

Análisis hidrológico de la cuenca del río Calandaima y modelamiento hidráulico para el sistema de suministro de agua para la vereda San Antonio en Apulo Cundinamarca

Hydrological analysis of the Calandaima river basin and hydraulic modeling for the water supply system for San Antonio farmers in Apulo Cundinamarca.

Forero Buitrago Gonzalo Alberto

Resumen

El presente artículo, es el resultado del análisis de la cuenca del río Calandaima, ubicado en Cundinamarca, realizado con la finalidad de evaluar la viabilidad hidrológica del río Calandaima, para realizar una derivación adicional de 2 litros/segundo a una captación de agua ya existente de 8 litros/segundo. El presente informe, evalúa la captación total desde el río, teniendo en cuenta sus caudales, según los datos históricos de las estaciones meteorológicas existentes de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

La captación de agua del río, tiene como fin último, abastecer a 340 habitantes, que no tienen acceso al recurso.

A dicho caudal derivado del río, se le realizará un tratamiento, para que cumpla con los parámetros fisicoquímicos establecidos por la norma al llegar al punto de abastecimiento final de

Abstract

This article is the result of an analysis of the Calandaima river basin, located in Cundinamarca, carried out with the purpose of evaluating the hydrological viability of the Calandaima river, in order to take an additional derivation of water of 2 liters/second, added to an already existing water line of 8 liters/second. This article evaluates the total catchment from the river, taking into account its flows, according to historical data from the existing meteorological stations of the Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

The ultimate aim of the river's water catchment system is to supply 340 farmers who do not have access to the resource.

This flow derived from the river will be treated so that it complies with the physicochemical parameters established by

Recibido / Received: Noviembre 12 de 2017 Aprobado / Approved: Diciembre 18 de 2017

Tipo de artículo / Type of paper: Investigación Científica y Tecnológica terminada.

Afiliación Institucional de los autores / Institutional Affiliation of authors: Servicio Nacional de Aprendizaje, Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera

Autor para comunicaciones / Author communications: greenflowconsulting@aol.com

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

la población a ser beneficiada, estudio que no se presenta en el presente artículo.

Dentro del presente artículo, se utiliza software especializado, para realizar la evaluación de los datos de la cuenca, datos que se presentan de manera gráfica para hacer más fácil su análisis y presentar mejor los resultados obtenidos.

Se estudian, por tanto, las variables hidrológicas para verificar la disponibilidad de agua en la cuenca, según su geomorfología. Además de esto, se realiza una modelación hidráulica con el software “Pipe Flow Expert”, donde se selecciona el sistema de bombeo y el diámetro de las tuberías, para alcanzar la altura y presión necesaria para llegar a los 2 tanques de suministro elevados, que se tienen contemplados para el abastecimiento de la población rural de San Antonio.

Palabras Clave: Pipe Flow Expert, suministro de agua, simulación hidrológica, simulación hidráulica, Saga Gis, Qgis.

the standard when it reaches the final supply point of the population to be benefited, this study is not presented in this article.

Within the present article, specialized software is used to evaluate the data of the basin, data that are presented in a graphical way to make it easier to analyze and to show the results obtained.

Therefore, the hydrological variables are studied to verify the availability of water in the basin, according to its geomorphology.

In addition, a hydraulic modeling is carried out with “Pipe Flow Expert” software, where the pumping system and the diameter of the pipes are selected, to reach the height, pressure and velocity required to reach 2 elevated supply tanks, which are considered for the supply of the rural population of San Antonio.

Key words: Pipe Flow Expert, water supply, hydrological simulation, hydraulic simulation, Saga Gis, Qgis.

Datos de población de la cuenca del río calandaima

El río Calandaima, es uno de los afluentes del río Bogotá. La cuenca del río Calandaima se encuentra dentro de los municipios de Viotá, El Colegio, Anapoima, Apulo, Silvania, Granada, Nilo y Tibacuy.

Tabla 1. Distribución territorial de la población dentro de la subcuenca del río calandaima

Municipio	Total (Habitantes)	Zona	
		Urbana (Habitantes)	Rural (Habitantes)
Viotá	16.867	157	16.710
El Colegio	3.908	--	3.908
Anapoima	3.897	--	3.897
Apulo	2.135	--	2.135
Silvania	16	--	16
Granada	11	--	11
Nilo	3	--	3
Tibacuy	1	--	1

Fuente: Adaptado de Ecoforest (2006)

Análisis de la información

El total de habitantes es por tanto de 26.838, según lo registrado. Realizando un análisis de consumo por habitante aproximado de 140 litros/Habitante al día según el RAS 2017, arrojaría un consumo diario estimado de 3'757.320 litros/día. Al realizar la comparación entre la totalidad de litros disponibles en la cuenca con la totalidad de litros requeridos por la población, se evidencia que los aportes de la cuenca son suficientes para un abastecimiento sin que afecte al ecosistema.

