	Diámetro Tubería de salida	D	$D = \sqrt{\frac{Q_{diseño} * 4}{V * pi}}$	M
47	Altura Canal de salida	hc	$hc = D + 0.1m + 0.1m$	M
48	Velocidad en l tubería	V	$V = \frac{Q_{dis} * 4}{D^2 * 3,1416}$	m/s

Tabla 3. Ecuaciones para el cálculo de la Desarenador

Fuente: Propia

5.2 Cálculo de la población estimada

Para estimar la población de la vereda Balsal Villeta Cundinamarca para el año 2045 se usaron 3 métodos diferentes: aritmético, geométrico y logarítmico.

5.2.1 Método aritmético

En principio el método aritmético de estimación de poblaciones se traduce con una línea recta en un plano cartesiano, el cual la pendiente de dicha recta interpreta la tasa de crecimiento. (Tutoriales al Día-Ingeniería Civil, 2019, pág. 2)

Se tiene la siguiente formula. (Tutoriales al Día-Ingeniería Civil, 2019, pág. 2)

$$Pf = Puc + \left(\frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci}\right)(Tf - Tci) \text{ ecua (1)}$$

- 1) Pf=población futura
- 2) Puc=población último censo
- 3) Pci=población censo inicial
- 4) Tuc=año último censo
- 5) Tci=año censo inicial

Para el diseño de la bocatoma en la vereda Balsal tenemos dos censos, el primero corresponde al año 2006 y el segundo al año 2021, como se ve en la tabla 4.

Censo Dane	Población (habitantes)
Año 2006	410
Año 2021	500

Tabla 4. Poblaciones estimadas del 2006 y 2021

Fuente (Encuestas información estratégica)

Remplazando en la ecuación 1:

$$Pf = 500 + \left(\frac{500 - 410}{2021 - 2006}\right)(2045 - 2006) = 734 \text{ habitantes}$$

La cantidad de habitantes es de 743 habitantes para el 2045 método aritmético.

5.2.2 Método geométrico

Este método principalmente considera la línea de crecimiento como una curva exponencial, para el cual la tasa de crecimiento es muy importante para el desarrollo de este. (Espinel Ortiz, 2014, pág. 34)

Se tienen las siguientes ecuaciones:

$$r = \left(\frac{Puc}{Pci}\right)^{\frac{1}{Tuc-Tci}} - 1 \text{ ecua (2)}$$

$$Pf = Puc(1 + r)^{Tf-Tuc} \text{ ecua (3)}$$

Remplazando en la ecuación 2 y 3 tenemos:

$$r = \left(\frac{500}{410}\right)^{\frac{1}{2021-2006}} - 1 = 0.013 \text{ tasa de crecimiento}$$

$$Pf = 500(1 + 0.013)^{2045-2021} = 681 \text{ habitantes}$$

La población para la vereda Balsal en el año 2045 mediante el método geométrico tendrá una población de 681 habitantes, con una tasa de crecimiento del 1,3%.

5.2.3 Método logarítmico

También el llamado método de Malthus es la solución de la ecuación diferencial (dp/dt) = Re de primer orden, donde dp/dt es la derivada de la población con respecto al tiempo y Re es el incremento poblacional. (Ospina Botero, 1981, pág. 81). La solución de esta ecuación diferencial es:

$$Pf = Pci * e^{k*(Tf-Tci)} \text{ ecu (4)}$$

$$\text{Donde } k = \frac{\ln Pci - \ln Puc}{Tci - Tuc} \text{ ecu (5)}$$

Remplazando en la ecuación 4 y 5 tenemos:

$$k = \frac{\ln 410 - \ln 500}{2006 - 2021} = 0.013 \text{ tasa de crecimiento}$$

$$Pf = 410 * e^{0.013*(2045-2006)} = 680 \text{ habitantes}$$

Con el método aritmético se estima para la vereda Balsal que en el año 2045 tendrá 734 habitantes, el cual será de uso para el cálculo de las dimensiones de la bocatoma, ya que fue el mayor de los 3 métodos empleados.

5.3 Cálculo del caudal de diseño

5.3.1 Cálculo de la dotación neta máxima

Se opta por saber de acuerdo con la normativa vigente (RAS) la dotación neta para la población de la vereda Balsal la cual está a una altitud de 900 msnm. En la tabla 5 se relaciona la dotación neta con la altitud (Anexo 5).

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

*Tabla 5. Dotación neta máxima por habitante día
Fuente: (Ministerio de desarrollo economico, 2017, pág. 32)*

La dotación neta máxima para la vereda Balsal es de 140 litros/habitantes *día.

5.3.2 Cálculo de la dotación bruta (Dbr)

Es la dotación “final” que tenemos que suministrar a la población teniendo en cuenta las pérdidas del sistema máximo 25%. (Lopez, 2003):

$$Dbr = \frac{Dneta}{1-\%Perdidas} \text{ ecu (6)}$$

Remplazando en la ecuación 6 tenemos:

$$Dbr = \frac{140}{1 - 0.25} = 187 \text{ l/hdia}$$

La dotación bruta es de 187 litros/habitante*día.

5.3.3 Cálculo del caudal medio diario (Qmd)

Es el promedio del caudal del consumo diario de una población en un año. (Lopez, 2003):

$$Qmd = \frac{Dbruta * Poblacion \text{ estimada}}{86400} \text{ ecu (7)}$$

Remplazando en la ecuación 7 tenemos:

$$Qmd = \frac{(187 * 734)}{86400} = 1.6 \text{ l/s}$$

El caudal medio diario para la población de la vereda Balsal para el año 2045 es de 1.6 litros/segundo.

5.3.4 Cálculo del caudal máximo diario (QMD)

Es el máximo caudal que requiere el consumo de la población estimada en un año. (Lopez, 2003). Según el ministerio de desarrollo económico (2017), propone unos valores de la constante K. Para poblaciones mayores a 12500 es 1.3 y para poblaciones menores a 12500 la constante es 1.2:

$$QMD = Qmd * K1 \text{ ecu (8)}$$

Remplazando en la ecuación 8 tenemos:

$$QMD = 1.6 \frac{\text{l}}{\text{s}} * 1.2 = 1.9 \text{ l/s}$$

Para la población de la vereda Balsal el caudal máximo diario es de 1.9 litros/segundo. En el cálculo del caudal del diseño no apoyamos en la norma RAS 2017 (Tabla 6), el cual nos dice el caudal de diseño para el tipo de captación. (Ministerio de desarrollo economico, 2017, pág. 34).

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 6. Caudales de diseño

Fuente: (Dominguez, s.f.)

Entonces según la tabla 6, el caudal de diseño para la población de la vereda Balsal y teniendo en cuenta el tipo de captación es 2 veces el caudal de máximo diario lo cual tenemos:

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{MD}} * 2 \text{ ecu(9)}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 3.8 \text{ litros/segundo} \text{ --- } 0.0038 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.4 Diseño y cálculo de la rejilla y canal de aducción

La fuente abastecedora es el nacedero de la finca los Zamora que tiene un caudal de 0.50 litros/segundo y el cauce del nacedero es de 0.45 metros (Hernandez A. E., 2017) anexo 3. Para el desarrollo del diseño de la base (ancho) del canal se tendrá que identificar y calcular las siguientes variables hidráulicas. (Lerma Arias, 2014):

- 1) Altura hidráulica(H) del río
- 2) Velocidad del río (Vr)

3) Distancia del borde de la rejilla al punto donde cae el agua (Xs1)

Para el cálculo de estas variables se usan estas ecuaciones:

$$H = \left(\frac{Q_{rio}}{1.84 * L_{rio}} \right)^{2/3} \text{ ecu (10)}$$

$$V_{rio} = \left(\frac{Q_{rio}}{L_{rio} * H} \right) \text{ ecu (11)}$$

$$X_{s1} = (0.36 * V_{rio}^{\frac{2}{3}}) + (0.6 * H^{\frac{4}{7}}) \text{ ecu (12)}$$

Remplazando en la ecuación 10 ,11 y 12 en el orden correcto tenemos:

$$H = \left(\frac{0.0038}{1.84 * 0,45} \right)^{2/3} = 0.028m$$

$$V_{rio} = \left(\frac{0.0038}{0.45 * 0.028} \right) = 0.30 \text{ m/s}$$

$$B = x_{s1} + 0.1m$$

Debe estar entre 0.3 a 3.0, si está por debajo debe realizarse diseño de contracciones:

$$X_{s1} = \left(0.36 * 0.30^{\frac{2}{3}} \right) + \left(0.6 * 0.028^{\frac{4}{7}} \right) = 0.24 \text{ m}$$

$$B = 0.24m + 0.1m = 0.34m$$

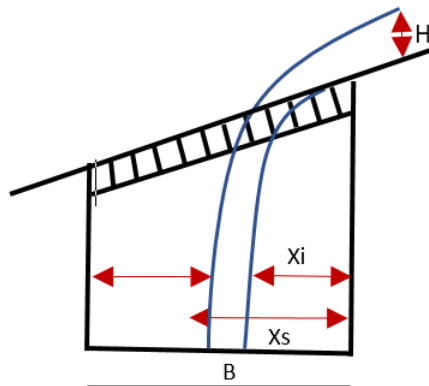
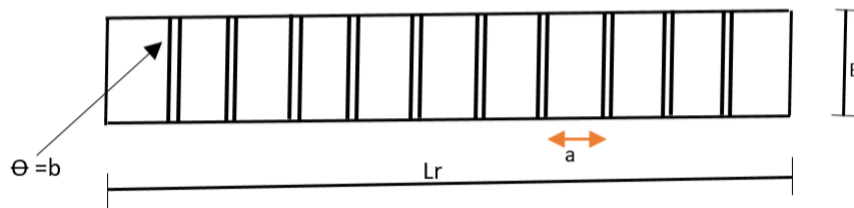


Figura 9. Base del canal
Fuente. Propia

En la figura 7 podemos ver una imagen esquemática de la base del canal. Teniendo ya las variables se calculó, la base del canal de aducción sumando solo 10 centímetros a la distancia $Xs1$. (Lerma Arias, 2014). La base del canal es 0.34 metros, para más comodidad de limpieza será de 40 centímetros.

