

**PROTOTIPO PARA EL ALMACENAMIENTO DE AGUA SUPERFICIAL EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE UBATÉ  
CUNDINAMARCA**

Cesar Santiago Poveda Pinilla.

Wilson Arturo Bautista Vega.



Especialización en Diseño y Construcción en Obras de Infraestructura y Edificaciones , Ingeniería Civil

Universidad La Gran Colombia

Bogotá

2025

**PROTOTIPO PARA EL ALMACENAMIENTO DE AGUA SUPERFICIAL EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE UBATÉ  
CUNDINAMARCA**

**Cesar Santiago Poveda Pinilla**

**Wilson Arturo Bautista Vega**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de especialista en Diseño y  
Construcción en Obras de Infraestructura y Edificaciones.**

**Ingeniero Luis Efrén Ayala Rojas (asesor técnico y metodológico)**



**UNIVERSIDAD  
La Gran Colombia**

Vigilada MINEEDUCACIÓN

**Programa académico, Facultad**

**Universidad**

**Ciudad**

**2025**

### **Agradecimientos**

Primeramente queremos agradecer a Dios por darnos no solo la salud sino también la inspiración para llevar a cabo este trabajo, un enorme agradecimiento a nuestros padres ya que gracias a ellos hemos llegado hasta este punto en nuestras vidas donde hemos podido cumplir nuestras metas propuestas.

Agradecer especialmente al director del proyecto, el Ingeniero Luis Efrén Ayala por sus valiosos aportes y conocimiento, ya que estos fueron de gran importancia para culminar nuestro trabajo de grado.

**Tabla de contenido**

**Resumen----- 7**

**Abstract-----8**

**Introducción----- 9**

**Objetivos----- 10**

    Objetivo General-----10

    Objetivos Específicos----- 10

**Marco Referencial----- 11**

    Marco Teórico----- 11

    Marco Legal-----13

    Estado del arte----- 13

**Aspectos Metodológicos----- 16**

**Análisis y Discusión de Resultados----- 29**

**Conclusiones y Recomendaciones----- 32**

**Lista de Referencia o Bibliografía----- 34**

**Anexos----- 38**

    Anexo 1. Fotografías zona de estudio y ensayos de campo.-----38

    Anexo 2. Excel calculo ensayo de infiltrómetro de doble anillo in situ.-----38

    Anexo 3. Excel diseño del tanque.-----38

    Anexo 4. Folleto de socialización del proyecto----- 38

    Anexo 5. Fotos socialización folleto comunidad.-----38

### Lista de Figuras

<i>Figura 1. Gráfica curva precipitación estación Isla del Santuario, Ideam</i>	17
<i>Figura 2. Mapa censo económico Ubaté - Cundinamarca, Planeación Municipal</i>	18
<i>Figura 3. Zona seleccionada para la implementación del SRDS</i>	19
<i>Figura 4. Gráfica Condiciones socioeconómicas de la vereda, SISBEN.</i>	20
<i>Figura 5. Ubicación Satelital zona de Trabajo, Google Earth.</i>	21
<i>Figura 6. Ubicación zona de trabajo para el proyecto, Google Earth.</i>	22
Figura 7. Levantamiento topográfico de la zona estudio, Fuente propia	23
<i>Figura 8. Excavación in situ, Fuente propia</i>	24
<i>Figura 9. Excavación in situ, Fuente propia</i>	24
<i>Figura 10. Ensayo infiltración suelo, Fuente Propia</i>	25
<i>Figura 11. Diseño Tanque, Hoja Calculo diseño Pavco.</i>	26
Figura 12. Celdas Aquacell, Pavco Wavin.	27
Figura 13. Socialización del folleto, fuente propia.	28
Figura 14. Socialización del folleto, fuente propia.	28
<i>Figura 15. Gráficas Datos de ensayo de infiltración, Fuente Propia</i>	30
<i>Figura 16. Resultados cálculos del ensayo de infiltración del suelo. Fuente propia</i>	30

**Lista de Tablas**

<i>Tabla 1. valores precipitación estación Isla del Santuario, Ideam</i>	16
<i>Tabla 2. Datos Ensayo de infiltración in situ, Fuente Propia</i>	29

### Resumen

Las zonas rurales en Colombia se han consolidado como uno de los motores económicos gracias a su agricultura, ganadería, piscicultura y demás actividades que se realizan, siendo un aporte significativo para el sostenimiento del mismo.

En la actualidad, debido al cambio climático que conlleva prolongadas temporadas de verano, se han venido afectando las zonas rurales, presentando una escasez de agua y generando fuertes daños en los cultivos, la ganadería, la piscicultura y demás actividades que se realizan. Al querer buscar soluciones por la escasez de agua, se origina un mal aprovechamiento de las fuentes hídricas, las cuales en su mayoría se ven afectadas en su cauce.

Ante esta problemática, es fundamental implementar métodos innovadores que ayuden a mitigar dicho problema de escasez, como lo es la implementación del sistema de celdas Aquacell en la zona rural del municipio de Ubaté vereda San Ignacio. Este sistema ofrece una solución de abastecimiento de agua lluvia mediante la captación de la esorrentía superficial infiltrada en los módulos de celdas que conforman el tanque. Esta agua captada puede ser utilizada en el predio para aplicaciones no potables tales como riego de cultivos, suministro para bebederos de bovinos, limpieza de establos y demás actividades que requieran para la utilización del recurso hídrico.

*Palabras clave: Agua, Celdas Aquacell, Zonas rurales, Reutilización, Sostenibilidad, Ubaté.*

### **Abstract**

Rural areas in Colombia have consolidated as one of the economic engines thanks to its agriculture, livestock, fish farming and other activities that are carried out thanks to this is a significant contribution to the sustainability of the same.

At present, due to climate change that involves prolonged summer seasons has been affecting rural areas presenting a shortage of water and generating affectation in crops, livestock, fish farming and other activities that are performed, in seeking solutions for water shortages begins to have a poor use of water sources which are mostly affected in its course.

Faced with this problem it is essential to implement innovative methods to help mitigate the problem of scarcity as is the implementation of the Aquacell cell system in the rural area of the municipality of Ubaté, San Ignacio, which offers a solution to supply rainwater by capturing surface runoff infiltrated in the cell modules that make up the tank. This captured water can be used on the property for non-potable applications such as crop irrigation, supplying water for cattle watering, cleaning stables, and other activities that require the use of water resources.

*Keywords: Water, Aquacell Cells, Rural areas, Reuse, Sustainability, Ubaté.*

## Introducción

Colombia ocupa el cuarto lugar mundial en disponibilidad hídrica (Domínguez, Rivera, Vanegas y Moreno, 2008), a pesar de los problemas evidentes en la planificación de este recurso vital para las actividades rurales, como es el caso del agua. El rendimiento hídrico en el país es tres veces superior al promedio de América Latina (IDEAM, 2019). Sin embargo, según Alarcón-Hincapié, J., Zafra-Mejía, C., y Echeverri-Prieto, L. (2019), Colombia es un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, lo que podría afectar gravemente su régimen hidrológico. Esta situación ha llevado a la búsqueda de soluciones sostenibles y amigables con el medio ambiente.

Teniendo en cuenta que las celdas Aquacell consisten en un sistema modular para el almacenamiento de aguas lluvias, fabricadas con polipropileno reciclado obtenido de fuentes hídricas, esta solución tiene el potencial de aumentar la capacidad de abastecimiento de agua en las zonas rurales, que enfrentan dificultades no solo para el riego de cultivos, sino también para satisfacer las necesidades básicas de la comunidad y las labores domésticas.