La cuenca del río Calandaima, tiene una capacidad total de aporte de 77.533,9 millones de litros en el mes de máxima precipitación, que corresponde al mes de Noviembre con 154,45 litros/ metro cuadrado (CAR, 2017), lo cual da un aporte de agua lluvia total de 2.584,4 millones de litros al día, representados en la totalidad de agua lluvia superficial y subterránea en el mes de máxima precipitación dentro de la cuenca del río Calandaima. Esto nos dice, que captando un 0,14% del total de agua lluvia de la cuenca abastecería la población en el mes de máxima precipitación.

Si se realiza dicho análisis para el mes más seco del año, es decir el mes de Agosto, que es de 36,63 litros/metro cuadrado (CAR, 2017) da 18.388,2 millones de litros al

mes, y al día 612,942 millones de litros, es decir que en el mes más seco, con el 0,61% de agua lluvia captada se abastecería la población.

Este dato, es importante resaltar, con la finalidad de promover, en la región la implantación de infraestructura para el campo, la cual permita aprovechar y almacenar al máximo, en los acuíferos subterráneos, el agua lluvia de la época de abundancia, para que esté disponible para la época de escases.

Estos datos, se presentan, para aclarar que captándose un porcentaje mínimo de agua de la cuenca se abastecería la población. Con un 0,14% en el mes de máxima precipitación y un 0,61% en el mes más seco, si se hacen mínimas las pérdidas de agua por infiltración y evapotranspiración, ya que este porcentaje es no aprovechable.

Por tratarse de un terreno natural en su mayoría según puede verse en el programa Google Earth Pro, más del 90% de la cobertura del río Calandaima es terreno natural, por tanto la infiltración obedece a un 60% por tener una pendiente de más del 7% según el análisis topográfico a partir del modelo de elevación digital y basados en la norma NS085 del Acueducto de Bogotá. (SISTEC, 2017).

Debido a la fuerte pendiente del terreno de la cuenca y la cobertura, la pérdida de agua lluvia que se sugiere estudiar, es la ocasionada por una alta velocidad de flujo superficial, causante de inconvenientes de falta de disponibilidad del recurso en época de sequía aun cuando se ve que el agua lluvia es abundante, lo cual tiene relación directa con la temperatura del suelo, la pendiente y la granulometría del suelo.

Los datos de la hidrología convencional no relacionan la temperatura del suelo como un factor clave para determinar la cantidad de agua que escurre, sin embargo, estudios realizados en Austria, sugieren que es un factor importante a tener en cuenta, por lo cual, si se tiene un suelo caliente, abra un mayor escurrimiento superficial de agua lluvia, lo cual indica una baja en la infiltración, por tanto una baja recarga de acuíferos subterráneos con agua lluvia, lo cual ocasionara que en época de sequía, los lagos y los ríos queden secos y en época de lluvias, sucedan inundaciones instantáneas, ocasionadas por la falta de infiltración debido a un suelo caliente (Coats, 2003).

Por esta razón, se sugiere estudiar este fenómeno y realizar surcos para cultivos productivos propios de la zona, orientados para aumentar la infiltración con poca pendiente que permitan guiar el agua lluvia en las épocas de exceso, para almacenarse en acuíferos subterráneos y reservorios superficiales al mismo tiempo, aumentar y explotar la productividad natural del suelo, materializándola en vegetales, frutales y madera, que a su vez, incrementen la infiltración, regulen la temperatura del suelo y reanimen los decaídos movimientos verticales del agua subterránea como nacimientos de agua, cada día más escasos en el país. Al lograr una infraestructura como la descrita, ríos y lagunas en la época seca, tendrán agua suficiente, regulando así el ciclo del agua en toda la cuenca, como debió ser cuando el área estaba cubierta de Bosques, donde en la época de abundancia se recarga el manto freático que abastece ríos y lagunas en la época de escasez del recurso llegando a un equilibrio natural del ciclo del agua en toda la región. (Grass, 2009).

