



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 3

Neiva, 12 de noviembre de 2024

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Pedro Maria Herrera Vargas, con C.C. No. 1077875942,

Laura Tatiana Herrera Muñoz, con C.C. No. 1082159263,

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o \_\_\_\_\_

titulado DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO PARA

CULTIVO DE TOMATE CHONTO (*Solanum lycopersicum*) VARIEDAD ROBLE SANTA CLARA EN

LA FINCA VERSALLES, VEREDA CLAROS EN EL MUNICIPIO DE GARZÓN – HUILA.

Presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar al título de

INGENIERO AGRÍCOLA \_\_\_\_\_;

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

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.



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS**



**CARTA DE AUTORIZACIÓN**

**CÓDIGO**

**AP-BIB-FO-06**

**VERSIÓN**

**1**

**VIGENCIA**

**2014**

**PÁGINA**

**2 de 3**

conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

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.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

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: Pedro M. Herrera V.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Luz Tatiana Meneiro M.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 3</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** Diseño e implementación de un sistema de riego localizado para cultivo de Tomate Chonto (*solanum lycopersicum*) variedad Roble Santa Clara en la finca Versailles, vereda Claros en el municipio de Garzón – Huila.

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Pedro Maria Herrera Vargas	Laura Tatiana Herrera Muñoz

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Luis Fernando Calderón Alvarado	

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

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

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA O POSGRADO:** AGRÍCOLA

**CIUDAD:** Garzón - Huila

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2024

**NÚMERO DE PÁGINAS:** 44

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

Diagramas \_\_\_ Figuras 21 Grabaciones en discos \_\_\_ Ilustraciones en general \_\_\_ Grabados \_\_\_ Láminas \_\_\_  
Litografías \_\_\_ Mapas \_\_\_ Música impresa \_\_\_ Planos \_\_\_ Retratos \_\_\_ Sin ilustraciones \_\_\_ Tablas o Cuadros 16

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

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.



**MATERIAL ANEXO:** Plano sistema de riego (pdf), Balance hídrico (Excel).

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

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <i>Solanum lycopersicum L</i>	1. <i>Solanum lycopersicum L</i>
2. Sistema de riego	2. Irrigation System
3. Diseño agronómico	3. Agronomic desing
4. Diseño de riego	4. Irrigation desing
5. Riego por goteo	5. Drip irrigation
5. Cambio climático	6. Climate change

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

En este proyecto denominado “diseño e implementación de un sistema de riego localizado para cultivo de tomate chonto (*Solanum lycopersicum L*) variedad roble santa clara en la finca Versailles, vereda Claros en el municipio de Garzón – Huila”,

Se dio inicio con un levantamiento topográfico de la zona de estudio se hicieron los cálculos del Diseño Hidráulico para el óptimo manejo del sistema y del Diseño Agronómico para satisfacer de manera eficiente los requerimientos hídricos del cultivo de tomate) con el objetivo de utilizar los diámetros más pequeños en las tuberías y disminuir los costos de instalación, se decidió dividir el lote en 4 sectores de riego aproximadamente iguales. Requiriendo para el funcionamiento del primer tramo conformado por los sectores 1 y 2 requieren una presión de 9.43PSI para su funcionamiento y para el segundo tramo conformado por los sectores 3 y 4 se requiere una presión de 4.72PSI . La tubería de conducción principal fue de 76.2mm o 3 pulgadas calibre 40 que se determinó por cálculos previamente realizados. Mediante un balance hídrico decadal se determinó una aplicación lámina bruta al día de 6 mm, y el tiempo de riego es de 2hr con 24 min. Se estipula el uso la cinta de goteo Rodrip calibre 8000 de 16mm que emite 0.75lph con emisores cada 20 cm. El área promedio por válvula es de 0.32 hectáreas de modo que, cada planta de tomate va a recibir al día 3.02 litros de agua.



**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

In this project called "design and implementation of a localized irrigation system for cultivation of chonto tomato (*Solanum lycopersicum* L) variety santa clara oak in the Versailles farm, Claros village in the municipality of Garzón - Huila",

The study began with a topographic survey of the study area.

The hydraulic design calculations were made for the optimal management of the system and the agronomic design to efficiently meet the water requirements of the tomato crop) in order to use smaller diameters in the pipes and reduce installation costs, it was decided to divide the lot into 4 irrigation sectors approximately equal. For the operation of the first section, made up of sectors 1 and 2, it was decided to divide the lot into 4 approximately equal irrigation sectors.

The first section, formed by sectors 1 and 2, requires a pressure of 9.43PSI for its operation and for the second section, formed by sectors 3 and 4, a pressure of 4.72PSI is required. The main conduction pipe was 76.2mm or 3 inches 40 gauge which was determined by calculations previously made. By means of a decadal water balance, a gross daily water application of 6 mm was determined, and the irrigation time is 2 hours and 24 minutes. The use of Rodrip 8000 16 mm drip tape is stipulated, which emits 0.75 lph with emitters every 20 cm. The average area per valve is 0.32 hectares, so each tomato plant will receive 3.02 liters of water per day.

**APROBACION DE LA TESIS**

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: Jhon Jairo Beltrán Díaz

Firma:

Nombre Jurado: Javier Eduardo Bonilla

Firma:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO  
LOCALIZADO PARA CULTIVO DE TOMATE CHONTO (*SOLANUM  
LYCOPERSICUM*) VARIEDAD ROBLE SANTA CLARA EN LA  
FINCA VERSALLES, VEREDA CLAROS EN EL MUNICIPIO DE  
GARZÓN – HUILA**

Trabajo de grado presentado al departamento de ingeniería agrícola  
como requisito para optar al Título de: Ingeniero Agrícola

Autores

PEDRO MARÍA HERRERA VARGAS 20171157953

LAURA TATIANA HERRERA MUÑOZ 20141126259

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Agrícola

Sede Garzón, Huila, Colombia

2024



---

Director: Luis Fernando Calderón Alvarado

Nota de aceptación

---

---

---

---

---



---

Jurado: Jhon Jairo Beltrán Díaz



---

Jurado: Javier Eduardo Bonilla

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO PARA CULTIVO DE TOMATE CHONTO (*SOLANUM LYCOPERSICUM*) VARIEDAD ROBLE SANTA CLARA EN LA FINCA VERSALLES, VEREDA CLAROS EN EL MUNICIPIO DE GARZÓN – HUILA

## 1. RESUMEN

En este proyecto denominado “diseño e implementación de un sistema de riego localizado para cultivo de tomate chonto (*solanum lycopersicum*) variedad roble santa clara en la finca Versalles, vereda Claros en el municipio de Garzón – Huila”, Se plantearon como objetivos, calcular los requerimientos hídricos del cultivo de tomate a partir de las condiciones climáticas y propiedades físicas del suelo para proceder a diseñar el sistema de riego de alta frecuencia que mejor se adecue al cultivo de tomate teniendo en cuenta el tipo de emisor, tiempo de riego, características físicas del suelo y condiciones agroclimáticas de la zona y finalmente calcular el balance hídrico del cultivo durante su etapa morfológica junto con la eficiencia del riego de alta frecuencia implementado.

Se dio inicio con un levantamiento topográfico de la zona de estudio cual nos permitió reconocer previamente el relieve del terreno y, una vez hecho los cálculos del Diseño Hidráulico mediante la fórmula planteada por Hazen-Williams para el óptimo manejo del sistema y del Diseño Agronómico para satisfacer de manera eficiente los requerimientos hídricos del cultivo de tomate chonto (*solanum lycopersicum*) con el objetivo de utilizar los diámetros más pequeños en las tuberías y disminuir los costos de instalación, se decidió dividir el lote en 4 sectores de riego aproximadamente iguales. De igual forma los laterales se fraccionaron en dos tramos (uno de ellos desde la entrada hasta los 8 metros donde se encuentra el punto más elevado, y el otro tramo desde los 8 metros hasta el final del lateral), requiriendo para el funcionamiento del primer tramo conformado por los sectores 1 y 2 requieren una presión de 9.43PSI para su funcionamiento y para el segundo tramo conformado por los sectores 3 y 4 se requiere una presión de 4.72PSI. La tubería de conducción principal fue de 76.2mm o 3 pulgadas calibre 40 que se determinó por cálculos previamente realizados. Para el diseño Agronómico se consideró las condiciones climáticas promedio mediante un balance hídrico decadal determinando una aplicación lámina bruta al día de 6 milímetros, y de acuerdo al emisor seleccionado el tiempo de riego es de dos horas con 24 minutos con una precipitación de 2.68 milímetros por hora. También se tiene que el área promedio por sector de riego es de 0.32 hectáreas, que cada planta de tomate va a recibir al día 3.02 litros de agua y que el caudal requerido va a ser de 153.1 gpm.

Para el diseño agronómico se determinó una lámina bruta al día de 6mm/día y de acuerdo al emisor seleccionado, el tiempo de riego se establece de 2hr con 24min con una precipitación de 2.68mm/h. Se estipula el uso la cinta de goteo Rodrip calibre 8000 de 16mm que emite 0.75lph con emisores cada 20 centímetros. El área promedio por válvula es de 0.32 hectáreas de modo que, cada planta de tomate va a recibir al día 3.02 litros de agua 153.1 gpm el caudal requerido.

**Palabras clave:** *Solanum lycopersicum* L, sistema de riego, diseño agronómico, diseño de riego, riego por goteo, cambio climático.