Lo que se quiere implementar es un sistema de celdas Aquacell que permita almacenar las aguas lluvias para poder ser usadas posteriormente. De acuerdo con Planeación Nacional (2010) la pobreza en zonas rurales se debe a la limitación en el acceso a activos productivos como lo son las tierras, recursos hídricos y financiamiento, así como también el gestionamiento de estos. Este sistema además de ser sostenible y muy eficiente va a brindar grandes beneficios a la comunidad de la vereda San Ignacio del municipio de Ubaté, no solamente en sus recursos económicos, sino también podrán seguir trabajando sus tierras sin temor a perder sus cultivos por la falta de recursos hídricos.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar un sistema de captación de aguas lluvias para actividades de ganadería y agropecuarias mediante celdas modulares Aquacell NG, en la vereda Tausavita, zona rural del municipio de Ubaté, Cundinamarca.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar las variables hidrológicas de la zona del proyecto.
- Realizar un diagnóstico de las condiciones socioeconómicas de la vereda Tausavita.
- Diseñar y modelar las estructuras que componen el tanque del sistema Aquacell NG.
- Socialización del proyecto a la comunidad.

## Marco Referencial

### Marco Teórico

**El agua:** Es un recurso fundamental para la vida y la producción vegetal y animal, ya que participa en procesos metabólicos esenciales, como el transporte de nutrientes, la turgencia celular y las reacciones químicas vitales para los organismos (FAO, 2013). La disponibilidad de agua es más dinámica que la de otros recursos, ya que puede pasar rápidamente de una situación de abundancia a una de escasez, especialmente debido a factores como las precipitaciones. En este sentido, el calentamiento global agrava aún más la situación, particularmente en las regiones ya afectadas por la disminución de las lluvias y el aumento de la evaporación (FAO, 2013). Por esta razón, la gestión adecuada del agua se convierte en una prioridad en las zonas rurales, donde la escasez hídrica es más acentuada.

La gestión del agua es uno de los principales desafíos en las zonas rurales de Colombia, especialmente en áreas donde la infraestructura hídrica es insuficiente y las condiciones climáticas, como la variabilidad en las precipitaciones, afectan la disponibilidad de este recurso.

**Celdas Aquacell Tecnología en captación y Almacenamiento:** En un sistema que permite construir depósitos retenedores de las aguas lluvia en casi cualquier sitio, permitiendo un almacenamiento temporal junto con la posibilidad del aprovechamiento, El sistema Aquacell tiene aplicación en nuevos proyectos de ingeniería donde están involucrados la protección del medio ambiente y la reutilización de agua lluvias, Este sistema se caracteriza por su flexibilidad en diseño e instalación. Estas celdas, pueden ser ubicadas tanto en zonas verdes o peatonales como en zonas con tráfico vehicular (PAVCO, n.d).

**Importancia del manejo eficiente del agua:** Según las Naciones Unidas (2022), en Colombia más de la mitad de la población rural enfrenta problemas de acceso al agua potable, lo que afecta la agricultura, la salud y la calidad de vida de las comunidades rurales. El cambio climático tiene impactos significativos en los ecosistemas, las sociedades y las economías, particularmente a través de alteraciones en los recursos hídricos, lo que aumenta el estrés hídrico, las inundaciones y las sequías. Estos efectos también afectan la seguridad alimentaria, la salud y la biodiversidad, exacerbando las desigualdades sociales y generando conflictos. A pesar de los compromisos internacionales, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Acuerdo de París, el progreso en la gestión del agua y el cambio climático ha sido lento. El Informe Mundial de los Recursos Hídricos 2020 destaca la importancia de mejorar la gestión del agua para abordar los desafíos del cambio climático, enfocándose en la adaptación, mitigación y resiliencia, y subraya cómo la gestión hídrica puede contribuir a la mitigación mediante soluciones basadas en la naturaleza, como la protección de humedales y la agricultura sostenible (UNESCO, 2020). La implementación de tecnologías como las celdas AquaCell NG busca mitigar estos problemas al proporcionar una solución autónoma para la captación y almacenamiento de agua.

La implementación de las celdas Aquacell NG en zonas rurales de Colombia enfrenta ciertos desafíos. En primer lugar, es necesario que las comunidades reciban capacitación sobre el uso y mantenimiento de estos sistemas para garantizar su efectividad a largo plazo. Además, la adaptación cultural es un aspecto importante, ya que las comunidades rurales suelen tener prácticas tradicionales en el manejo del agua, por lo que es crucial un enfoque que considere estas costumbres para una mayor aceptación de la tecnología.

### **Marco Legal**

En Colombia desde la Ley 99 de 1993 donde se estableció el Sistema Nacional Ambiental, la cual tiene como objetivo establecer normas y autoridades de la protección y uso sostenible de los recursos naturales.

El decreto 3930 de 2011 reglamenta el uso del agua (El decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados).

Ley 373 de 1997 Esta ley obliga a las entidades prestadoras de servicios de agua y a otros usuarios a elaborar y adoptar planes para el uso eficiente del agua. (regula en Colombia el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA)).

Las Celdas AquaCell están reguladas mediante la NTC 1500 (disposiciones aplicables al montaje, la instalación, modificación, reparaciones, el uso y mantenimiento de sistemas de instalaciones hidráulicas y sanitarias).

Resolución 0844 del 08 de Noviembre de 2018. Exige los requisitos técnicos para proyectos de agua potable y saneamiento básico en zonas rurales en Colombia, (perfil del proyecto, planeación, diseño, construcción, operación y permisos).

### **Estado del arte**

Las celdas modulares Aquacell NG son un sistema de drenaje sostenible desarrollado por WAVIN. Estas celdas han sido utilizadas no solo en el ámbito nacional sino también internacional, para la gestión eficiente del agua lluvia. Se componen de material reciclado, el cual contribuye de una manera bastante

importante al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Su diseño permite la creación de tanques los cuales van a almacenar el agua lluvia para su posterior uso.

En el mundo, las comunidades de las zonas rurales han venido enfrentando diferentes desafíos hídricos como temporadas de verano donde se presenta la escasez de agua para consumo, agricultura, entre otras y también temporadas de exceso de lluvia las cuales suelen causar daños significativos en la producción o en el mismo suelo.

En el artículo de Rahman (2017) “Recent advances in modelling and implementation of rainwater harvesting systems towards sustainable development”, se presenta una revisión detallada sobre los avances recientes en el modelado e implementación de sistemas de captación de aguas lluvias con enfoque en los objetivos de desarrollo sostenible. El autor resalta el papel de los sistemas modulares incluyendo las celdas Aquacell y enfatiza la relevancia de la capacidad de almacenamiento, cambios climáticos y la posibilidad de integrar estas soluciones con sistemas de gestión de agua descentralizados. Finalmente se concluye que los sistemas modulares ofrecen demasiados beneficios por su flexibilidad y bajo mantenimiento, lo que los hace bastante adecuados para mejorar la resiliencia hídrica en distintas regiones con variedades climáticas.