5.5 Cálculo de la rejilla

Por temas de logística y limpieza la rejilla se ubicará en el centro de la bocatoma. En la figura 8 se muestra un dibujo esquemático con las partes de la rejilla. Para el diseño de la rejilla se tienen en cuenta las siguientes consideraciones.



*Figura 10. Partes de la rejilla.
Fuentes: Propia.*

- 1) Diámetro (b) de los barrotes es 9.5 milímetros (3/8")
- 2) Separación entre barrotes (a) es de 1 centímetros
- 3) La constante K es de 0.9 para flujo paralelo a la rejilla
- 4) Velocidad del flujo en la rejilla (V_b) es de 0.2 m/s

Se usan las siguientes ecuaciones para el diseño de la rejilla (Lerma Arias, 2014):

$$An = \frac{Q_{diseño}}{K \cdot V_b} \text{ ecu (13)}$$

$$Lr = \frac{An(a+b)}{a*B} \text{ ecu (14)}$$

Para calcular la longitud de la rejilla se haya el valor de área neta (An) usando la ecuación 13, para remplazarlo en la ecuación 14 y poder así despejar la longitud de la rejilla (Lr). (Lerma Arias, 2014). Remplazando y desarrollando la ecuación tenemos:

$$An = \frac{0.0038}{0.9 * 0.2} = 0.021m^2/s$$

$$Lr = \frac{An(a + b)}{a * B} = \frac{0.021(0.01 + 0.0095)}{0.01 * 0.40} = 0.10 \text{ m}$$

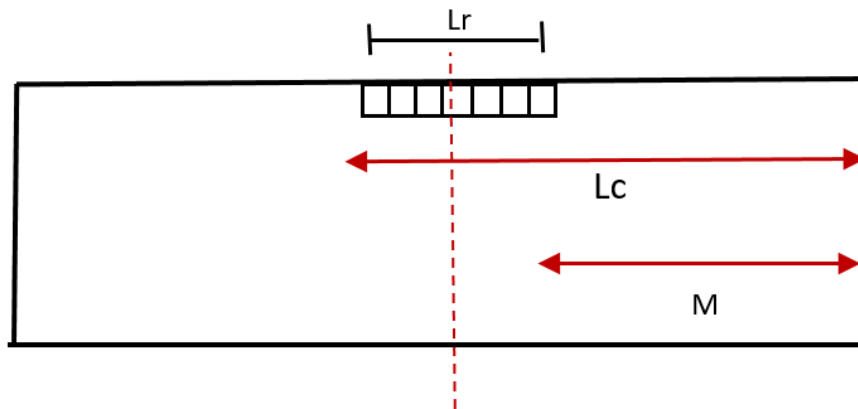


Figura 11. Longitud del canal Lc .
Fuente: Propia.

En la figura 9 se observa un dibujo esquemático que incluye la longitud de la rejilla y del canal. Teniendo en cuenta la longitud de la rejilla también sabremos la longitud del canal el cual se calcula de la siguiente manera:

$$Lc = Lr + m \text{ ecu (15)}$$

$$m = \frac{Lr_{rio}}{2} - \frac{Lr}{2} \text{ ecu (16)}$$

Remplazando y resolviendo tenemos:

$$m = \frac{0.45}{2} - \frac{0.10}{2} = 0.17 \text{ m}$$

$$Lc = 0.10\text{m} + 0.17\text{m} = 0.27 \text{ m}$$

5.6 Diseño y cálculo del canal de aducción

Para que la entrega a la cámara de recolección se haga en descarga libre, se debe cumplir que según Lopez (2003) h_e y h_c sean iguales. Siendo h_c igual a:

$$h_c = \left(\frac{Q^2}{g * B^2}\right)^{1/3} \text{ ecu (17)}$$

Para el diseño se tienen las siguientes consideraciones

- 1) Borde libre (Blibre) es igual a 20 cm
- 2) La pendiente del canal (i) es igual al 0.05%

Según Lopez (2003) se calcula la altura del canal de aducción mediante las siguientes ecuaciones:

$$h_o = \left[(2 * h_c^2) + \left(h_c - \frac{i * Lc}{3} \right)^3 \right]^{1/2} - \frac{2 * i * Lc}{3} \text{ ecu (18)}$$

h_o = Profundidad agua arriba (m)

h_e = Profundidad agua abajo (m)

h_c = Profundidad critica

i = Pendiente del canal

g = Gravedad (9.81)

Lc =longitud del canal—longitud rejilla +espesor muro

$$H_o = h_o + Blibre \text{ ecu (19)}$$

Remplazando en las ecuaciones 16, 17 y 18 tenemos que:

$$h_c = h_e = \left(\frac{0.0038^2}{9.81 * 0.40^2}\right)^{1/3} = 0.021 \text{ m}$$

$$h_o = \left[(2 * 0.021^2) + \left(0.021 - \frac{0.0005 * 0.27}{3} \right)^3 \right]^{1/2} - \frac{2 * 0.0005 * 0.27}{3} = 0.030 \text{ m}$$

$$H_o = 0.030 + 0.20 = 0.23 \text{ m}$$

En la figura 10 se muestra un dibujo esquemático del canal de aducción con su grado de inclinación.

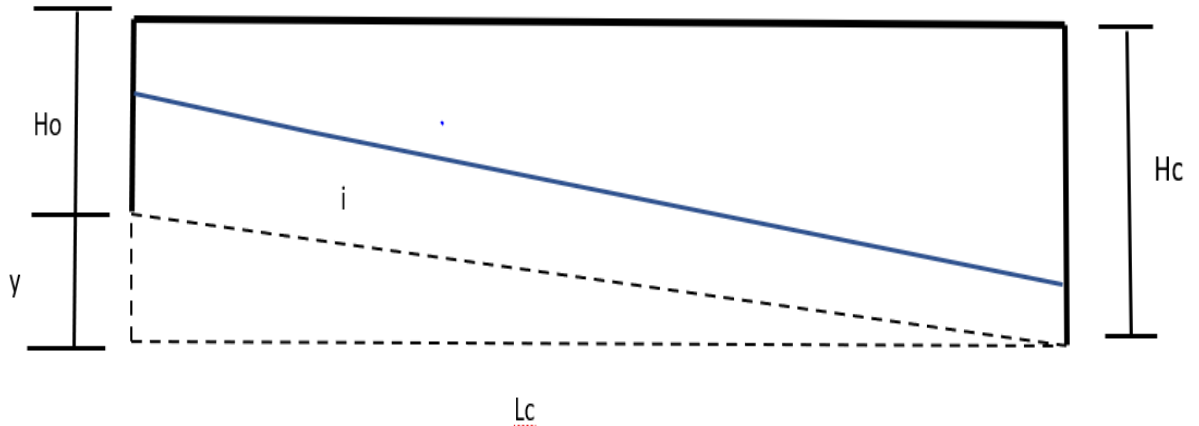


Figura 12. Grado de inclinación (i).

Fuente: Propia.

Para calcular la altura al final (H_e) del canal utilizamos la pendiente (i) con las siguientes ecuaciones:

$$H_e = H_o + y \text{ ecu (20)}$$

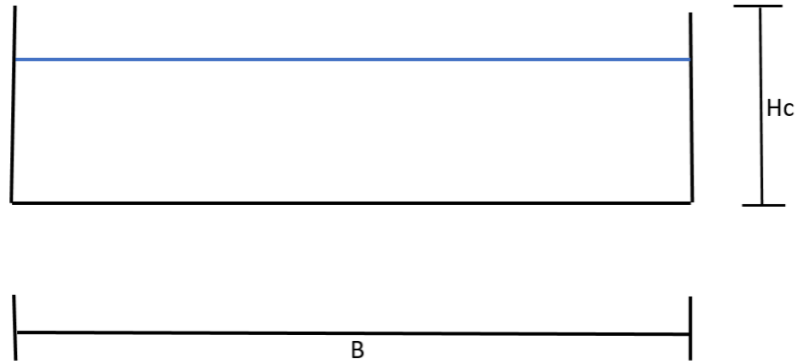
$$i = \frac{y}{L_c} \text{ ecu (21)}$$

Remplazando en las ecuaciones 20 y 19 tenemos:

$$y = i * L_c = 0.0005 * 0.27 \text{ m} = 0.000135 \text{ m}$$

$$H_e = 0.23 \text{ m} + 0.000135 \text{ m} = 0.230135 \text{ m}$$

5.7 Diseño de la cámara de derivación



*Figura 13. Longitud de la cámara derivación.
Fuente: Propia.*

La figura 11 es un dibujo esquemático que representa la longitud de la cámara de derivación. Para calcular la longitud de la cámara de derivación se tienen que calcular las siguientes variables hidráulicas, como el radio hidráulico el cual se calcula de la siguiente manera (Lopez, 2003):

$$R = \frac{\text{Area mojada}}{\text{Perimetro mojado}} \text{ ecu (22)}$$

$$Am = B * hc \quad y \quad Pm = 2hc + B \text{ ecu (23)}$$

$$Vc = \frac{1}{n} R^{2/3} * i^{1/2} \text{ ecu (24)}$$

$$n = 0.013$$

Remplazando en las ecuaciones 22, 23 y 24 tenemos:

$$Am = 0.40m * 0.021m = 0.0084 m^2 \quad y \quad Pm = 2 * 0.021m + 0.40m = 0.44 m$$

$$R = \frac{0.0084m^2}{0.44m} = 0.019 m$$

$$Vc = \frac{1}{0.013} 0.019^{2/3} * 0.0005^{1/2} = 0.122 m/s$$

Teniendo las variables hidráulicas del fluido podemos calcular la longitud de la cámara usando la siguiente formula (Lopez, 2003):