## 2. ABSTRACT

In this project called "design and implementation of a localized irrigation system for cultivation of chonto tomato (*solanum lycopersicum*) variety santa clara oak in the Versailles farm, Claros village in the municipality of Garzon - Huila", in which the OBJECTIVES of the study were to calculate the water requirements of the tomato crop from the climatic conditions and physical properties of the soil to proceed to design the high frequency irrigation system that best suits the tomato crop taking into account the type of emitter, irrigation time, physical characteristics of the soil and agroclimatic conditions of the area and finally calculate the water balance of the crop during its morphological stage along with the efficiency of high frequency irrigation implemented.

Once the calculations of the Hydraulic Design were made using the formula proposed by Hazen-Williams for the optimal management of the system and the Agronomic Design to efficiently meet the water requirements of the chonto tomato crop (*solanum lycopersicum*) with the aim of using smaller diameters in the pipes and reduce installation costs, It was decided to divide the lot into 4 approximately equal irrigation sectors, likewise the laterals were divided into two sections (one of them from the entrance to 8 meters where the highest point is located, and the other section from 8 meters to the end of the lateral), requiring for the operation of the first section formed by sectors 1 and 2 require a pressure of 9.43PSI for its operation and for the second section formed by sectors 3 and 4 a pressure of 4.72PSI is required. The main pipeline was 76.2mm or 3 inches 60 gauge which was determined by previously performed calculations.

For the agronomic design, the average climatic conditions were considered through a decadal water balance, determining a gross lamina application per day of 6 millimeters, and according to the selected emitter, the irrigation time is two hours and 24 minutes with a precipitation of 2.68 millimeters per hour. It is also possible to see that the average area per valve is 0.32 hectares, that each tomato plant will receive 3.02 liters of water per day and that the required flow rate will be 153.1 gpm.

For the agronomic design, a gross daily rainfall of 6mm/day was determined and according to the emitter selected, the irrigation time is set at 2hr with 24min with a precipitation of 2.68mm/h. Rodrip drip tape is stipulated to be used with a 16mm Rodrip 8000 gauge drip tape that emits 0.75lph with emitters every 20 centimeters. The average area per valve is 0.32 hectares so, each tomato plant will receive 3.02 liters of water per day 153.1 gpm the required flow rate.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum L*, irrigation system, agronomic design, irrigation design, drip irrigation, climate change.

### 3. INTRODUCCIÓN

El agua en la agricultura desempeña un papel determinante para el crecimiento de las plantas y el desarrollo de los cultivos (Colimba & Javier, 2022). El manejo y control de este recurso en regiones tropicales y/o áridas se basa en estudios edáficos que permiten su utilización de forma racional, minimizando el estrés hídrico en las plantaciones (Gonzalez, y otros, 2015). El uso consuntivo (Kc) es un componente fundamental del ciclo hidrológico en zonas tropicales, donde es necesario implementar un sistema de riego que satisfaga las necesidades hídricas de los cultivos en cada etapa fenológica (Bojaca, Villagrán, Gil, & Franco, 2017). La aplicación de riego es fundamental para el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos hortícolas, ya que la mayoría no alcanza una producción eficiente en condiciones de secano. La problemática principal en la agricultura radica en el uso ineficiente y control deficiente del agua de riego (Carvajal, 2021). Es evidente que el agua es vital para la producción de alimentos, pero también se está volviendo un recurso cada vez más escaso. Por lo tanto, es importante realizar estudios previos sobre las necesidades hídricas de los cultivos, evaluando las láminas de riego para garantizar un uso adecuado del recurso.

La implementación de sistemas de riego tecnificado sería una solución para muchos agricultores en el departamento del Huila y en el país. Anteriormente, el suministro de agua se realizaba de forma empírica sin considerar las condiciones meteorológicas, del suelo y los requerimientos de los cultivos, lo que resultaba en baja calidad y rendimiento, generando bajas ganancias para los productores. Los sistemas de riego localizado de alta frecuencia (RLAF), como el riego por goteo, son altamente recomendados por su eficiencia (Conde, Sánchez, Colmenares, Ortega, & Vásquez, 2021), reduciendo las pérdidas de agua por evaporación o infiltración y permitiendo un riego eficiente en diversas condiciones (Ezzequiel & Limaico, 2022).

Estas tecnologías ayudan a aumentar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura, logrando mayores producciones por unidad de agua consumida (Intagri). El tomate "chonto" es la variedad más cultivada y consumida en Colombia, y su éxito en el cultivo requiere la correcta aplicación de prácticas agronómicas, como la administración del agua de riego, la fertilización y el manejo fitosanitario (Vallejo & Franco, 1999). El consumo diario de agua por planta adulta de tomate varía según la zona, la variedad, las condiciones climáticas, la época del año y el tipo de suelo, pero por lo general se aplica entre tres y cuatro litros de agua por metro cuadrado al día con el sistema de riego por goteo (Duarte & Benavides, 2020). En este proyecto se diseñó un sistema de riego por goteo para el cultivo de tomate "chonto" (*Solanum lycopersicum*), el cual se implementó en el área de estudio junto con prácticas agronómicas específicas. Posteriormente, se evaluó el sistema de riego diseñado para demostrar a los productores que el uso adecuado de prácticas como el riego tecnificado y la fertilización adecuada optimiza la calidad y el rendimiento de las cosechas.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 PROCESO DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

#### **4.1.1 Localización del área de estudio**

Se procedió a la visita al lugar para conocer la ubicación real del proyecto y con el objetivo de inspeccionar todo el terreno con el fin de tener un panorama claro de las posibles expectativas que se podrá generar con el diseño del riego teniendo en cuenta las necesidades presentes y los requerimientos y disposiciones del propietario

#### **4.1.2 Levantamiento topográfico**

En primera instancia se realizó una inspección del terreno en su totalidad la cual nos permitió reconocer previamente el relieve del terreno. Con ayuda de un GPS se tomaron las coordenadas geográficas y con una estación total se realizó el levantamiento topográfico, se procedió a levantar el croquis del área total de la parcela tomando el primer punto de referencia central al lote con medidas de prima cada 15m debido a la uniformidad del terreno tomando un total de 8 muestras en todo el terreno se obtuvieron así datos de perímetro y altimetría.

#### **4.1.3 Recolección de muestras de suelo**

Durante una visita a campo se recolectaron 20 submuestras de suelo en el área de estudio, se procedió a cortar la maleza que cubriera el área y con ayuda de un palín se recogieron las muestras las cuales fueron mezcladas sobre una carpa en la cual se homogenizaron, se tomó 1kg de suelo el cual se depositó en la bolsa de seguridad para su posterior traslado al laboratorio para su debido análisis.

#### **4.1.4 Información climática del sector**

Se Descargaron datos climáticos de la zona por medio de la página web de Dhime (IDEAM) y **Aquastat de la FAO** (FAO, s.f.)

#### **4.1.5 Coeficiente del cultivo**

Existen varias fuentes que reportan coeficientes de cultivo, aunque el propio productor puede validar y ajustar sus propios Kc de acuerdo a su experiencia y manejo específico. (Felmer E & Antúnez B)

#### **4.1.6 Prueba de infiltración**

La medición de infiltración en el suelo se realizó por el método de filtrómetro doble anillo por mediciones en intervalos regulares de tiempo hasta identificar cuándo la tasa de absorción permanece constante. Los cilindros tienen dimensiones de 60 cm de diámetro y 30 cm de altura cilindro externo e interno respectivamente 30 cm de altura, los que se instalaron en forma concéntrica cuidadosamente; en el cilindro interior se efectuaron las mediciones mientras que el cilindro exterior tuvo como objetivo evitar el flujo radial del agua durante la

prueba de infiltración. Este procedimiento se realizará en tres zonas diferentes en la misma área de estudio conservando una distancia menor de 10 metros entre las medidas.

## 4.2 DISEÑO

### 4.2.1. DISEÑO AGRONÓMICO

#### 4.2.1.1 Cálculo de Evaporación de referencia (Eto)

Con el fin de tener mayor eficiencia en el riego y de acuerdo a densidades de siembra y disposición del terreno, se opta por la implementación de un riego por goteo, siendo este un sistema de alta frecuencia el cual diseña con los valores máximos para obtener las condiciones críticas de funcionamiento.

El cálculo de la evapotranspiración de la zona (Eto) se realizó a través del uso del programa Aquastat de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2006) tomando datos climáticos de la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio. Para obtener la evapotranspiración se toma un promedio de las temperaturas anuales durante los últimos 10 años.

#### 4.2.1.2 Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc)

Para conocer la evapotranspiración del cultivo es necesario conocer la evapotranspiración de la zona (Eto) y el coeficiente de desarrollo del cultivo (Kc), el cual está establecido por la FAO para cada cultivo (Kerr Pérez & Centeno Rodríguez, 2012).

$$ETc = Eto * Kc \quad (1)$$

Donde:

ETc: Evapotranspiración corregida (mm/día)

Eto: Evapotranspiración de la zona

Kc: Coeficiente del cultivo

### 4.2.2 DISEÑO HIDRÁULICO

#### Pérdidas por fricción en lateral crítico y en tubería principal

Para determinar la velocidad del agua en las tuberías circulares que trabajan a presión se empleará la ecuación de Hazen-Williams:

$$Hf = \frac{1.21 \times 10^{10} * Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} * L \quad (2)$$

Donde:

Hf: Pérdida de presión en el tramo de tubería (en metros de columna de agua).