Por otra parte, el trabajo realizado por Barreto-Velásquez & León-Merchán (2021) denominado “Estudio de viabilidad técnica para captación de agua de lluvia mediante atrapanieblas y/o celdas aquacell en Macanal, Boyacá”, como bien dice, buscaba evaluar la viabilidad técnica del sistema modular, midiendo un volumen de agua recolectada y su eficiencia. Al finalizar concluyen que el sistema es viable y permite suministrar agua todo el año disminuyendo la dependencia de fuentes externas.

Así mismo, Univer, U., Kanmaz, N., Papadopoulos, A. M., Hajek, P. (2024). en su artículo "Introduction of a modular passive rainwater harvest system for existing buildings. Urban Water Journal" desarrollaron un sistema modular pasivo innovador para captar aguas lluvias en edificaciones preexistentes, este se caracterizaba por su operación sin consumo energético. Su investigación se centró en optimizar el volumen de almacenamiento, basándose en los datos de precipitación de un periodo de 22 años. Como resultado se logró una eficiencia del 99% para captar el agua, por lo que este tipo de sistemas de captación son una solución efectiva que además puede adaptarse a distintas condiciones climáticas.

De igual forma Köster, S., Hadler, G., Opitz, L., & Thoms, A. (2023) en su artículo "Using stormwater in a sponge city as a new wing of urban water supply: A case study", proponen un diseño e implementación de módulos descentralizados de tratamiento de agua de lluvia, conocidos como City Water Hubs, en un campus universitario en Alemania. Este sistema tiene membranas y filtros de arena lenta para su filtración, y su objetivo es garantizar un suministro propio y seguro, especialmente en tiempos de sequía. Esta propuesta es bastante interesante porque demuestra eficacia en condiciones climáticas extremas y porque se puede implementar tanto en zonas urbanas como rurales.

### Aspectos Metodológicos

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo. El objetivo de la investigación es diseñar un Sistema de captación de aguas lluvias para actividades ganaderas y agropecuarias mediante celdas modulares Aquacell NG.

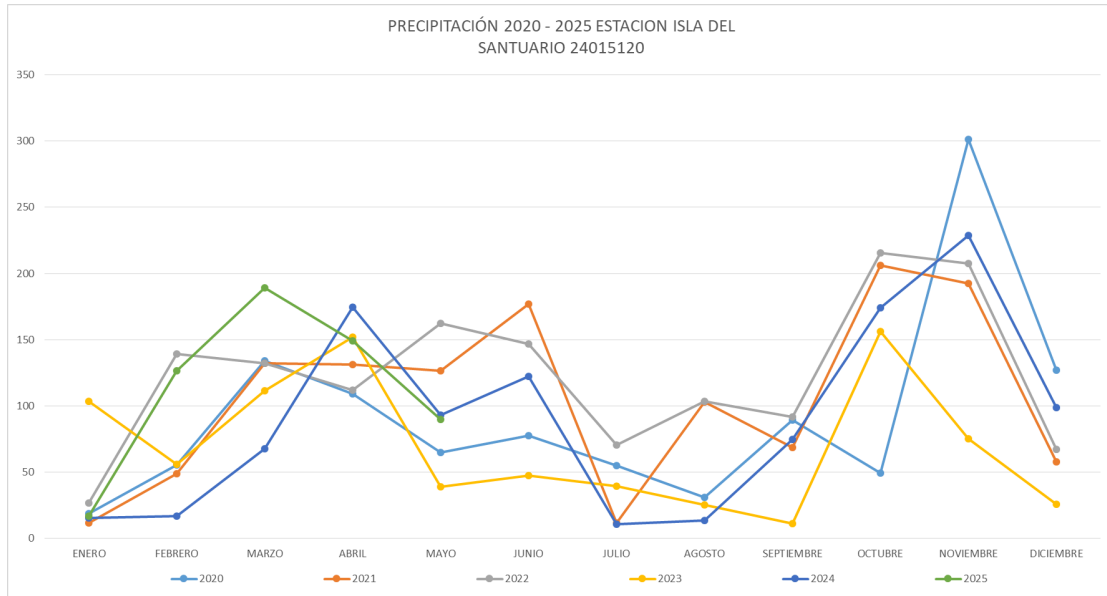
#### Desarrollo metodológico por objetivo específico:

Para el *primer objetivo* es necesario consultar páginas oficiales que puedan suministrar una información confiable de algunos datos hidrológicos de la zona. A través de la página del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales) es posible generar la curva de Intensidad-Duración-Frecuencia, así como conseguir los datos de precipitación de la estación “**Isla del santuario**” (estación activa más cercana a la zona del proyecto, ubicada en el municipio de Fúquene, Cundinamarca).

MES / AÑO	2020	2021	2022	2023	2024	2025
ENERO	18,7	11,7	26,6	103,7	15,6	17
FEBRERO	55,6	49,1	139,5	55,8	16,9	126,4
MARZO	134,2	132,3	132,3	111,6	67,6	189
ABRIL	109,3	131,5	112,2	152,2	174,5	149,4
MAYO	64,7	126,5	162,5	38,8	93,4	89,7
JUNIO	77,6	176,8	146,9	47,4	122,4	
JULIO	55,1	11,8	70,5	39,3	11	
AGOSTO	30,8	103,3	103,7	25,5	13,5	
SEPTIEMBRE	89,2	68,8	91,7	11,1	74,6	
OCTUBRE	49,4	206,1	215,8	156,2	174,1	
NOVIEMBRE	301,4	192,6	207,5	75,3	229	
DICIEMBRE	127,1	57,8	67,1	25,9	99	

Tabla 1. valores precipitación estación Isla del Santuario, Ideam

Reporte de precipitación anual desde el 2020 en mm de la estación ISLA DEL SANTUARIO (24015120), ubicada en el municipio de Fúquene, Cundinamarca.

