



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN  
SERVICIOS BIBLIOTECARIOS  
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 3

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO PARA CULTIVO DE AGUACATE (persea americana variedad Lorena o Papelillo) SEMBRADO EN LA FINCA EL TRIUNFO, VEREDA EL MESÓN DEL MUNICIPIO DE GARZÓN - HUILA

**AUTOR O AUTORES:**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| RAMÍREZ<br>NARVAEZ         | JUAN FELIPE              |
| VANEGAS<br>VALENCIA        | EDGAR ANDRES             |

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| VARGAS<br>HOYOS            | JHON JAIRÓ               |

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGRICOLA**

**FACULTAD: INGENIERIA**

**PROGRAMA O POSGRADO: INGENIERIA AGRICOLA**

**CIUDAD: GARZON**

**AÑO DE PRESENTACIÓN: 2021 NÚMERO DE PÁGINAS: 70**

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas ☒ Fotografías ☒ Grabaciones en discos ☐ Ilustraciones en general ☐ Grabados ☐  
Láminas ☐ Litografías ☐ Mapas ☒ Música impresa ☐ Planos ☐ Retratos ☐ Sin ilustraciones ☐  
Tablas o Cuadros ☒

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento: WORD

**MATERIAL ANEXO:** Diseño en AutoCAD

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**



Español

Inglés

- |    |                         |                             |
|----|-------------------------|-----------------------------|
| 1. | <u>microaspersión</u>   | <u>micro-spray</u>          |
| 2. | <u>fertiirrigación</u>  | <u>fertigation</u>          |
| 3. | <u>conducción</u>       | <u>driving</u>              |
| 4. | <u>balance hídrico</u>  | <u>water balance</u>        |
| 5. | <u>riego localizado</u> | <u>localized irrigation</u> |

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

El proyecto busca realizar una propuesta de un sistema de riego para el cultivo de aguacate Lorena en producción para mejorar el rendimiento y lograr una producción óptima del cultivo, para lo cual se debe tener en cuenta como factor principal el recurso hídrico, es por esto que se hace necesario implementar un sistema de riego que haga uso eficiente y racional del agua. El área de estudio pertenece a la finca El Triunfo ubicada en la vereda El Mesón del municipio de Garzón departamento del Huila, con una extensión de ocho (8) hectáreas dentro de las cuales se comprende cuatro hectáreas con cultivo de aguacate variedad Lorena con tiempo de siembra de 6 años y cuatro hectáreas en otros servicios. Para la realización del proyecto se tomó un área de 2,5 hectáreas con el fin de realizar las labores requerida, se hizo la georreferenciación y se delimito el área de estudio; así mismo se realizó el análisis de suelo en el laboratorio especializado LAGSA; se obtuvo la infiltración mediante el método doble anillo, se realizó el diseño agronómico y el diseño hidráulico del sistema de riego localizado por micro aspersión. La distribución del sistema de riego se caracteriza por tener una tubería principal, tubería de distribución y laterales, estos debidamente distribuidos en tres sectores con válvulas bola lisa o llaves de paso en cada sector, el sistema de riego funciona con una presión proporcionada por una electrobomba que se encuentra en el cabezal o centro de control.



**ABSTRACT:** (Maximo 250 palabras)

The project seeks to make a proposal for an irrigation system for the Lorena avocado crop in production to improve yield and achieve optimal crop production, for which the water resource must be taken into account as the main factor, that is why it is necessary to implement an irrigation system that makes efficient and rational use of water. The study area belongs to the El Triunfo farm located in the El Mesón village of the Garzón municipality, Huila department, with an area of eight (8) hectares within which there are four hectares with Lorena variety avocado cultivation with time of sowing of 6 years and four hectares in other services. To carry out the project, an area of 2.5 hectares was taken in order to carry out the required tasks, georeferencing was made and the study area was delimited; Likewise, the soil analysis was carried out in the LAGSA specialized laboratory; Infiltration was obtained by means of the double ring method, the agronomic design and the hydraulic design of the localized irrigation system by micro aspersion was carried out. The distribution of the irrigation system is characterized by having a main pipe, distribution pipe and sides, these duly distributed in three sectors with smooth ball valves or stopcocks in each sector, the irrigation system works with a pressure provided by an electric pump found in the head or control center.

**APROBACION DE LA TESIS:**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO PARA CULTIVO DE AGUACATE (persea americana variedad Lorena o Papelillo) SEMBRADO EN LA FINCA EL TRIUNFO, VEREDA EL MESÓN DEL MUNICIPIO DE GARZÓN - HUILA**

Nombre Jurado: LUIS FERNANDO CALDERÓN ALVARADO

Firma:

Nombre Jurado: JOSE AGENER ZAPATA CASTAÑEDA

Firma:

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO PARA CULTIVO DE  
AGUACATE (persea americana variedad Lorena o Papelillo) SEMBRADO EN LA  
FINCA EL TRIUNFO, VEREDA EL MESÓN DEL MUNICIPIO DE GARZÓN -  
HUILA**

**EDGAR ANDRES VANEGAS VALENCIA & JUAN FELIPE RAMIREZ NARVAEZ**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA  
GARZON HUILA**

**2021**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO PARA CULTIVO DE  
AGUACATE (persea americana variedad Lorena o Papelillo) SEMBRADO EN LA  
FINCA EL TRIUNFO, VEREDA EL MESÓN DEL MUNICIPIO DE GARZÓN -  
HUILA**

EDGAR ANRES VANEGAS VALENCIA & JUAN FELIPE RAMIREZ NARVAEZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de  
Ingeniero Agrícola

Director:

JHON JAIRO VARGAS HOYOS.

Ing. Agrícola

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA

GARZON HUILA

2021

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del director

---

Jurado

---

Jurado

## **TABLA DE CONTENIDO**

|        |                                                          |    |
|--------|----------------------------------------------------------|----|
| 1.     | ANTECEDENTES .....                                       | 16 |
| 2.     | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                         | 22 |
| 3.     | MARCO TEORICO.....                                       | 23 |
| 2.1.   | Componentes del Sistema de Riego por Microaspersión..... | 24 |
| 2.1.1. | Fuente de abastecimiento de agua.....                    | 24 |
| 2.1.2. | Cabezal principal de Riego .....                         | 25 |
| 2.1.3. | Sistema de fertirrigación.....                           | 25 |
| 2.1.4. | Equipo de bombeo.....                                    | 25 |
| 2.1.5  | Sistema de filtrado.....                                 | 26 |
| 2.2.   | Tuberías de conducción principales .....                 | 26 |
| 2.3.   | Sectores de riego .....                                  | 27 |
| 2.3.1. | Tubería múltiple y Accesorios .....                      | 27 |
| 2.3.2. | Laterales de Riego .....                                 | 27 |
| 2.4.   | Emisores de riego (Microaspersores).....                 | 28 |
| 4.     | ALCANCE .....                                            | 29 |
| 5.     | OBJETIVOS.....                                           | 30 |
| 4.1    | OBJETIVO GENERAL .....                                   | 30 |
| 4.2    | OBJETIVOS ESPECIFICOS .....                              | 30 |
| 6.     | METODOLOGÍA.....                                         | 31 |

|                                                       |                                     |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 5.1 Características generales del predio .....        | 31                                  |
| 5.2 Fuente de abastecimiento de agua.....             | 31                                  |
| 5.3 levantamiento topográfico .....                   | 31                                  |
| 5.4 Estudio de suelos.....                            | 31                                  |
| 5.5 Prueba de infiltración del suelo .....            | 32                                  |
| 5.6 Balance hídrico décadal cultivo de aguacate ..... | 32                                  |
| 5.7 Diseño agronómico .....                           | 33                                  |
| 5.8 Sistema de fertiirrigación .....                  | 33                                  |
| 5.9 Equipo de bombeo .....                            | 33                                  |
| 5.10 Tuberías de conducción principales .....         | 34                                  |
| 5.11 Laterales de Riego.....                          | 34                                  |
| 5.12 Emisores de riego (Microaspersores).....         | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.13 Sistema de filtrado .....                        | 58                                  |
| 5.14 Sectores de riego .....                          | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.15 Accesorios tubería múltiples.....                | 35                                  |
| 5.16 Cálculos hidráulicos .....                       | 35                                  |
| 7. RESULTADOS .....                                   | 37                                  |
| 6.1 Características generales del predio .....        | 37                                  |
| 6.2 Estudio de suelos.....                            | 38                                  |
| 6.3 Prueba de infiltración del suelo.....             | 39                                  |

|       |                                                      |                                     |
|-------|------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 6.4   | Balance hídrico décadal cultivo de aguacate .....    | 42                                  |
| 6.5   | Diseño agronómico .....                              | 43                                  |
| 6.6   | Trazado del sistema de riego .....                   | 45                                  |
| 6.7   | Cálculos de hidráulicos .....                        | 45                                  |
| 6.8   | Requerimientos de potencia.....                      | 53                                  |
| 6.8.1 | Cálculos para sistema de bombeo.....                 | 53                                  |
| 6.8.2 | Cálculos de la bomba .....                           | 57                                  |
| 6.9   | Elementos de control medición y prevención.....      | 59                                  |
| 6.9.1 | Sistema de fertirrigacion.....                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 6.9.2 | Llaves de paso o válvulas bola lisa .....            | 59                                  |
| 6.9.3 | Sistema de lavado tuberías y laterales .....         | 60                                  |
| 6.9.4 | Centro de control.....                               | 61                                  |
| 7     | MANUAL OPERACIONAL Y MANTENIMIENTO .....             | 62                                  |
| 7.1   | Electrobomba .....                                   | 62                                  |
| 7.2   | Tubería de riego laterales y micro aspersores.....   | 62                                  |
| 7.3   | Recomendando el lavado de la siguiente manera: ..... | 63                                  |
| 8     | PRESUPUESTO .....                                    | 64                                  |
| 9     | CONCLUSIONES .....                                   | 68                                  |
| 10    | RECOMENDACIONES .....                                | 69                                  |
| 11    | REFERENCIAS .....                                    | 70                                  |

|    |             |    |
|----|-------------|----|
| 12 | ANEXOS..... | 73 |
|----|-------------|----|

## **Lista de tablas**

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Prueba De Infiltración.....                   | 40 |
| Tabla 2. Velocidad de Infiltración.....                | 41 |
| Tabla 3.Evapotranspiración potencial .....             | 43 |
| Tabla 4. Diseño agronómico autor Ing. Jhon Jairo ..... | 45 |
| Tabla 5. Lista de materiales y presupuestos .....      | 67 |

## Lista de ilustraciones

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. Filtro .....                                                                                           | 58 |
| Ilustración 2. Ubicación finca El Triunfo vereda El Mesón de Garzón-Huila, fotografía de Google Earth.....            | 37 |
| Ilustración 3 Climograma Garzón-Huila extraído climate.date.org.....                                                  | 38 |
| Ilustración 4 Análisis físico del suelo.....                                                                          | 39 |
| Ilustración 5 curva de infiltración .....                                                                             | 40 |
| Ilustración 6 infiltración instantánea .....                                                                          | 41 |
| Ilustración 7. Valores de referencia Instituto Internacional de Investigaciones Agropecuarias o Ganaderas (ILRI)..... | 42 |
| Ilustración 8. Características micro aspersor tomado de catálogo... ..                                                | 44 |
| Ilustración 9 Diseño sistema de riego por microaspersión autores Juan Felipe Ramírez y Andrés Vanegas .....           | 45 |
| Ilustración 10. Sistema de fertirrigación.....                                                                        | 59 |
| Ilustración 11 Distribución válvulas bola lisa sector 1.....                                                          | 60 |
| Ilustración 12. Distribución válvulas bola lisa sector 2 y 3 .....                                                    | 60 |
| Ilustración 13. Tubería distribuidora sistema de lavado .....                                                         | 60 |
| Ilustración 14. Centro de control o cabezal del sistema de riego.....                                                 | 61 |

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios, por darme la oportunidad de vivir, darme salud y por fortalecer mis capacidades, por brindarme la sabiduría necesaria para culminar este proceso.

A mis padres, Libardo Ramírez Narváez (QEPD) y Luz Stella Narváez Clevez que son mi principal motivación, mi ejemplo de trabajo y superación. Gracias por su apoyo incondicional y por el gran esfuerzo que han hecho para brindarme educación.

A mi tía, Ana Yanith Narváez por su dedicación e incondicionalidad en el transcurso de mi vida. A mis hermanos por brindarme su cariño y desear siempre lo mejor para mí.

Gracias al Ingeniero Jhon Jairo Vargas Hoyos, nuestro director de proyecto por guiarnos y apoyarnos durante el desarrollo del presente proyecto. A los docentes de la Universidad Surcolombiana por su labor de enseñanza.

A mis compañeros, por su amistad y compañía en este proceso, deseándoles éxito como profesionales.

Por último, a mi novia Lina María Polanco Cardozo, porque durante el transcurso de mi formación profesional siempre estuvo presente.

**Juan Felipe Ramírez Narváez**

El presente proyecto va dedicado principalmente a Dios por ser el que me dio la vida y el conocimiento para culminar esta etapa tan esperada orgullosamente y con la cara muy en alto agradezco a mis padres, Edgar Vanegas Rivera y Fanny Valencia Quiza quiénes con su apoyo permitieron que me pudiera formar como persona en esta etapa tan anhelada.

También al señor Libardo Vanegas y a la doctora Mirian Gómez, a la señora milena Vanegas y Diana Vanegas quienes también fueron un gran apoyo en éste proceso, a Mis hermanas quienes confiaron en mí y son parte de mi vida, a Lizeth Tovar Valderrama quien siempre confió en mí y es mi regalo de Dios, a Jhon Jairo Vargas Hoyos y José Agener Zapata por la paciencia y colaboración brindada.

**Edgar Andrés Vanegas Valencia**

## RESUMEN

Según el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (ONU-DAES, 2015) la escasez de agua constituye uno de los principales desafíos del siglo XXI al que se están enfrentando ya numerosas sociedades de todo el mundo. El uso y consumo de agua creció dos veces superior a la tasa de crecimiento de la población.