- Q: Caudal en litros por segundo (Lps).  
L: Longitud del tramo de tubería en metros (m)  
C: Coeficiente de Hazen-Williams (140 para PE).  
D: Diámetro interno de la tubería (mm)

Adicionalmente, se calcularon las pérdidas de presión por fricción en tuberías que presentan derivaciones uniformemente espaciadas, con relación a aquellas con flujo uniformemente largo en tuberías

$$F = \left( \frac{1}{m+1} \right) + \left( \frac{1}{2N} \right) + \left( \frac{m-1}{6N^2} \right) \quad (3)$$

Donde:

- F: Factor de pérdida de carga de Christiansen  
M: 1.85 para ecuación de Hazzen-Williams  
N: Número de salidas igualmente espaciadas

#### 4.2.2.1. Pérdidas por accesorios

De acuerdo al manual técnico de información de riego (Hunter, 2023) se puede asignar un valor del 10% de las pérdidas totales a las pérdidas menores o por accesorios.

Para definir estas pérdidas secundarias, se emplea la siguiente ecuación:

$$K = K_L \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

Donde:

- $K_L$ : Coeficiente de tubería  
V: velocidad del agua  
g: Gravedad

#### 4.2.2.2 Pérdidas en filtrado

La pérdida de presión máxima se tomó de acuerdo a la información suministrada por el fabricante en el cual toma en cuenta el tipo de malla utilizado en el filtro de 120mesh y, teniendo en cuenta los parámetros de calidad del agua.

#### 4.2.2.3 Cabeza dinámica total

La cabeza dinámica total es la sumatoria de todas las pérdidas por fricción, accesorios, menores y la altura de succión determinada por la siguiente ecuación:

$$CDT = Hf + Hf_{menores} + Hf_{Filtrado} + Altura_{Succ} \quad (5)$$

CDT: Cabeza dinámica total  
Hf: Pérdidas por fricción  
Hf<sub>menores</sub>: Pérdidas menores  
Hf<sub>Filtrado</sub>: Pérdidas por filtrado  
Altura<sub>succ</sub>: Altura de succión

#### 4.2.2.4. Potencia de la bomba

Para determinar la capacidad de la bomba necesaria, generalmente, el proveedor o comerciante brinda los catálogos con la gráfica del gasto que se ocupará, de otro modo, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$P(Hp) = \frac{Q * CDT}{76 * \eta} \quad (6)$$

P: Potencia requerida por la bomba (Hp)  
Q: caudal del sistema (lps)  
CDT: Cabeza dinámica total (m.c.a)  
 $\eta$ : Eficiencia del motor de la bomba (70%)

### 4.3 RENDIMIENTO DE CULTIVO

Mediante un análisis cuantitativo en una tabla de Excel se determinó el rendimiento del cultivo en estudio desde la primera semana de recolección (60días DDS) hasta su ciclo final (170DDS). Este resultado se comparó con los rendimientos de un cultivo cosechado en las mismas características de suelo, clima y densidad de siembra, pero sin tecnificación de riego. Estos valores son expresados en kg % x planta.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Localización del área de estudio

El proyecto se llevó a cabo en la Finca "Versalles", ubicada en la vereda Claros del municipio de Garzón, departamento del Huila. Esta finca se encuentra en las coordenadas aproximadas de latitud 2°8'47" Norte y longitud 75°42'8" Oeste, con una elevación de aproximadamente 824 msnm. La extensión total de la finca es de aproximadamente 20.000m<sup>2</sup>, de los cuales 13.000m<sup>2</sup> serán utilizados para el cultivo de tomate chonto (*Solanum lycopersicum*) variedad Roble Santa Clara. **FIGURA 1**



**FIGURA 1.** Mapa satelital finca Versailles y delimitación de la zona de estudio.

**FUENTE:** Google Earth.

## 5.2. Fuente de abastecimiento de agua

La finca Versailles cuenta con un reservorio de agua con un área calculada mediante Google Earth de  $1.808 \text{ m}^2$  con una profundidad de 1.5 m almacenando un total de  $3127 \text{ m}^3$  tiene además un caudal disponible de suministro de  $4.5 \text{ lt/h}$ , provenientes del distrito de agua de la vereda Claros. El fluido en su totalidad es empleado para uso agrícola, de manera general el agua tiene buenos niveles de calidad lo cual permite el aprovechamiento de este recurso para fines agrícolas. **FIGURA 2**



**FIGURA 2.** Fuente de abastecimiento. **FUENTE:** Propia.

### 5.3. Levantamiento topográfico



**FIGURA 3.** Levantamiento topográfico

Con ayuda de un GPS y una estación total se realizó el levantamiento topográfico de la zona de estudio, mediante el software de diseño asistido “AutoCAD” e “IRRICAD”, se procedió a la digitalización de los puntos levantados **FIGURA 4**. Este programa generó curvas de nivel que nos demuestran un estudio de un comportamiento uniforme que no superan pendientes mayores al 1%. Adicional a esto, se establecieron los sectores de riego y su distribución donde se registra también la zona donde se encuentra ubicada la bomba de abastecimiento.

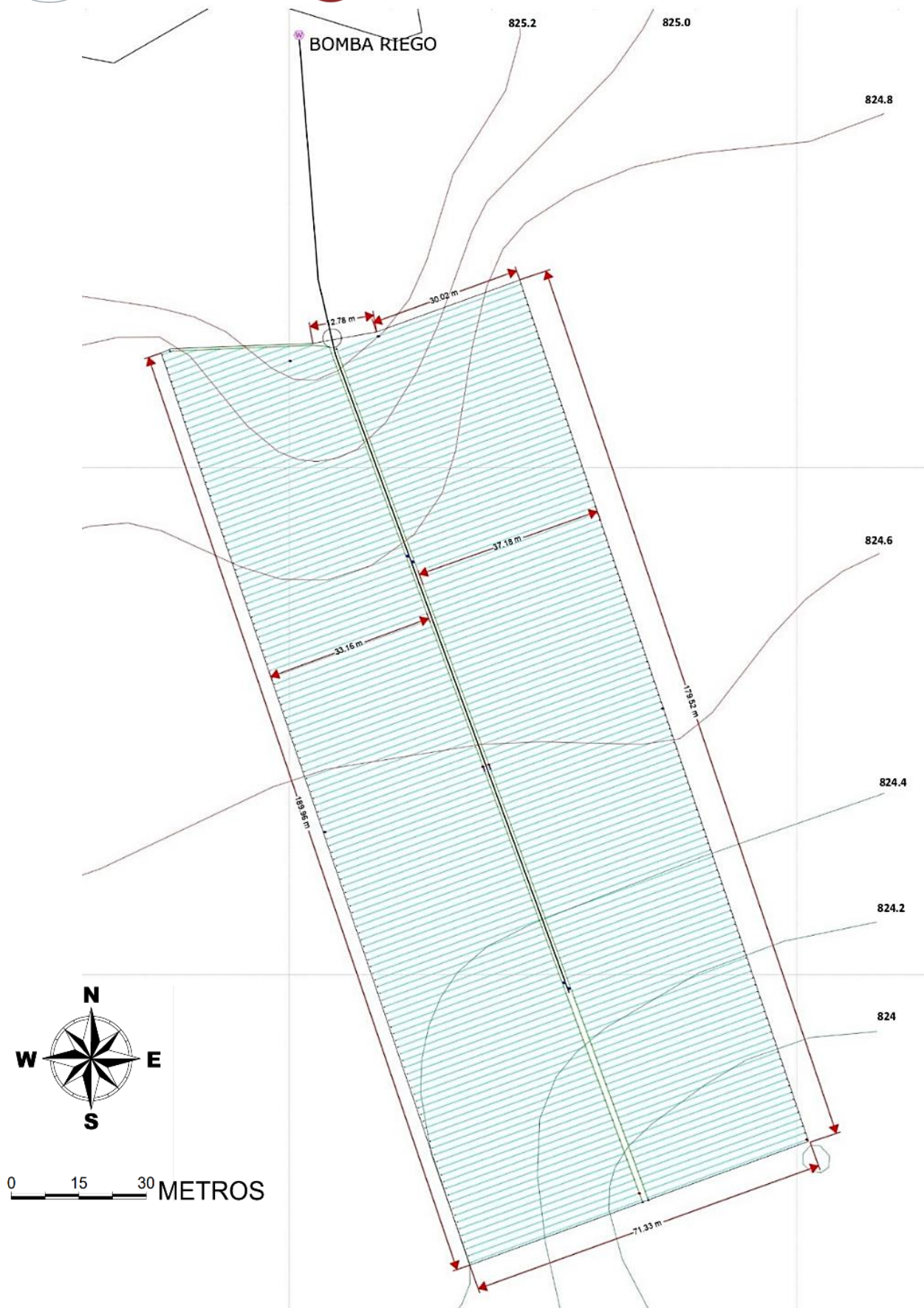


FIGURA 4. Puntos levantados. FUENTE: Propia

#### 5.4. Condiciones climáticas vereda Claros

Para la referenciación de la temperatura de la zona de estudio se toma la estación que se encuentra más próxima al área, encontrando la estación de Zuluaga en la que, por medio de la página del DHIME del IDEAM se data la siguiente información en promedio de los años 2003 al 2024:

**TABLA 1.** Temperaturas para el sector de Claros

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Temperatura prom. Anual (°C)	30.4	30.8	30.2	30.2	31.7	29.8	31.2	32.6	29.8	30.2	31.8	
2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024		
31	32.8	31.6	31.2	30.8	31.8	31.2	30.8	32.2	33.4	32	Temperatura promedio	32°C

Temperatura media entre los años 2003 al 2024 es de 32°C

Humedad relativa promedio 61%

**FUENTE:** Dhime - Ideam.

#### 5.5. Estudio de suelo



**FIGURA 5.** Recolección muestra de suelo.

Efectuando la recolección de una muestra de suelo, se tomaron 20 submuestras en distintas áreas del terreno a estudiar y se enviaron al laboratorio de Manejo de Aguas y Suelos “Ambilab” el cual nos aportó los siguientes datos: **Tabla 2, ver ANEXO 1**

**Tabla 2.** Textura del suelo.

Variable	Técnica	Método	Resultado
% Arcilla	Gravimétrica	Ntc 6299 Textura por Bouyucos	11.63
% Limo			32.65
% Arena			55.72

Textura		Franco Arenosa
Da	g*cm <sup>-3</sup>	1.3
Dr		2.4
Cc	%	35.0
PMP		18.0

### 5.6. Condiciones Hidroclimáticas

Con la localización del predio se buscó información de la evapotranspiración de referencia para la zona **TABLA 3**, para ello se utilizó información de la página aquastat del fao y, mediante una tabla en Excel se desarrolló el balance hídrico decadal y se promediaron los datos de los últimos 10 años (2012-2022) teniendo un valor máximo de referencia.