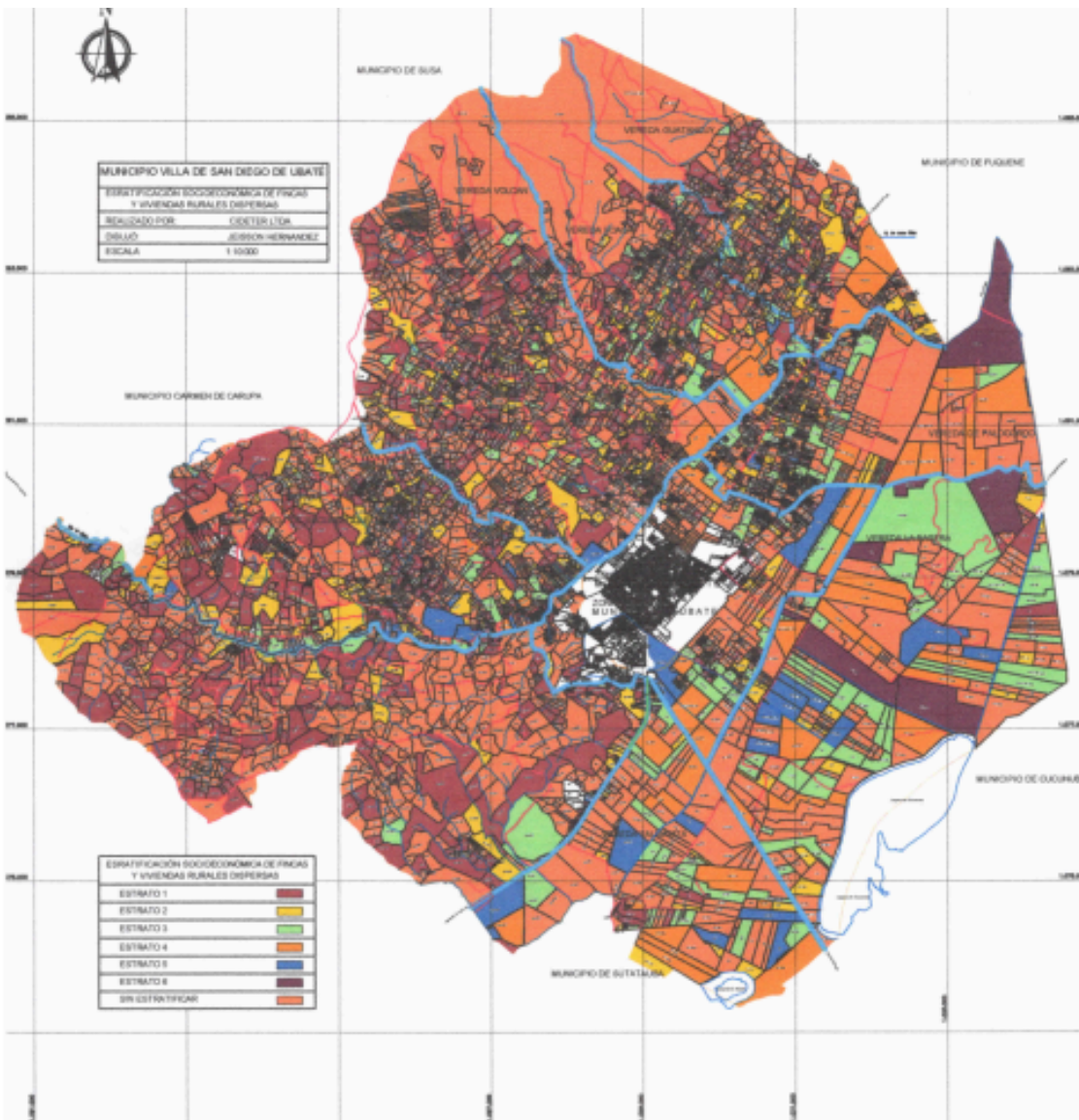


**Figura 1. Gráfica curva precipitación estación Isla del Santuario, Ideam**

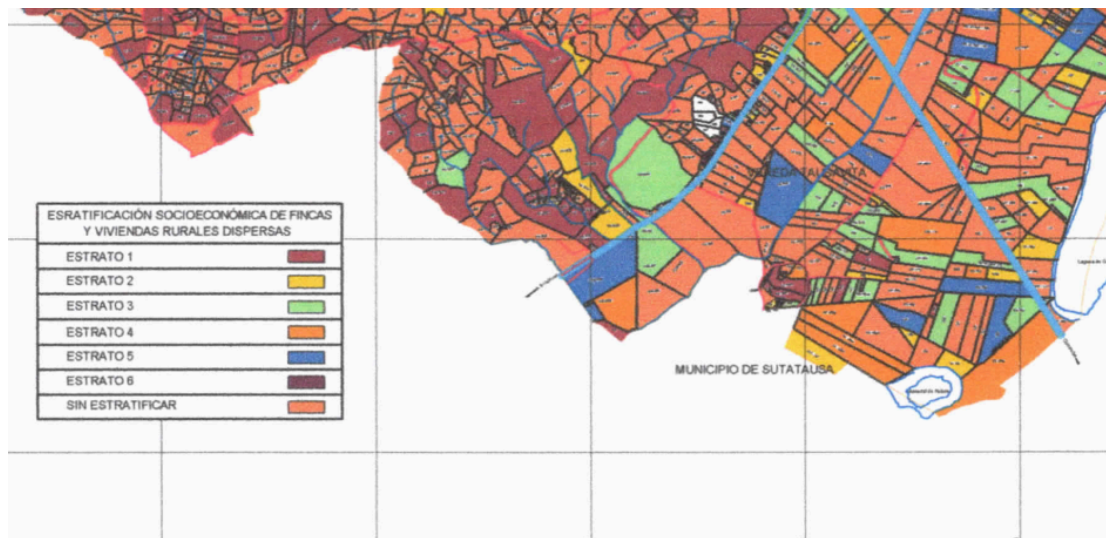
La figura 1. Consiste en los datos de la precipitación desde el año 2020 hasta el año 2025 registrada en la estación Isla del Santuario, donde es posible observar que en el año 2024 en el mes de Julio, la precipitación fue más baja en comparación de los otros meses, mientras que en noviembre se alcanzó la máxima precipitación del año.

Para el segundo objetivo, se solicitará a la oficina de planeación del municipio de Ubaté el censo económico de la vereda Tausavita y a su vez realizar un reconocimiento de la vereda con el fin de poder seleccionar la zona a la cual se le va a implementar el Sistema Rural de drenaje sostenible (SRDS).

Una vez hecho el reconocimiento y con los datos suministrados por la oficina de planeación, se procederá a elegir la zona.



**Figura 2. Mapa censo económico Ubaté - Cundinamarca, Planeación Municipal.**



**Figura 3. Zona seleccionada para la implementación del SRDS.**

En la *Figura 2.* y *Figura 3.* Se puede observar el municipio de Ubaté y una distribución de las distintas condiciones económicas de acuerdo al tono El tono ■ indica las zonas de estrato 1. el tono ■ indica las zonas de estrato 2. El tono ■ indica las zonas de estrato 3. El tono ■ indica las zonas de estrato 4. El tono ■ indica las zonas de estrato 5. El tono ■ indica las zonas de estrato 6 y el tono ■ indica las zonas sin estratificar.



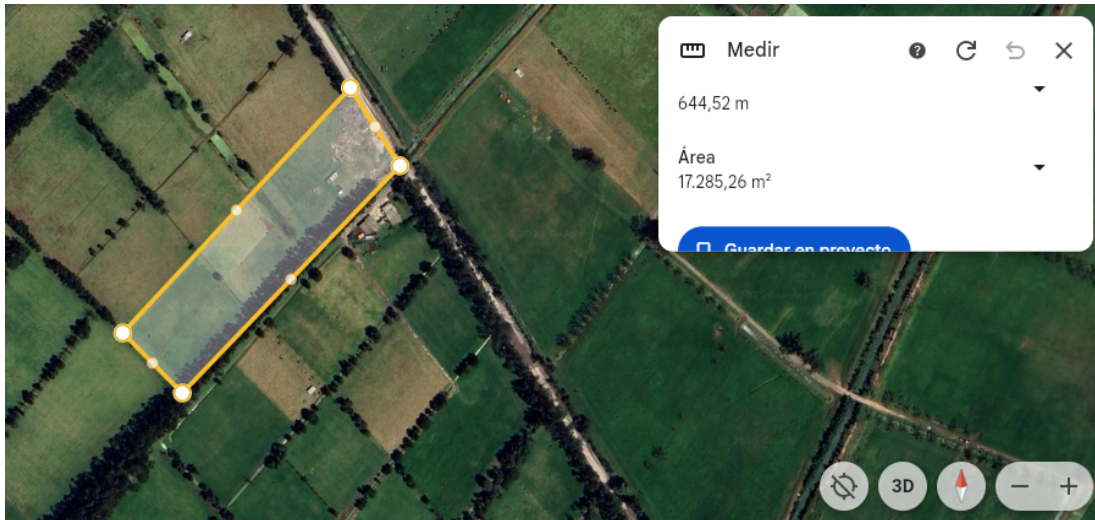
**Figura 4. Gráfica Condiciones socioeconómicas de la vereda, SISBEN.**

En la Figura 4. Se visualizan las características de las condiciones económicas de la vereda Tausavita, donde se pueden encontrar un total de 150 viviendas y 423 personas que ocupan estas viviendas, de las cuales 198 son hombres y 225 mujeres. 92 personas se ubican el grupo de sisbén A, 120 personas se ubican en el grupo de sisbén B, 165 personas se ubican en el grupo de sisbén C y 46 personas se ubican en el grupo de sisbén D.