Figura 1. Área, perímetro y delimitación del la cuenca del río calandaima

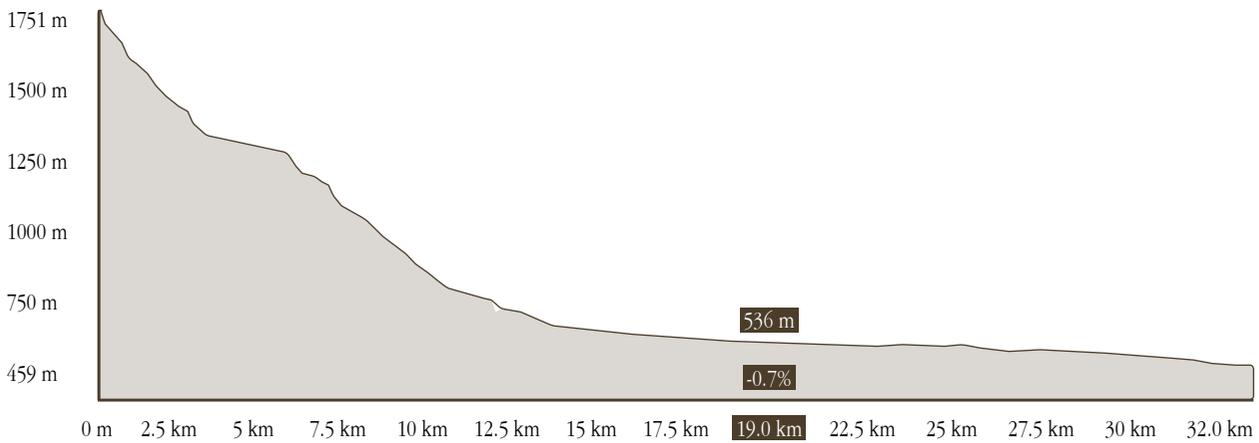


Fuente: El autor, Procesamiento de DEM, STRM 1 arc segundo, con SAGA GIS, visualización: Google Earth Pro (2017-11-05)

Figura 2. perfil del río calandaima

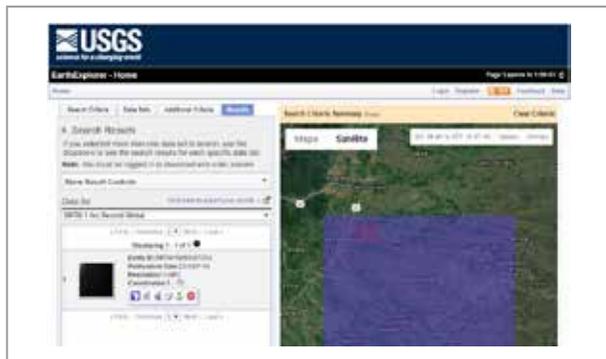
Gráfico: Mín., Prom., Máx Elevación 459, 755, 1751m

Totales de rango Distancia: 32.0 km Ganancia/Pérd. de elevación: 503m,-1789m Inclinación máx: 40.0%, -40.0% Inclinación prom: 5.7%, -6.9%



Fuente: El autor, Google Earth Pro (2017-11-05)

Figura 3. elevaciones dentro de la cuenca del río calandaima en m.s.n.m.



Fuente: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Para realizar las anteriores figuras, para el análisis de la cuenca del río Calandaima, se toma como base topográfica un modelo de elevación digital de 1 arc segundo de precisión de la misión SRTM, de la página del servicio geológico de Estados Unidos. Dicho modelo de elevación digital, se procesa con el software SAGA GIS con la finalidad de obtener, Elevación de la cuenca, área, perímetro, longitud y perfil del río Calandaima, datos que poseen una precisión adecuada para realizar dichos análisis. (Buitrago, 2016).

La cuenca del río Calandaima, varía en sus altitudes desde 2600 m.s.n.m. hasta 400 m.s.n.m. Es decir, con una diferencia de 2.200 metros entre la cota más alta y la más baja como puede verse en la figura 3. Esto es significativo, en cuanto a la escorrentía del agua se refiere, debido que, a una mayor inclinación del terreno, el agua de escurrimiento al llover tendrá una mayor velocidad de flujo, por tanto, se pueden generar inundaciones instantáneas en la cuenca baja, si existe un índice bajo de infiltración hacia los acuíferos subterráneos. Este índice bajo, puede presentarse debido a altas temperaturas del suelo ocasionadas por la falta de cobertura de árboles y al tipo de suelo de la región, ya que la infiltración es mayor en condiciones de Bosque natural que en las condiciones de cultivo, y en un suelo arenoso que en uno arcilloso. Se sugiere sembrar árboles maderables de la región, en la ribera del río Calandaima para permitir el flujo de agua desde el río hacia los mantos freáticos, debido a la acción refrigerante de las raíces.