**TABLA 3.** Evapotranspiración de Referencia. **FUENTE:** (FAO, Aquastat, 2023)

Mes	ENE	FE B	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Eto(mm/m)	96	100	108	112	116	115	116	134	135	121	110	112
Etc(mm/día)	3.20	3.57	3.60	3.73	3.87	3.83	3.87	4.47	4.50	4.03	3.67	3.73

De la información se tomó la evapotranspiración promedio más elevada registrada en los últimos 10 años, correspondiente al mes de septiembre del año 2017 con un valor de 4.5 mm/día.

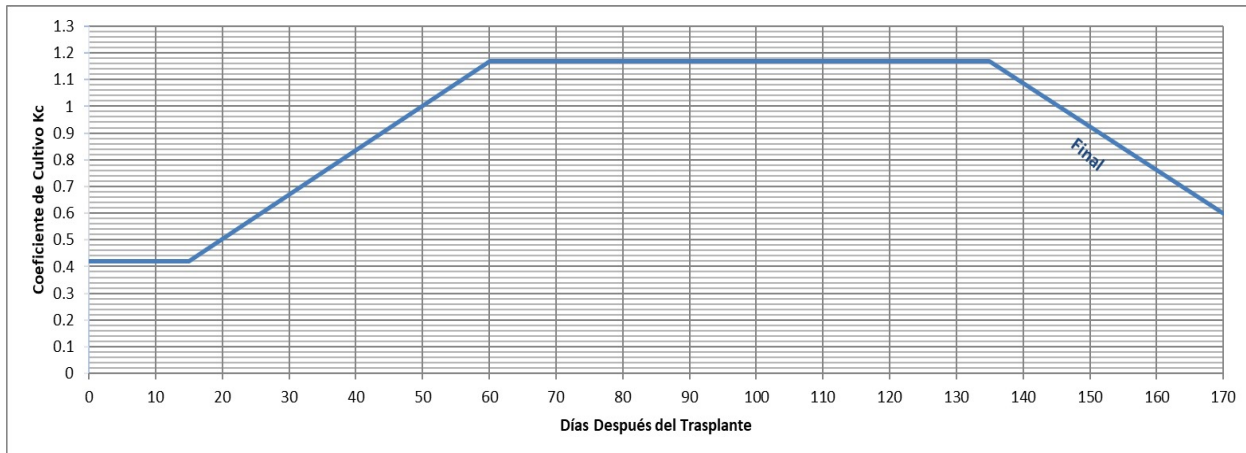
### 5.7. Coeficiente del cultivo (Kc)

En el cultivo de tomate, al igual que en otros cultivos, la reducción del riego por debajo de sus requerimientos provoca descensos en la transpiración, menor crecimiento del fruto y afectar el crecimiento de las plantas, y del modo contrario, si es excesivo, presentar problemas fungosos y de bacterias. etc. (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998).

El coeficiente del cultivo según la FAO para tomate es: **TABLA 4**,

**TABLA 4.** Kc cultivo de tomate chonto (*Solanum lycopersicum* L). **Fuente:** FAO

Etapa	Días	Kc
Inicial	15	0,42
Desarrollo	60	1,17
Medio	135	1,17
Final	170	0,60



**FIGURA 6.** Coeficiente del cultivo Kc.

### Balance Hídrico

Teniendo en cuenta el Coeficiente del cultivo  $K_c$  del cultivo se determina el 75% de probabilidad de precipitación, para esto, se toman como referencia los datos de precipitación diaria de la estación más cercana, para este caso, la estación de La Jagua, corregimiento del municipio de Garzón, desde los años 1972 al 2017 **TABLA 5**, se procede a organizar los datos desde décadas y meses, posteriormente se aplica el método de Weibull el cual requiere: 1. Determinar la probabilidad a calcularse, los meses a considerar y los años comprendidos. 2. Luego los registros se ordenan en orden descendente asignando un número correlativo a cada dato y se aplica la fórmula de Weibul.

**TABLA 5.** Balance total Decadal.

	SEPTIEMBRE			OCTUBRE		NOVIEMBRE			DICIEMBRE			
	DEC1	DEC2	DEC3	DEC4	DEC5	DEC6	DEC7	DEC8	DEC9	DEC10	DEC11	DEC12
P 75% (mm)	6,0	4,0	5,0	3,0	13,0	19,3	13,3	19,0	9,5	9,3	9,3	4,0
DEMAN. TOTAL (mm)		15,7	25,2	30,8	27,8	28,5	29,8	24,4	33,4	34,4	34,4	39,6

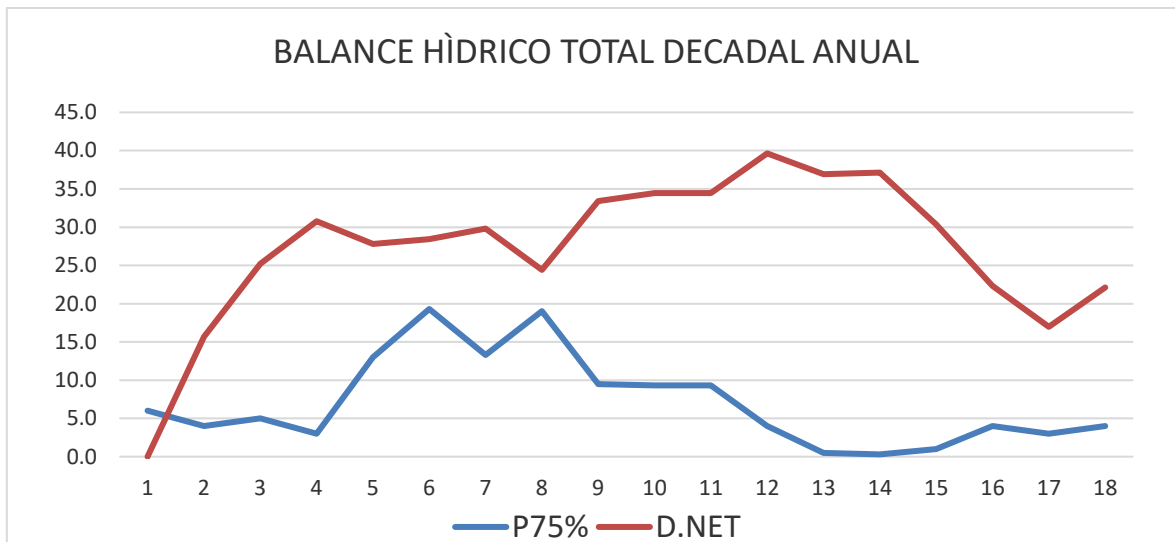
  

ENERO		FEBRERO			
DEC13	DEC14	DEC15	DEC16	DEC17	DEC18
0,5	0,3	1,0	4,0	3,0	4,0
36,9	37,1	30,4	22,3	17,0	22,1
				<b>Total</b>	<b>474,2</b>

Como resultado tenemos que aportar al cultivo 474,2 mm de agua en toda su etapa fenológica.

Se plantea comenzar el proceso de siembra en septiembre para comenzar cosecha a partir de los 60 días, es decir en el mes de noviembre teniendo en cuenta fechas para su comercialización, dado de contamos con suministro de abastecimiento hídrico.

El balance hídrico total anual del proyecto se grafica como la relación entre la demanda neta total y la precipitación efectiva para cada mes.