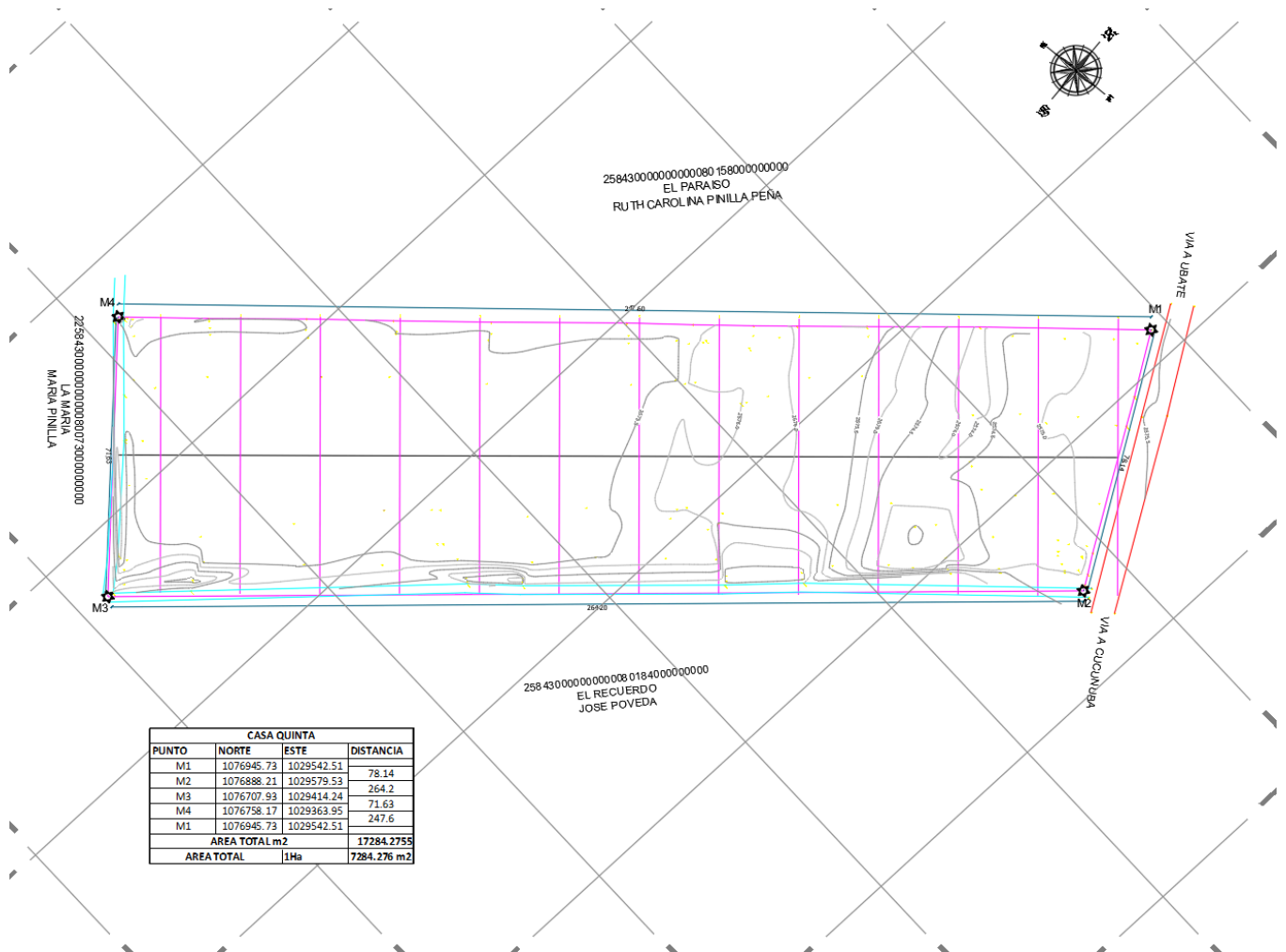
**Figura 5. Ubicación Satelital zona de Trabajo, Google Earth.**

En la *Figura 5*. se puede observar el área urbana y rural del municipio de Ubaté, seleccionando con el recuadro amarillo la zona donde se va a realizar el proyecto, la cual tiene un área de 17285.26 m<sup>2</sup>. Cabe mencionar que el área rural del municipio es de aproximadamente 98000000 m<sup>2</sup> o 98 km<sup>2</sup>.



**Figura 6. Ubicación zona de trabajo para el proyecto, Google Earth.**

En la Figura 6 se localiza la zona donde se va a implementar el estudio. Este predio está situado en la vereda tausavita y comprende un área de 17285.26 m<sup>2</sup>. En la Figura 7. Se encuentra el plano topográfico del predio mencionado (Figura 7).




**Figura 7. Levantamiento topográfico de la zona estudio, Fuente propia.**

**Para el tercer objetivo, al determinarse el sitio de trabajo y también obtenida la información de precipitación, se realizaron las siguientes actividades en la zona.**

Excavación in situ para hallar altura del nivel freático	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Ubicación:</b> Finca Casa Blanca-Vereda Tausavita.</li> <li>- <b>Ensayo:</b> Inspección visual y táctil.</li> <li>- <b>Descripción:</b> se identificaron dos tipos de suelo. En la imagen izquierda se ve un material de textura fina de alta plasticidad y permeabilidad baja por lo que se denomina arcilloso.</li> <li>- En la imagen derecha se encontró un material con fragmentos de roca que presenta una resistencia mecánica alta y escasa deformabilidad. Este suelo corresponde a un material rocoso.</li> </ul>	 <p><b>Figura 8. Excavación in situ. Fuente propia.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Ubicación:</b> Finca Casa Blanca-Vereda Tausavita.</li> <li>- <b>Método de exploración:</b> Sondeo con registro de agua</li> <li>- <b>Descripción:</b> Se realizaron varias perforaciones en distintos puntos para determinar si el nivel freático se hallaba a una profundidad mayor a la que se va a instalar el tanque (1.40m).</li> </ul>	 <p><b>Figura 9. Excavación in situ. Fuente propia.</b></p>

Por otra parte, es fundamental realizar el ensayo de tasa de infiltración de suelo, ya que es un dato de gran importancia para poder realizar el diseño del tanque.

<b>Ensayo de Laboratorio in situ Infiltración del suelo</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Ubicación:</b> Finca Casa Blanca-Vereda Tausavita.</li> <li>- <b>Tipo de ensayo:</b> Infiltrómetro de doble anillo.</li> <li>- <b>Tipo de suelo:</b> Suelo arcilloso.</li> <li>- <b>Descripción:</b> Se realizó con el fin de determinar la velocidad de infiltración del agua en condiciones controladas. Se procedió a instalar los dos anillos con una lámina de agua de 10 cm y se registró la disminución de esta lámina en ciertos intervalos de tiempo hasta obtener una tasa de infiltración estable. Los resultados permitieron desarrollar el diseño.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 10. Ensayo infiltración suelo, Fuente Propia</b></p>

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos en campo (precipitación de la zona, estudio de nivel socioeconómico, elección zona de trabajo, ensayos in situ) se procede con el diseño para el almacenamiento (véase *Figura 11*), donde se hace uso del excel de diseño de celdas aquacell brindado por la página oficial de Pavco Wavin Colombia.