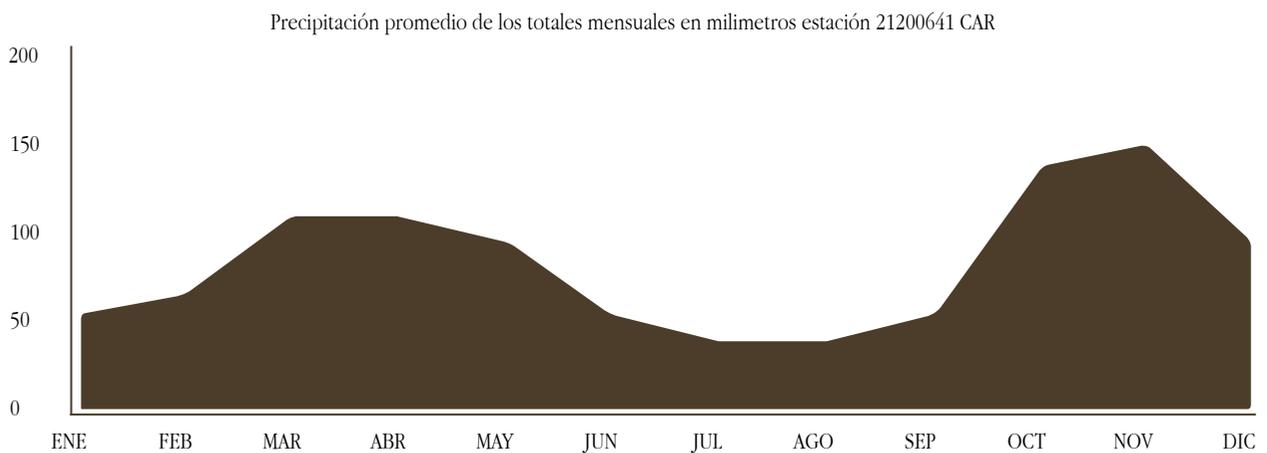
Al variar el paisaje en su altura en 2200 metros, en una distancia aproximada de 36 Kilómetros, da una inclinación promedio de la cuenca, similar a la inclinación del río, que se evidencia en el perfil de la figura 3, que va desde el 5,7 al 6,9%, un porcentaje de inclinación de terreno considerable, que puede repercutir en que en la época lluviosa el agua fluya a grandes velocidades de

ladera a vertiente, y que en la vertiente sea rápidamente evacuada, fenómeno que puede ocasionar inundaciones instantáneas debido a la velocidad de flujo. Este proceso también ocasiona erosión y falta agua en época de sequía, debido a esta rápida evacuación de la lluvia en los excesos. Debido a esta pérdida de infiltración natural al subsuelo, puede existir un bajo almacenamiento de agua en los acuíferos subterráneos, que son el sostén de agua

en el río en la época seca, por tanto, se sugiere realizar los surcos de los cultivos de manera que permitan maximizar la infiltración de agua lluvia en los mantos freáticos mediante la técnica Key Line (Grass, 2009).

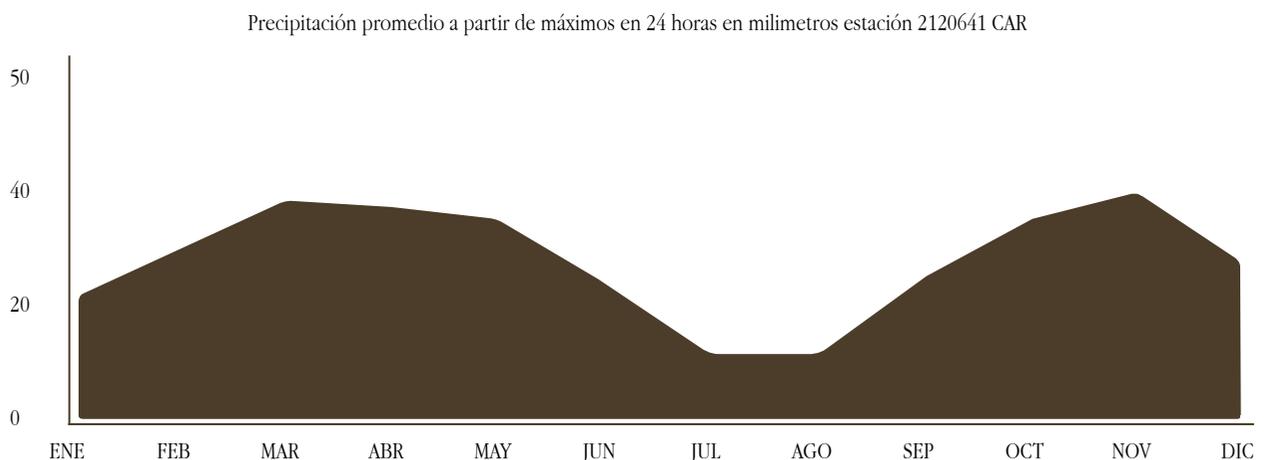
Se realiza el análisis de datos históricos desde 1987 a 2017, de dos estaciones meteorológicas de la CAR, ubicadas según. Figura 1.