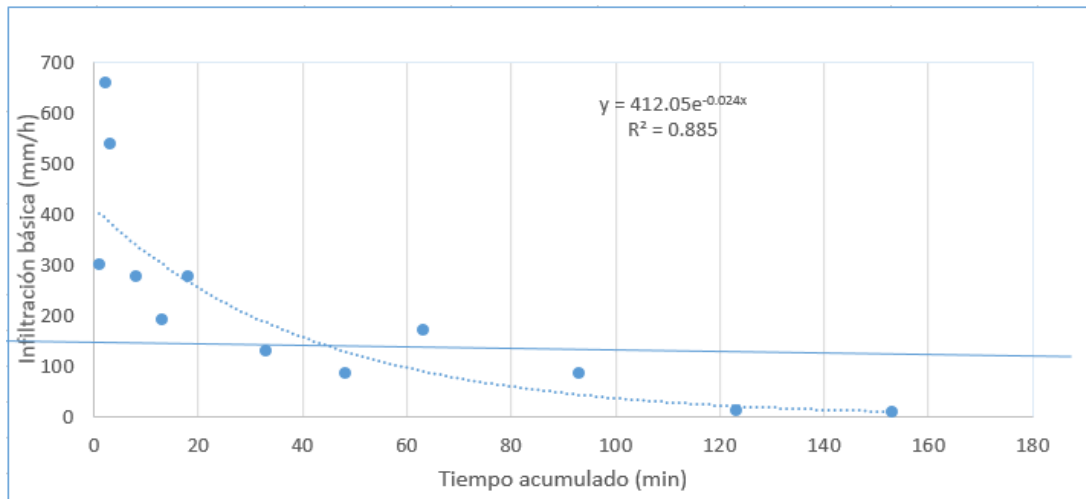
**FIGURA 7.** Balance hídrico total decadal anual.

### 5.8. Prueba de infiltración



**FIGURA 8.** Prueba de infiltración, método de anillos.

La infiltración básica en el suelo es de 127 cm/hr con una velocidad de infiltración de 127.8 cm/h **FIGURA 9**, esto debido a que la textura de suelo es Franco arenosa



**FIGURA 9.** Infiltración básica del suelo.

La prueba se realizó en tres zonas diferentes dentro del área de estudio para el mes de agosto del 2023 donde indica que la infiltración es alta con respecto al tiempo, posteriormente disminuye y se hace constante una vez que el suelo ha alcanzado la saturación.

## DISEÑO AGRONÓMICO

Se eligió tomar una frecuencia de riego de 1 día con el objeto de disminuir el diámetro de las tuberías de riego, se asumió una eficiencia del 90% para el sistema debido a que se utilizará cinta de riego por goteo. La distancia entre surcos se definió en 1.4 metros entre surcos y 40 centímetros entre plantas de tomate (Escobar & Rebeca, 2009), de esta manera se alcanzan densidades de siembra de 2,2 a 2,5 plantas/m<sup>2</sup> (Escobar & Rebeca, 2021) y se eligió la cinta de goteo Rodrip calibre 8000 de 0.75 litros por hora (Rivulis, 2003) con emisores cada 20 centímetros buscando la mayor economía en el riego **ANEXO 6. TABLA 6**

**TABLA 6.** Parámetros utilizados para el diseño agronómico.

<b>Cultivo</b>	Tomate	<b>Caudal emisor (Lph)</b>	0.75
<b>Sistema de riego</b>	Goteo	<b>No. De laterales x surco(un)</b>	1
<b>Modelo del emisor</b>	Rodrip	<b>Distancia entre laterales (m)</b>	1.4
<b>Distancia plantas (m)</b>	0.4	<b>Separación emisor (m)</b>	0.2
<b>Distancia surcos (m)</b>	1.4	<b>Evapotranspiración de referencia (mm)</b>	4.5
<b>Numero surcos (m)</b>	1	<b>Kc cultivo</b>	1.2
<b>Eficiencia de riego (%)</b>	90%	<b>Tiempo de riego total requerido (h)</b>	3
<b>Área a regar (ha)</b>	1.299	<b>Número de operaciones ajustado</b>	1.00
<b>Numero de válvulas por operación</b>	4		

En la **TABLA 6** se consignaron los parámetros usados para el diseño agronómico, tales como el cultivo, tipo de emisor, caudal del emisor, distancia entre laterales, evapotranspiración, coeficiente de cultivo, entre otros. En la **TABLA 7** registramos información obtenida del diseño agronómico:

### Calculo de lámina de riego

$$Lr = \%a (Cc - PMP) * Da * Pr =$$

Donde:

Lr = Lámina de riego

Cc = Capacidad de campo

%a = Porcentaje de agotamiento

Da = Densidad aparente

Pr = Profundidad radicular (cm)

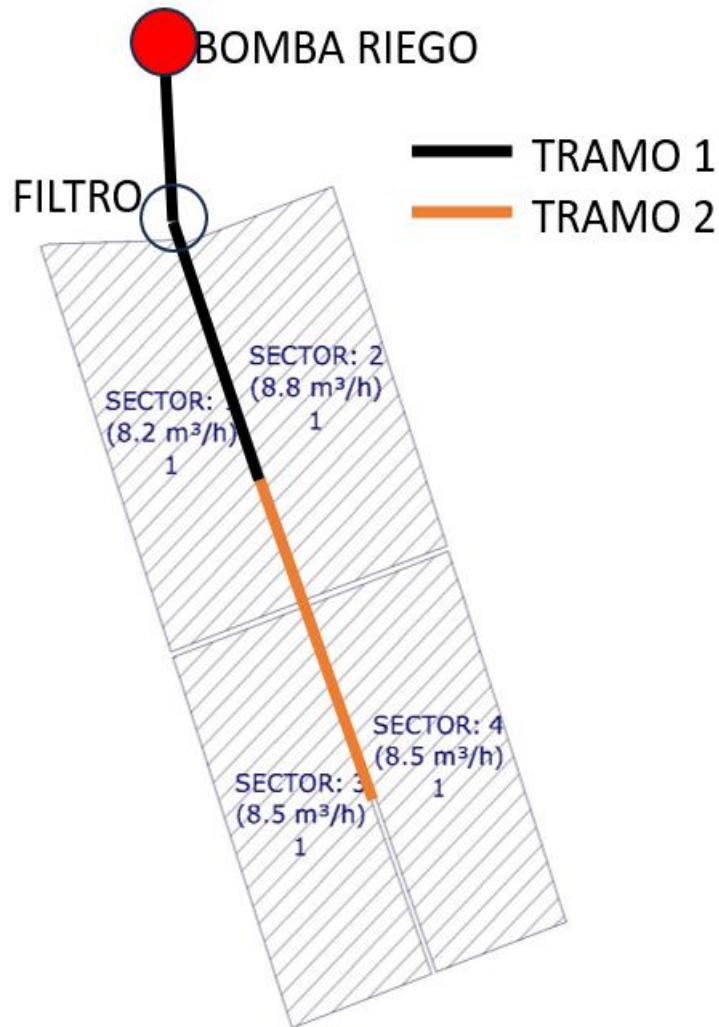
**TABLA 7.** Datos obtenidos del diseño agronómico.

<b>Plantas por hectárea (un)</b>	23.196	<b>Caudal por operación (m<sup>3</sup>/h)</b>	34.79
<b>Lamina aplicación (mm/h)</b>	2.68	<b>Caudal de bombeo (gpm)</b>	153.10
<b>Lamina neta de riego (mm/día)</b>	5.4	<b>Caudal por válvula promedio (m<sup>3</sup>/h)</b>	8.70
<b>Lamina bruta de riego (mm/día)</b>	6.00	<b>Numero de válvulas total</b>	4
<b>Tiempo por operación (h)</b>	2.24	<b>Área promedio por válvula (Ha)</b>	0.1204 132
<b>Número de operaciones</b>	1.34	<b>Agua bruta aplicada por planta al día (L)</b>	3,36
<b>Tiempo de riego total ajustado (h)</b>	2.24	<b>Agua neta aplicada por planta al día (L)</b>	3,02
<b>Área por operación (Ha)</b>	1.299		

De la tabla anterior se evidencia que se realiza una aplicación lámina bruta al día de 6 milímetros, y de acuerdo al emisor seleccionado el tiempo de riego calculado con base al número de operaciones ajustado por el tiempo de operación es de 2h con 24 minutos con una precipitación de 2.68mm/h. También se logra ver que el área promedio por válvula es de 0.32 has, que cada planta de tomate va a recibir al día 3.02 litros de agua y que el caudal requerido va a ser de 153.1 gpm. **ANEXO 9**

## DISEÑO HIDRÁULICO

Con el objetivo de utilizar los diámetros más pequeños en las tuberías y disminuir los costos de instalación, se decidió dividir el lote en 4 sectores de riego aproximadamente iguales **FIGURA 10**, y así mismo asignar una válvula de bola de 3" en PVC a cada sector de riego, el diagrama de la división del predio se puede apreciar en la **FIGURA 10**, junto con dos tramos de tubería principal. Las válvulas son abastecidas hasta el punto medio de cada lote con una tubería distribuidora paralela a la tubería principal (Tramo 1 con tubería de 3" & Tramo 2 con tubería de 2"), y perpendicular al sentido de los laterales. **ANEXO 5**



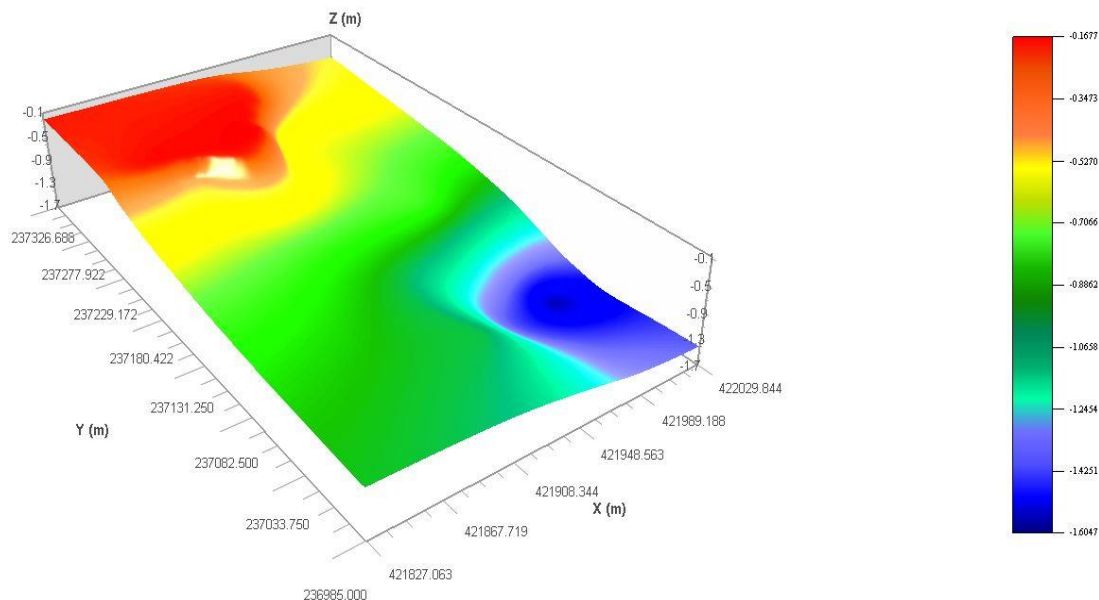
**FIGURA 10.** Distribución del predio.