Para el diseño del tanque de almacenamiento fueron necesarios los siguientes parámetros:

- Capacidad de aprovechamiento del terreno (área rural de 17.285 metros cuadrados)
- De acuerdo al área su capacidad se pueden tener aproximadamente 7 cabezas de ganado, según Fedegan, se estima que el consumo de agua de los bovinos está en el rango de 8.4 a 12.5 litros por cada 100 kg.

- Tasa de infiltración de suelo (Figura 14).
- Tiempo de aprovechamiento de reutilización del agua almacenada en el tanque.



Nit: 860.005.050-1

FECHA: 2 de octubre de 2025  
 CLIENTE: CESAR SANTIAGO POVEDA- WILSON ARTURO BAUTISTA  
 PROYECTO: PROTOTIPO ALMACENAMIENTO  
 ASESOR COMERCIAL:  
 E-MAIL: wiltonba@unibia.edu.co - WILSONARTURO.BAUTISTA@unibia.edu.co  
 UBICACIÓN: UBATE- CUNDINAMARCA

**CÁLCULOS INICIALES**

	CANTIDAD	UNIDAD
Volumen tanque requerido	30,0	[m3]
Largo	18,0	[m]
Ancho	3,0	[m]
Alto	0,8	[m]
Área de almacenamiento	54,0	[m2]
Número de Capas AQUACELL que tendrá el tanque	2	[und]
Volumen Bruto	44,6	[m3]
Cantidad de unidades Celda AQUACELL	150,0	[und]
Volumen neto de agua almacenado	41,0	[m3]
Geomembrana		[m2]
Geotextil NT 2500	186,0	[m2]

**ESQUEMA CELDA NG Y TANQUE**

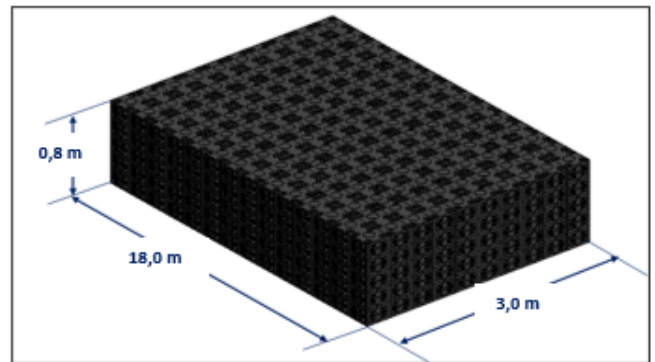
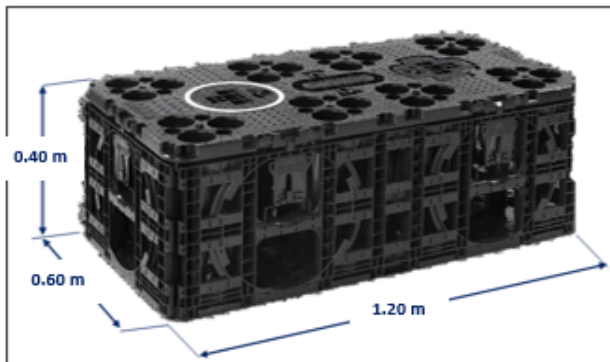


Figura 11. Diseño Tanque, Hoja Calculo diseño Pavco.



**Figura 12. Celdas Aquacell, Pavco Wavin.**

Para el sistema constructivo del tanque, se requiere de la excavación del sitio donde irá ubicado el tanque. Este deberá ir recubierto por un geotextil el cual ayudará a retener el agua dentro de las celdas. Para la profundidad se requiere de mínimo 0,50 m por debajo del nivel del terreno, esto debido a que la celdas tienen una alta capacidad portante y teniendo en cuenta que el tanque se diseñó para poder almacenar cierta cantidad de agua y ser abastecido por aproximadamente cien días. Es necesario instalar un sistema de bombeo y una cabina para realizar mantenimientos a las celdas y así evitar acumulación de sedimentos.

Para el *cuarto objetivo*, se realiza un folleto sobre el uso, beneficios e información sobre el tanque de almacenamiento. (ver anexo Folleto). Así mismo se realiza la socialización con la comunidad de la vereda Tausavita.

<b>Socialización folleto con la comunidad.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Ubicación:</b> Vereda Tausavita.</li> <li>- <b>Descripción:</b> Al terminar el diseño del prototipo de almacenamiento de agua superficial, se procedió a realizar un folleto para poder compartirlo con la comunidad de la vereda Tausavita y así dar a conocer el proyecto con sus beneficios.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 13. Socialización del folleto, fuente propia.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Ubicación:</b> Vereda Tausavita.</li> <li>- <b>Descripción:</b> Al terminar el diseño del prototipo de almacenamiento de agua superficial, se procedió a realizar un folleto para poder compartirlo con la comunidad de la vereda Tausavita y así dar a conocer el proyecto con sus beneficios.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 14. Socialización del folleto, fuente propia.</b></p>

### Análisis y Discusión de Resultados

Al realizar el ensayo en campo en busca del nivel freático para poder instalar el prototipo, se llevaron a cabo varias excavaciones de las cuales en un área se encontró suelo rocoso y en otra suelo arcilloso. En el suelo arcilloso, el nivel freático no se encontró después de llegar a una profundidad de 1,40 m. Esto es importante, ya que el tanque puede ir con un recubrimiento de 80 cm de la misma capa del terreno y así evitar futuros problemas de flotabilidad.

Así mismo se realizó el ensayo de la tasa de infiltración de suelo, el cual indicó una velocidad de filtración de 8,8 mm/h, siendo un dato importante para la elaboración del diseño.

Tiempo parcial	Tiempo Acumulado (min)	Relleno (cm)	Lectura infiltración altura (cm)	(cm/min)	(cm/h)	Lámina parcial (mm)	Lámina acumulada (mm)	Infiltración instantánea (mm/h)
0.0	0.0	10.0	10.0					0.0
1.0	1.0		9.2	0.8	48.0	8.0	8.0	480.0
1.0	2.0		8.0	1.2	72.0	12.0	20.0	720.0
1.0	3.0		6.5	1.5	90.0	15.0	35.0	900.0
1.0	4.0		6.0	0.5	30.0	5.0	40.0	300.0
1.0	5.0	10.0	5.3	0.7	42.0	7.0	47.0	420.0
2.0	7.0		9.8	0.1	6.0	2.0	49.0	60.0
3.0	10.0		8.9	0.3	18.0	9.0	58.0	180.0
3.0	13.0		8.7	0.1	5.0	2.5	60.5	50.0
3.0	16.0		8.5	0.1	3.0	1.5	62.0	30.0
5.0	21.0		7.6	0.2	10.8	9.0	71.0	108.0
5.0	26.0		7.1	0.1	6.0	5.0	76.0	60.0
5.0	31.0		6.7	0.1	4.8	4.0	80.0	48.0
10.0	41.0		6.4	0.0	1.8	3.0	83.0	18.0
10.0	51.0		6.0	0.0	2.4	4.0	87.0	24.0
10.0	61.0	10.0	5.7	0.0	1.8	3.0	90.0	18.0
11.0	72.0		9.4	0.3	20.2	6.0	96.0	32.7
15.0	87.0		9.0	-0.6	-36.0	4.0	100.0	16.0
15.0	102.0		8.6	0.0	1.6	4.0	104.0	16.0
15.0	117.0		8.4	0.0	0.8	2.0	106.0	8.0
30.0	147.0		8.0	0.0	0.8	4.0	110.0	8.0
30.0	177.0		7.8	0.0	0.4	2.0	112.0	4.0
30.0	207.0		7.6	0.0	0.4	2.0	114.0	4.0
30.0	237.0		7.4	0.0	0.4	2.0	116.0	4.0
30.0	267.0		7.2	0.0	0.4	2.0	118.0	4.0
30.0	297.0		7.0	0.0	0.4	2.0	120.0	4.0