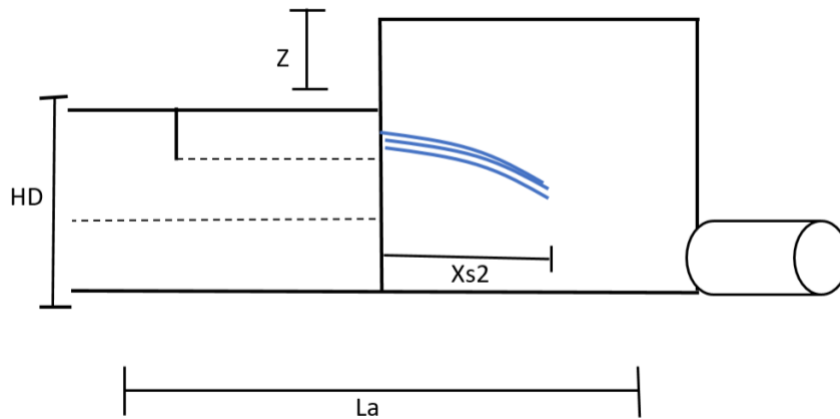
$$X_{s2} = 0.36Vc^{2/3} + 0.6he^{4/7} \text{ ecu (25)}$$

$$L_{camara} = X_{s2} + 0.1m \text{ ecu (26)}$$

Remplazando tenemos que:

$$X_{s2} = \left(0.36 * 0.122^{\frac{2}{3}}\right) + \left(0.6 * 0.021^{\frac{4}{7}}\right) = 0.15 \text{ m}$$

$$L_{camara} = 0.15 + 0.1m = 0.25m$$



*Figura 14. Longitud de la cámara (La)
Fuente: Propia.*

La figura 12 es un dibujo esquemático que muestra la longitud de la cámara (La). Para factibilidad en temas de logística y limpieza la longitud del cámara es de mínimo de 0.30 m la cual aremos uso.

5.7.1 Diseño de la cámara de excesos

El caudal de excesos se determina teniendo en cuenta que sobre la rejilla de la bocatoma pasará un caudal mayor que el caudal de diseño. (Lerma Arias, 2014). Usamos la siguiente ecuación:

$$Q_{captado} = 0.3 * An\sqrt{2 * g * H} \text{ ecu (27)}$$

$$Q_{captado} = 0.3 * 0.021 * \sqrt{2 * 9.81 * 0.028} = 0.0047 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal de excesos es la diferencia entre el caudal captado y el caudal de diseño:

$$Q_{exc} = Q_{captado} - C_{diseño} \text{ ecu (28)}$$

$$Q_{exc} = 0.0047 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - \frac{0.0038\text{m}^3}{\text{s}} = 0.0009 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para el cálculo del ancho de la recámara tenemos que calcular las siguientes variables:

- 1) Altura hidráulica de excesos (H_{exc})
- 2) Velocidad del flujo de excesos (V_{exc})
- 3) Distancia horizontal de caída del fluido (X_{s3})

Usamos las siguientes ecuaciones:

$$H_{exc} = \left(\frac{Q_{exc}}{1.84 * L_{camara}} \right)^{2/3} \text{ ecu (29)}$$

$$V_{exc} = \frac{Q_{exc}}{H_{exc} * L_{camara}} \text{ ecu (30)}$$

$$X_{s3} = 0.36(V_{exc})^{\frac{2}{3}} + 0.6(H_{exc})^{\frac{4}{7}} \text{ ecu (31)}$$

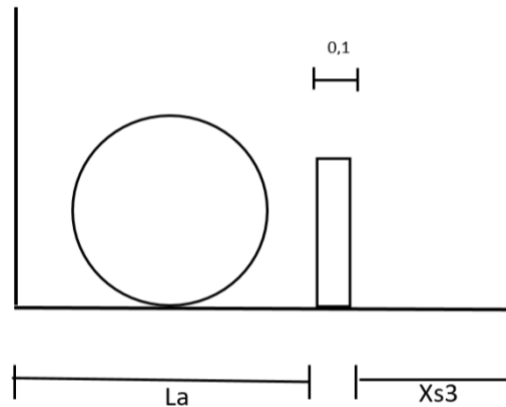
Remplazando y resolviendo tenemos:

$$H_{exc} = \left(\frac{0.0009}{1.84 * 0.30} \right)^{2/3} = 0.014\text{m}$$

$$V_{exc} = \frac{0.0009}{0.014 * 0.30} = 0.21\text{m/s}$$

$$X_{s3} = 0.36(0.21)^{\frac{2}{3}} + 0.6(0.014)^{\frac{4}{7}} = 0.179\text{m}$$

Para más factibilidad en obra la distancia horizontal de caída del flujo es de 0.18m y el ancho de la recámara es de $0.30\text{m}+0.18\text{m}+0.12\text{m}=0.6\text{m}$ teniendo en cuenta el ancho del muro de mampostería. En la figura 13 se muestra un dibujo esquemático de la recámara de excesos indicando dimensiones como su ancho.



*Figura 15. Ancho de la recámara de excesos.
Fuentes: Propia.*

5.8 Diseño de las tuberías de aducción

Para el diseño de la tubería de aducción se tiene que calcular algunas variables hidráulicas en canales abiertos. (Cedeño Jimenez, 2015), teniendo en cuenta que la tubería debe estar a una capacidad del 80%. Las variables hidráulicas son las siguientes:

- 1) Radio hidráulico
- 2) Área mojada
- 3) Caudal

De acuerdo con la topografía del lugar entre la bocatoma y el desarenador hay un pendiente promedio del tramo del 1%, y se usara una tubería de material de PVC el cual su coeficiente de rugosidad es de $n=0.009$:

$$R = \left[1 - \frac{\text{sen}(\alpha)}{\alpha}\right] \frac{D}{4} \text{ ecu (32)}$$

$$A = [\alpha - \text{sen}(\alpha)] \frac{D^2}{8} \text{ ecu (33)}$$

$$Q_{\text{diseño}} = \left[A \frac{1}{n}\right] R^{2/3} S^{1/2} \text{ ecu (34)}$$

$$\alpha = \pi + 2 \alpha \text{ ecu (35)}$$

$$\text{sen}(\alpha) = \frac{0.3D}{0.5D} \text{ ecu (36)}$$

Resolviendo la ecuación 36 y reemplazando en la ecuación 35 obtenemos el ángulo Theta, el cual nos sirve para sustituir en las ecuaciones 32 y 33, para poder despejar de la ecuación 34 el diámetro, por lo cual tenemos:

$$\text{sen}(\alpha) = \frac{0.3D}{0.5D} = \alpha = \text{sen}^{-1}(0.6) = 36.87$$

$$\alpha = \pi + 2(36.87) = 76.88$$

$$R = \left[1 - \frac{\text{sen}(76.88)}{76.88}\right] \frac{D}{4}$$

$$A = [76.88 - \text{sen}(76.88)] \frac{D^2}{8}$$

$$0.0038 = \left[\left([76.88 - \text{sen}(76.88)] \frac{D^2}{8} \right) \frac{1}{0.009} \right] \left(\left[1 - \frac{\text{sen}(76.88)}{76.88} \right] \frac{D}{4} \right)^{2/3} * 0.01^{1/2}$$

$$0.0000916 = D^{8/3} \text{ ecu (35)}$$

$$D = 0.031m$$

Según el tipo de tuberías nominales en el comercio, se encuentra una tubería de 11/4 pulgadas la cual cumple con el diámetro calculado siendo igual a 0.0387m, esto se observa en la Tabla 9.

5.9 Diseño del azud

Es conveniente aplicar la fórmula del W.E.S. (U.S. Army Engineers, Waterways Experiment Station) para el dimensionamiento preliminar. (Lerma Arias, 2014). La figura 13 muestra un esquema del azud según (U.S. Army Engineers, Waterways Experiment Station).

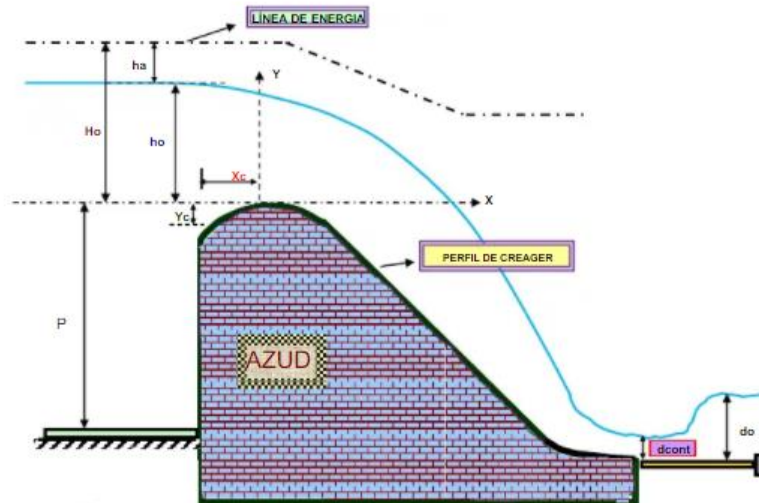


Figura 16. Esquema de azud
Fuente: (Edison, 2021)

6. DISEÑO DEL TANQUE DESARENADOR

Según los datos recolectados por medio de toma de muestras y procesos caseros antiguos, realizados por los fundadores del acueducto verdal del Balsal, se encontró que el agua tiene partículas de arena de diámetro más pequeño de $d=0.008$ cm, viscosidad del agua $\mu =$

$0.01\text{cm}^2/\text{s}$ y densidad del agua $\rho = 1\text{g}/\text{cm}^3$. Densidad de la arena $\rho_a = 2.95\text{g}/\text{cm}^3$ gravedad de la tierra igual a 9.81 m/s^2 , caudal de diseño del desarenador $Q_{\text{diseño}}=3.8\text{ l/s}=0.0038\text{m}^3/\text{s}$.