En la **TABLA 8** tenemos los requerimientos de cada sector de riego: cantidad de goteros, metros lineales y número de plantas.

**TABLA 8.** Resultados de cada sector de riego.

	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	TOTAL
Requerimiento por sector (m <sup>3</sup> /h)	8.2	8.8	8.5	8.5	34.4
Goteros por sector	10933	11733	11333	11333	45333
Metros lineales (M)	2186.7	2346.7	2266.7	2266.7	9066.7
N plantas por sector	5467	5867	5667	5667	22667

De acuerdo a la forma y topografía del terreno **FIGURA 11**, la válvula más crítica es el número dos al poseer un área de mayor tamaño y encontrarse en el sitio más elevado causa mayor demanda de agua en comparación con los demás sectores. La siguiente figura **FIGURA 11** inicia con datos de referencia desde el punto base a nivel de la altura de la motobomba y se mide a partir de una elevación de 70cm.



**FIGURA 11.** Mapa de elevaciones.

**FUENTE:** Propia.

Dentro del área designada para la válvula 2, se logra identificar el lateral más alejado, como el lateral superior derecho con una elevación cercana a 0.2 debajo del nivel de referencia, de igual manera se logra identificar en la **FIGURA 12** la ubicación de la válvula en el centro del sector abasteciendo las tuberías distribuidoras por un extremo.

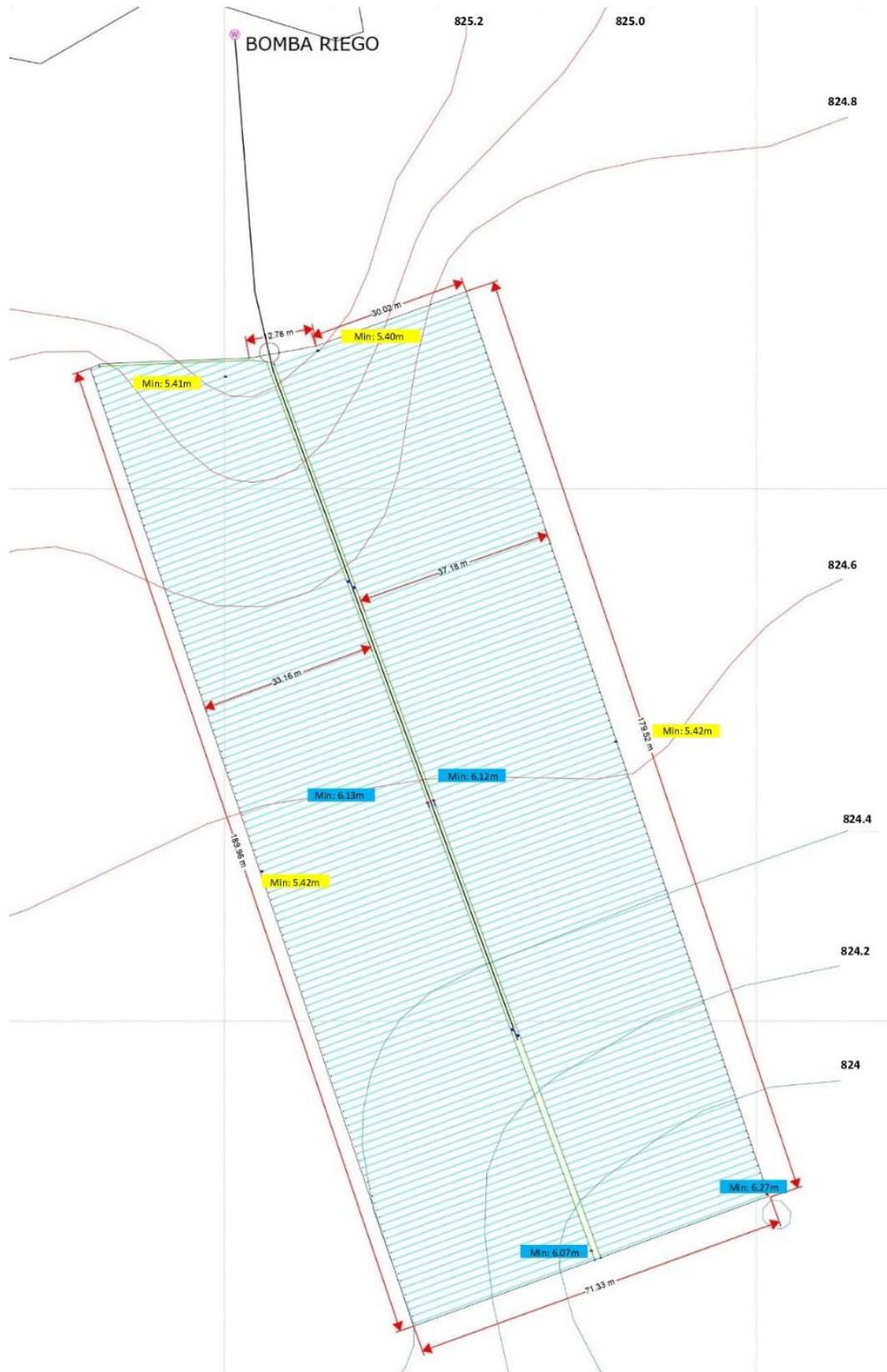
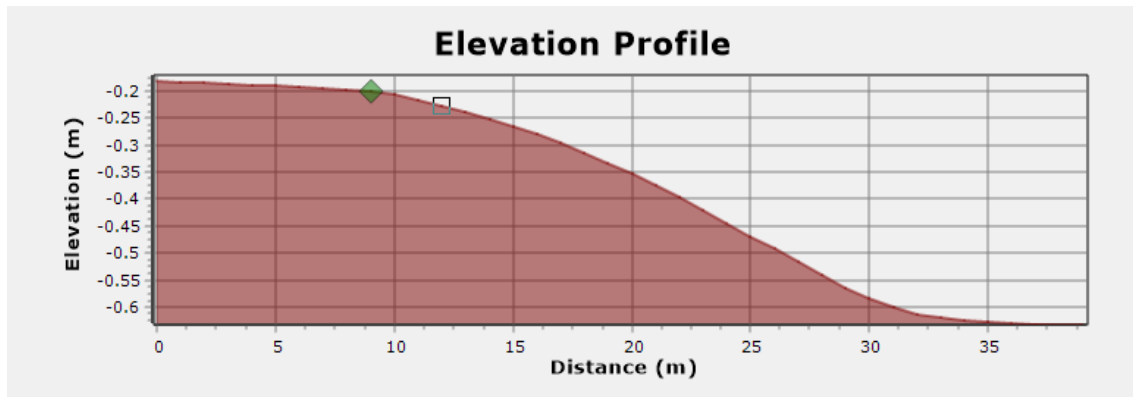


FIGURA 12. Mapa de elevaciones de la válvula 4. Crítica

### Pérdidas en lateral crítico

Según el fabricante de la cinta de riego (Rivulis, 2003) la presión de operación de la misma es de 8 libras por pulgada cuadrada, por lo que se estima que la presión mínima debe ser de un 10% por debajo de la presión nominal y la presión máxima debe estar dentro del 10% arriba de la presión nominal por lo tanto la presión en los laterales del sistema de riego debe estar entre 7.2 PSI y 8.8 PSI. Sin embargo, para efectos de este proyecto se va a tomar una presión mínima de 7.8 PSI. **FIGURA 13**



**FIGURA 13.** Perfil de elevación del lateral más crítico.

De acuerdo a lo mostrado por la

y la **FIGURA 13**, el punto más crítico se encuentra a 8 metros de la entrada del lateral con un valor de 0.2 metros de elevación bajo el nivel de referencia, este lateral cuenta con una longitud de 40 metros y según (Rivulis, 2003) un caudal nominal de 375 litros por hora cada 100 metros de cinta de riego. Por lo anterior se va a dividir el lateral en dos tramos, uno de ellos desde la entrada hasta los 8 metros donde se encuentra el punto más elevado, y el otro tramo desde los 8 metros hasta el final del lateral. La pérdida de presión para el primer tramo es:

$$\text{Caudal del tramo 1} = 375 \text{ Lph} * 40 \text{ m} / 100 = 150 \text{ Lph}$$

$$\text{Salidas igualmente espaciadas} = \frac{8\text{m}}{0.2 \text{ m}} = 40 \text{ salidas}$$