El proyecto busca realizar una propuesta de un sistema de riego para el cultivo de aguacate Lorena en producción para mejorar el rendimiento y lograr una producción óptima del cultivo, para lo cual se debe tener en cuenta como factor principal el recurso hídrico, es por esto que se hace necesario implementar un sistema de riego que haga uso eficiente y racional del agua. El área de estudio pertenece a la finca El Triunfo ubicada en la vereda El Mesón del municipio de Garzón departamento del Huila, con una extensión de ocho (8) hectáreas dentro de las cuales se comprende cuatro (4) hectáreas con cultivo de aguacate variedad Lorena con tiempo de siembra de 6 años, densidad de siembra de 8m x 8m y cuatro (4) hectáreas en otros servicios (vivienda, lagos, cultivos frutales, potreros y porcicultura)

Para la realización del proyecto se tomó un área de 2,5 hectáreas con el fin de realizar las labores requerida, se hizo la georreferenciación y se delimito el área de estudio; así mismo se realizó el análisis de suelo en el laboratorio especializado LAGSA (ubicado en la carrera 5 #21A - 61 Neiva-Huila); se obtuvo la infiltración mediante el método doble anillo, se realizó el diseño agronómico y el diseño hidráulico del sistema de riego localizado por micro aspersión. La distribución del sistema de riego se caracteriza por tener una tubería principal, tubería de distribución y laterales, estos debidamente distribuidos en tres sectores con válvulas bola lisa o llaves de paso en cada sector, el sistema de riego funciona con una presión proporcionada por una electrobomba que se encuentra en el cabezal o centro de control.

El sistema de riego por microaspersión es una técnica de riego, caracterizada por ser una fuente de ahorro de agua, en conjunto con el fertirriego es la técnica que hace más eficiente el uso del agua y nutrientes, ya que son suministrados al mismo tiempo y de manera localizada. Este sistema tiene como objetivo satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, en el momento adecuado y en la cantidad necesaria, aplicando el agua de manera eficiente y uniforme.

## **Abstract**

According to the United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN-DESA, 2015), water scarcity constitutes one of the main challenges of the 21st century that is already facing many societies around the world. The use and consumption of water grew twice the rate of population growth.

The project seeks to make a proposal for an irrigation system for the cultivation of Lorena avocado in production to improve the yield and achieve an optimal production of the crop, the main factor must be taken into account the water resource, that is why it is done It is necessary to implement an irrigation system that makes efficient and rational use of water. The study area belongs to the El Triunfo farm located in the El Mesón village of the Garzón municipality, Huila department, with an area of eight (8) hectares within which four (4) hectares are cultivated with Lorena variety avocado cultivation. with sowing time of 6 years, planting density of 8m x 8m and four (4) hectares in other services (housing, lakes, fruit crops, pastures and pig farming)

To carry out the project, an area of 2.5 hectares was taken in order to carry out the required tasks with greater precision. Georeferencing was done and the study area was delimited; Likewise, the soil analysis was carried out in the specialized laboratory LAGSA (located in Carrera 5 # 21 a 61 Neiva-Huila); double ring method infiltration test, the agronomic design was carried out and also the design of the localized irrigation system by micro sprinklers. The distribution of the irrigation system is characterized by having a main pipe, distribution pipe and sides, these duly distributed in three sectors with smooth ball valves or stopcocks in each sector, the irrigation system works with a pressure provided by an electric pump located in the head or control center.

The micro-sprinkler irrigation system is a risky technique, characterized by being a source of water savings. This system aims to meet the water needs of the crop, at the right time and in the necessary amount, applying water efficiently and uniformly.

## **1. ANTECEDENTES**

Según la revisión de la literatura encontramos variedad de investigaciones y artículos, que han propuesto un tipo de diseño de sistema de riego para un cultivo, a continuación, citamos algunos de ellos.

(Alvarado, 1996) Realizo un diseño e implementación de un sistema de riego tecnificado en paltos y cítricos, en Santiago de Chile. El objetivo del proyecto consistió en la planificación en base a recopilación y estudio de antecedentes relacionados con el predio, y obtención del anteproyecto de las obras. Los resultados del proyecto arrojaron el periodo en seco por condiciones climáticas, suelo y cultivos como también el agua que requiere ser aportada en forma de riego. También se concluyó los sistemas de riego óptimos para los cultivos planteados por el autor y se determina que el proyecto es factible técnica y económicamente.

(J.M. Hermoso, 2003) Durante seis años realizaron una investigación mediante la comparación de árboles adultos de aguacate, regados por dos sistemas de riego clasificados como goteo y microaspersión. El estudio fue realizado en la ciudad de Málaga, España a inicios de enero de 1985 con árboles de Reed sobre Topa-Topa de 7.5 años de edad plantados a 7 x 4 m. Inicialmente los árboles se regaban con 6 goteros de 3.3 l.h-1 a 0.1 mPa de presión, situados en dos filas paralelas a 0.8 m del tronco con 1.33 m de separación en la línea. Para el tratamiento de microaspersión se sustituyeron los 6 goteros por un microaspersor (DAN 8855) en la fila a 2 metros del tronco con 19.8 l.h-1 de caudal funcionando simultáneamente con el goteo. A medida de los cambios estacionales los parámetros iban siendo graduados, con el uso de diferentes productos para el manejo de plagas entre otros. Los autores lograron constatar que, en un suelo con baja capacidad de retención de agua, tras un periodo de

adaptación de dos años, la microaspersión mejoró el crecimiento vegetativo y la productividad de Reed. Ello fue probablemente debido al aumento del área mojada, como también las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas de riego.

(Flores Hernandez, 2007) Desarrolló una investigación documental del proceso de producción con el uso tecnologías, identificando el potencial productivo y acciones que permiten mejorar los procesos. Lo que el autor logro concluir según los resultados de la investigación es que el uso de sistemas de riego presurizado y fertiirrigación es cada vez más usados mundialmente dado que permiten un uso eficiente de los recursos, mayores rendimientos y mejor calidad. Otro aspecto es que los sistemas de riego localizados como el goteo y la microaspersión son los mejores para su aplicación en la producción de aguacate. La investigación fue desarrollada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México en septiembre del año 2007.

(Hernandez, 2017) Realizo una investigación con el objetivo de justificar el uso de micro aspersores con flujo regulado en sistemas de micro irrigación relacionados con la pendiente topográfica para huertas de aguacate instaladas en el municipio de Tuxpan Jalisco, México. El autor utilizo una metodología mixta con el uso de datos cualitativos y cuantitativos con el uso de curvas con las que identifico la evapotranspiración pico del aguacate y así la demanda de agua en el respectivo mes, como también gasto presión, variaciones del caudal, desgaste de boquillas, calidad de agua, gastos sistemáticos de cada una de las huertas.

A nivel Nacional, encontramos las siguientes investigaciones;

(Alemán Lopez & Fonseca Díaz, 2015) Presentaron un diseño de un sistema de riego por aspersores, para 4 manzanas de aguacate, ubicado en el departamento de Carazo,

municipio de Diriamba. Como resultado determinaron las características del suelo de la finca estudiada como textura, capacidad, densidad y punto de marchitez. Además, evidenciaron que el sistema de riego por aspersión instalado es práctico y eficiente por cuanto puede ser operado por una sola persona ahorrando mano de obra.

(ORTIZ, 2016) Propuso el diseño e implementación de un sistema de riego en la Finca Bella Vista ubicada en la Vereda Agua blanca del municipio de Santander de Quilichao, con el objetivo de dar solución a la problemática de sequía actualmente. La metodología utilizada fue de tipo aplicativo, estableciendo diagnósticos, recolección de datos de fuentes primarias y secundarias y el uso de métodos estadísticos. Como resultados el autor planteo condiciones ambientales óptimas para la instalación del sistema de riego como también descifro que el riego por goteo es el más recomendado para evitar posibles desperdicios. En cuanto a los costos identifiqué que son factibles.

“Existe una necesidad urgente de reconciliar las demandas de agua con el fin de mantener las funciones de los ecosistemas y para la producción de alimentos. Hallar dicho equilibrio es particularmente importante en los países en desarrollo, donde la agricultura y el entorno natural son con frecuencia los principales "motores de crecimiento" potenciales para mitigar la pobreza y el hambre”. (Toledo, 2012). La importancia de la buena producción de alimentos se puede considerar por el suministro del recurso hídrico en su gran mayoría. La calidad de un producto en la agricultura trae beneficios económicos; considerando que hay muchos ejemplos de riego en nuestra cultura a través de la historia tales como los indígenas los cuales tenían un equilibrio entre dicha sociedad y la naturaleza.

“Muchos investigadores consideran al desarrollo de la agricultura como un cambio crucial en la evolución cultural del hombre. Durante milenios y aún millones de años, los

humanos habían dependido de la cacería y la recolección para su alimentación. Con la agricultura, los humanos comenzaron a dominar el mundo vegetal y animal con el fin de mejorar su alimentación.” (Melissa Loaiza Díaz, 2006). El cambio de la agricultura, a través de la historia la podemos considerar también con el progreso que ha tenido durante muchos años de trayectoria junto con la implementación de herramientas claves para el mejoramiento de nuestros cultivos puesto que La acción que cumple el riego en el cultivo trae muchos beneficios eficaces para la productividad. También cuando se trata de dar soluciones es conveniente tener en cuenta factores que busquen dar solución a la problemática en este caso un método de riego que brinde beneficio al cultivo.

“La cuestión es que hay agua suficiente como para satisfacer las necesidades crecientes del mundo, pero no si no cambiamos radicalmente el modo en que se usa, se maneja y se comparte el agua; La crisis hídrica mundial es una crisis de gobernanza mucho más que de recursos disponibles”. (QUIROGA, 2018). Teniendo en cuenta todas las medidas necesarias para con nuestro recurso hídrico, al ser empleado para satisfacer dicha necesidad del cultivo. La crisis que se tiene de dicho recurso tanpreciado se debe aprovechar haciendo uso eficiente; un adecuado diseño de riego debe cumplir con todas las medidas de conservación y uso de dicho recurso.

“El riego por aspersión es la aplicación de agua en el suelo en forma de rociado, semejante a la precipitación natural. El rociado se desarrolla mediante el flujo de agua bajo presión a través de pequeños orificios o boquillas. La presión normalmente se obtiene mediante bombeo, aunque también se puede obtener mediante gravedad si la fuente de agua es lo suficiente elevado con respecto al área de riego”. (ROMERO, 2017) . Diseñar e implementar riego en cultivos es una alternativa en métodos de aplicación en forma de rocío

como si fuera lluvia, pero con un flujo moderado para que el cultivo pueda cumplir con la producción deseada; en el presente proyecto el sistema de riego por bombeo es una alternativa para aquellos sitios a donde el agua no puede llegar por gravedad.

“El diseño ha de garantizar que la instalación pueda suministrar, con una alta eficiencia, las necesidades hídricas diarias del cultivo durante el periodo de máximo consumo, estimado en base a las características del cultivo parámetros climáticos, mojando, además, un volumen de suelo suficiente para su adecuado desarrollo”. (VEGA, 2004). Cuando se busca realizar un diseño el cual va a dar la eficiencia correspondiente para que el cultivo tenga el rendimiento adecuado en producción, teniendo en cuenta todos los parámetros correspondientes se podrán llegar a cumplir las expectativas en la necesidad del riego que se va a diseñar.

Con lo mencionado en los párrafos anteriores, es evidente la existencia de investigaciones con buen contenido, resaltando la importancia de la tecnificación de la agricultura y el uso del agua ya que esta constituye un factor importante para lograr la productividad de los cultivos. No se desconoce que un sin número de agricultores planifican sus cultivos en periodos de lluvia, sin embargo, dado que los tiempos son cambiantes se corre el riesgo de pérdidas de inversión a causas de grandes sequías. Es por ello por lo que se hace necesario la implementación de infraestructuras de regadío no sin antes analizar si la productividad del cultivo justificara la inversión necesaria para obtener la técnica de riego.

El recurso hídrico es cada día más escaso, sin embargo, se malgasta, por lo que es necesario implementar sistemas de riego que optimicen el uso de agua para el riego con el fin de obtener una mayor productividad. El uso de sistemas de riego tradicionales (inundación y surcos) si bien son accesibles por el bajo costo de implementación tienen inconvenientes debido a la necesidad de cantidades altas de volúmenes de agua a aplicar en cada riego y

además la eficiencia y uniformidad del riego son relativamente bajas en comparación con los sistemas de riego presurizado como lo son aspersión, microaspersión y goteo.

Este proyecto se justifica con la mejora de la aplicación del recurso hídrico, toda vez que se hace uso eficiente y ahorro de agua, la mayor producción del cultivo, como también por que disminuye el riesgo de los efectos de la variabilidad climática en dicho cultivo.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La finca EL TRIUNFO ubicada en la Vereda EL MESÓN del Municipio de GARZÓN HUILA, es productora de Aguacate y actualmente dicho cultivo se encuentra en condición seco, es decir que el aporte de agua se adquiere por medio del suelo, la lluvia o del agua subterránea, ocasionando que este cultivo no tenga la disponibilidad de agua suficiente durante la fase de fructificación debido al cambio de estación climática. Esta deficiencia afecta desde la reducción del tamaño de los frutos, hasta la caída y pérdida de la cosecha.

En la finca El Triunfo en la vereda El Mesón del municipio de Garzón Huila, ¿cuál es el sistema de riego adecuado para aguacate Lorena en producción, para lograr garantizar una productividad mayor en el cultivo?

### **3. MARCO TEORICO**

El calentamiento global y por tanto el cambio climático es una de las mayores inquietudes a nivel mundial, debido a la influencia que tiene en los sectores económicos.

Al respecto, Stott & Jones (2004) mencionan que las observaciones científicas que empezaron a realizarse hace unas décadas indicaron un calentamiento global del planeta además de encontrar un incremento en la frecuencia de eventos extremos que se evidencian a través de inundaciones, sequias, olas de calor entre otros (Citado en Fernández, 2013, p.6). Las anomalías climáticas involucradas en el cambio climático a través de la variabilidad climática generan un impacto socioeconómico de grandes proporciones en el ámbito regional, en donde la agricultura depende del régimen de lluvias y comportamiento de temperatura, lo que se ocasiona inundaciones y deslizamientos en terrenos cultivados, proliferación de plagas y expansión de enfermedades, cambios en los ciclos vegetativos de los cultivos, cambios en los ciclos de plagas, mayor estacionalidad de la producción, pérdidas en la producción y rendimiento de cultivos, importación de productos agrícolas y amenaza a la seguridad alimentaria entre otros. (Fernández, 2013, p.6).

El agua que requieren los cultivos es aportada en forma natural por las precipitaciones, pero cuando ésta es escasa o su distribución no coincide con los períodos de máxima demanda de las plantas, es necesario aportarla artificialmente, es decir a través del riego.