6.1 Criterios de diseño

En el desarrollo del diseño hidráulico del desarenador se tuvieron en cuenta los parámetros que exige el reglamento. (RAS, 2000)

Los cuales se muestran a continuación:

CRITERIOS DE DISEÑO
La profundidad del sedimentador será entre 1,5– 2,5 m
La relación de las dimensiones de largo y ancho (L/B) será entre los valores de 3 - 6
La relación de las dimensiones de largo y profundidad (L/H) será entre los valores de 5 - 20
El fondo de la unidad debe tener una pendiente entre 5 a 10% para facilitar el deslizamiento del sedimento
La velocidad en los orificios no debe ser mayor a $0,15\text{ m/s}$ para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación
La descarga de lodos se debe ubicar en el primer tercio de la unidad, pues el 80% del volumen de los lodos se deposita en esa zona
Se debe guardar la relación de las velocidades de flujo y las dimensiones de largo y altura. $L/H = v_h / v_s$
La ubicación de la pantalla difusora debe ser entre 0,7 a 1,00 m de distancia de la pared de entrada.
Los orificios más altos de la pared difusora deben estar a $1/5$ o $1/6$ de la altura (H) a partir de la superficie del agua y los más bajos entre $1/4$ ó $1/5$ de la altura (H) a

Tabla 7. Criterios de diseño para el Desarenador.

Fuente: (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005)

6.2 Dimensionamiento

Se debe cumplir que la relación de velocidades del flujo sea igual a la relación de longitud y altura tabla 7:

$$\frac{L}{H} = \frac{v_h}{v_s} \text{ ecu (37)}$$

Teniendo en cuenta el área superficial el cual se calcula de la siguiente manera:

$$A_s \frac{Q_{diseño}}{v_s} \text{ ecu (38)}$$

Teniendo en cuenta la tabla 8 del cálculo de velocidad de sedimentación, según el diámetro de las partículas de arena se usa la metodología de Stokes, remplazando en ella tenemos:

$$v_s \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_a - \rho}{\mu} \right) d^2 \text{ ecu (39)}$$

$$v_s \frac{1}{18} 9.81 \left(\frac{2.95 - 1}{1.02 * 10^{-2}} \right) 0.008^2 = 0.00667 \text{ m/s}$$

Material	θ Limite de las partículas (cm)	# de Reynolds	Vs (cm/s)	Régimen	Ley Aplicable
Grava	>1.0	>10 000	100	Turbulento	$v_s = 1.82 \sqrt{\frac{dg(\rho_s - \rho)}{\rho}}$ Newton
Arena Gruesa	0.1	1	10	Transición	$v_s = 0.22 \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g \right)^{2/3} \left[\frac{d}{(\mu/\rho)^{1/3}} \right]$ Allen
	0.08	600	8.3		
	0.05	180	6.4		
	0.05	27	5.3		
	0.04	17	4.2		
	0.03	10	3.2		
	0.02	4	2.1		
Arena Fina	0.015	2	1.5	Laminar	$v_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_s - \rho}{\mu} \right) d^2$ Stokes
	0.01	0.8	0.8		
	0.008	0.5	0.6		
	0.006	0.24	0.4		
	0.005	1	0.3		
	0.004	1	0.2		
	0.003	1	0.13		
0.002	1	0.06			
	0.001	1	0.015		

Tabla 8. Velocidades de sedimentación según el diámetro

Fuente: (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005)

Remplazando en la ecuación 38 podemos calcular el área superficial:

$$A_s = \frac{0.0038 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00667 \text{ m}/\text{s}} = 0.57 \text{ m}^2$$

Las figuras 15 y 16 son imágenes esquemáticas que representan las dimensiones del desarenador.

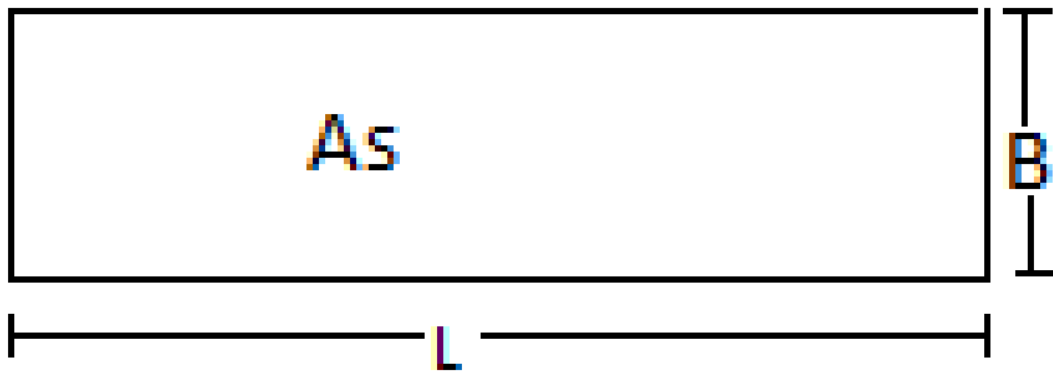


Figura 17. Ilustración del largo y la base del desarenador.

Fuente: Propia



Figura 18. Ilustración altura del desarenador.

Fuente: Propia

Según la norma del ministerio de desarrollo económico (2017), se tiene que cumplir los criterios de diseño (Tabla 7).

Realizando varios intentos tenemos que la longitud es de 1.31m, la base de 0.43m y una altura de 1.5m. Cumpliendo con los criterios de diseño. El tiempo de retención se calculará con la siguiente ecuación:

$$T_o \frac{As*H}{3600*Q_{diseño}} \text{ ecu (40)}$$

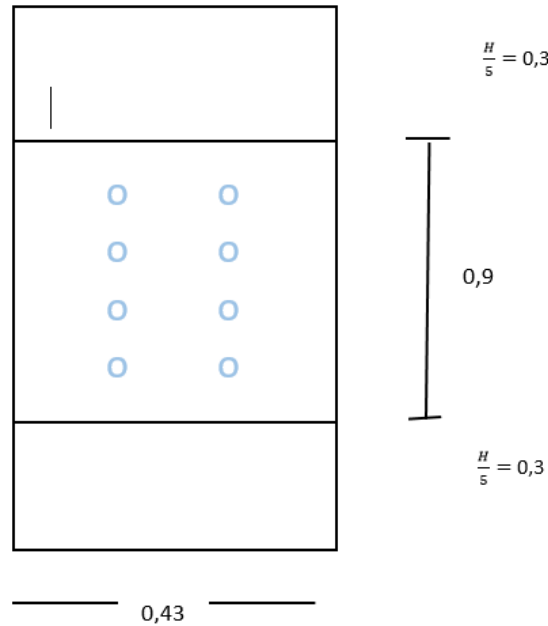
$$T_o \frac{0.57m^2 * 1.5m}{3600 * 0.0038m^3/s} = 0.0625Horas$$

El tiempo de retención de una partícula de agua es de 0.0625 horas.

6.3 Diseño de la pantalla deflectora

Criterios de diseño

Los orificios más altos de la pared difusora deben estar a 1/5 de la altura (H) a partir de la superficie del agua y los más bajos entre 1/5 de la altura (H) desde el fondo. La figura 17 muestra los parámetros de la pantalla deflectora.



*Figura 19. Parámetros pantalla deflectora.
Fuente: Propia*

Se calcula el área total de los orificios mediante la siguiente fórmula:

$$A_o = \frac{Q_{diseño}}{v_o} \text{ ecu (41)}$$

A_o = área total de orificios

v_o = velocidad en los orificios (m/s) no debe ser superior a 0.2m/s

Reemplazando en la ecuación 41 siendo la velocidad del orificio no mayor 0.2 m/s:

$$A_o = \frac{0.0038 \text{ m}^3/\text{s}}{0,2 \text{ m/s}} = 0.019 \text{ m}^2$$

De acuerdo con las tuberías nominales se usará una de 1 pulgada siendo un diámetro inferior de 0.03m cuya área es de 0.00070m² (WAVIN, 2020). La tabla 9 muestra el diámetro nominal de la tubería PVC.

Diámetro Nominal (pulg.)	RD	Diámetro Exterior		Diámetro Interior		Espesor de Pared		Presión a 23 °C		Peso Aprox. kg/m
		(pulg.) (O.D.)	(mm)	(pulg.) (I.D.)	(mm)	(pulg.) (T)	(mm)	(psi)	(kg/cm ²)	
1/2"	13.5	0.840	21.3	0.709	18.0	0.062	1.6	315	22.1	0.15
3/4"	21	1.050	26.7	0.923	23.4	0.060	1.5	200	14.0	0.15
1"	21	1.315	33.4	1.181	30.0	0.063	1.6	200	14.0	0.30
1 1/4"	26	1.660	42.2	1.524	38.7	0.064	1.6	160	11.2	0.30
1 1/2"	26	1.900	48.3	1.745	44.3	0.073	1.9	160	11.2	0.45
2"	26	2.375	60.3	2.182	55.4	0.091	2.3	160	11.2	0.59
2 1/2"	26	2.875	73.0	2.642	67.1	0.110	2.8	160	11.2	0.89
3"	26	3.500	88.9	3.214	81.6	0.135	3.4	160	11.2	1.34
4"	26	4.500	114.3	4.133	105.0	0.173	4.4	160	11.2	2.23
6"	26	6.625	168.3	6.084	154.5	0.255	6.5	160	11.2	5.06
Series 41										
2"	41	2.375	60.3	2.257	57.3	0.059	1.5	100	7.0	0.45
2 1/2"	41	2.875	73.0	2.733	69.4	0.071	1.8	100	7.0	0.64
3"	41	3.500	88.9	3.330	84.6	0.085	2.2	100	7.0	0.89
4"	41	4.500	114.3	4.280	108.7	0.110	2.8	100	7.0	1.49

Tabla 9. Diámetro nominal tubería PVC.