**Tabla 2. Datos Ensayo de infiltración in situ, Fuente Propia**

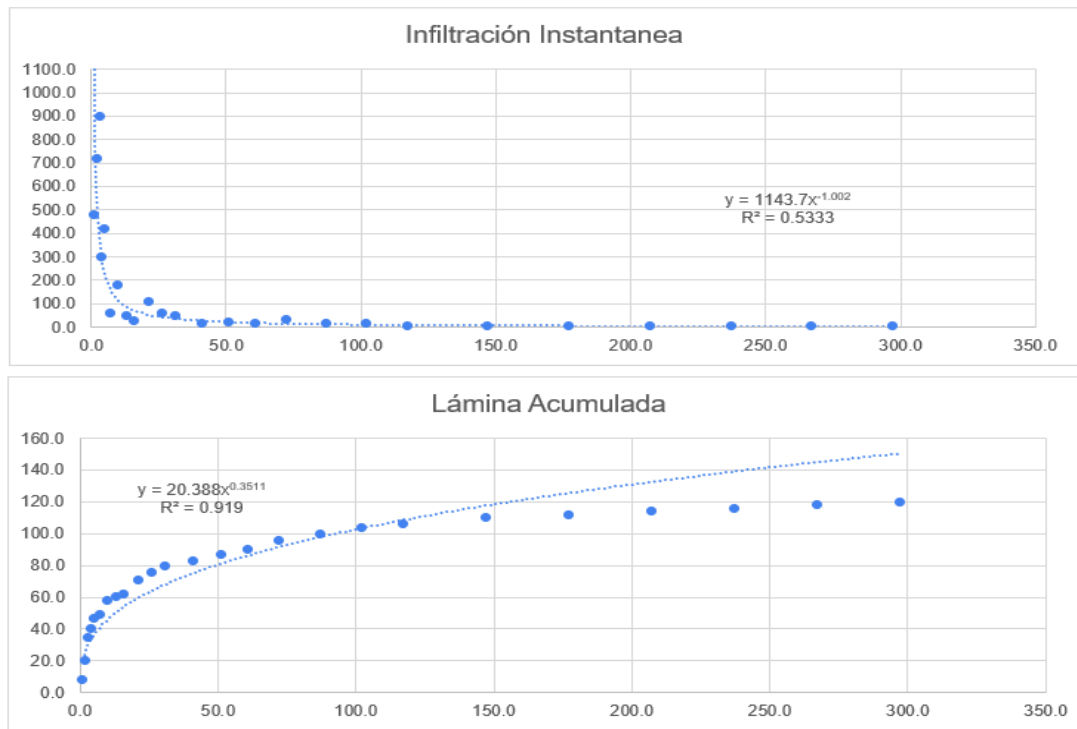


Figura 15. Gráficas Datos de ensayo de infiltración, Fuente Propia

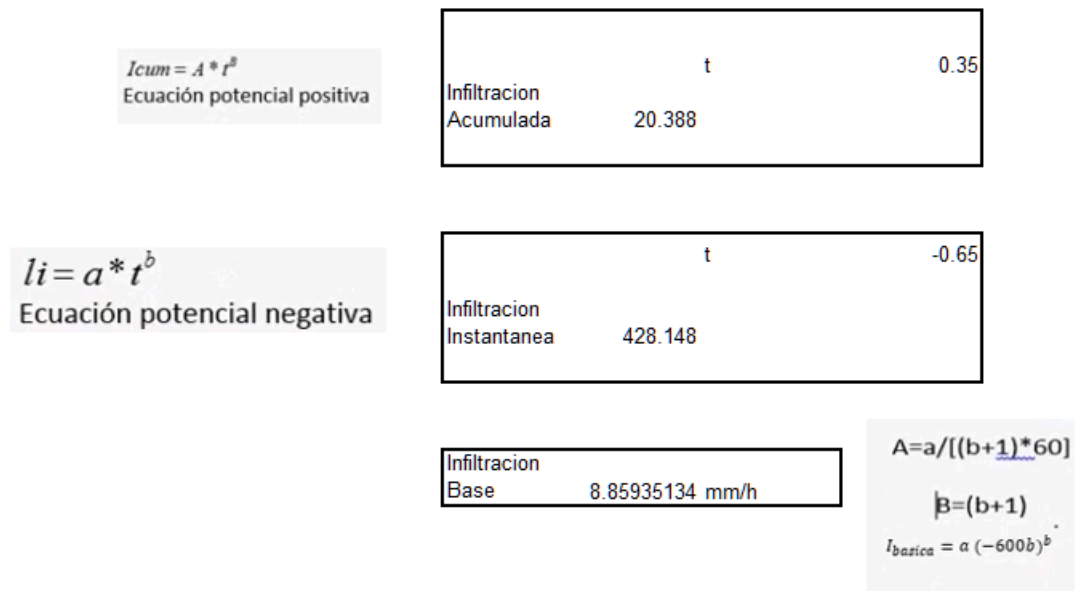


Figura 16. Resultados cálculos del ensayo de infiltración del suelo. Fuente propia.

De los resultados obtenidos en la *Figura 13* y *Figura 14*, el trabajo en campo *Figura 8* y basándose en la teoría como lo es la infiltración con el modelo green ampt (Rauhermi. (2018, 27 octubre)) se observa que se trata de un suelo arcilloso debido a los bajos niveles de infiltración obtenidos.

### Conclusiones y Recomendaciones

- Una vez analizadas las variables hidrológicas, se encontró que para los periodos analizados en el diagrama de precipitación de la estación Isla Santuario, los meses de enero, febrero, julio y agosto son de baja precipitación, por lo que se sugiere implementar este tipo de prototipo para mitigar la escasez de agua y poder ser suministrada para las actividades necesarias (ganadería, cultivos, entre otras). Por otra parte, al observar que el nivel freático se sitúa a una profundidad mayor que la de la instalación del tanque de almacenamiento, esto permite garantizar que el tanque no trabaja en condiciones de saturación permanente, lo cual evita riesgos de flotación y se garantiza un buen funcionamiento del sistema. Cabe resaltar que debido al bajo nivel de infiltración del suelo el tanque tomará aproximadamente 11 horas de lluvia para poder abastecerse en su totalidad.
- Al analizar el mapa de las condiciones económicas del municipio, se evidencia que existen muchas zonas rurales las cuales no están estratificadas.
- Al tener las características para el diseño del tanque se determinó que en un área de 17285.26 m<sup>2</sup> donde se pueden tener aproximadamente 7 cabezas de ganado, según Fedegan, se estima que el consumo de agua de los bovinos está en el rango de 8.4 a 12.5 litros por cada 100 kg, por lo que el tanque debe tener un área excavada de 54 m<sup>2</sup> con dimensiones de 18m x 3m x 0.80m, para una capacidad total de almacenamiento de 41 m<sup>3</sup> y para 100 días de suministro.