Posteriormente se calculó las pérdidas de presión empleando la **Ecuación 2**

$$H_f = \frac{1.21 \times 10^{10} * 0.041667^{1.85}}{140^{1.85} 15.6^{4.87}} * 8\text{m} = 0.044 \text{ m. c. a}$$

Ahora se debe multiplicar este valor por un coeficiente F de salidas múltiples igualmente espaciadas N desarrollado por Christiansen en 1942 **ver ANEXO 2**, el cual se calcula como:

**Ecuación 3**

$$F = \left( \frac{1}{1.85 + 1} \right) + \left( \frac{1}{2 * 40} \right) + \left( \frac{1.85 - 1}{6 * 40^2} \right) = 0.4$$

$$\text{Pérdida en tramo 1} = Hf_1 = 0.044 * 0.4 = 0.0176 \text{ m. c. a}$$

Para el Tramo 2:

$$\text{Caudal del tramo 2} = 375 \text{ Lph} * 32 \text{ m}/100 = 120 \text{ Lph} = 0.033 \text{ lps}$$

$$\text{Salidas igualmente espaciadas} = \frac{32 \text{ m}}{0.2 \text{ m}} = 160 \text{ salidas}$$

$$F = \left( \frac{1}{1.85 + 1} \right) + \left( \frac{1}{2 * 160} \right) + \left( \frac{1.85 - 1}{6 * 160^2} \right) = 0.354$$

Empleando la **Ecuación 2** de pérdidas por fricción obtenemos:

$$Hf = \frac{1.21 \times 10^{10} * 0.03333^{1.85}}{140^{1.85} 15.6^{4.87}} * 32 \text{ m} * 0.354 = 0.0412 \text{ m. c. a}$$

Ahora bien, de la

y la **FIGURA 13**, se logra ver que la elevación a la entrada del lateral es aproximadamente 0.2 m bajo el nivel de referencia, la elevación a los 8 metros es también de 0.2 m y al finalizar el lateral es de 0.637 metros bajo el nivel de referencia. La presión mínima será a los 8 metros de la entrada del lateral, la presión de entrada será la suma de las pérdidas en el tramo 1 más la presión mínima, más las pérdidas por elevación, y la presión a la salida será la presión mínima menos las pérdidas por fricción más las pérdidas por elevación.

$$P_{min} = 7.8 \text{ PSI} = \frac{7.8}{1,42233} = 5.48 \text{ m. c. a}$$

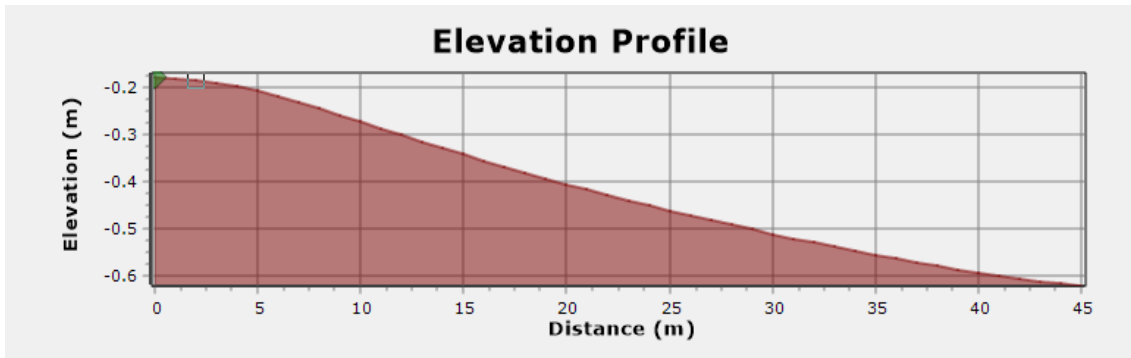
$$P_{ent} = 5.48 \text{ m. c. a} + 0.0176 \text{ m. c. a} + 0 \text{ m. c. a} = 5.5 \text{ m. c. a}$$

$$P_{sal} = 5.5 \text{ m. c. a} - 0.0412 \text{ m. c. a} + (-0.2 \text{ m} - -0.637 \text{ m}) = 5.9 \text{ m. c. a}$$

De este modo se establece que las pérdidas generadas el diseño cumple con la presión de trabajo para la instalación de un solo filtro, ya que las pérdidas no superan 1bar.

### **Pérdidas de presión en la red distribuidora**

De la **FIGURA 12** se logra evidenciar que el tramo de la red distribuidora en la parte superior de la válvula 2 es el tramo más crítico, debido a que el agua debe llegar desde la válvula a un punto más elevado, en este tramo hay 32 laterales espaciados a 1.4 metros y de acuerdo al plano de distribución de riego estos suman 1209.86 metros y un caudal de 4536.975 litros por hora. La longitud aproximada de la distribuidora para ese tramo es de 44.8 metros. **FIGURA 14**



**FIGURA 14.** Perfil del terreno distribuidora válvula 2 tramo superior.

De la Error! Reference source not found. se logra ver que la elevación del terreno a la salida del sector 2 es de aproximadamente 0.625 metros bajo el nivel de referencia, y al llegar al lateral más crítico del tramo superior es de 0.2 metros abajo del nivel de referencia, por lo que la diferencia de elevación es de 0.425 metros.

Para el Tramo 3: **3. Ecuación 3**

$$\text{Caudal del tramo 3} = 375 \text{ Lph} * 1209.86 \text{ m}/100 = 4536.975 \text{ Lph} = 1.26027 \text{ lps}$$

$$\text{Salidas igualmente espaciadas} = \frac{44.8 \text{ m}}{1.4 \text{ m}} = 32 \text{ salidas}$$

$$F = \left( \frac{1}{1.85 + 1} \right) + \left( \frac{1}{2 * 32} \right) + \left( \frac{1.85 - 1}{6 * 32^2} \right) = 0.3666$$

$$Hf = \frac{1.21 \times 10^{10} * 1.26027^{1.85}}{140^{1.85} D^{4.87}} * 44.8 \text{ m} * 0.366$$

Para calcular el valor de D se realiza una estimación, la presión poco después de la salida de la válvula va a ser la presión máxima de los laterales del sector de riego 2 que corresponde a un valor máximo de  $1.1 * 8 \text{ Psi} = 8.8 \text{ Psi} = 6.19 \text{ m.c.a}$  la llamamos presión 4.

$$P_4 = P_{ent} + Hf_{distrib} + DH$$

De donde la pérdida máxima en el lateral es de:

$$Hf_{distrib} = P_4 - P_{ent} - DH = 6.19 - 5.42 - 0.425 = 0.345 \text{ m. c. a}$$

Sustituyendo este valor se obtiene:

$$0.2566 \text{ m. c. a} = \frac{1.21 \times 10^{10} * 1.26027^{1.85}}{140^{1.85} D^{4.87}} * 44.8 \text{ m} * 0.366$$

$$D = \left( \frac{1.21 \times 10^{10} * 1.26027^{1.85}}{140^{1.85} * 0.2566} * 44.8 \text{ m} * 0.366 \right)^{\frac{1}{4.87}} = 46.156 \text{ mm}$$

Se eligió el valor comercial siguiente que corresponde a un diámetro interior de 49.97 mm o 2 pulgadas calibre 60.

$$H_f = \frac{1.21 \times 10^{10} * 1.26027^{1.85}}{140^{1.85} * 49.97^{4.87}} * 44.8 \text{ m} * 0.366 = 0.1739 \text{ m.c.a}$$

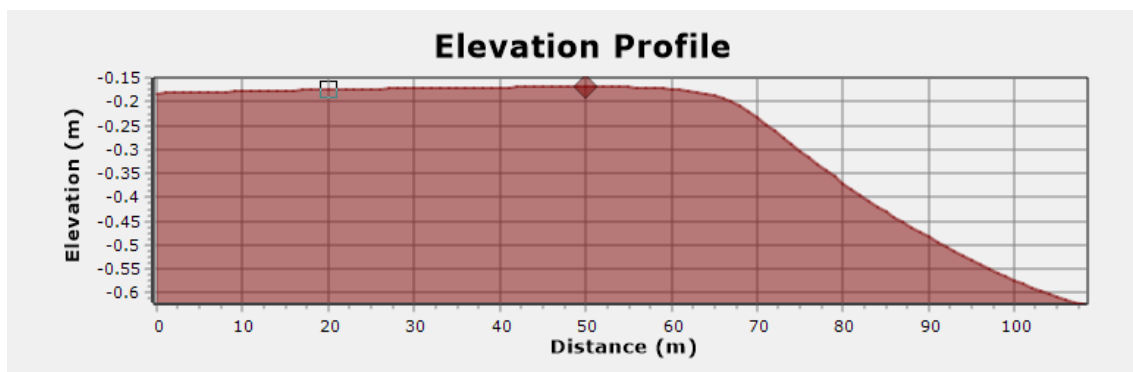
$$P_4 = 5.42 + 0.1739 + 0.425 = 6.0189 \text{ m.c.a}$$

Realizando este proceso para las demás válvulas se obtiene la **TABLA 9** en donde para el tramo 2 de la tubería principal que va desde las válvulas 3 y 4 hasta las válvulas 1 y 2 hay un caudal de 4.72 lps y para el tramo 1 que va desde las válvulas 1 y 2 hasta la bomba de riego hay un caudal de 9.43 lps. (Los tramos elegidos se pueden apreciar en la **FIGURA 10** )