Fuente: (JMactualidades)

Para determinar la cantidad de orificios hay que calcularlos de la siguiente manera:

$$n = \frac{A_o}{a_o} \text{ecu (42)}$$

Ao=área total de orificios

ao=área de cada orificio

n= número de orificios

Remplazando en la ecuación 42 tenemos:

$$2 \text{ pulgadas orificios} = 55.4 \text{ mm} / 1000 = 0.0554 \text{ m} / 2 = 0.0277 \text{ r}$$

$$a_o = \pi(0.0277)^2 = 0.00241$$

$$n = \frac{0.019}{0.00241} = 7.8 = 8 \text{ orificios}$$

La figura 18 muestra número esquemático representando el número de orificios en la pantalla deflectora.

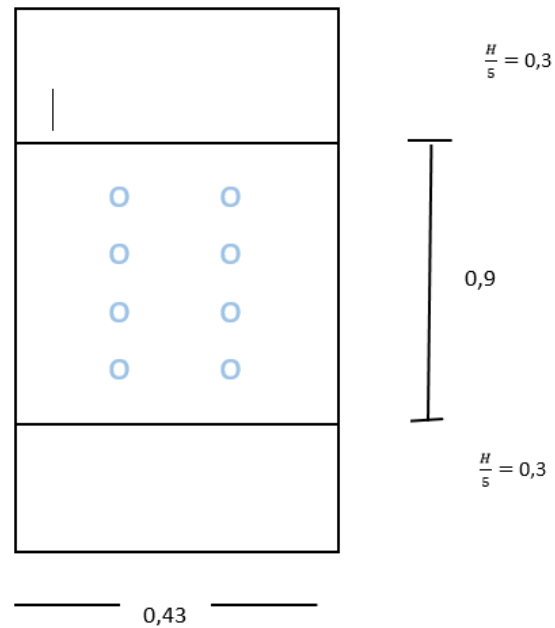


Figura 20. Número de orificios en la pantalla deflectora.
Fuente: Propia

6.4 Diseño del vertedero de salida

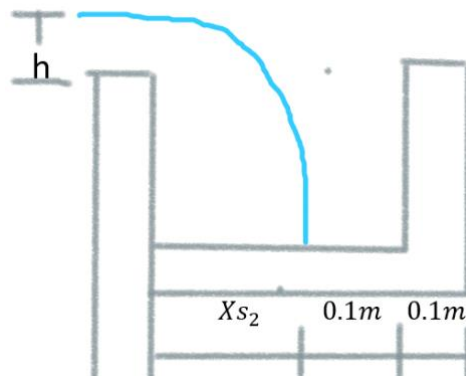


Figura 21. Diseño del canal
Fuente: Propia

La figura 19 representa el diseño del canal o vertedero de salida. Para el dimensionamiento del canal se tiene las siguientes fórmulas en su siguiente orden:

$$h = \left(\frac{Q_{\text{diseño}}}{1.84 * B} \right)^{2/3} \text{ ecu (43)}$$

$$Vv = \frac{Q_{\text{diseño}}}{h * B} \text{ ecu (44)}$$

$$Xs2 = 0.36Vv^{2/3} + 0.6h^{4/7} \text{ ecu (45)}$$

Remplazando tenemos:

$$h = \left(\frac{0.0038}{1.84 * 0.43m} \right)^{2/3} = 0.028m$$

$$Vv = \frac{0.0038}{0.028 * 0.43} = 0.3156m/s$$

$$Xs2 = 0.36 * 0.3156^{2/3} + 0.6 * 0.028^{4/7} = 0.244m$$

Lo cual la base del canal es de 0.344m=Bc. (Figura19)

La figura 20 muestra un diseño de la altura del canal.

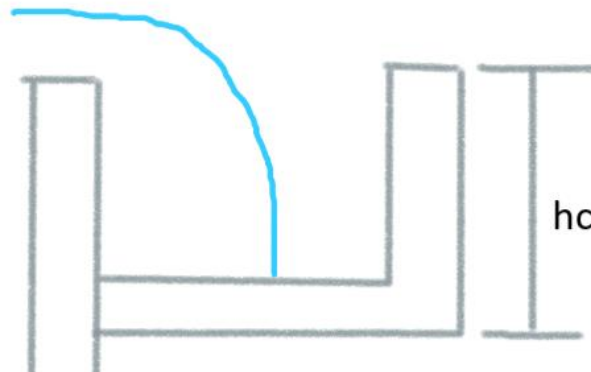


Figura 22. Diseño de la altura del canal
Fuente: Propia

Para determinar la altura h_c se tiene en cuenta el espesor del muro =10 cm y el diámetro de la tubería y sumar 10 cm (Lopez, 2003), se usan las siguientes ecuaciones. La velocidad en la tubería no puede ser superior a 2 m/s:

$$D = \sqrt{\frac{Q_{diseño} * 4}{V * \pi}} \text{ ecu (46)}$$

$$hc = D + 0.1m + 0.1m \text{ ecu (47)}$$

Remplazando:

$$D = \sqrt{\frac{(0.0038m^3/s) * 4}{\left(\frac{2m}{s}\right) * 3.1416}} = 0.049m$$

$$hc = 0.049 + 0.1m + 0.1m = 0.25m$$

Teniendo en cuenta los diámetros nominales comerciales, el diámetro por encima más cercano es 0.0554 m siendo la de 2 pulgadas, tabla 7. Despejando la velocidad de la ecuación 46, conocemos la velocidad en la tubería lo cual tenemos:

$$V = \frac{Q_{dis} * 4}{D^2 * 3,1416} \text{ ecu (48)}$$

$$V = \frac{0.23178 * 4}{0.38846^2 * 3,1416} = 1.956 \text{ m/s}$$

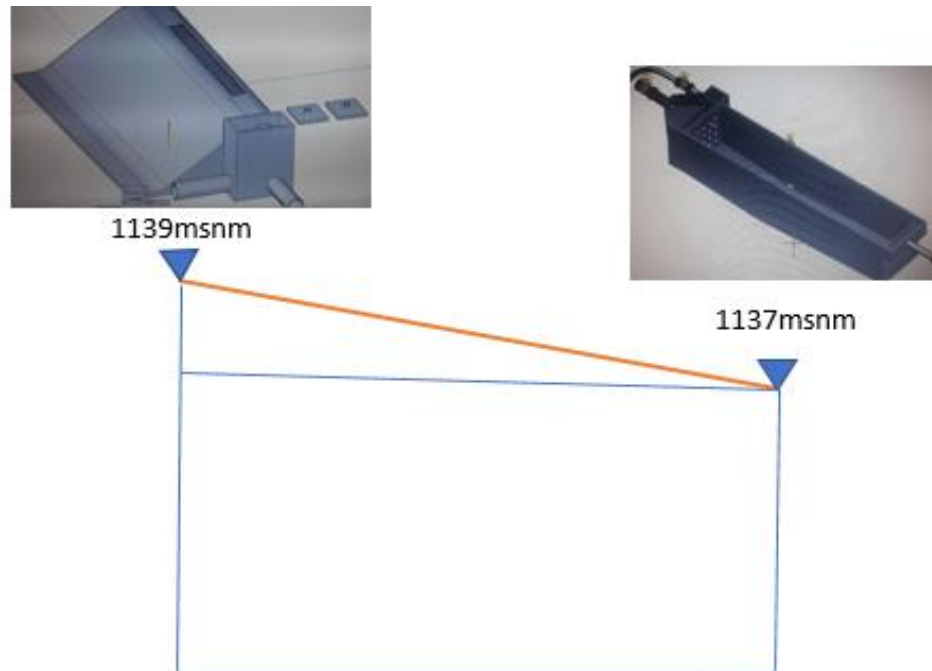
$$hc = 0.38846m + 0.1m + 0.1m = 0.5884m$$

7. COTAS DE DISEÑOS

La bocatoma se construirá a una altura de 1139 msnm y el desarenador a una altura de 1129msnm como se muestra en la figura siguiente, teniendo en cuenta la diferencia de cotas encontramos una pendiente de:

$$Pendiente = \frac{\text{Diferencia de alturas}}{\text{Distancia horizontal}} * 100$$

$$Pendiente = 10.05\%$$



*Figura 23. Diseño de la altura del canal
Fuente: Propia*

7.1 Análisis de resultados

7.1.1 Bocatoma

Durante la visita a la finca de la familia Zamora en la vereda Balsal en Villeta, donde se encuentra ubicado el nacedero, se evidencio que la captación del recurso se hace de una forma directa, la cual es inadecuada. Se observa la ausencia de bocatoma lateral y desarenador (Anexo 1). Teniendo en cuenta los parámetros obtenidos en la visita, se lleva a cabo la realización de un diseño hidráulico de una bocatoma lateral debido al terreno y cause, asegurando una buena

captación que satisfaga la demanda y disminuya el paso de agregados gruesos. En función de esto se realizó el diseño hidráulico con las siguientes especificaciones, que se muestran en la tabla 10.