***Recomendaciones:***

- Dentro de los objetivos de la investigación se encontraba la socialización con la comunidad para ello se elaboró un folleto con todos los aspectos relevantes en cuanto al uso, aspectos constructivos, mantenimiento de sistema propuesto para el suministro de agua para la ganadería fuente de ingresos de la población lo que fue muy bien recibido dentro de la comunidad.
- Es importante que se continúe con este proyecto para que sea replicable a otras comunidades en condiciones similares a la estudiadas con el fin de contribuir al bienestar de la comunidad rural.
- Luego de la interacción con la comunidad, se recomienda continuar con este tipo de proyectos e impulsarlos con entidades gubernamentales para el beneficio de las zonas rurales.

### Lista de Referencia o Bibliografía

Barreto-Velásquez, Y.F. & León-Mechán, J.A. (2021). Diseño de un prototipo para la reutilización de aguas grises en viviendas. Trabajo de grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia.

[https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/7989f4cb-6019-42ae-a586-09f306b34ba7?utm\\_source=chatgpt.com](https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/7989f4cb-6019-42ae-a586-09f306b34ba7?utm_source=chatgpt.com)

Unver, U., Kanmaz, N., Papadopoulos, A. M., & Hajek, P. (2024). Introduction of a modular passive rainwater harvest system for existing buildings. *Urban Water Journal*, 21(5), 626–637.

<https://doi.org/10.1080/1573062X.2024.2331173>.

Köster, S., Hadler, G., Opitz, L., & Thoms, A. (2023). *Using stormwater in a sponge city as a new wing of urban water supply: A case study*. **Water**, 15(10), 1893.

<https://doi.org/10.3390/w15101893>

Rahman, A. (2017). Recent advances in modelling and implementation of rainwater harvesting systems towards sustainable development. *Water*, 9(12), 959.

<https://doi.org/10.3390/w9120959>.

Asamblea Nacional Constituyente de Francia. (26 de agosto de 1789). Declaración Universal de los Derechos del Hombre y del Ciudadano.

[https://www.conseil-constitutionnel.fr/sites/default/files/as/root/bank\\_mm/espagnol/es\\_ddhc.pdf](https://www.conseil-constitutionnel.fr/sites/default/files/as/root/bank_mm/espagnol/es_ddhc.pdf)

Constitución política de Colombia [Const. P.]. (1991). Colombia: Leyer, 2.da ed. 10/02/2020.

[http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion\\_politica\\_1991.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html)

Constitución política de Colombia [Const. P.]. (1991). Colombia: Leyer, 2.da ed. 10/02/2020.

[http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion\\_politica\\_1991.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html)

Corte Constitucional [C.C.], enero 22, 2004, M.P: M. Cepeda. Sentencia T-025/04. Colombia. 10/02/2020.

<https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2004/t-025-04.htm>

Corte Constitucional [C.C.], enero 23, 2008, M.P: R. Escobar. Sentencia C-030/08. Colombia. 10/02/2020.

<https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2008/c-030-08.htm>

Dec. 2374 / 93, noviembre 30, 1993. Ministerio de Educación Nacional. (Colombia). 10/02/2020.

[https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-104283\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-104283_archivo_pdf.pdf)

Dec. 2613 / 13, noviembre 20, 2013. Ministerio del Interior. (Colombia). 10/02/2020.

[https://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/11\\_decreto\\_2613\\_de\\_2013.pdf](https://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/11_decreto_2613_de_2013.pdf)

Ley 70 / 93, agosto 27, 1993. Diario Oficial. [D.O.]: 41.013. (Colombia).10/02/2020.

<https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2006/4404.pdf?file=fileadmin/Documentos/BDL/2006/4404>

Ley 89 / 90, noviembre 25, 1890. Ministerio de Interior. [OIPI]. (Colombia).10/02/2020.

<https://www.mininterior.gov.co/la-institucion/normatividad/ley-89-de-1890>

Naciones Unidas Derechos humanos. (diciembre, 1965). Convención Internacional sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación Racial. Trabajo presentado en la Asamblea General en su

resolución 2106 A (XX). Colombia.

[https://www.ohchr.org/Documents/ProfessionalInterest/cerd\\_SP.pdf](https://www.ohchr.org/Documents/ProfessionalInterest/cerd_SP.pdf)

Organización de los Estados Americanos. (1994). Convención Interamericana para prevenir, sancionar y erradicar la violencia contra la mujer. Trabajo presentado en la Organización de los Estados Americanos Departamento de Derecho Internacional, Belém.

<https://www.oas.org/es/mesecvi/convencion.asp>

Organización de los Estados Americanos. (noviembre, 1969). Convención americana sobre derechos humanos suscrita en la conferencia especializada interamericana sobre derechos humanos (B-32). Trabajo presentado en la Organización de los Estados Americanos Departamento de Derecho Internacional, Costa Rica.

[https://www.oas.org/dil/esp/tratados\\_b-32\\_convencion\\_americana\\_sobre\\_derechos\\_humanos.htm](https://www.oas.org/dil/esp/tratados_b-32_convencion_americana_sobre_derechos_humanos.htm)

Presidente de la Republica. (2010). Garantía del derecho fundamental a la consulta previa de los grupos étnicos nacionales. Directiva Presidencial no. 1 (p.1–7). Colombia. Recuperado de

[https://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/13\\_directiva\\_presidencial\\_01\\_de\\_2010.pdf](https://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/13_directiva_presidencial_01_de_2010.pdf)

Presidente de la Republica. (2013). *Guía para la realización de consulta previa*. Directiva Presidencial no. 10 (p.1–26). Colombia.

[https://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/12\\_directiva\\_presidencial\\_ndeg\\_10\\_del\\_07\\_de\\_noviembre\\_2013\\_4.pdf](https://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/12_directiva_presidencial_ndeg_10_del_07_de_noviembre_2013_4.pdf)

Rodríguez Mesa, R. (2019). *Tratado Sobre Seguridad Social*. Universidad Del Norte.

<https://Ugc.Elogim.Com:3107/Es/Ereader/Ugc/122380?Page=64>

Velásquez, M, (2007). *El Sistema Pensional Colombiano*. Señal Editora. Medellín Colombia.

*El uso del agua estructurada en la ganadería.* (s/f). Org.co. Recuperado el 3 de octubre de 2025, de


<https://www.fedegan.org.co/noticias/el-uso-del-agua-estructurada-en-la-ganaderia>

Rauhermi. (2018, 27 octubre). *La infiltración con el modelo de Green Ampt | Es el agua.*

<https://eselagua.com/2018/10/27/la-infiltracion-con-el-modelo-de-green-ampt/>

## Anexos

Link google drive de anexos del trabajo.

-  ANEXOS TANQUE DE ALMACENAMIENTO AQUACELL

Anexo 1. Fotografías zona de estudio y ensayos de campo.

Anexo 2. Excel calculo ensayo de infiltrómetro de doble anillo in situ.

Anexo 3. Excel diseño del tanque.

Anexo 4. Folleto de socialización del proyecto

Anexo 5. Fotos socialización folleto comunidad.