Figura 4. estación 2120641: precipitación total mensual promedio en milímetros



Fuente: El autor, datos históricos de la estación 21200641 CAR

Figura 5. precipitación promedio a partir de máximos en 24 horas en milímetros estación 2120641 car

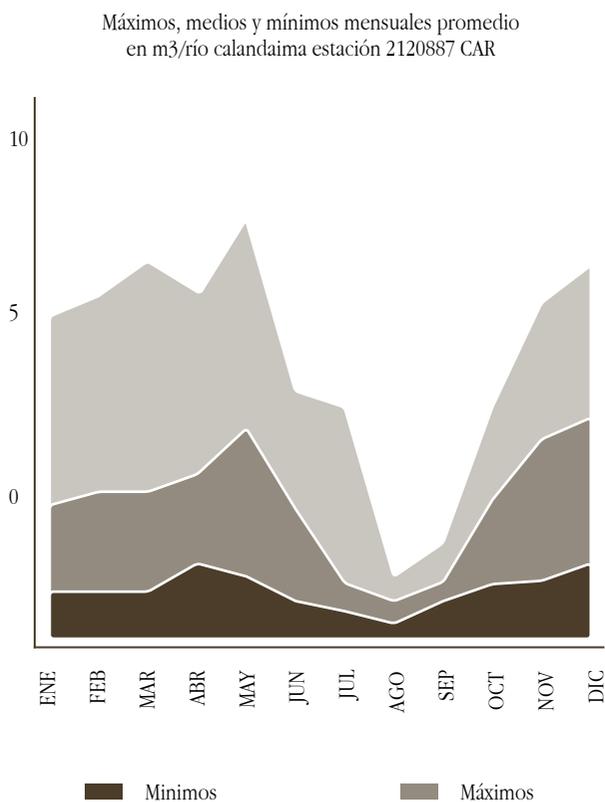


Fuente: El autor, datos históricos de la estación 21200641 CAR

La precipitación en milímetros, representa la cantidad de agua que cae por metro cuadrado en determinado territorio, pudiendo almacenar así un máximo, según los meses de mayor precipitación. Para la zona de estudio, el máximo es de 154,45 litros por cada metro cuadrado en Noviembre, lo que quiere decir que de la totalidad de la cuenca, el aporte sería en su totalidad, incluyendo agua superficial y subterránea de 77.533,9 millones de litros, en el mes de máximas precipitaciones, como aporte total en este mes, de toda la cuenca del río Calandaima, teniendo en cuenta el agua superficial y subterránea, lo cual permite ver la gran capacidad de la región en cuanto a recurso hídrico se refiere, tanto para abastecimiento a la población como para uso en proyectos agropecuarios, siempre y cuando se manejen de una manera sostenible.

Lo analizado anteriormente, flujos instantáneos de agua y sequías, se aprecia en los caudales del río presentados en la siguiente gráfica.

Figura 6. estación 2120887: caudales medios, máximos y mínimos del río calandaima en metros cúbicos por segundo.



Fuente: El autor, estación 2120887 CAR.

En la gráfica anterior, se puede apreciar como después de un flujo instantáneo y veloz de agua, hay una gran caída en los flujos representados por los meses de sequía. Esta es la prueba de la vulnerabilidad a inundaciones instantáneas debido a la gran velocidad de flujo causada por la falta de infiltración de agua lluvia en los acuíferos subterráneos que antecede a una época en la que el río tiene un déficit de agua, ya que no existe la cantidad de agua subterránea disponible para abastecer el río en dicha época de escasez de lluvias, es por esta razón indispensable la inclusión de técnicas agropecuarias de punta, que maximicen el aprovechamiento del agua de la región y que a su vez, promuevan la recarga de los mantos freáticos. (Buitrago, 2016).

En las Figuras 7 y 8, se encuentra una propuesta de mejoramiento, que consiste en una técnica Australiana denominada Key Line, su creador Persibal Alfred Yeomans, experto Australiano en flujo de agua por gravedad y descubrió los beneficios del diseño hidrológico de acuerdo a la cantidad de trabajo, flujo de agua en el paisaje y como llegar a optimizar el flujo de agua en todo el terreno maximizando la infiltración de agua en el subsuelo con la finalidad de tener como abastecerse en la época seca y cómo hacer que el suelo de cultivo o de ganadería, y como los flujos de agua en una región, pueden ser similares a las condiciones de equilibrio generadas al estar cubiertas por árboles, donde se da una máxima infiltración de agua lluvia a los acuíferos subterráneos, Acuíferos que abastecen el agua ríos y lagunas en la época de sequía, teniendo así, con cada aguacero, una recarga de agua lluvia que alimentara el agua superficial en la época de sequía. (Grass, 2009).

De esta manera, es posible generar infraestructura que permita un manejo adecuado del agua, mediante una planeación de territorio donde el flujo de agua en el terreno, sea la guía para generar la expansión mediante los planes de ordenamiento territorial, generando estructuras sostenibles de carreteras, cultivos, viviendas, reservorios, canales de conducción de agua por gravedad, que permitan llevar el agua de una manera sostenible donde se necesite, promoviendo siempre la infiltración a los acuíferos subterráneos, regulando el ciclo hidrológico y asegurando la viabilidad de un territorio en cuanto al agua se refiere a lo largo del tiempo, incluso para el diseño de futuros asentamientos urbanos dentro de un

plan o esquema de ordenamiento territorial, debería partir del flujo de agua en el terreno, realizando la infraestructura para la captación de agua lluvia.