El riego es la acción y efecto de regar o esparcir agua al suelo o a plantas cultivadas. Mediante diversas técnicas, se aplica agua a canteros o directamente sobre las plantas, para asegurar la producción de cultivos cuyas exigencias hídricas no son satisfechas por la

aportación de procedencia natural. Los riegos localizados aplican agua sólo sobre una parte de la superficie en cultivo (Losada, 1997, p.55).

Existen diferentes métodos de riego. No existe uno mejor que otro, sino que cada uno se ajusta mejor a cada situación en particular, aunque presentan diferencias en la eficiencia de aplicación del agua. En riego, siempre se deben reducir las pérdidas de agua, haciendo un uso más eficiente de la misma. La eficiencia de riego es la cantidad de agua disponible para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación con el total del agua que se aplicó (Demin, 2014, p.03).

El sistema de riego por microaspersión. (Liotta, Los sistemas de riego por goteo y microaspersión ) Afirma que el sistema por microaspersión “permite conducir el agua mediante una red de tuberías aplicándola al cultivo a través de emisores que entregan pequeños volúmenes de agua de manera periódica. El agua es aplicada en forma de lluvia a través de micro aspersores”.

## **2.1. Componentes del Sistema de Riego por Microaspersión**

Los sistemas de riego requieren de un diseño que contengan características de infraestructura, suelo, clima, cultivo, marco de plantación entre otros. Todo lo anterior es necesario debido a que nos proporciona información necesaria para el diseño de los diferentes componentes del sistema.

### **2.1.1. Fuente de abastecimiento de agua**

El abastecimiento para el sistema puede provenir de la red de riego en zonas con derechos o extracción de agua subterránea a través de perforaciones. En zonas con derecho de riego que requieran de almacenamiento, este se realiza en reservorios, cuyas dimensiones dependen

de la superficie a regar. Todo lo anterior se hace con el objeto de abastecer de agua de manera permanente al sistema.

### **2.1.2. Cabezal principal de Riego**

El cabezal de riego es el elemento que cumple con la función de proveer presión y caudal al sistema, filtrar el agua, inyectar fertilizantes y medir volúmenes.

Los componentes principales del cabezal principal son; equipo de bombeo, sistema de filtrado, unidad de fertilización, aparatos de control y medición y accesorios como reguladores de presión, alivio, medición y válvulas de aire.

### **2.1.3. Sistema de fertirrigación**

La fertirrigación es una técnica de aplicación de abonos disueltos en el agua de riego a los cultivos. Resulta un método de gran importancia en cultivos regados mediante sistemas de riego localizado (goteo), aunque también se usa, en menor medida, en sistemas de riego por aspersión (equipos pivote y cobertura total). La diferencia principal entre estos sistemas es que en el riego localizado no se moja toda la superficie, mientras que esto sí sucede en riego por aspersión. El objetivo principal de la fertirrigación es el aprovechamiento del flujo de agua del sistema de riego para transportar los elementos nutritivos que necesita la planta hasta el lugar donde se desarrollan las raíces, con lo cual se optimiza el uso del agua, los nutrientes y la energía, y se reducen las contaminaciones si se maneja adecuadamente.

### **2.1.4. Equipo de bombeo**

Está constituido por una o más bombas cuyo tamaño y potencia depende de la superficie a regar, para el cálculo de la bomba se utilizó las siguientes formulas

- Bomba eléctrica (KW)

$$KW = \frac{CDT * Q \text{ (lps)}}{102 * Em * Eb}$$

Donde:

CDT: Cabeza dinámica total (mca)

Q: caudal (lps)

Em: eficiencia del motor

Eb: eficiencia de la bomba

### **2.1.5 Sistema de filtrado**

El sistema de filtrado es una parte clave, pero también se convierte en uno de los problemas más graves que se presentan en las instalaciones de riego. Estas dificultades se presentan por partículas minerales, material orgánico y materiales precipitados. Debido a lo anterior existen variedad de precauciones o técnicas para evitar la entrada de estos elementos; rejillas o decantadores, pre filtrado en la succión, hidrociclones, filtros de grava, filtros de malla y anillas.

### **2.2. Tuberías de conducción principales**

Las tuberías más empleadas en el sistema de riego por microaspersión son de cloruro de polivinilo (PVC) y de polietileno (PE). El PVC se usa en diámetros superior a 50 mm para las líneas de distribución primaria, secundaria y terciaria.

Para calcular el diámetro de las tuberías se utilizó la fórmula de Hazen-Williams que se expone a continuación

$$D = \left( \frac{Q}{41,775 * J^{0,54}} \right)^{0,38}$$

Donde:

Q: Caudal m<sup>3</sup>/S

J: Pérdidas de carga unitaria m/m

$J = \text{Diferencias de alturas (m)} / \text{Longitud tubería (m)}$

### **2.3. Sectores de riego**

Son áreas definidas para la aplicación del riego, las cuales deben ser homogéneas en extensión, con el mismo número de plantas y caudales iguales. Son operados mediante válvulas que se instalan en los arcos de riego, donde se controla los caudales y las presiones del agua.

#### **2.3.1. Tubería múltiple y Accesorios**

Son las tuberías que abastecen de agua los sectores de riego y hacen parte de los arcos de riego, de las cuales se conectan los laterales de riego. Son componentes que de manera frecuente se encuentran en el diseño y análisis de los sistemas de riego presurizado; como en las tuberías de las líneas laterales de la aspersión; en líneas regantes y distribuidoras del riego localizado (goteo, cinta de riego, microaspersión, etc.) y las tuberías con multicompuertas para riego por gravedad.

#### **2.3.2. Laterales de Riego**

Son mangueras que se ubican dentro del cultivo a lo largo de la hilera de plantas y a una distancia. Normalmente son de 16 y 20 mm en función del caudal a distribuir y la longitud de riego. Los laterales de riego se conectan a las tuberías terciarias por medio de conectores iniciales prácticos formados por un espigo (enchufe) para conectar el lateral y la conexión a la tubería con una silleta que sella el orificio de salida.

Para calcular el diámetro de las tuberías se utilizó la fórmula que se expone a continuación

$$D = \left( \frac{Q}{41,775 * J^{0,54}} \right)^{0,38}$$

Donde:

Q: Caudal  $\text{m}^3/\text{S}$  (línea o lateral de riego)

J: Pérdidas de carga unitaria  $\text{m}/\text{m}$

$J = \text{Diferencias de alturas (m)} / \text{Longitud tubería (m)}$

#### **2.4. Emisores de riego (Micro aspersores)**

Los Micro aspersores son emisores de riego localizado que distribuyen el agua en forma de pequeños chorros y disponen de algún elemento giratorio.

#### **4. ALCANCE**

En el presente documento se proyectó el diseño de un sistema de riego adecuado teniendo en cuenta los criterios a evaluar como el caudal disponible de agua, la topografía del terreno y la edad del cultivo de aguacate en producción que se encuentra ubicado en la finca El Triunfo en la vereda El Mesón del municipio de Garzón; por lo tanto, se realizarán las labores de diseño agronómico; trazado; diseño hidráulico; requerimientos de potencia; esquema operacional; cuadro operativo del sistema; y presupuesto del proyecto.

## **5. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y presentar una propuesta de implementación de un sistema de riego localizado para cultivo de aguacate (*Persea americana* variedad Lorena o papelillo) sembrado en la finca El Triunfo, vereda El Mesón del municipio de Garzón – Huila

### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Diseñar un sistema de riego localizado teniendo en cuenta las condiciones topográficas, necesidades hídricas del cultivo y disponibilidad de dicho recurso, tipo de suelo de la finca El Triunfo vereda El Mesón del municipio de Garzón – Huila.
- Diseñar el sistema de redes hidráulicas y el sistema de bombeo para realizar la distribución del recurso hídrico.
- Elaborar manual de operación del sistema de riego propuesto y presentar los respectivos materiales y costos de implementación.

## **6. METODOLOGÍA**

### **5.1 Características generales del predio**

El proyecto fue realizado en la finca El Triunfo ubicada en la vereda El Mesón del municipio de Garzón Huila, cuenta con una extensión de ocho (8) hectáreas dentro de las cuales se comprende cuatro (4) hectáreas con cultivo de aguacate variedad Lorena con tiempo de siembra de 6 años, densidad de siembra de 8m x 8m y cuatro (4) hectáreas en otros servicios (vivienda, lagos, cultivo de frutales, potreros y porcicultura)

### **5.2 Fuente de abastecimiento de agua**

El predio cuenta con aguas para uso de riego abasteciéndose por la fuente hídrica quebrada las vueltas con una concesión de agua de 2.0 lt/seg depositada en reservorios (lagos), con unas medidas de 18 m de ancho por 30 m de largo por 1.8 m de profundidad, del cual serán utilizado para el abastecimiento del sistema de riego.

### **5.3 levantamiento topográfico**

Se realizó el levantamiento topográfico con una estación NIKON con el fin de designar el área de estudio de 2,5 hectáreas, se exporto los puntos a AutoCAD y se realizó el respectivo diseño, así mismo levantamiento altimétrico para poder realizar la comparación de la altura del terreno con el plano horizontal.

### **5.4 Estudio de suelos**

Para conocer los requerimientos del suelo se realizó el análisis físico donde se tomó en el área 15 muestras de suelos con barreno en forma de zig-zag, se colocaron las muestras en un recipiente desinfectado con el fin de homogenizar las muestras y tomar de ella 500 gr empacándolas adecuadamente para remitirlo al laboratorio agroambiental de suelos y aguas (LAGSA)

### **5.5 Prueba de infiltración del suelo**

La prueba de infiltración se llevó a cabo en un lugar plano teniendo en cuenta que el lugar no estuviera cerca un camino, que no fuera tierra removida debido a que estos factores pudieran alterar la prueba, se limpió el suelo con el fin de extraer hojas o cualquier elemento que pueda obstruir el flujo del agua; para la realización de la prueba se utilizó el método doble anillo durante 90 minutos.

### **5.6 Balance hídrico decadal cultivo de aguacate**

Inicialmente se realizó un estudio en la zona para identificar la estación meteorológica más cercana al predio, ya que la más cerca es la estación de tres esquinas donde se nos facilitaron los datos de evaporación media diaria mensual, se tomaron registros de 10 años con el fin de calcular la evapotranspiración potencial de la zona del proyecto y la evapotranspiración real del cultivo de aguacate. Para el análisis de la precipitación se tomó la misma serie de años, la cual por medio de Excel se obtuvo la probabilidad del 75% de ocurrencia de la precipitación mediante el método de Weibull, para lo cual se ordenaron de mayor a menor los datos de cada década promediando los datos de cada mes se obtuvo la precipitación diaria la cual se multiplicó por los días de la década y de esta manera poder calcular dicha probabilidad a través de la siguiente expresión:

$$\%P \text{ WEIBULL} = m/(n+1)$$

m: Número de orden del dato

n: Número de años de la serie

Para la elaboración del balance hídrico decadal del cultivo de aguacate, se tuvo en cuenta información relacionada con la evapotranspiración potencial; precipitación del 75%;

precipitación efectiva; kc decadal del cultivo que por ser perenne se estableció en 0,75; la evtr y; el almacenamiento de agua en el suelo de la lámina de agua fácilmente aprovechable

### **5.7 Diseño agronómico**

Para calcular el diseño agronómico se utilizó una hoja de cálculo en Excel con la cual teniendo datos básicos sobre el proyecto como, evaporación, kc del cultivo, caudal del emisor, espaciamiento entre surcos y plantas, diámetro húmedo del emisor, frecuencia de riego y jornada de riego, se obtiene la lámina de agua a aplicar, el porcentaje de humedad, el tiempo de riego, numero de sectores a dividir el terreno, caudal de cada sector, módulo de riego, número de plantas por hectárea entre otros datos más.

### **5.8 Sistema de fertirrigación**

Se proyectó un tanque de 1000 litros donde se diluirán los fertilizantes requeridos por el cultivo, para luego ser distribuido por una tubería de ¾ de pulgada, siendo filtrada para luego ser incorporada a la tubería del sistema de riego para su respectivo suministro al cultivo.

### **5.9 Equipo de bombeo**

El cálculo del equipo de bombeo se utilizó la siguiente formula

Bomba eléctrica (KW).

$$KW = \frac{CDT * Q \text{ (lps)}}{102 * Em * Eb}$$

Donde:

CDT: Cabeza dinámica total (mca).

Q: caudal (lps). (del sistema)

Em: eficiencia del motor Eléctrico = 0,9

Eb: eficiencia de la bomba = 0,8

### 5.10 Tuberías de conducción principales

Para calcular el diámetro de las tuberías se utilizó la fórmula Hazen - William que se expone a continuación

$$D = \left( \frac{Q}{41,775 * J^{0,54}} \right)^{0,38}$$

Donde:

Q: Caudal m<sup>3</sup>/S (del sistema)

J: Pérdidas de carga unitaria m/m

J= Diferencias de alturas (m)/ Longitud tubería (m)

### 5.11 Laterales de Riego

Para calcular el diámetro de las tuberías se utilizó la fórmula Hazen - William que se expone a continuación

$$D = \left( \frac{Q}{41,775 * J^{0,54}} \right)^{0,38}$$

Donde:

Q: Caudal m<sup>3</sup>/S (lateral de riego)

J: Pérdidas de carga unitaria m/m

J= Diferencias de alturas (m)/ Longitud tubería (m)

### 5.12 Accesorios tubería múltiples

Se requiere la utilización de los diferentes accesorios para el sistema de riego, como lo son, válvulas de paso, de aire, mixtas y toma de presión, adaptadores macho y hembra, codos, tees, manómetros, entre otros accesorios requeridos por el diseño.

### 5.13 Cálculos hidráulicos

Para obtener los cálculos hidráulicos inicialmente se requiere el caudal a utilizar en cada sección del predio al que se le realiza el diseño del sistema de riego, se continua con el diámetro de la tubería y luego de calcular el diámetro interno y externo de las tuberías se procede a calcular las perdidas.

Perdidas (J)

$$J = \left( \frac{Q}{41,775 * Di^{2,63}} \right)^{1,85}$$

Donde:

Q: Caudal del secor (m<sup>3</sup>/S)

Di: Diámetro interno (m)

Pérdidas totales (JT)

$$JT = J * longitud\ tubería$$

Donde:

J: Perdidas

Perdidas por accesorios (HAC)

La pérdida de los accesorios equivale al 15% de las pérdidas totales.

$$HAC = JT + (JT * 0,15)$$

Donde:

JT: Pérdidas totales.