DATOS BOCATOMA	
Habitantes verda Balsal para el año 2045	734 habitantes
dotación neta máxima verda Balsa	140 ltr/hab*día
Dotación bruta para verda Balsa	187 litros/habitante*día
Caudal medio diario	1.6l/s
Caudal máximo diario	1.9l/s
Cause o ancho del rio	0.45metros
Longitud de la rejilla	0.10 metros
Longitud del canal	0.27metros
Altura del canal al inicio	0.23 metros
Altura del canal al final	0.2301 metros
Altura del dique	0.60 metros
Ancho del canal	0.40 metros
Caudal de diseño	0.0038 m3/s
Caudal del rio	0.50 m3/s
Pendiente del canal	0.5%
Largo de la cámara de derivación	0.30 metros
Ancho de la cámara de derivación	0.58 metros
Altura de la cámara de derivación	0.80 metros
Pendiente de la rejilla	10%
Pendiente media del tramo	1%
Diámetro de la tubería de aducción	0.0387m

Tabla 10. Resultados de interés para el diseño de la bocatoma

Fuente: Propia

De acuerdo con los resultados obtenidos Tabla 10, se evidencia que el diseño planteado funciona, ya que el dimensionamiento de la rejilla sería capaz de captar el caudal de diseño para el abastecimiento de los habitantes del Balsal.

Con base a la recolección de información poblacional, se determinó una población futura de 734 habitantes para el 2045.

Mediante los datos recolectados de encuestas realizadas a los usuarios del acueducto, y a la información brindada por la gerencia del acueducto, se demostró que el caudal de 0.50m³/s que posee el nacedero, abastece sin ningún problema la dotación y cumple con el caudal de diseño (0.0038m³/s), siendo menor la cantidad de agua que se toma.

7.1.2 Desarenador

En la visita se probó la falta de un desarenador (Anexo 1). Debido a lo anterior se analizó y se proyectó el diseño hidráulico de un desarenador para así lograr que se realice una buena sedimentación de las partículas por gravedad. Teniendo en cuenta lo anterior las características de diseño son las siguientes (tabla 11):

DESCRIPCION	ITEM	RESULTADO	UNIDAD
Caudal de Diseño	Qdiseño	0.0038	m ³ /s
Area superficial	As	0,57	m ²
Longitud	L	1,31	m
Ancho	B	0,43	m
Altura	H	1,5	m
Longitud\Ancho	L/B	3,047	
Longitud\Altura	L/H	0,873	
velocidad horizontal	Vh	0,006	m/s
Velocidad de sedimentacion	Vs	0,007	m/s
velocidad horizontal\Velocidad de sedimentacion	Vh/Vs	0,873	

Tabla 11. Resultados de interés para el diseño del Desarenador

Fuente: Propia

➤ Analizando los resultados del diseño Tabla 11, se observa que el desarenador funciona debido a que cumple con cada uno de los parámetros requeridos para el diseño un desarenador (tabla 7).

8. CONCLUSIONES

De acuerdo con el trabajo realizado anteriormente, podemos concluir lo siguiente:

➤ Mediante el desarrollo de este análisis de información recolectada como opción de grado, permitió proponer una mejora al acueducto ubicado en la vereda el Balsal (Figura 1), por medio del desarrollo de diseños hidráulicos como bocatoma y desarenador que cumplen con los parámetros de diseño exigidos (Tabla 7), lo que permitirá una mejor captación y sedimentación del agua que se almacena y se distribuye para el consumo de la comunidad.

- De acuerdo con la topografía del acueducto y la ubicación de los tanques de almacenamiento, la ubicación planeada para el desarenador es la adecuada, ya que se encuentra a una altura inferior al nacedero, siendo así un acueducto por gravedad y disminuyendo costos de bombeo (Anexo 5).

- Mediante el desarrollo del caudal de diseño se demostró que el caudal del nacedero de la finca de la familia Zamora, tiene la capacidad de abastecer la demanda que requiere los habitantes de la vereda.

- Basados en la altura sobre el nivel del mar se determinó que la dotación neta será 140 L/habitante/día para la población de la vereda Balsal (Anexo 4), determinando que el caudal medio diario será de 1.6 L/s y el caudal de diseño de 0.0038 m³/s.

9. RECOMENDACIONES

9.1 Antes de realizar el diseño

- Tener en cuenta la población estimada a la hora de realizar los cálculos para lograr satisfacer la demanda de los habitantes de la vereda.

- Identificar el tipo de captación de acuerdo con el cauce que abastece el acueducto.

- Analizar si el transporte del recurso hídrico es por bombeo o por gravedad.

9.2 Después de haber construido el proyecto

- Proteger las estructuras con un cerramiento evitando el acceso de personal no autorizado y animales.

- Cubrir el desarenador para evitar que el agua se contamine como materia orgánica.

- Mantenimiento cada vez que sea necesario.

- Realizar estudios al agua para así hacer una proyección hacia la propuesta de un diseño de una planta de tratamiento de agua potable (PTAP), para garantizar una mejor entrega a los habitantes.

10. BIBLIOGRAFÍA

Acuña, F. J. (10 de 2017). *Análisis hidráulico de la bocatoma María Auxiliadora del Río Quiroz con modelo numérico*. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3245/ICI_244.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Agua, l. r. (22 de 04 de 2020). Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=n1PVsG-Dfbk>

Alacarta. (03 de 02 de 2021). *Ingeniería romana - Los acueductos*. Obtenido de <https://www.rtve.es/alacarta/videos/ingenieria-romana/acueductos/5781769/>

Alfaro Layza, E. L., & White Álvarez, M. P. (07 de 12 de 2017). *EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO VIRÚ POR EFECTOS DE AVENIDAS Y CAUDAL DOMINANTE, TRAMO PUENTE VIRÚ Y BOCATOMA MOCHÁN, PROVINCIA VIRÚ- DEPARTAMENTO LA LIBERTAD*. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Desktop/T_CIV_EDWIN.ALFARO_MARTIN.WHITE_MORFOLOGIA.CAUCE.RIO_DATOS.pdf

Borda, V. A., & Castillo, S. M. (2018). *“Evaluación estructural preliminar de la Bocatoma Chuschuco – Tacna*. Obtenido de http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/544/1/Debernardi_Borda_Flores_Castillo.pdf

Capa, R. L. (12 de 2017). *UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN*. Obtenido de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1984/Romulo_Tesis_licenciatura_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Carhuapoma Rodriguez, A. E. (marzo de 2019). *Universidad nacional de trujillo*. Obtenido de <http://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12354/Carhuapoma%20Rodr%c3%adguez%2c%20Anita%20Elizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cedeño Jimenez, E. A. (30 de octubre de 2015). *slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/EdgarAbdielCedeoJime/hidrulicacanales-abiertos>

Cesare, G. D., Ribeiro, J. M., Kantoush, S. A., & Federspiel, M. P. (07 de 04 de 2010). *River intake and desander efficiency testing on a physical model using UVP and LSPIV*. Obtenido de https://infoscience.epfl.ch/record/148516/files/2010-710-ISUD7_DeCesare_Ribeiro_Kantoush_Federspiel_River_intake_desander_efficiency_UVP_LSPIV.pdf

CRUZ, R. V. (2017). *VARIACIÓN TEMPORAL DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA BOCATOMA “LA ATARJEA”, RÍO RÍMAC (2009-2015)*. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2892/T01-F46-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Dominguez, C. (s.f.). *Diseño hidraulico de acueductos menores*. Obtenido de Google: <https://www.ibal.gov.co/sites/default/files/ibal/sites/default/files/images/stories/Dise%C3%B1o%20hidraulico%20de%20acueductos.pdf>

EAFIT, U. (3 de Jilio de 2015). *laboratorio suelos, concretos y pavimentos*. pág. 6. Obtenido de <http://www.eafit.edu.co/servicios/centrodelaboratorios/servicios/SiteAssets/Paginas/listado-servicios->

empresas/Descargar%20lista%20de%20precios%20laboratorio%20suelos,%20concretos%20y%20Opavimentos.pdf

Edison, D. (2021). *scribd*. Obtenido de Google:
<https://es.scribd.com/doc/186335069/disenio-azud>

EPM. (12 de diciembre de 2018). *Proteccion de talude*. Obtenido de
https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Aguas/NC_MN_OC08_06_Proteccion_de_taludes.pdf?ver=2018-03-08-132141-303

Espinel Ortiz, A. A. (2014). *proyeccion de una poblacion*. Bogota: UNIVERSIDAD MILITAR.

Felices, D. I. (08 de 2003). *LA BOCATOMA, ESTRUCTURA CLAVE*. Obtenido de
http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/La_bocatoma.PDF

Garcia, A. V. (2018). *“ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL ANÁLISIS DE TALUDES Y DISEÑO DE ESTABILIDAD DE CAUCE DE RIO SAPICANCHA HASTA LA BOCATOMA ANTASHUPA– MARCAPOMACocha – JUNÍN”*. Obtenido de
<http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/3277/253T20180063.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Geographic, N. (12 de 10 de 2020). *el acueducto, la obra maestra de la ingeniería romana*. Obtenido de https://historia.nationalgeographic.com.es/a/acueductos_8592

Gobernación, C. (2 de Octubre de 2018). *cundinamarca.gov*. Obtenido de
<http://www.cundinamarca.gov.co/>

Google. (01 de julio de 2015). Obtenido de mexico documents:
<https://vdocuments.mx/calculo-de-la-velocidad-de-sedimentacion-de-particulas.html>

Google. (2019). *Google Earth*. Obtenido de
<https://earth.google.com/web/@5.00650918,-74.46476152,854.37647132a,160.00292989d,35y,351.76601504h,0t,0r>

GUTIERREZ, J. A. (abril de 2016). Alcaldia de villeta. pág. 220. Obtenido de
<http://www.villeta-cundinamarca.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionYControl/plan%20de%20desarrollo%20municipal%202016%20-%202019.pdf>

Hernandez, A. E. (13 de febrero de 2017). Encuesta acueductos veredales. *Sistema integrado de gestion*. Villeta, Cundinamarca, Colombia.

Hernandez, i. M. (diciembre de 2013). Levantamiento topografico. *Acueducto veredal*. villeta, cundinamarca, colombia.

Hernandez, i. M. (Diciembre de 2013). Levantamiento topografico. *Acueducto veredal*. villeta, cundinamarca, colombia.