Figura 7. Infiltración del agua al subsuelo, por medio de un canal de infiltración guiado de vertiente a ladera



Fuente: Eugenio Grass (2009).

Figura 8. Montañas en China, cultivadas de arroz, con la técnica key line



Fuente: Adaptado de Grass (2009).

Figura 9. Cultivo por gravedad en Australia que maximiza la recarga de mantos freáticos



Fuente: Grass (2009).

Como conclusión al análisis hidrológico, se hace indispensable no dejar escurrir el agua rápidamente por la superficie, por tanto se sugiere realizar plantaciones con la técnica Key line, a fin de guiar y aprovechar al máximo el agua lluvia por la acción de la gravedad para regar los cultivos que beneficiaran a la población, generando no solo productos de plantaciones de madera o pan coger, si no que a su vez, la zona se recargara de agua subterránea con cada aguacero, aumentándose los mantos freáticos y teniendo una reserva única a futuro de agua subterránea lista para usarse en caso de necesitarse. (Buitrago, 2016)

Análisis del caudal del río captado para el nuevo acueducto veredal

El caudal de 0,176 metros cúbicos por segundo en el mes de Agosto, es el dato más crítico del río Calandaima, es decir, el mes más seco, esto representa 176 litros por segundo. El caudal de captación para abastecer a los habitantes del nuevo acueducto veredal que en la actualidad no tienen acceso al recurso, es de 2 litros por segundo, correspondiente a un 1,07% del caudal del río en el mes

más crítico, lo cual nos dice que no representaría ningún inconveniente realizar dicha derivación de caudal aun en el mes más crítico del río Calandaima.

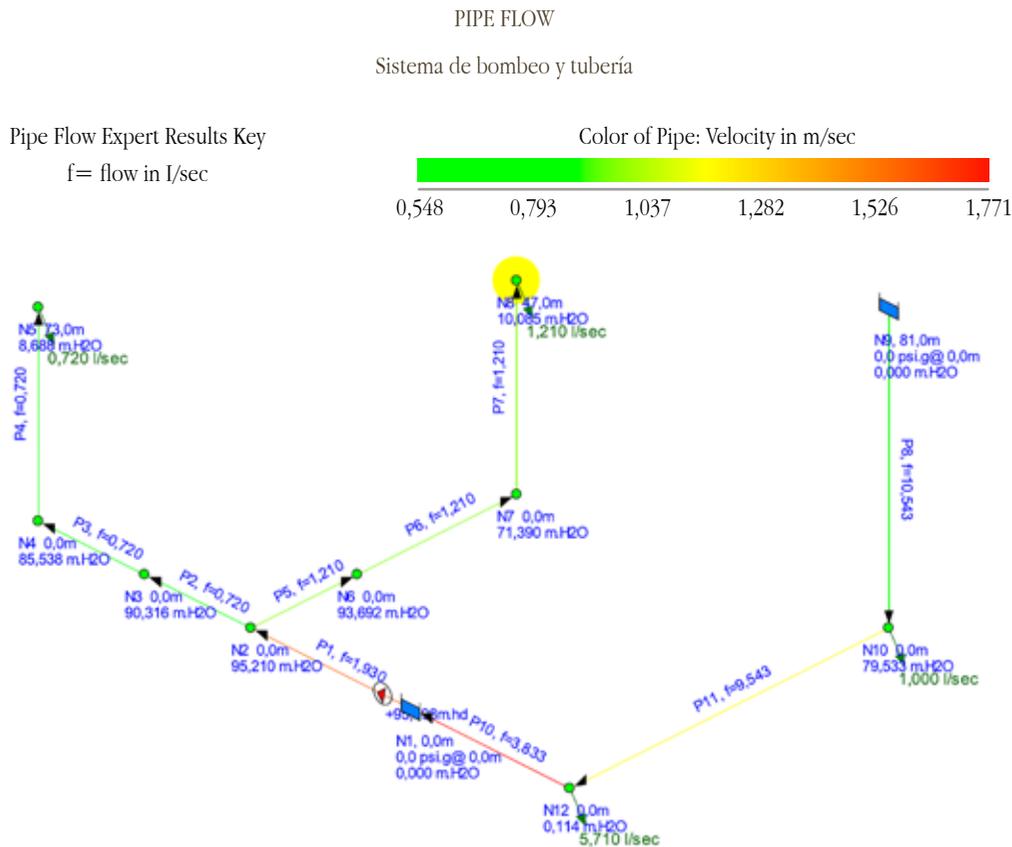
Estos 2 litros por segundo, se derivarán desde una tubería principal, cuya captación es de 8 litros por segundo, caudal derivado desde el río Calandaima, cuyo caudal en el mes más crítico es de 176 litros por segundo, donde los 10 litros por segundo captados representan un 5,68%, lo cual indica que incluso en el mes más seco, el río Calandaima tiene el agua suficiente para realizar la captación proyectada en el presente documento.