Se continúa calculado áreas, velocidades, presiones, cabeza dinámica y finalizamos con los cálculos de la potencia de la bomba cuando es a combustible o cuando sea eléctrica.

Área (A)

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

A: área (m<sup>2</sup>)

D: diámetro tubería (m)

Velocidad (V)

$$Q = V * A \quad V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/S)

A: Área (m<sup>2</sup>)

Presión disponible

$$Pd = Piez2 - cota\ terreno$$

Donde

Pd: presión disponible

Piez2: cota máxima del terreno – cota mínima de terreno

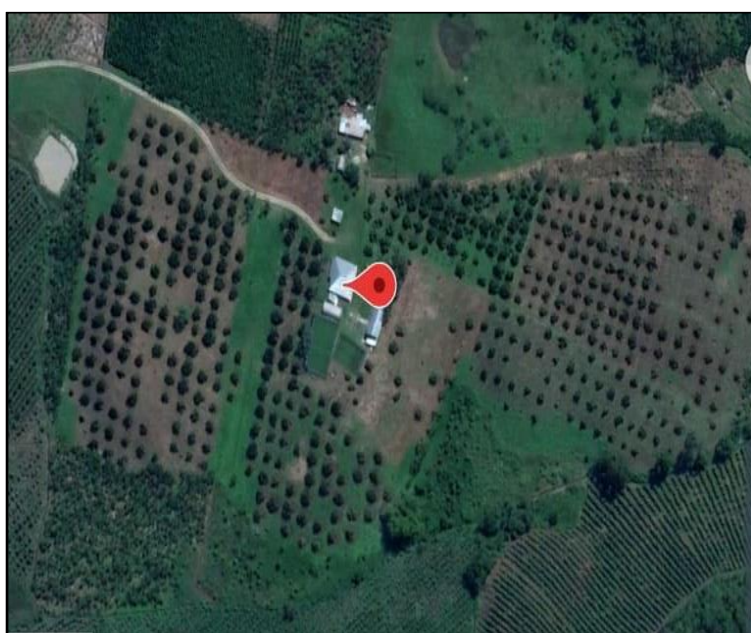
Cabeza dinámica total (CDT)

$$CDT = Altura\ geometrica + Perdidas + Presion\ Emisor$$

## RESULTADOS

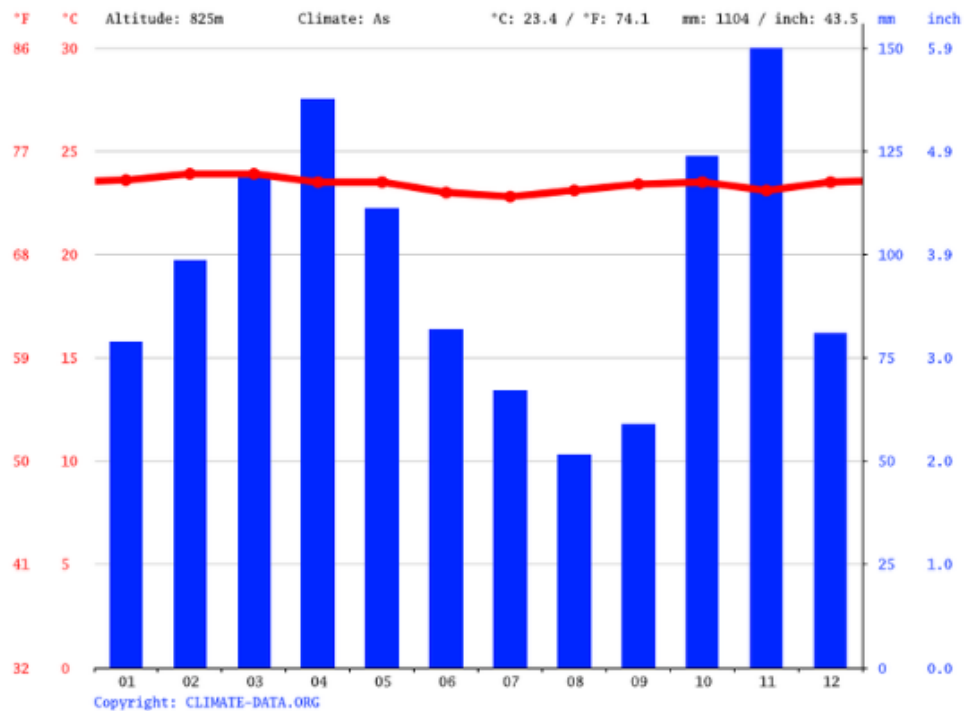
### 6.1 Características generales del predio

El proyecto se realizó en la finca El Triunfo ubicada en la vereda El Mesón del municipio de Garzón Huila, geográficamente con coordenadas N  $2^{\circ}10'43.3596''$  y W  $75^{\circ}34'10.4664''$  con una altitud 1.200 m.s.n.m. Se realizó el levantamiento topográfico con la estación NIKON NPL 322 para delimitar el área de estudio 2.5 hectáreas, Ilustración 1.



*Ilustración 1. Ubicación finca El Triunfo vereda El Mesón de Garzón-Huila, fotografía de Google Earth.*

Se adquiere como referencia los datos climatológicos del municipio de Garzón, se analiza que la temperatura promedio es de  $23.4^{\circ}\text{C}$ , evidenciando que el mes más seco es agosto, con 49 mm de lluvia. La mayor cantidad de precipitación ocurre en noviembre, con un promedio de 143 mm, concluyendo que los meses que más se debe implementar el riego son enero, junio, julio, agosto, septiembre y diciembre dado a su escasez de aguas lluvias, ilustración 2.



*Ilustración 2 Climograma Garzón-Huila extraído climate.date.org*

## 6.2 Estudio de suelos

En el análisis de suelo arrojado por el laboratorio LAGSA se evidencia que se presenta un suelo franco arenoso, densidad aparente de 1.25 g.cm<sup>3</sup> y diferentes datos que se muestran en la imagen. Con la información adquirida en la muestra de suelo se determinó la lámina de agua aprovechable.

| ENTREGA DE RESULTADOS                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                        |                                   |                                                                                                        |                                     |                    |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|----------------------|
|  <b>LAGSA</b><br>Laboratorio Agroambiental<br>de Suelos y Aguas                                                                                                                                  | <b>INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS</b> |                                   |                                                                                                        |                                     | CÓDIGO             | ER-FR-02             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                        |                                   |                                                                                                        |                                     | VERSIÓN 01         |                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                        |                                   |                                                                                                        |                                     | PAG: 1 DE 2        |                      |
| 1. DATOS DEL CLIENTE                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                        |                                   |                                                                                                        |                                     |                    |                      |
| SOLICITANTE: Edgar Vanegas Rivera<br>DIRECCIÓN: Vereda El Meson - Finca El Triunfo                                                                                                                                                                                                |                                                        |                                   | TELÉFONO: 3133017073<br>EMAIL: Vanegastates@outlook.com                                                |                                     | CIUDAD: Neiva      |                      |
| 2. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                        |                                   |                                                                                                        |                                     |                    |                      |
| MUNICIPIO: Garzón<br>CULTIVO: Aguacate Lorena<br>FECHA DE RECEPCIÓN: 2019-09-07                                                                                                                                                                                                   |                                                        |                                   | DEPARTAMENTO: Huila<br>ID CLIENTE: Sistema de riego - Finca El Triunfo<br>FECHA DE ENTREGA: 2019-09-28 |                                     |                    |                      |
| 3. RESULTADOS                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                        |                                   |                                                                                                        |                                     |                    |                      |
| MUESTRA LAB No.                                                                                                                                                                                                                                                                   | Densidad Aparente                                      | Densidad Real                     | Gravimétrica                                                                                           |                                     | Porosidad Total    | Humedad Gravimétrica |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                        |                                   | Capacidad de Campo (CC)                                                                                | Punto de Marchitez Permanente (PMP) |                    |                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | g.cm <sup>-3</sup>                                     |                                   |                                                                                                        | %                                   |                    |                      |
| 267-19                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1.25                                                   | 2.17                              | 25.33                                                                                                  | 13.00                               | 42.40              | -                    |
| Estabilidad Estructural                                                                                                                                                                                                                                                           | Límites de Atterberg                                   | Coeficiente de Estabilidad Lineal | Permeabilidad                                                                                          | Conductividad Hidráulica            | Infiltración       | Granulometría        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                        |                                   | cm <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>                                                                       | m.día <sup>-1</sup>                 | cm.h <sup>-1</sup> | g                    |
| -                                                                                                                                                                                                                                                                                 | -                                                      | -                                 | -                                                                                                      | -                                   | -                  | -                    |
| Textura Bouyoucos                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                        |                                   |                                                                                                        |                                     |                    |                      |
| % Arena                                                                                                                                                                                                                                                                           | % Limo                                                 | % Arcilla                         | Franco Arenoso                                                                                         |                                     |                    |                      |
| 70.75                                                                                                                                                                                                                                                                             | 19.15                                                  | 10.10                             |                                                                                                        |                                     |                    |                      |
| Textura Organoléptica                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                        |                                   | Franco                                                                                                 |                                     |                    |                      |
| Observaciones: El análisis textural por el método de bouyoucos resulto franco arenoso y el análisis organoléptico resulto Franco. La diferencia es debida a la baja dispersion de los coloides del suelo en presencia de la mezcla hexametáfosfato de sodio + carbonato de sodio. |                                                        |                                   |                                                                                                        |                                     |                    |                      |
| *Los resultados corresponden unicamente a las muestras suministradas por el cliente y analizadas en el laboratorio                                                                                                                                                                |                                                        |                                   |                                                                                                        |                                     |                    |                      |
| MÉTODOS                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                        |                                   |                                                                                                        |                                     |                    |                      |
| Humedad gravimétrica: Secado a 105°C                                                                                                                                                                                                                                              |                                                        |                                   | Textura: Bouyoucos                                                                                     |                                     |                    |                      |
| Estabilidad estructural: Yoder                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                        |                                   | CC y PMP: olla y platos de presión                                                                     |                                     |                    |                      |
| L de Atterberg: Líquido, Plástico                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                        |                                   | Infiltración: Anillos infiltrometros                                                                   |                                     |                    |                      |
| Conductividad hidráulica: Pozo Barrenado                                                                                                                                                                                                                                          |                                                        |                                   | Granulometría: Juego de Tamices                                                                        |                                     |                    |                      |
| Porosidad total: Relación de densidades                                                                                                                                                                                                                                           |                                                        |                                   | Densidad real : Picnómetro                                                                             |                                     |                    |                      |
| Permeabilidad de suelo: Permeámetro de cabeza constante                                                                                                                                                                                                                           |                                                        |                                   | Densidad aparente: Terrón                                                                              |                                     |                    |                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                        |                                   | Parafinado                                                                                             |                                     |                    |                      |
| <div style="text-align: right;"> <br/> <b>Director Laboratorio</b><br/> Armando Torrente Trujillo M.Sc. Ph.D </div>                                                                          |                                                        |                                   |                                                                                                        |                                     |                    |                      |
| Carrera 5ª No. 21ª -61 B/ Sevilla Neiva-Huila. Telefax 8666848 Cel 3142480137<br>E-mail. Lagsalaboratorio@gmail.com - Comercial@laboratoriolagsa.com                                                                                                                              |                                                        |                                   |                                                                                                        |                                     |                    |                      |

### Ilustración 3 Análisis físico del suelo

#### 6.3 Prueba de infiltración del suelo

Prueba de infiltración se realizó con los anillos infiltrometros con lo que se obtuvieron los datos expuestos en la tabla 1, con los cuales se construyó la ilustración 4, donde se puede analizar la infiltración del terreno, cuanto mayor sea la infiltración del suelo, mayores pérdidas por percolación se producirán.

| Infiltración Acumulada |        |                     |                 |                |
|------------------------|--------|---------------------|-----------------|----------------|
| lectura                | Tiempo | Nivel del agua (Cm) | Infiltrado (Cm) | Acumulado (Cm) |
| 1                      | 1      | 26                  | 1.9             | 1.9            |
| 2                      | 2      | 24.1                | 0.7             | 2.6            |
| 3                      | 3      | 23.4                | 1.1             | 3.7            |
| 4                      | 5      | 22.3                | 0.4             | 4.1            |
| 5                      | 10     | 21.9                | 2.2             | 6.3            |
| 6                      | 15     | 20.7                | 1.2             | 7.5            |
| 7                      | 30     | 19.5                | 1.1             | 8.6            |
| 8                      | 45     | 18.4                | 1.2             | 9.8            |
| 9                      | 60     | 17.2                | 1.1             | 10.9           |
| 10                     | 75     | 16.1                | 2.3             | 13.2           |
| 11                     | 90     | 13.8                | 3.4             | 16.6           |
| 12                     | 120    | 10.4                | 4.5             | 21.1           |

Tabla 1. Prueba De Infiltración

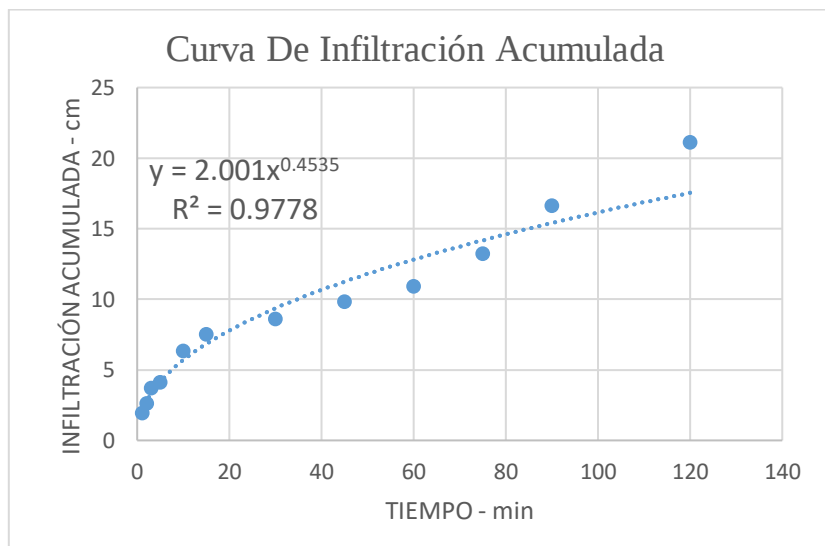


Ilustración 4 curva de infiltración

Con base a la ecuación de la curva de infiltración acumulada derivamos dicha función representada como  $2,001 x^{0.4535}$  para obtener la velocidad de infiltración donde la variable “x” es remplazada por el tiempo (T).

$$VI = 0.90T^{-0.55}$$

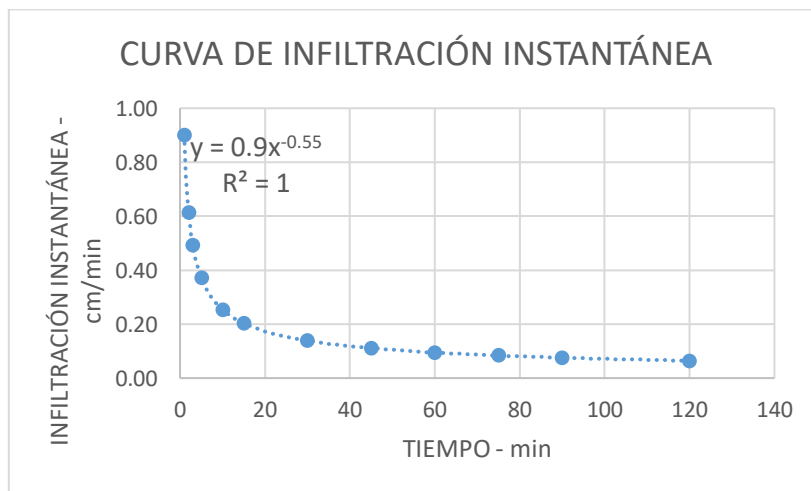
Con la ecuación de velocidad de infiltración se realizó la tabla 2.

#### VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

| lectura | tiempo (min) | VI (cm/min) |
|---------|--------------|-------------|
| 1       | 1            | 0.90        |
| 2       | 2            | 0.61        |
| 3       | 3            | 0.49        |
| 4       | 5            | 0.37        |
| 5       | 10           | 0.25        |
| 6       | 15           | 0.20        |
| 7       | 30           | 0.14        |
| 8       | 45           | 0.11        |
| 9       | 60           | 0.09        |
| 10      | 75           | 0.08        |
| 11      | 90           | 0.08        |
| 12      | 120          | 0.06        |

*Tabla 2. Velocidad de Infiltración*

Con los valores de la tabla 2 se grafica la infiltración instantánea



*Ilustración 5 infiltración instantánea*

Obtenida la velocidad de infiltración calculamos la infiltración básica: Se utilizó la siguiente formula

$$I_b = a (-600 \cdot b)^b, \text{ mm / hr; } t = \text{min}$$

Donde a y b se toman de la función de la ilustración de velocidad instantánea.

$$a = 0.9 \frac{\text{cm}}{\text{min}} * 60 \frac{\text{min}}{\text{Hr}} * 10 \frac{\text{mm}}{\text{cm}}$$

$$a = 540 \frac{mm}{Hr}$$

$$b = -0.55$$

Se remplaza en la ecuación de infiltración básica

$$Ib = \frac{540mm}{Hr} * (-600 * -0.55)^{-0.55}$$

$$Ib = 22.24 \frac{mm}{Hr}$$

Teniendo como valores de referencia para su interpretación el ILRI 1965 (Instituto Internacional de Investigaciones Agropecuarias o Ganaderas). La infiltración básica que se obtuvo es de 22.24mm /Hr donde se clasifica como una infiltración media

Clasificación de la infiltración básica

| Clasificación | Ib, mm/hr |
|---------------|-----------|
| muy baja      | < 2,5     |
| baja          | 2,5 a 15  |
| media         | 15 a 28   |
| alta          | 28 a 53   |
| Muy alta      | > 53      |

*Ilustración 6. Valores de referencia Instituto Internacional de Investigaciones Agropecuarias o Ganaderas (ILRI)*

#### 6.4 Balance hídrico decadal cultivo de aguacate

La estación meteorológica Jorge Villamil ortega ubicada en la vereda tres esquinas del municipio de Gigante Huila, siendo esta la más cercana al predio se solicitaron los datos de precipitación de 10 años consecutivos con fin de realizar el balance hídrico para determinar la evapotranspiración potencial del cultivo, cabe resaltar que la evapotranspiración es la combinación de los fenómenos de evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación.

La estación meteorológica nos aportó la precipitación mensual de 10 años consecutivos, la precipitación mensual se dividió por los días del mes para obtener la precipitación diaria y luego se calculó la precipitación decadal del 75%, para calcular la evaporación y así multiplicarla por el coeficiente de 0.8 y obtener la evapotranspiración potencial decadal, para promediarla y obtener la evapotranspiración potencial total. Tabla 3.

Por la extensión de las tablas donde se calcula la precipitación y se realiza el balance hídrico, realizadas en un archivo en Excel, ver anexo 12.2

| EVAPORACION MULTIANUAL [Mm] - ESTACION TRES ESQUINAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |              |
|------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| AÑO                                                  | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  |              |
|                                                      | 2.7  | 2.7  | 2.2  | 2.7  | 2.4  | 2.6  | 2.4  | 2.4  | 3.0  | 2.6  | 2.5  | 1.8  | EVAPO DIARIA |
| DEC 1                                                | 27.1 | 27.4 | 21.9 | 27.0 | 23.9 | 25.9 | 24.4 | 24.1 | 30.4 | 26.2 | 25.2 | 17.9 | EVAPO DECADA |
| DEC 2                                                | 27.1 | 27.4 | 21.9 | 27.0 | 23.9 | 25.9 | 24.4 | 24.1 | 30.4 | 26.2 | 25.2 | 17.9 |              |
| DEC 3                                                | 29.8 | 22.0 | 24.1 | 27.0 | 26.3 | 25.9 | 26.8 | 26.6 | 30.4 | 28.8 | 25.2 | 19.7 |              |
| DEC 1                                                | 21.7 | 22.0 | 17.5 | 21.6 | 19.1 | 20.7 | 19.5 | 19.3 | 24.3 | 21.0 | 20.2 | 14.3 | ETP          |
| DEC 2                                                | 21.7 | 22.0 | 17.5 | 21.6 | 19.1 | 20.7 | 19.5 | 19.3 | 24.3 | 21.0 | 20.2 | 14.3 |              |
| DEC 3                                                | 23.8 | 17.6 | 19.3 | 21.6 | 21.0 | 20.7 | 21.4 | 21.2 | 24.3 | 23.1 | 20.2 | 15.8 |              |
| 20.3                                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Promedio ETP |

*Tabla 3. Evapotranspiración potencial*

## 6.5 Diseño agronómico

El emisor seleccionado para el sistema es el kip completo del Microaspersor Toro de 55 lph (boquilla 15), con un diámetro húmedo de 6 m, operando a 31,4 PSI. Se seleccionó esa boquilla para que el micro aspersor no dé un giro de 360° si no parcial de 330°, con el fin de no humedecer el tallo del árbol, para evitar algún daño por enfermedades fungosas.



### CARACTERÍSTICAS

- Presión de funcionamiento operativo desde 20 a 60 PSI
- 4 caudales que oscilan entre 35 a 75 lph
- Diámetro del alcance 4.8 a 7,8 metros
- Disponible en entradas Roscable de 3/8" NPT
- Tubing PE 4 mm y longitud de 76 cm



*Ilustración 7. Características micro aspersor tomado de catálogo...*

Teniendo en cuenta las características del micro aspersor se procede a realizar el diseño agronómico mediante la aplicación Excel, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

| INVENTARIO DE RECURSOS               |          |
|--------------------------------------|----------|
| SISTEMA<br>CULTIVO<br>AREA<br>CAUDAL | MICROA   |
|                                      | AGUACATE |
|                                      | 2,50     |
|                                      | 2        |

### CONDICIONES DEL SISTEMA

|                                  |       |                        |        |
|----------------------------------|-------|------------------------|--------|
| Evaporacion (mm/día)             | 3     | DH microa (m)          | 6      |
| kc del cultivo (Adimen.)         | 0,75  | FR asum. (días)        | 2      |
| Ea (Adimen.)                     | 0,85  | Lam. Aplic. (mm)       | 1,9    |
| Phumedad (%)                     | 44,16 | NSc (Adimen.)          | 7,4    |
| Qe (l.p.h.)                      | 55    | NSs (Adimen.)          | 3      |
| Q emisor (l.p.h.)                | 55    | Jo (Hrs/día)           | 8      |
| E plata (m)                      | 8,0   | Area de seccion (Has.) | 0,8333 |
| E laterales (m)                  | 8,0   | Nm (Adimen.)           | 1      |
| Qcalc.sector (l.p.s.)            | 1,99  | Am (Has.)              | 0,8333 |
| Distancia entre Plantas (Dp) (m) | 8,0   | Dhemisor (m)           | 0      |
| Modulo de riego (l.p.s/Ha)       | 0,32  | Qvm (l.p.s)            | 1,99   |
| Alm. Req. Sector (Met. Cúb.)     | 0,0   | Alm. Esperado (M³/día) | 115,2  |
| Alm. Diario/Requerido (M³)       | 0,0   | Qdef. (l.p.s)          | 0,00   |
| Nep emisores (Adimen.)           | 1     | Q exc. (l.p.s)         | 0,010  |

|                                        |      |                                |      |
|----------------------------------------|------|--------------------------------|------|
| <b>Nep Cinta</b> (Adimen.)             | 0,0  | <b>N° Plantas % por Sector</b> | 130  |
| <b>Nep Microa</b> (Adimen.)            | 1    | <b>Pluviometría (mm/hr)</b>    | 2,00 |
| <b>Tiempo de riego</b> (hr)            | 2,18 | <b>N° de Plantas del Area</b>  | 391  |
| <b>Presion del Microaspersor (psi)</b> | 31,4 |                                |      |

Tabla 4. Diseño agronómico

## 6.6 Trazado del sistema de riego

Una vez unidos los emisores de un mismo sector hay que unir cada sector con la acometida, y esto se hace con la tubería que llamamos tubería principal, a partir de la cual saldrán las diferentes derivaciones para alimentar a cada sector, es de resaltar que se distribuyó el lote en tres sectores como se muestra en la ilustración 8. La tubería principal alimenta las tres llaves de paso que alimentan cada uno de los sectores o fases de riego.



*Ilustración 8 Diseño sistema de riego por microaspersión autores Juan Felipe Ramírez y Andrés Vanegas*

## 6.7 Cálculos de hidráulicos

Se determina el diametro de la tubería principal teniendo en cuenta el caudal calculado en la tabla 4 del diseño agronomico.

$$Q = 2 \text{ lps}$$

Utilizando el caudal y la diferencia de alturas se calcula el diámetro (D) con la siguiente formula

$$D = \left( \frac{Q}{41,775 * J^{0,54}} \right)^{0,38}$$

Donde:

Q: Caudal m<sup>3</sup>/S

J: Diferencias de alturas (m)/ Longitud tubería (m)

$$D = \left( \frac{0,002 \text{ m}^3/\text{S}}{41,775 * \left( \frac{6}{187} \right)^{0,54}} \right)^{0,38}$$

$$D = 0,046 \text{ m} * \frac{1 \text{ pul}}{0,0254 \text{ m}} \quad D = 1,82 \text{ " } \approx 2 \text{ pul}$$

El diámetro de la tubería principal es de 2 pulgadas con una longitud de 187 m, el cual fue tomado del plano de autocad, designando la tubería distribuidora de igual dimensión con el fin de garantizar un riego oportuno en los tres sectores.

Especificaciones de la tubería principal RDE 21 según catalogo PAVCO

Diámetro externo (DE) = 60,3mm

Diámetro interno (DI) = 54,58mm

Espesor (E) = 2,87mm

Se calcula las pérdidas de la tubería principal utilizando la siguiente función

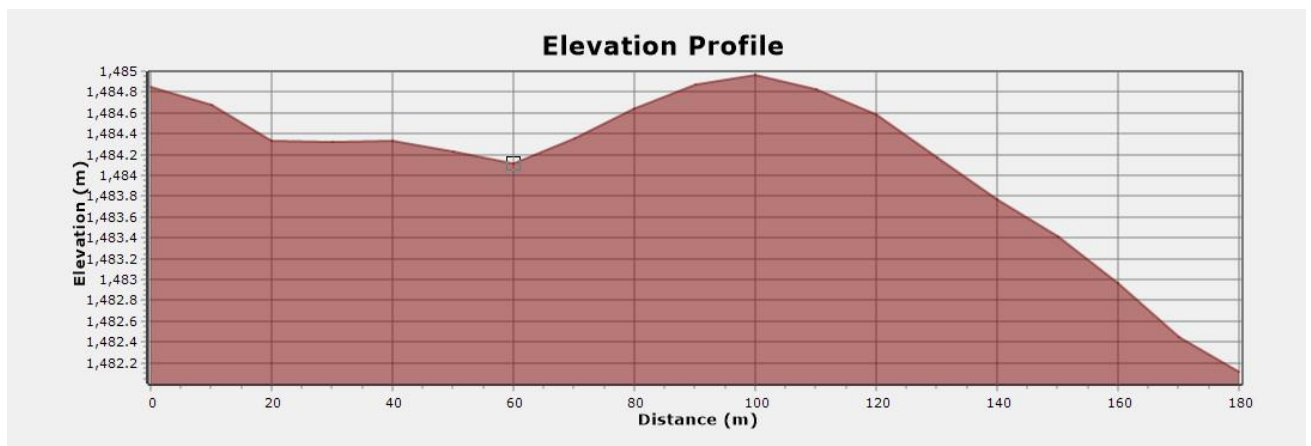
$$J = \left( \frac{Q}{41,775 * Di^{2,63}} \right)^{1,85}$$

Donde:

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/S)

Di: Diámetro interno (m)

|        | Caudal |       |             |         |             |        |      |
|--------|--------|-------|-------------|---------|-------------|--------|------|
|        | LPH    | M3/H  | m3/S        | di(m)   | HM          | L      | HL   |
| Tramo1 | 6875   | 6,875 | 0,001909722 | 0,05458 | 0,013063597 | 77,011 | 1,01 |
| Tramo2 | 6875   | 6,875 | 0,001909722 | 0,05458 | 0,013063597 | 100    | 1,31 |



Tramo 1.

$$J = \left( \frac{Q}{41,775 * Di^{2,63}} \right)^{1,85}$$

Donde:

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/S) tramo

Di: Diámetro interno (m)

$$J = \left( \frac{0,002 \text{ m}^3/\text{s}}{41,775 * 0,05458^{2,63}} \right)^{1,85}$$

$$J = 0,014 \text{ m/m}$$

Conociendo las pérdidas de la tubería principal se procede a calcular las pérdidas totales (JT) de la tubería utilizando la siguiente función

$$JT = J * longitud\ tubería$$

Donde:

J: Pérdidas

$$JT = 0,014 * 77,011m$$

$$JT = 1,01\ mca$$

Las pérdidas totales en la tubería principal son de 1,01 mca, se procede a calcular las pérdidas en el tramo 2.

$$JT = J * longitud\ tubería$$

Donde:

J: Pérdidas

$$JT = 0,014 * 100m$$

$$JT = 1,31\ mca$$

Teniendo en cuenta las diferencias de alturas, se calcula las pérdidas totales en la tubería.

| H.FIN    | H.INI    | DH     | HT    |
|----------|----------|--------|-------|
| 1482,115 | 1484,97  | -2,855 | -1,85 |
| 1484,97  | 1484,848 | 0,122  | 1,43  |

Tramo 1

$$DH = H.\ fin - H.\ ini$$

Donde:

DH: diferencia de alturas

H.fin: altura final terreno

H.ini: altura inicial terreno

$$DH = 1482,115 - 1484,97$$

$$DH = -2,855 \text{ m}$$

Pérdidas totales en el tramo 1.

$$Jt = J + DH$$

$$Jt = 1,01 + (-2,855)$$

$$Jt = -1,85$$

Tramo 2

$$DH = 1484,97 - 1484,848$$

$$DH = 0,122 \text{ m}$$

Pérdidas totales en el tramo 2.

$$Jt = J + DH$$

$$Jt = 1,31 + 0,122$$

$$Jt = 1,43$$

Calculo del sector crítico, para con una manguera de 20mm, teniendo en cuenta el diseño de autocad se obtiene que es en el segundo sector en la primera línea de distribución con una presión minima de 28,26 PSI.

| Caudal |       |             |        |             |       |      |
|--------|-------|-------------|--------|-------------|-------|------|
| LPH    | M3/H  | m3/S        | di(m)  | J           | L     | Jt   |
| 330    | 0,33  | 9,16667E-05 | 0,0176 | 0,011691058 | 8     | 0,09 |
| 385    | 0,385 | 0,000106944 | 0,0176 | 0,015549105 | 8     | 0,12 |
| 440    | 0,44  | 0,000122222 | 0,0176 | 0,019906298 | 1,353 | 0,03 |

Se procede a calcular las pérdidas de ese tramo

Perdidas (J)

$$J = \left( \frac{Q}{41,775 * D^{2,63}} \right)^{1,85}$$

Donde:

Q: Caudal, en m<sup>3</sup>/S (línea de microaspersores)

D: Diámetro, en m

$$J = \left( \frac{9,16667 * E^5 m^3 / Seg}{41,775 * 0,0176^{2,63}} \right)^{1,85}$$

$$J = 0,012 m/m$$

Conociendo las pérdidas del tramo lo multiplicamos por la longitud de la tubería y obtenemos las pérdidas totales (JT)

$$JT = J * longitud tubería$$

$$JT = 0,012 * 8m$$

$$JT = 0,09 mca$$

Se procede a realizar los mismos cálculos para los dos tramos restantes.

$$J = \left( \frac{0,000106944 m^3 / Seg}{41,775 * 0,0176^{2,63}} \right)^{1,85}$$

$$J = 0,016 m/m$$

Conociendo las pérdidas del tramo lo multiplicamos por la longitud de la tubería y obtenemos las pérdidas totales (JT)

$$JT = J * longitud\ tubería$$

$$JT = 0,016 * 8m$$

$$JT = 0,12\ mca$$

$$J = \left( \frac{0,000122222\ m^3/Seg}{41,775 * 0,0176^{2,63}} \right)^{1,85}$$

$$J = 0,020\ m/m$$

Conociendo las pérdidas del tramo lo multiplicamos por la longitud de la tubería y obtenemos las pérdidas totales (JT)

$$JT = J * longitud\ tubería$$

$$JT = 0,020 * 8m$$

$$JT = 0,03\ mca$$

$$JT = 0,09 + 0,12 + 0,03$$

$$JT = 0,24\ mca$$

$$DH = 1483,564 - 1483,19$$

$$DH = 0,374\ m$$

Presión

$$Pd = JT + DH$$

$$Pd = 0,24 + 0,374$$

$$Pd = 0,62\ mca$$

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| Pérdida Lateral Crítico       | 0,62  |
| Presión Mínima                | 19,87 |
| Presión entrada en el Lateral | 20,49 |

Se calcula las pérdidas de la tubería de distribución utilizando la siguiente función

$$J = \left( \frac{Q}{41,775 * Di^{2,63}} \right)^{1,85}$$

Donde:

Q: Caudal (m³/S)

Di: Diámetro interno (m)

| Caudal |       |             |         |             |       |      |
|--------|-------|-------------|---------|-------------|-------|------|
| LPH    | M3/H  | m3/S        | di(m)   | HM          | L     | HL   |
| 825    | 0,825 | 0,000229167 | 0,05458 | 0,000258552 | 8     | 0,00 |
| 1650   | 1,65  | 0,000458333 | 0,05458 | 0,000932081 | 8     | 0,01 |
| 2530   | 2,53  | 0,000702778 | 0,05458 | 0,002055328 | 4,686 | 0,01 |

Diferencia de alturas pérdidas totales.

| H.FIN    | H.INI    | DH    | HT   |
|----------|----------|-------|------|
| 1483,19  | 1482,793 | 0,397 | 0,40 |
| 1482,793 | 1482,36  | 0,433 | 0,44 |
| 1482,36  | 1482,115 | 0,245 | 0,25 |

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| Presión entrada en el Multiple   | 21,58 |
| Pérdidas por Accesorios (15%)    | 3,24  |
| Altura Valvula                   | 0,80  |
| Presión Salida de la Válvula     | 24,02 |
| Pérdida de Presión en la Válvula | 0,04  |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| Presión entrada en la Principal | 25,45 |
| Pérdidas por Accesorios (15%)   | 0,35  |
| Altura Valvula                  | 0,90  |
| Presión total de la Válvula     | 26,70 |

se calcula el área para luego calcular velocidad.

Área (A)

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

D: Diámetro

$$A = \frac{\pi * (0,05458)^2}{4}$$

$$A = 0,002m^2$$

Velocidad (V)

$$Q = V * A \quad V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

Q: Caudal (m3/Seg)

A: Área (m²)

$$V = \frac{0,002 \text{ m}^3/\text{Seg}}{0,002 \text{ m}^2}$$

$$V = 1 \text{ m}/\text{Seg}$$

La velocidad que se obtuvo es de  $1 \text{ m}/\text{s}$  lo que nos indica viable dado a que se debe tener en cuenta que la velocidad no sea menor de 1 m/s para evitar sedimentación y no pasar de una velocidad máxima 6.0 m/s para tuberías en PVC.

## **6.8 Requerimientos de potencia**

### **6.8.1 Cálculos para sistema de bombeo**

Entrada de la electrobomba

Teniendo en cuenta los resultados de la Tabla 4 del diseño agronómico se obtiene el caudal

$$Q = 0,002 \text{ m}^3/\text{s} \quad V = 1 \text{ m}/\text{s} \quad A = 0,0021 \text{ m}^2$$

Se calcula el diámetro de la tubería de entrada de la electrobomba utilizando la siguiente formula

$$D = \left( \frac{4 * A}{\pi} \right)^{1/2}$$

Donde:

A: Área, en m<sup>2</sup>

$$D = \left( \frac{4 * 0,002}{\pi} \right)^{1/2}$$

$$D = 0,05 \text{ m} * \frac{1 \text{ pul}}{0,0254 \text{ m}}$$

$$D = 1,9 \text{ pul} \approx 2 \text{ pul}$$

El diámetro de la tubería en la electrobomba es de 2 pulgadas, lo que nos indica que necesitamos una electrobomba que succiona 2 pulgadas y descargue 2 pulgadas, se calcula el área para conocer la velocidad en el tramo.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

A: Área, en m

D: Diámetro, en m

$$A = \frac{\pi * (0,05458)^2}{4}$$

$$A = 0,0023 \text{ m}^2$$

Velocidad (V)

$$Q = V * A \quad V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

Q: Caudal, en m<sup>3</sup>/S

A: Área, en m<sup>2</sup>

$$V = \frac{0,002 \text{ m}^3/\text{S}}{0,0023 \text{ m}^2}$$

$$V = 0,86 \text{ m/S}$$

Se procede a calcular las pérdidas de ese tramo

Perdidas (J)

$$J = \left( \frac{Q}{41,775 * D^{2,63}} \right)^{1,85}$$

Donde:

Q: Caudal, en m<sup>3</sup>/S

D: Diámetro, en m

$$J = \left( \frac{0,002 \text{ m}^3/\text{Seg}}{41,775 * 0,05458^{2,63}} \right)^{1,85}$$

$$J = 0,014 \text{ m/m}$$

Conociendo las pérdidas del tramo lo multiplicamos por la longitud de la tubería y obtenemos las pérdidas totales (JT)

$$JT = J * longitud \text{ tubería}$$

Donde:

J: Perdidas

$$JT = 0,014 * 6 \text{ m}$$

$$JT = 0,084 \text{ mca}$$

Salida de la bomba

Pasamos el diámetro de la salida de la electrobomba en metros con el fin de conocer el área

$$\text{Tubo de } 2'' * 0,0254 = 0,0508 \text{ m}$$

Área (A)

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

D: Diámetro, en m

$$A = \frac{\pi * (0,0508)^2}{4}$$

$$A = 0,002 \text{ m}^2$$

Velocidad (V)

$$Q = V * A \quad V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

Q: Caudal ( $\text{m}^3/\text{S}$ )

A: Área ( $\text{m}^2$ )

$$V = \frac{0,002 \text{ m}^3/\text{S}}{0,002 \text{ m}^2}$$

$$V = 1 \text{ m}/\text{S}$$

**Perdidas por accesorios (HAC)**

La pérdida de los accesorios equivale al 15% de las pérdidas totales.

$$HAC = (JT + JT) * 0,15$$

Donde:

JT: Pérdidas totales.

$$HAC = (1,01m + 1,30m) * 0,15$$

$$HAC = 0,35 m$$

Cabeza dinámica total (CDT)

$$CDT = Altura\ geometrica + Perdidas + Presion\ Emisor$$

$$CDT = 6m + 0,35m + 31,4\ PSI \qquad 31,4PSI = 22,076m$$

$$CDT = 6\ m + 0,35\ m + 22,076\ m$$

$$CDT = 28,426\ mca$$

### 6.8.2 Cálculos de la bomba

Bomba eléctrica (KW)

$$KW = \frac{CDT * Q\ (lps)}{102 * Em * Eb}$$

Donde:

CDT: Cabeza dinámica total (mca).

Q: caudal (lps).

Em: eficiencia del motor Eléctrico = 0,9

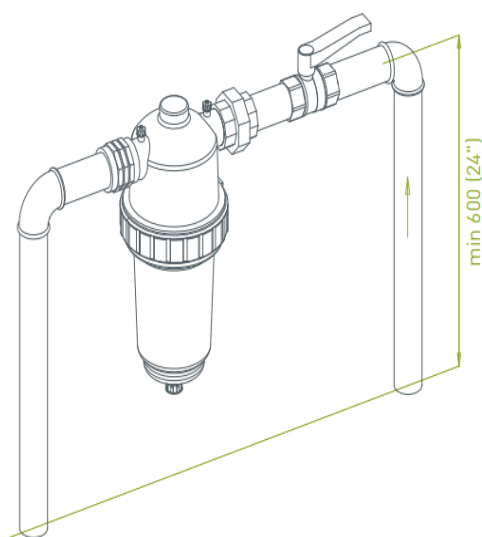
Eb: eficiencia de la bomba = 0,8

$$KW = \frac{28,426 * 2\ (lps)}{102 * 0,9 * 0,8}$$

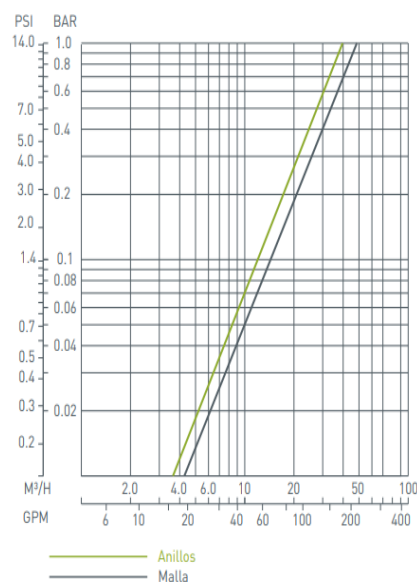
$$KW = 0,8\ KW$$

## 6.9 Sistema de filtrado

El sistema de filtrado se estableció de acuerdo con la calidad del agua que en este caso por ser captada de un reservorio, no presenta problemas de sólidos en suspensión que tapen los Microaspersores, aunque se podrían presentar en forma de arcillas y/o limos y algas; por lo tanto, el filtrado se consideró con filtro de anillo y su escogencia se hizo mediante un catálogo de filtros de la empresa Amiad que, debido al caudal de Trabajo de  $7.1 \text{ m}^3/\text{h}$ , se seleccionó el de 2" y 120 Mesh, con capacidad hasta  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  de caudal.