JÁUREGUI, B. G. (2019). *“DISEÑO HIDRAULICO DE UNA BOCATOMA EN EL RÍO MAYOBAMBA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE IRRIGACION CCECCA, ISHUA Y HUAYCAHUACHO”*. Obtenido de

<http://190.119.243.88/bitstream/handle/UNALM/3901/jauregui-jauregui-bruno-gabriel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

JMactualidades. (s.f.). Obtenido de google: <https://jmactualidades.com/>

Lerma Arias, D. (2014). Diseño bocATOMA ,presentaciones de clase. *Diseño bocATOMA*. Pereira: Universidad Libre Seccional Pereira.

López Dimaté, N. M., & Tique Yara, M. A. (2019). *Propuesta de estandarización de diseños de bocATOMAs para comunidades rurales de escasos recursos en el área de jurisdicción de La CAR Cundinamarca*. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1141/?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fing_ambiental_sanitaria%2F1141&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages

Lopez, R. A. (2003). *ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS*. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Manrique, D. F. (2019). *MEJORAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO DE LA BOCATOMA ZAPATERO EN LA LOCALIDAD DE CASCAJAL, DISTRITO DE OLMOS, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE*". Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4392>

Ministerio de desarrollo economico. (2017). *Reglamento Tecnico de agua potable y saneamiento*. Bogota.

Miranda, H. Z., Tejada, J. C., Hurtado, J. F., & Pinedo, K. C. (s.f.). *DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA BOCATOMA*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Javier-Cornejo-2/publication/260479539_DISENO_HIDRAULICO_DE_UNA_BOCATOMA/links/00b7d531630261cd43000000/DISENO-HIDRAULICO-DE-UNA-BOCATOMA.pdf

Mirengi, G. R. (14 de 06 de 2018). *UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO*. Obtenido de http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1302/1/TL_NassiMirengiGiorgio.pdf.pdf

Nacion, L. (4 de 01 de 2014). *La nacion* . Obtenido de <https://www.nacion.com/opinion/foros/los-acueductos-en-la-historia/VCP24WTPKJFUHAQKXHH4XZ43PY/story/#:~:text=El%20primer%20acueducto%20se%20denomin%C3%B3,en%20N%C3%ADnive%2C%20capital%20de%20Asiria.&text=El%20poderoso%20Imperio%20Romano%20desarroll%C3%B3>,

Ospina Botero, D. (1981). MODELOS MATEMÁTICOS ELEMENTALES. *revista colombiana de estadística* , 81.

Pereda Medina, C. S. (2016). *ANÁLISIS FUNCIONAL Y ECONÓMICO DE LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LA QUEBRADA MAKU MEDIANTE UNA BOCATOMA DE BARRAJE MIXTO Y BOCATOMA TIPO TIROLESA EN EL DISTRITO DE PIRA - HUARAZ*. Obtenido de http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/3599/1/REP_ING.CIVIL_C%c3%89SAR.PEREDA_GIANCARLO.QUINTANA_AN%c3%81LISIS.FUNCIONAL.ECON%c3%93MICO.CAPTACI%c3%93N.AGUA.QUEBRADA.MAKU.MEDIANTE.BOCATOMA.BARRAJE.MIXTO.BOCATOMA.TIPO.TIROLESA.DISTRITO.PIRA.H

Pérez, W. C. (2015). *SIMULACIÓN EN REDES DE RIEGO POR LOS MODELOS DE CLÉMENT EN LA COMUNIDAD DE CHALLHUAPUQUIO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, PROVINCIA DE LA MAR- AV ACUCHO-2013*. Obtenido de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1211/Tesis%20IAG_Tor.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rebolledo, J. F. (01 de 2019). *OPTIMIZACIÓN DE LA DISIPACIÓN DE ENERGÍA CON EL USO DEL MODELO FÍSICO DE LA BOCATOMA MIRAFLORES*. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3905/ICI_269.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sahuinco, P., & TERESA, R. (2015). *DISEÑO HIDRÁULICO DE BOCATOMA*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53873450/ponce_srt.pdf?1500243903=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DFACULTAD_DE_INGENIERIA_Y_ARQUITECTURA_ES.pdf&Expires=1615322922&Signature=WLd8Om5dJD-IlfWATZHhpaU22Q2WPT74zOfMJ6dNRlCQb0L6DvizSKmoOI

Salas, O. V. (29 de Septiembre de 2011). Ensayos triaxiales para suelos. pág. 11. Obtenido de <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/13369/8391-11758-1-SM.pdf?sequence=1>

Sibate, g. p. (2020). *sibate cundinamarca*. sibate: alcaldia de sibate .

Silva, D. F., & GÓNGORA, E. A. (2019). *DIAGNÓSTICO DEL ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE VIOTÁ DESDE LAS*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23939/1/Proyecto%20diagnostico%20Acueducto%20Viot%3%a1.%20FINALIZADO.pdf>

Tutiempo. (2 de agosto de 2012). *tierra.tutiempo.net*. Obtenido de [tierra.tutiempo.net: https://tierra.tutiempo.net/colombia/rio-muna-co046834.html](http://tierra.tutiempo.net/colombia/rio-muna-co046834.html)

Tutoriales al Día-Ingeniería Civil. (2019). dos metodos para estimacion de poblaciones futuras. *tutoriales al dia*, 2.

Valdiviezo, F. P. (2011). *Estudio hidrológico para determinar el caudal de diseño de la Bocatoma del*. Obtenido de <http://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3848/CIVIL%20-%20Frank%20P%3%a9rez%20Valdiviezo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vilca, S. E. (2018). *Evaluación y comparación de seis modelos de simulación de caudales y su validación en las bocatomas Apacheta, Choccoro y Chicllarazo de la Irrigación Cachi - Ayacucho - 2016*. Obtenido de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2864>

Wavin, P. (2020). *Manual técnico tubosistemas*. Bogota: PAVCO WAVIN.

Wikipedia. (31 de 08 de 2019). *Wikipedia* . Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Bocatoma>

11. ANEXOS

Anexo 1: Ubicación toma directa del nacedero



*Figura 24. Finca familia Zamora
Fuente. Propia*



*Figura 25. Sector captación
Fuente. Propia*



*Figura 26. Captación directa
Fuente. Propia*



*Figura 27. Nacedero
Fuente. Propia*



*Figura 28. Cubrimiento
Fuente. Propia*



*Figura 29. Transporte al sector
Fuente. Propia*

Anexo 2: Tanques de almacenamiento




*Figura 30. Tubo de llegada a los tanques de almacenamiento.
Fuente: Propia*



*Figura 31. Tanques de almacenamiento.
Fuente: propia.*

Anexo 3: Caudal del nacedero finca de la familia Zamora.

	EMPRESAS PÚBLICAS DE CUNDINAMARCA SA E.S.P. SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN ENCUESTA ACUEDUCTOS VEREDALES	Código:
		EPC-SIGC-PT-323
		Versión: 0
		Fecha: 27/12/2016

CONCESIÓN DE AGUAS

Existe concesión* SI NO

Resolución 3053 Fecha de vencimiento Marzo 11 de 2018

Caudal en litros por segundo 0.50 L/seg.

PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA. LEY 373/97- PUEAA

SI NO

Resolución _____ Fecha de vencimiento de la Resolución _____

SISTEMA DE MACROMEDICIÓN

Tiene macromedición SI NO

Número de macromedidores instalados _____

Número de macromedidores funcionando _____

SISTEMA DE MICROMEDICIÓN

Tiene Micromedición SI NO

Número de micromedidores instalados 83

Número de micromedidores funcionando 79

FUENTE DE ABASTECIMIENTO

Nombre NACEDEROS: Nestor Hernandez y Fila Zamora

Page 4 of 8


pda  Avenida Calle 22 No 51 - La Piedad Bogotá Colombia
Teléfono: 7955480
www.epc.com.co

Figura 32. Caudal del nacedero
Fuente: (Diaz, 2017)

Anexo 4: Listado de subscriptores.

LISTADO DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO VEREDA EL BALSAL . MUNICIPIO DE VILLETA.
SEGÚN PLANO.

ORDEN	LISTADO USUARIOS
10	NESTOR HERNANDEZ
43	ALIRIO ALZATE
42	ARMANDO HERNANDEZ
21	LILIA MAHECHA
55	TIBISAY OLARTE
58	ARNULFO HERNANDEZ
61	LUIS ALFONSO VERGARA
63'	JULIA RODRIGUEZ
62	ROBERTO CASTRO
65	JORGE ROJAS
67	MARCOLINO ROJAS
67'	HORACIO CALDERON(sin instalar).
70	PADRE DIEGO
76	LUIS RAMIREZ
78	DIANA LAVERDE
81	DANIEL LAVERDE
83	BERNARDO PULIDO
85	ALEXIS BERMUDEZ
87	ROSENDO MARTIN
89	LUIS ORDOÑEZ
91	ESPERANZA SANCHEZ DE G.
93	OMAIRA GARCIA
95	LUZ PEREZ
97	FRANCY BOHORQUEZ
99	JOSE DEL CARMEN BRANDT
101	EMMA OLARTE
103	BENJAMIN ROJAS
108	LUIS FERNANDO VELASQUEZ
109	MARIELA VELASQUEZ
112	ESCUELA
114	HERMINIA OLARTE
119	GABRIEL HERNANDEZ
122	NOHEMY VANEGAS
124	HERIBERTO FIERRO
126	JESUS VARGAS
127	INES ROJAS
129	LEONEL PUENTES
131	GLADYS BOHORQUEZ
133	HENRY SEGURA ALVAREZ
134	MISAEAL CAMARGO
136	MIGUEL ESCUCHA
137	MIGUEL ANTONIO ESCUCHA