Sin embargo, debido al inmenso potencial de la región, se sugieren mejoras en las técnicas de cultivo e infraestructura de aprovechamiento del agua lluvia con el fin de incrementar la producción y a su vez, recargar mantos freáticos y ciclo hidrológico en la región para la regulación de su ciclo hidrológico.

Modelación hidráulica del sistema de bombeo y tubería para la llegada a tanques elevados del agua del río calandaima a tratar en la PTAP

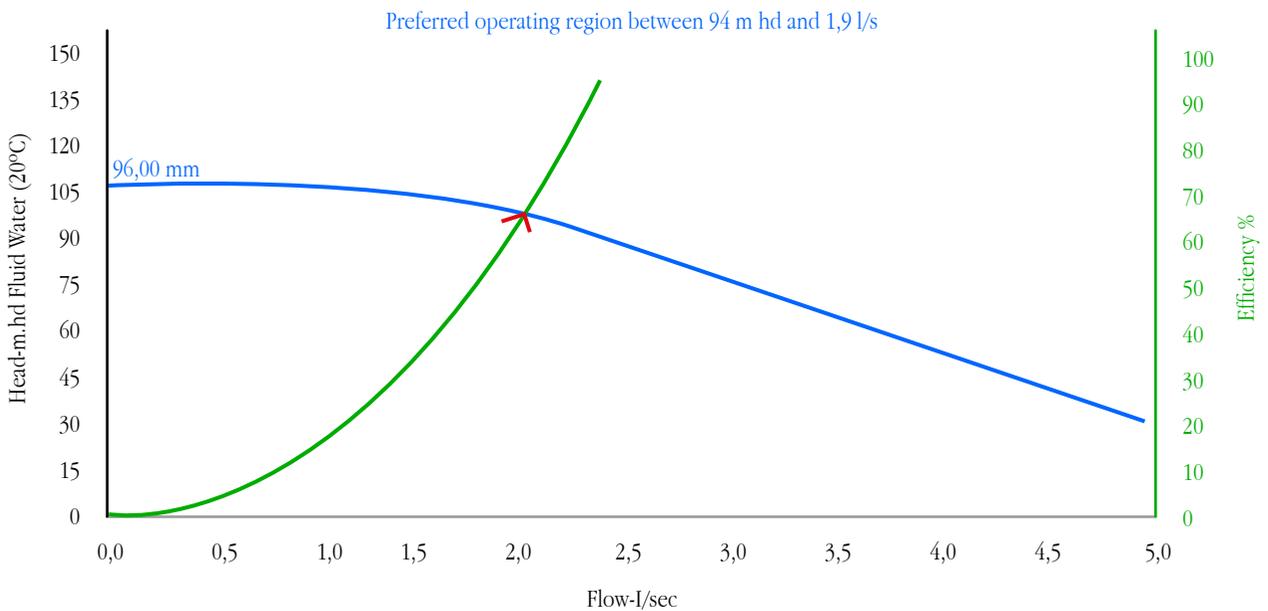
El río Calandaima, se encuentra en una cota baja, y la población de San Antonio se encuentra en una cota elevada, por esta razón se hace necesario realizar una modelación hidráulica, para saber cuál es la capacidad necesaria del sistema de bombeo para poder llevar el caudal necesario a los dos tanques elevados, utilizando un solo sistema de bombeo, para lo cual también se hace necesario la selección correcta del diámetro de las tuberías, a fin de generar la menores perdidas por fricción posibles. (Granados, 2000)

Figura 9. modelación de sistema de bombeo y tubería seleccionada



Fuente: El autor, software Pipe Flow Expert (2018).

Figura 10. punto de óptima operación del sistema de bombeo seleccionado con el caudal necesario para el suministro de agua



Fuente: El autor, software pipe flow expert (2018).

El sistema de bombeo seleccionado es entonces, de la marca IHM, referencia VP 135 6W, sistema de bombeo de 6 etapas, 7,5 caballos y 3500 revoluciones por minuto que puede dar un caudal de 1,9 litros por segundo,

llegando a una cabeza dinámica de 94 metros, cabeza dinámica necesaria para vencer las perdidas por fricción, gravedad y accesorios según se puede ver en la figura 9 de modelación hidráulica.