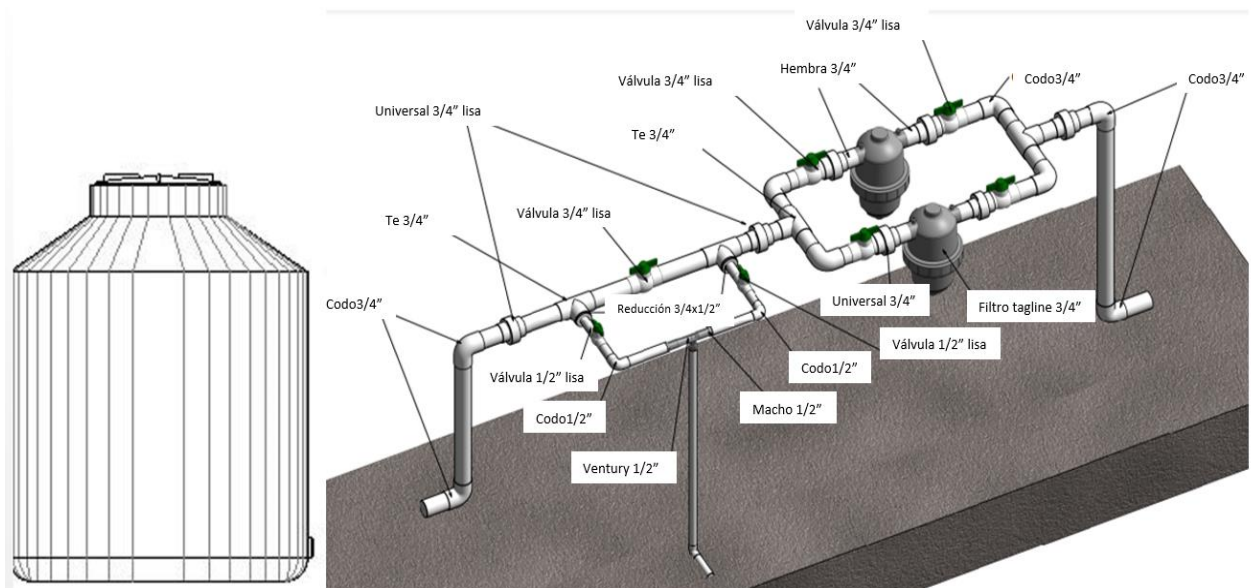
*Ilustración 9. Filtro*



Las pérdidas de carga generadas por el filtro se tomaron de la tabla de pérdidas del fabricante, para  $7.1 \text{ m}^3/\text{h}$  que corresponde a aproximadamente 0.035 bares o 0.35 mca.

## 6.10 Sistema de fertiirrigación

El sistema de fertiirrigación se compone de un tanque donde se realiza la disolución de los fertilizantes para su distribución, tubos, codos, válvulas, reducciones, tees, Venturi, conectores machos y hembras y filtros de anillas.

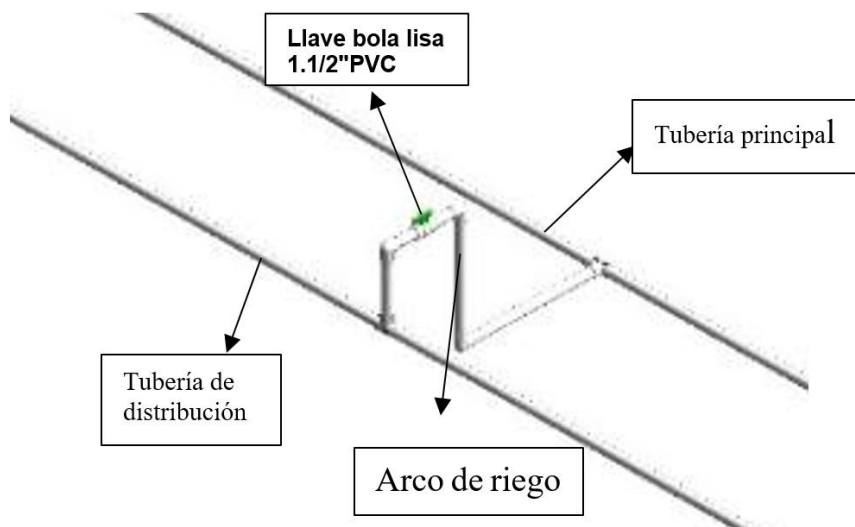


*Ilustración 10. Sistema de filtración y fertirrigación.*

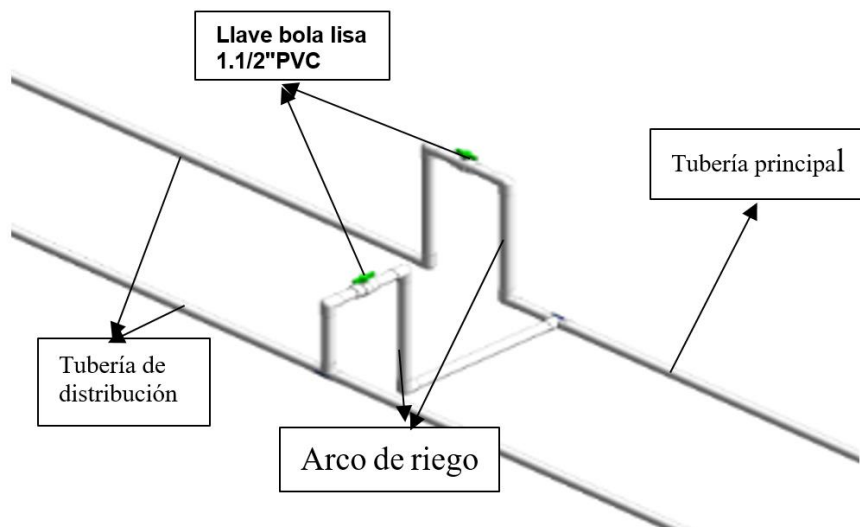
## 6.11 Elementos de control, medición y prevención

### 6.11.1 Llaves de paso o válvulas bola lisa

Se designó tres sectores con el fin de realizar un riego más eficiente en cada sector se estableció llaves de paso con el fin de controlar o de realizar un riego localizado por sectores, es de resaltar que la tubería principal y las distribuidoras van subterráneas como se muestran en la ilustración 9 y 10



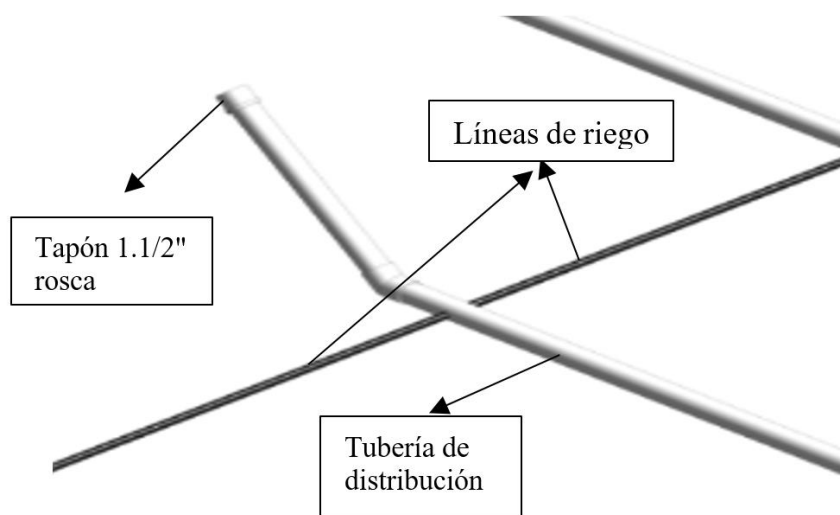
*Ilustración 11* Distribución válvulas bola lisa sector 1



*Ilustración 12.* Distribución válvulas bola lisa sector 2 y 3

#### **6.11.2 Sistema de lavado tuberías y laterales**

En el sistema de lavado de la tubería principal como de las distribuidoras se deja al finalizar la tubería un codo de 45° con el fin de que salga a la superficie, ilustración 11 y efectuar la limpieza, la mejor manera de evitar obstáculos es mediante la prevención dado a que las partículas que pasan por los filtros son muy finas difícil de detectar, es por ello que se recomienda realizar una limpieza periódicamente.



*Ilustración 13.* Tubería distribuidora sistema de lavado

### 6.11.3 Centro de control

En el centro de control se encuentra conformada por filtro de anillos, electrobomba, manómetros, valvulas, entre otros elementos esenciales para el funcionamiento del sistema de riego ilustracion 12



*Ilustración 14. Centro de control o cabezal del sistema de riego*

## **7 MANUAL OPERACIONAL Y MANTENIMIENTO**

El sistema de riego en la finca El Triunfo ubicada en la vereda El Mesón del municipio de Garzón Huila se proyecta en tres sectores con el fin de que cada sector se riegue en 2 horas, Garantizar un mantenimiento óptimo del sistema que provee el agua y los nutrientes necesarios para el excelente desarrollo de las plantas. El mantenimiento se hace con el objetivo de disminuir la probabilidad de taponamiento y disminuir las pérdidas de presión por fricción en la tubería de conducción y distribución del sistema de fertirriego y sectores del riego. El mantenimiento se debe realizar cada 2 meses para garantizar que el riego sea eficiente.

El auxiliar de riego debe tener claro el procedimiento y la finca debe garantizar con accesorios, plásticos y mangueras; que en el procedimiento el agua evacuada no va a afectar el interior de los sectores cultivados.

### **7.1 Electrobomba**

La electrobomba debe estar operando normalmente; la succión debe estar limpia y la válvula de alivio de presión en la descarga debe estar calibrada según características de operación de la electrobomba. Se recomienda vigilar la temperatura y ruidos de rodamiento así mismo tener en cuenta su debida lubricación y las recomendaciones del fabricante. El debido mantenimiento o revisión general se plantea de forma anual. De igual forma resulta conveniente observar los manómetros con el fin de que si se encuentra una diferencia de presión significativa es un indicador de alguna anomalía o taponamiento. Además del monitoreo constante se recomienda el debido mantenimiento o revisión general de forma manual.

### **7.2 Tubería de riego laterales y micro aspersores**

Es necesario revisar permanentemente los emisores dado a que en la tubería principal tienden a depositarse partículas finas que atraviesan los filtros provocando obstrucciones en los emisores, es por ello que la mejor manera de evitar obstrucciones es mediante prevención por ello se debe efectuar la limpieza de las tuberías periódicamente.

### **7.3 Recomendando el lavado de la siguiente manera:**

El lavado debe comenzar en el cabezal de la conducción principal manteniendo cerradas las válvulas de los sectores de riego, una vez limpia la conducción principal se procede a realizar lo mismo por cada uno de los sectores para finalmente hacer fluir el agua durante unos minutos por los emisores.

Con la electrobomba apagada introducir en el tapón inicial cuatro bloques de espuma y enseguida Colocar el tapón y Abrir el tapón No: 1 (más lejano a la válvula), después encender la electrobomba. Mediante comunicación con un operario en dicho tapón (No: 1), asegurar que los bloques de espuma introducidos han salido en su totalidad. Nunca se debe seguir el procedimiento si no se está seguro de que el número de bloques de espuma introducidas han salido en su totalidad.

Una vez realizado el paso anterior apagar la electrobomba y realizar este procedimiento por lo menos con tres pases ó los necesarios hasta garantizar que el agua salga lo más limpia posible.

Seguir el mismo procedimiento hasta llegar al último tapón (el más cercano a la estación).

## **8 PRESUPUESTO**

Se realizó el listado de materiales del sistema de riego planteado con el fin de obtener los costos, teniendo un total de \$ 27.306.381,00 en un terreno de 2.5 ha de aguacate Lorena en producción.

| ITEM   | DESCRIPCIÓN                                                   | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR<br>UNITARIO | VALOR TOTAL            |
|--------|---------------------------------------------------------------|--------|----------|-------------------|------------------------|
| I.     | <b>PRELIMINARES</b>                                           |        |          |                   |                        |
| 1.1    | Localización y replanteo                                      | Ha     | 2,5      | \$ 100.000,00     | \$ 250.000,00          |
|        | <b>Sub total</b>                                              |        |          |                   | <b>\$ 250.000,00</b>   |
| II.    | <b>EXCAVACIONES</b>                                           |        |          |                   |                        |
|        | Excavación y relleno de tubería de conducción principal 40x45 | m3     | 83,88    | \$ 13.000,00      | \$ 1.090.440,00        |
| 2.2    | Excavación tuberías de distribución y múltiples               | m3     | 270      | \$ 13.000,00      | \$ 3.510.000,00        |
|        | <b>Sub total</b>                                              |        |          |                   | <b>\$ 4.600.440,00</b> |
|        | <b>EQUIPOS Y ACCESORIOS</b>                                   |        |          |                   |                        |
| III.   | <b>CABEZAL DE RIEGO</b>                                       |        |          |                   |                        |
| 3.1    | <b>UNIDAD DE BOMBEO</b>                                       |        |          |                   |                        |
|        | Bomba Pearl 2.2 Kw C2P30 2" x 1" 220                          |        |          | \$                |                        |
| 3.1.1  | V/240V                                                        | und    | 1        | 1.574.727,00      | <b>\$ 1.574.727,00</b> |
| 3.2    | <b>UNIDAD DE FILTRADO</b>                                     |        |          |                   |                        |
|        | Filtro de Anillos 2" 120 Mesh                                 | und    | 1        | \$ 667.590,00     | <b>\$ 667.590,00</b>   |
| 3.3    | <b>UNIDAD DE FERTIRRIGACIÓN</b>                               |        |          |                   |                        |
|        | Tanque de 500 litros colempaques                              | und    | 2        | \$ 270.000,00     | \$ 540.000,00          |
| 3.3.2  | Adaptador Macho de Aluminio 3/4"                              | und    | 2        | \$ 4.000,00       | \$ 8.000,00            |
| 3.3.3  | Abrazadera 513-515                                            | und    | 2        | \$ 2.000,00       | \$ 4.000,00            |
| 3.3.4  | Adaptador Hembra 3/4"                                         | und    | 6        | \$ 1.000,00       | \$ 6.000,00            |
| 3.3.5  | Codo 3/4"                                                     | und    | 8        | \$ 2.000,00       | \$ 16.000,00           |
| 3.3.6  | Universal de 3/4"                                             | und    | 7        | \$ 10.000,00      | \$ 70.000,00           |
| 3.3.7  | Te 3/4"                                                       | und    | 5        | \$ 2.000,00       | \$ 10.000,00           |
| 3.3.8  | Válvula de Bola Lisa 3/4"                                     | und    | 5        | \$ 15.000,00      | \$ 75.000,00           |
| 3.3.9  | Tubería de 3/4"                                               | M      | 8        | \$ 15.000,00      | \$ 120.000,00          |
| 3.3.10 | Reducción de 3/4x1/2"                                         | und    | 2        | \$ 5.000,00       | \$ 10.000,00           |
| 3.3.11 | Válvula de Bola Lisa 1/2"                                     | und    | 2        | \$ 10.000,00      | \$ 20.000,00           |
| 3.3.12 | Universal de 1/2"                                             | und    | 2        | \$ 3.000,00       | \$ 6.000,00            |
| 3.3.13 | Codo 90° 1/2"                                                 | und    | 2        | \$ 1.000,00       | \$ 2.000,00            |
| 3.3.14 | Adaptador Macho 1/2"                                          | und    | 2        | \$ 1.500,00       | \$ 3.000,00            |
| 3.3.15 | Venturi 1/2"                                                  | und    | 1        | \$ 65.000,00      | \$ 65.000,00           |
| 3.3.16 | Manguera Venturi                                              | M      | 5        | \$ 2.000,00       | \$ 10.000,00           |