*Figura 33. Subscriptores vereda Balsal
Fuente: (Hernandez, 2013).*

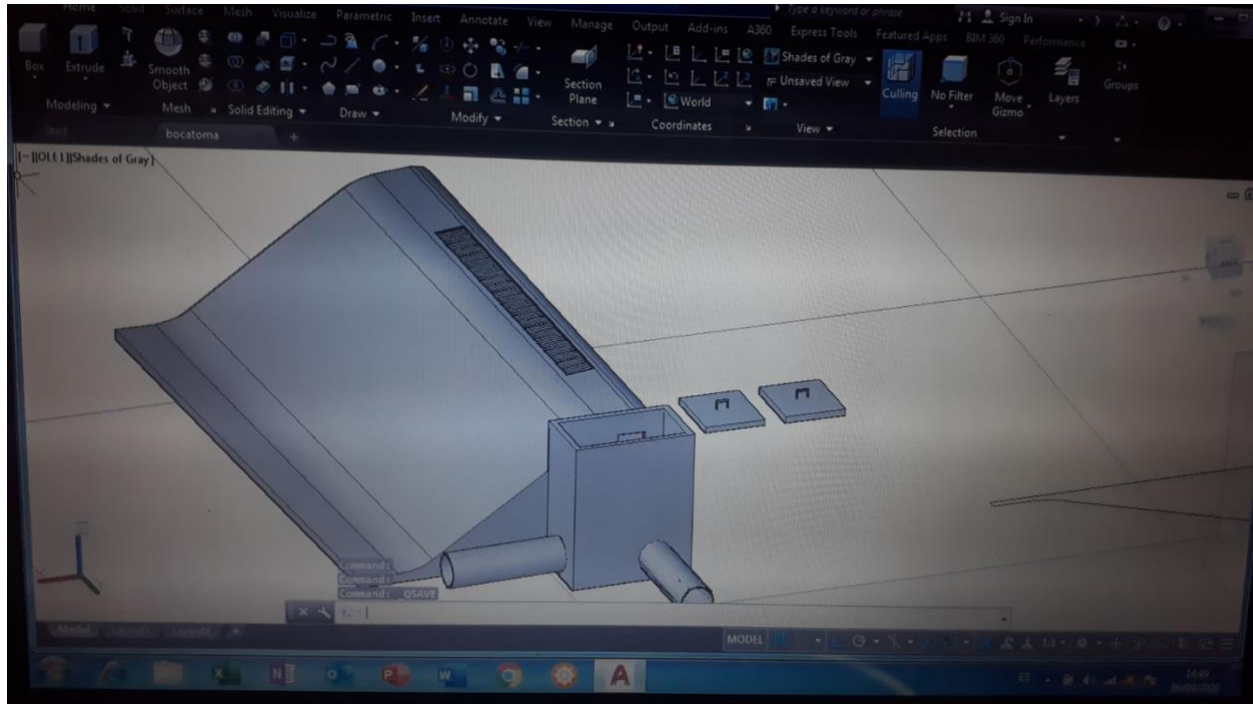
Anexo 5: Topografía

ACUEDUCTO - VEREDA "EL BALSAL"
MUNICIPIO VILLETA
SECTOR TANQUE SEÑORA LUZ - ARNULFO - PADRE DIEGO - TIBISAY
TERCER DIA

WP	DESCRIPCION	H	LATITUD (N)	LONGITUD (OESTE) W
85	Domicilio Alexis Bermudez	967	555.953,27	8.275.515,38
84	P. Arranque Alexis Bermudez	962	555.977,96	8.275.533,90
83	Domicilio Bernardo pulido	942	556.089,09	8.275.530,82
82	P. Arranque Bernardo Pulido	944	556.061,31	8.275.456,73
81	Domicilio Iel Laverde	960	556.095,27	8.275.373,38
80	P. Arranque Daniel Laverde	958	556.119,96	8.275.391,90
79	P. intermedio borde via (curva)	953	556.126,14	8.275.317,81
78	Domicilio Diana Laverde	956	556.206,40	8.275.249,90
77	Arranque Diana Laverde	955	556.206,40	8.275.252,99
76	Domicilio Luis Ramirez	949	556.240,36	8.275.265,33
75	P. Arranque Luis Ramirez	951	556.224,92	8.275.246,81
74	Punto cruce quebrada viaducto pequeño L=6m	943	556.258,88	8.275.191,25
73	P. Intermedio hacia Peñuela 1"	957	556.360,75	8.275.144,94
72	Bifurcación Peñuela 1"- Escuela 1 1/2"	958	556.366,92	8.275.144,94
71	Ramal principal que viene tanque señora Luz punto intermedio Os 1 1/2" y 1" Peñuela.	961	556.351,49	8.275.104,81
70	Usuario Padre Diego	897	556.765,15	8.274.647,93
69	Fin viaducto	873	556.728,10	8.274.743,63
68	Comienzo viaducto (quebrada)	870	556.697,23	8.274.820,81
67	Domicilio Marcolino Rojas	874	556.687,97	8.274.888,72
66	ANULADO			
65	Domicilio Jorge Rojas	882	556.644,75	8.274.968,98
64	Bifurcación Marcolino y Jorge Rojas	898	556.564,49	8.274.935,03
63	Bifurcación hacia Padre Diego	938	556.493,49	8.274.897,98
62	Salte a domicilio a Roberto Castro	954	556.481,14	8.274.919,59
61	Domicilio Luis Alfonso Vergara	950	556.431,75	8.274.999,85
60	Punto Bifurcación	956	556.453,36	8.274.944,29
59	Punto borde via hacia señora Julia	961	556.397,79	8.274.968,98
58	Domicilio Arnulfo Hernandez	869	556.320,62	8.274.857,85
57	Hondonada hacia Arnulfo Hernandez	971	556.295,92	8.274.956,63
56	Tubería viene tanque señora Luz hacia Arnulfo Hernandez y Marcolino Rojas	984	556.314,44	8.275.015,29

Figura 34. Topografía
Fuente: (Hernandez, 2013).

Anexo 6: Diseños



*Figura 35. Diseño Bocatoma
Fuente: Propia*



Figura 36. Diseño Desarenador

Fuente: Propia

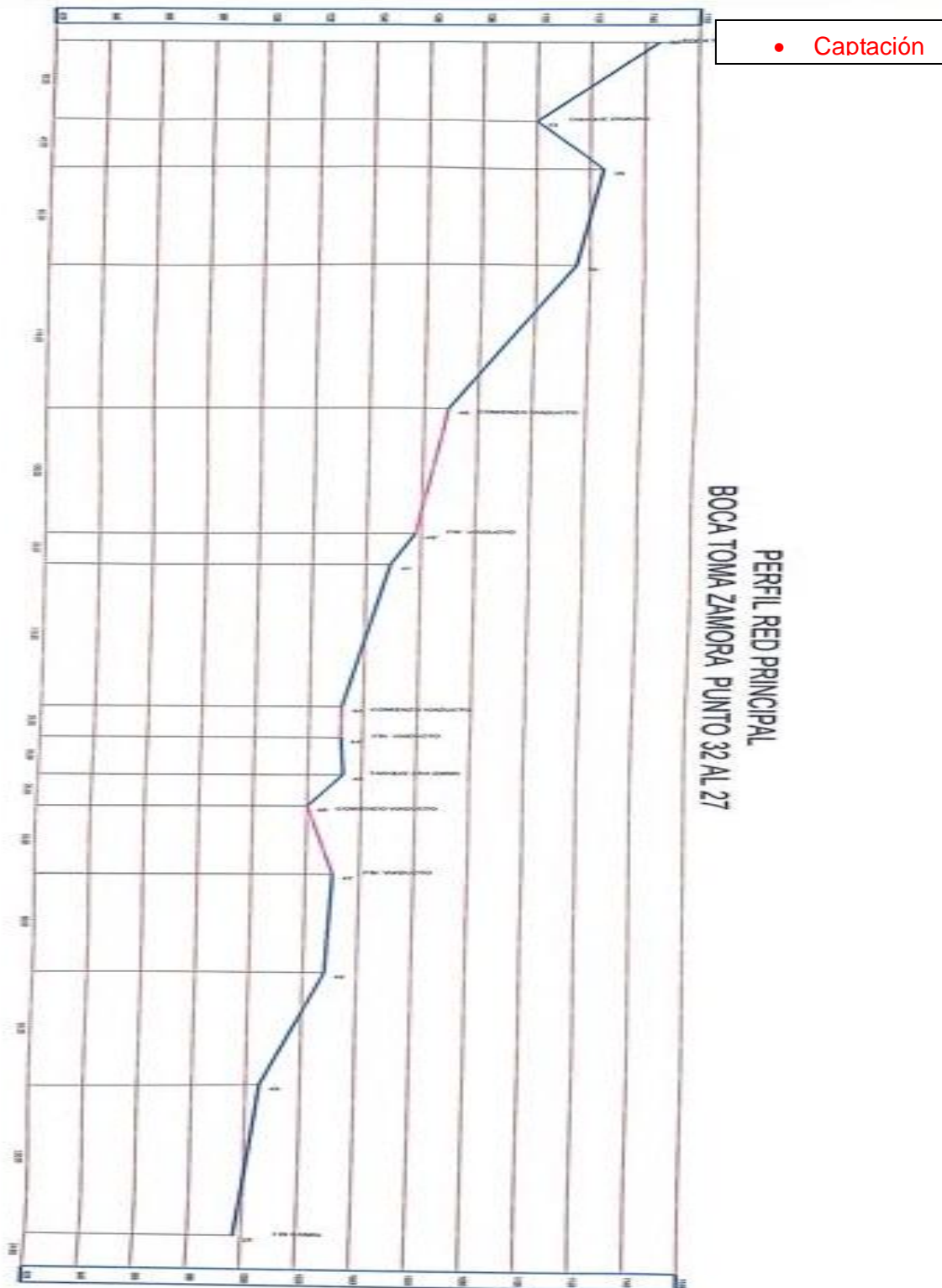


Figura 37. Perfil red principal

Fuente: (Hernandez M. , 2013)