Tabla 2. tabla de datos hidraulicos de tuberías funcionando con el sistema de bombeo, simulacion hecha con pipe flow expert

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Inner Diameter mm	Length m	Vol Flow I/sec	Velocity m/sec	dP Total Loss m.H2O	Entry Pressure m. H2O	Exit Pressure m.H2O
1	P1	40,894	1,750	1,930	1,469	-95,210	0,000	95,210
2	P2	40,894	513,400	0,720	0,548	4,894	95,210	90,316
3	P3	40,894	501,300	0,720	0,548	4,779	90,316	85,538
4	P4	40,894	419,150	0,720	0,548	76,850	85,538	8,688
5	P5	40,894	63,400	1,210	0,921	1,518	95,210	93,692
6	P6	40,894	931,300	1,210	0,921	22,302	93,692	71,390
7	P7	40,894	601,300	1,210	0,921	61,305	71,390	10,085
8	P8	154,051	660,000	10,543	0,921	-79,533	0,000	79,533
10	P10	52,502	2,000	3,833	1,771	0,114	0,114	0,000
11	P11	102,260	6691,000	9,543	1,162	79,419	79,533	0,114

Fuente: El autor, software pipe flow expert (2018).

Las tuberías, o puntos de salida de agua hacia los tanques elevados son 2:

- *Tramo de tubería P4, que sale con una velocidad de 0,5 m/s y una cabeza dinámica de presión de 8,6 metros de columna de agua, presión suficiente para el funcionamiento de un flotador que indique el llenado del tanque.1
- *Tramo de tubería P7 que sale con una velocidad de 0,92 m/s y una cabeza dinámica de presión de 10,0 metros de columna de agua, presión suficiente para el funcionamiento de un flotador que indique el llenado del tanque

Conclusiones

Se recomienda la compra de un sistema de bombeo marca IHM de 6 etapas, referencia VP135-6W de 7,5 HP, para lograr los caudales previstos y superar las pérdidas por fricción de la tubería de 1 y 1/2 pulgadas para todo el nuevo tramo de tubería del sistema de suministro desde el río Calandaima.

Con el sistema seleccionado, la velocidad, pérdidas y presiones de llegada son aceptables. Se sugiere revisar en la operación del sistema, la posibilidad de tener una válvula reguladora de presión, si se requiere regular el caudal a la medida, debido a la disponibilidad en el tiempo de energía eléctrica en la región.

Para los sistemas de bombeo, con la finalidad de tener siempre el abastecimiento, se requiere de tener siempre 2 bombas de la misma capacidad, listas para funcionar en caso de que alguna tenga alguna falla.

Realizar el estudio de captación de agua lluvia mediante el estudio topográfico de la región.

Realizar ensayos fisicoquímicos del agua lluvia y el agua del río Calandaima, con la finalidad de realizar un tratamiento a la medida que asegure un agua de la mejor calidad a la población de la vereda San Antonio.

Se sugiere la realización de infraestructura y capacitación de agua lluvia, donde se capacite a la población en métodos de cultivo sostenibles de riego gravitacional con la técnica Key Line para hacer de la región un ejemplo de sostenibilidad para el país.

Bibliografía

- [1] <http://sistec.acueducto.com.co/sistec/consultas>. SISTEC.NS 085 (2017).
- [2] Briand, A. (2004). Proceso de examinación creativa. Quebec, Canada: Université du Québec a Chicoutimi.
- [3] Coats, C. (2003). Living Energies. Austria.
- [4] Buitrago, G. A. F. (2016). Dimensionamiento de embalses para fincas en Colombia usando como herramienta los modelos de elevación digital. Revista de Tecnología, 15(1), 129-138.
- [5] Buitrago, G. A. F. (2016). La madera Colombiana, oportunidad de regeneración del flujo de los ríos mediante una producción sostenible y competitiva. Revista de Tecnología, 15(2), 103-114.
- [6] Buitrago, G. A. F. (2013). Integrated farming system for the foothill-regions of Colombia–Ariporo System (AS). Revista de Tecnología, 12(2), 24-34.
- [7] Grass, E. (2009). Cosecha de agua y tierra, diseño con permacultura y Key line. Mexico: COAS Editores.
- [8] Granados Robayo Jorge Armando, Redes hidráulicas y sanitarias en edificios (2000)

El Autor



Gonzalo Alberto Forero Buitrago

Ingeniero Ambiental de la Universidad El Bosque, con un Master en Gestión ambiental y de calidad para empresas. Experiencia en el diseño hidrológico de suelos en Colombia, investigador de la Universidad El Bosque. Instructor SENA, diseño del curso Sostenibilidad Hidrológica de Suelos en las construcciones de vivienda, instructor actual de la institución SENA en las áreas de hidráulica, hidrología, filtros y drenajes, instalaciones hidráulicas y sanitarias. Realizo un Postgrado con el experto en diseño en línea clave Eugenio Grass y el Ingeniero Roberto Niño en diseño de reservorios, canales, aliviaderos, tuberías y obras hidráulicas para drenaje urbano, sumideros, pozos de inspección, cunetas, filtros y drenajes para agua subterránea. Experiencia laboral en 5 proyectos en el cálculo de redes hidrosanitarias para edificaciones, instituciones y acueductos veredales con el Ingeniero Jorge Granados, manejo del programa Revit MEP para instalaciones hidrosanitarias.