|        |                                                    |     |      |               |                        |
|--------|----------------------------------------------------|-----|------|---------------|------------------------|
| 3.3.17 | Collarín 3/4x1/2" manómetro de                     | und | 4    | \$ 4.400,00   | \$ 17.600,00           |
| 3.3.18 | Glicerina                                          | und | 3    | \$ 33.000,00  | \$ 99.000,00           |
| 3.3.19 | Válvula Plason Recta de 3/4"                       | und | 1    | \$ 20.000,00  | \$ 20.000,00           |
| 3.3.20 | Filtros Tagline 3/4" 120 Mesh                      | und | 2    | \$ 173.500,00 | \$ 347.000,00          |
|        | <b>Sub total</b>                                   |     |      |               | <b>\$ 1.448.600,00</b> |
| IV.    | <b>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS</b>        |     |      |               |                        |
| 4.1    | <b>SUCCIÓN</b>                                     |     |      |               |                        |
| 4.1.1  | Tubería de 2" PVC RDE 21 soldada                   | M   | 6    | \$ 18.000,00  | \$ 108.000,00          |
| 4.2    | <b>TUBERÍA DE DESCARGA (CONDUCCIÓN PPAL)</b>       |     |      |               |                        |
| 4.2.1  | Tubería de 2" PVC RDE 21 U MECÁNICA                | M   | 426  | \$ 18.000,00  | \$ 7.668.000,00        |
|        | <b>Sub total</b>                                   |     |      |               | <b>\$ 7.776.000,00</b> |
| V.     | <b>ACCESORIOS TUBERÍA PVC</b>                      |     |      |               |                        |
| 5.1    | <b>CODOS</b>                                       |     |      |               |                        |
| 5.1.1  | Codo 45° 2" PVC                                    | und | 7    | \$ 11.000,00  | \$ 77.000,00           |
| 5.1.2  | Codo 90° 2" PVC                                    | und | 18   | \$ 10.500,00  | \$ 189.000,00          |
| 5.2    | <b>TEES</b>                                        |     |      |               |                        |
| 5.2.1  | Tees 2" PVC                                        | und | 6    | \$ 13.900,00  | \$ 83.400,00           |
| 5.3    | <b>ADAPTADORES</b>                                 |     |      |               |                        |
| 5.3.1  | Adaptador Macho 2"                                 | und | 3    | \$ 5.000,00   | \$ 15.000,00           |
| 5.3.2  | Adaptador Hembra 2"                                | und | 3    | \$ 9.000,00   | \$ 27.000,00           |
| 5.4    | <b>UNIÓN</b>                                       |     |      |               |                        |
| 5.4.1  | Unión presión PVC 1.1/2"                           | und | 70   | \$ 3.500,00   | \$ 245.000,00          |
| 5.5    | <b>TAPON</b>                                       |     |      |               |                        |
| 5.5.1  | Tapón 1.1/2" rosca                                 | und | 6    | \$ 4.500,00   | \$ 27.000,00           |
|        | <b>Sub total</b>                                   |     |      |               | <b>\$ 663.400,00</b>   |
| VI.    | <b>SUMINISTRO E INSTALACIÓN LATERALES DE RIEGO</b> |     |      |               |                        |
| 6.1    | Tubería PE 20 mm Conector Inicial 20               | M   | 3000 | \$ 800        | \$ 2.400.000           |
| 6.2    | mmm                                                | und | 70   | \$ 500        | \$ 35.000              |

|       |                                                   |                            |     |               |                         |
|-------|---------------------------------------------------|----------------------------|-----|---------------|-------------------------|
| 6.3   | Empaque Conector Inicial 20 mm                    | und                        | 70  | \$ 550        | \$ 38.500               |
| 6.4   | Fin de línea 20 mm                                | und                        | 70  | \$ 850        | \$ 59.500               |
|       | <b>Sub total</b>                                  |                            |     |               | <b>\$ 2.533.000</b>     |
| VII.  | <b>EMISORES DE RIEGO</b>                          |                            |     |               |                         |
| 7.1   | Micro Aspersor Toro 55 lph (boquilla 15) completo | und                        | 391 | \$ 6.000,00   | \$ 2.346.000,00         |
|       | <b>Sub total</b>                                  |                            |     |               | <b>\$ 2.346.000,00</b>  |
| VIII. | <b>VÁLVULAS</b>                                   |                            |     |               |                         |
| 8.1   | Válvula de Pie 2" Válvula Universal Plasson de 2" | und                        | 1   | \$ 91.000,00  | \$ 91.000,00            |
| 8.2   | SOLDADA Válvula Universal 2"                      | und                        | 2   | \$ 100.000,00 | \$ 200.000,00           |
| 8.3   | MIXTA Válvula de Bola Lisa                        | und                        | 2   | \$ 50.000,00  | \$ 100.000,00           |
| 8.4   | 1.1/2" PVC                                        | und                        | 3   | \$ 30.000,00  | \$ 90.000,00            |
| 8.5   | Válvula de Aire Cinética de 1" PN 10 NPT NAVK     | und                        | 1   | \$ 65.000,00  | \$ 65.000,00            |
|       | <b>Sub total</b>                                  |                            |     |               | <b>\$ 546.000,00</b>    |
| IX.   | <b>RED ELÉCTRICA</b>                              |                            |     |               |                         |
| 9.1   | Cable toma a caseta 220V/TRIFILAR (3X12)          | M                          | 20  | \$ 5.500,00   | \$ 110.000,00           |
| 9.2   | Tubo conduit 1/2"                                 | M                          | 5   | \$ 1.500,00   | \$ 7.500,00             |
| 9.3   | Caja de inspección eléctrica                      | und                        | 1   | \$ 28.000,00  | \$ 28.000,00            |
| 9.4   | Codo conduit 1/2"                                 | und                        | 2   | 8000          | \$ 16.000,00            |
|       | <b>Sub total</b>                                  |                            |     |               | <b>\$ 161.500,00</b>    |
|       | <b>SUB TOTAL</b>                                  |                            |     |               | <b>\$ 22.567.257,00</b> |
|       | <b>Costos adicionales del 20% (AUI)</b>           | <b>Administración (8%)</b> |     |               | <b>\$ 1.805.380,56</b>  |
|       |                                                   | <b>Utilidad (6%)</b>       |     |               | <b>\$ 1.354.035,42</b>  |
|       |                                                   | <b>Imprevistos (6%)</b>    |     |               | <b>\$ 1.354.035,42</b>  |
|       |                                                   | <b>transporte (1%)</b>     |     |               | <b>\$ 225.672,57</b>    |
|       | <b>COSTO TOTAL</b>                                |                            |     |               | <b>\$ 27.306.381,00</b> |

*Tabla 5. Lista de materiales y presupuestos*

## 9 CONCLUSIONES

- Podemos concluir en este proyecto que el predio es abastecido con el suministro de agua correspondiente y que además se establecieron un conjunto de pruebas las cuales se ejecutaron con una serie de cálculos para dar solución. Todo esto se realizó con el debido procedimiento para dar lugar a tomar decisiones de cómo y cuándo regar cada sector correspondiente.
- También se concluye que los materiales propuestos se establecieron teniendo en cuenta el caudal con el que cuenta el predio y evaluando la calidad y el costo de estos.
- Se concluye que se designaron 3 sectores con el fin de realizar un riego más eficiente y así mismo en cada sector su respectiva llave de paso para controlar cada sector establecido en el cultivo, la tubería principal con un diámetro de dos pulgadas y también las distribuidoras subterráneas todo esto con el fin de garantizar un riego óptimo en los tres sectores.
- La evaluación del predio arroja que establecer un sistema de riego por microaspersión es la alternativa viable obteniendo un riego uniforme y de fácil manejo.

## 10 RECOMENDACIONES

- El operario del sistema de riego realice un monitoreo constante con el fin de visualizar cualquier anomalía correspondiente y realizar su mantenimiento óptimo, de igual forma debe realizar la limpieza de tuberías y micro aspersores periódicamente como forma de prevención de taponamientos por arena fina, arcillas, algas y otros sedimentos que pueden obstaculizar o causar daños en los filtros y Microaspersores.
- Para evitar que el fertirriego afecte negativamente al sistema se debe verificar que el fertilizante sea completamente soluble y esté libre de impurezas
- Se recomienda el micro aspersor con boquilla quince con sus componentes del kit con el fin de ahorro de agua, mayor eficiencia y manejo de este.

## 11 REFERENCIAS

- DANE. (11 de 2015). *Boletín mensual*. Obtenido de El cultivo del aguacate: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol\\_Insumos\\_oct\\_2015.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_oct_2015.pdf)
- Alemán Lopez, B. A., & Fonseca Díaz, Y. J. (20 de Mayo de 2015). *Diseño de un sistema de riego por aspersores, para 4 manzanas de*. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/1973/1/60702.PDF>
- Alvarado, A. V. (1996). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE*. Obtenido de [http://www.avocadosource.com/papers/Chile\\_Papers\\_A-Z/M-N-O/MarinAlejandra1996.pdf](http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/M-N-O/MarinAlejandra1996.pdf)
- Demin. (2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de sistemas de riego. *Sistema de Riego*, 24.
- Estrada, J. A. (2016). *Estudios ecofisiológicos en aguacate*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/50844/1/70120906.2016.pdf>
- Fernández, M. E. (Marzo de 2013). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Efectos+del+Cambio+Climatico+en+la+agricultura.pdf/3b209fae-f078-4823-afa0-1679224a5e85>
- Flores Hernandez, A. (Septiembre de 2007). *Manejo de Agua y Fertirriego en Aguacate*. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6580/T16479%20FLORES%20HERN%C3%81NDEZ,%20ANTONIO%20%20MON.pdf?sequence=1>
- Hernandez, A. D. (Diciembre de 2017). *Diseño de sistema de riego por microaspersión en huertas de aguacate en Jalisco*. Obtenido de

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/43090/L%C3%B3pez%20Hern%C3%A1ndez%2c%20Alan%20de%20Jes%C3%BA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

J.M. Hermoso, M. T. (2003). *COMPARACIÓN DE RIEGO POR GOTEO Y MICROASPERSIÓN EN*. Obtenido de [http://avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5\\_p289.pdf](http://avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p289.pdf)

Liotta, M. A. (s.f.). Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-articulo\\_riego\\_presurizado.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-articulo_riego_presurizado.pdf)

Liotta, M. A. (s.f.). *Los sistemas de riego por goteo y microaspersión*. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-articulo\\_riego\\_presurizado.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-articulo_riego_presurizado.pdf)

Liotta, M. A. (s.f.). Los sistemas de riego por goteo y microaspersión . 23. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-articulo\\_riego\\_presurizado.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-articulo_riego_presurizado.pdf)

Losada, A. (1997). Glosario sobre sistemas de riego. *Ingeniería del Agua*. Vol.4 Num.4 , 65. Obtenido de <http://www.ingenieriadelaagua.com/2004/download/4-4%5Carticle6.pdf>

Melissa Loaiza Díaz, J. P. (2006). *Sistemas de riego caseros empleados por los pequeños y*. Obtenido de *Sistemas de riego caseros empleados por los pequeños y*: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3410/SISTEMAS%20DE%20RIEGO%20CASEROS%20EN%20SANTA%20ELENA.pdf?sequence=1>

ONU-DAES. (2015). Obtenido de <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>

ORTIZ, S. V. (2016). Obtenido de <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/12232/3/1062294516.pdf>

- Ortiz, S. V. (2016). *DISEÑAR UN SISTEMA DE RIEGO PARA EL CULTIVO DE FRUTALES EN EL ÁREA*. Obtenido de <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/12232/3/1062294516.pdf>
- QUIROGA, D. C. (2018). *PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO PARA JARDINES*. Obtenido de *PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO PARA JARDINES*: <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/1533/cañondiana2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ROMERO, B. D. (2017). *DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RIEGO*. Obtenido de *DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RIEGO*: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2687/F06-T3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Toledo, J. P. (13 de febrero de 2012). *UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO*. Obtenido de *UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO*: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1450/1/104385.pdf>
- Vega, J. Y. (2012). El aguacate en Colombia: Estudio de caso de los Montes de María, en el. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional, Banco de la Republica*, 45.
- VEGA, S. P. (2004). diseño de un sistema de riego localizado en frutillas y estudio de la rentabilidad del cultivo considerando diferentes aportes del estado a la inversion, a traves de la ley 18.450. obtenido de diseño de un sistema de riego localizado en frutillas y estudio de la rentabilidad del cultivo considerando diferentes aportes del estado a la inversion, a traves de la ley 18.450.

## 12 ANEXOS

### 12.1 Anexos fotográficos

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |
| <p><b>Registro fotográfico de nivelación y lectura de la estación NIKON</b></p>     | <p><b>Registro fotográfico levantamiento topográfico</b></p>                         |
|  |  |

|                                                                                   |                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Prueba de infiltración mediante método doble anillo</b>                        | <b>Muestra de suelo para remitirlo al laboratorio LAGSA</b>                        |
|  |  |
| <b>Medición distanciamiento entre arboles</b>                                     | <b>Reservorio de donde se extrae el agua para riego</b>                            |

## 12.2 Anexos balance hídrico.

Anexo documento de Excel [..\estacion proyecto.xlsx](#) con las respectivas tablas del balance hídrico

## 12.3 Anexo plano

Documento en PDF [JUAN FELIPE RAMIREZ\PLano de Riego\lote de riego.pdf](#) del diseño de sistema de riego.

|                                                                                   |                                                                             |                |          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</b><br><b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b> |                |          |                 |     |                                |
|                                                                                   | <b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>                                                |                |          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                |
| <b>CÓDIGO</b>                                                                     | <b>AP-BIB-FO-06</b>                                                         | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>PÁGINA</b><br><b>1 de 1</b> |

Neiva, 02 de noviembre de 2021

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

EDGAR ANDRES VANEGAS VALENCIA, con C.C. No. 1.077.861.073,

JUAN FELIPE RAMIREZ NARVAEZ, con C.C. No. 1.077.866.415,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado "DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO PARA CULTIVO DE AGUACATE (PERSEA AMERICANA LORENA O PAPELILLO) SEMBRADO EN LA FINCA EL TRIUNFO, VEREDA EL MESON DEL MUNICIPIO DE GARZON – HUILA".

Presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de: INGENIERO AGRICOLA.

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Eduardo Vanegas Valencia

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Juan Felipe Ramirez Narvaez

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.