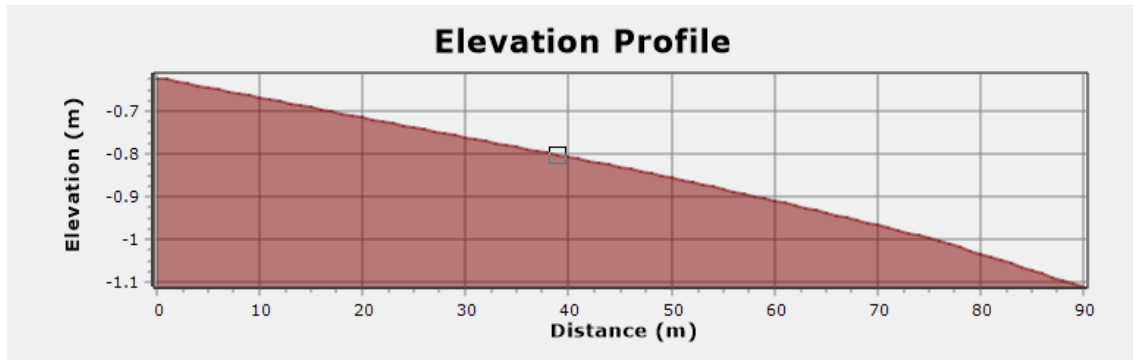
**TABLA 9.** Presiones Aguas abajo y Caudales por sector.

Sectores	Presión Agua Abajo (m.c.a)	Caudal (Lps)	Tramo Principal	Caudal (Lps)
1	5.98	2.27	1	9.43
2	6.02	2.44		
3	5.94	2.36	2	4.72
4	5.97	2.36		

Siguiendo el procedimiento anterior utilizado para calcular el diámetro de la distribuidora y de acuerdo a la **FIGURA 16**, se obtiene para el tramo 2 un diámetro comercial de tubería principal de 63.57 mm o 2 1/2" pulgadas calibre 40. Se utilizará este mismo diámetro para la tubería del tramo 1 **FIGURA 15** debido a que un diámetro mayor es bastante costoso y más difícil de adquirir en el mercado.



**FIGURA 15.** Perfil del terreno tramo 1. Principal.



**FIGURA 16.** Perfil del terreno, tramo2. Principal.

### Pérdidas por fricción en la tubería principal

La presión más elevada requerida es la de la válvula 2, por lo que la presión aproximada en las válvulas 1 y 2 debe ser de 6.02 m.c.a, de la Error! Reference source not found. la longitud de tramo 1 es de 107 metros aproximadamente, con una diferencia de elevación de 0.623 m, siendo el 0.0 m la elevación de la estación de bombeo. El diámetro utilizado para el tramo 1 es de 63.57 mm calibre 60. **Ecuación 2**

$$Hf_{principal} = \frac{1.21 \times 10^{10} * 9.43^{1.85}}{140^{1.85} 63.57^{4.87}} * 107 \text{ m} = 14.549 \text{ m. c. a}$$

$$P_{bomba} = P_{maxV4} + Hf_{princ} - DH = 6.02 + 14.549 - 0.623 \cong 20 \text{ m. c. a}$$

### Pérdidas por accesorios

De acuerdo a las pérdidas por accesorios como tes y llaves **ANEXO 7** como únicas piezas del diseño de riego que interrumpen el flujo del agua, se obtuvieron los siguientes datos: **TABLA 10**

**TABLA 10.** Pérdida por accesorios.

Tramo	Accesorios	K	Cantidad	K <sub>L</sub>	Total
Tramo 1 Q = 0.00471m <sup>3</sup> s	Llaves	0.05	2	0.1	8.1
	Te	0.2	4	0.8	
	Codos	0.09	8	7.2	
Tramo 2 Q = 0.00474m <sup>3</sup> s	Llaves	0.05	2	0.1	8.3
	Te	0.2	4	7.2	
	Codos	0.09	8	0.1	
	Reducción	0.19	1	0.19	

**TABLA 11.** Cálculo de áreas.

Tramo 1 D = 63.57mm	$A = \pi \frac{(0.06357)^2}{4} = 0.003173m^2$
Tramo 2 D = 49.97	$A = \pi \frac{(0.04997)^2}{4} = 0.001961m^2$

**TABLA 12.** Cálculo de velocidades.

Tramo 1	$Q = \frac{0.00471}{0.003173} = 1.4843$
Tramo 2	$Q = \frac{0.00474}{0.001961} = 2.417$

Aplicamos ecuación (4)

**TABLA 13.** Cálculo de pérdidas Tramo 1 + Tramo 2.

Pérdidas Tramo 1 + Tramo 2	$K = 8.1 \frac{1.4843^2}{2(9.8m/s^2)} + K = 8.3 \frac{2.417^2}{2(9.8m/s^2)}$ $= 3.384m.c.a$
----------------------------	---

### Pérdidas por filtrado

Se ha seleccionado un filtro de mallas de 120 mesh suministrado por invernaderos del Huila **ANEXO 3**, y de acuerdo a la información suministrada por el fabricante del filtro de malla seleccionado, la pérdida de presión máxima a través del mismo es de 10.59 PSI = 7.35 m.c.a

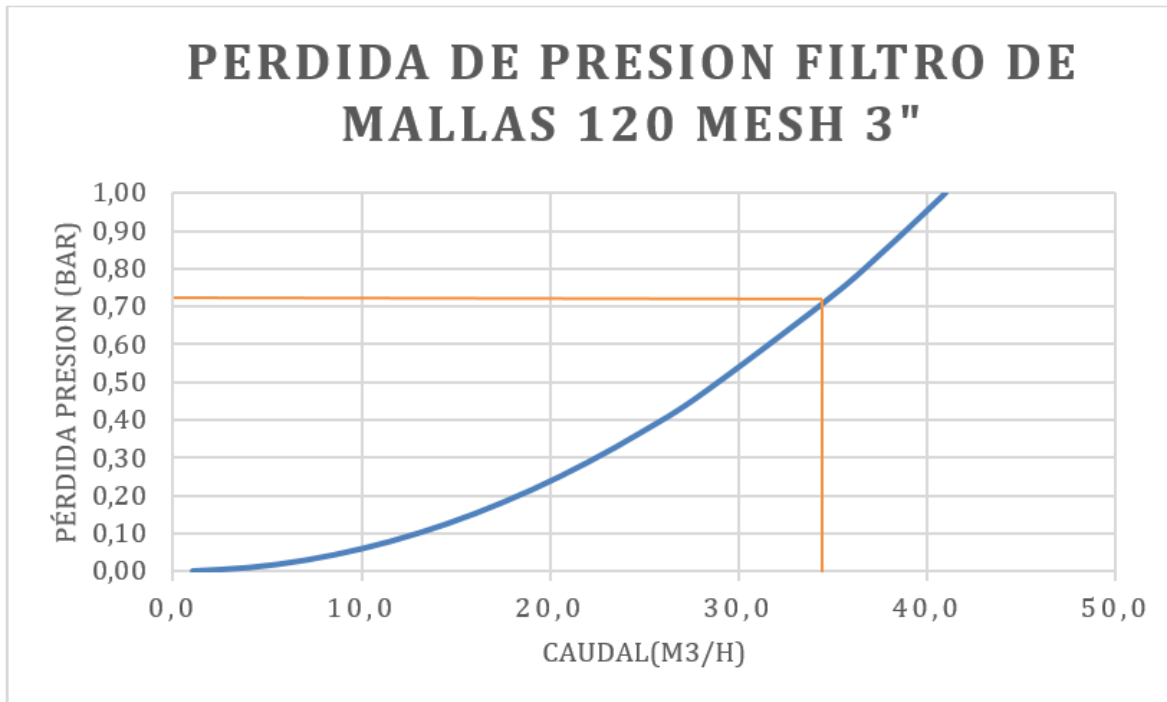
**Tabla 14.** Pérdidas por filtrado.

FILTRO DE MALLAS 120 MESH 3"		KV (m <sup>3</sup> /h)=41,0	
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	HL (Bar)	HL_(m.c.a)	HL_(PSI)
1,0	0,00	0,01	0,01
4,0	0,01	0,10	0,14
7,0	0,03	0,30	0,43
10,0	0,06	0,61	0,88
13,0	0,10	1,03	1,48
16,0	0,15	1,55	2,24
19,0	0,21	2,19	3,16
22,0	0,29	2,94	4,24
25,0	0,37	3,79	5,47
28,0	0,47	4,76	6,86
34,8	0,72	7,35	10,60
37,8	0,85	8,67	12,50
40,8	0,99	10,10	14,57

41,0	1,00	10,20	14,71
------	------	-------	-------

Donde  $K_v$  corresponde al coeficiente de pérdidas de una válvula, se encuentra que en  $41\text{m}^3/\text{h}$  la pérdida es de 1bar.

Cuando el filtro de 120mesh sobrepase el coeficiente ( $K_v$ ) de  $41\text{m}^3/\text{h}$  se tendrán pérdidas de 1bar, no aplica para nuestro caso, ya que la pérdida no supera tal valor. **ANEXO 4**



**FIGURA 17.** Pérdida de presión en filtro

### Cabeza dinámica total

La cabeza dinámica total es la sumatoria de todas las pérdidas por fricción, accesorios, menores y la altura de succión. (5)

$$CDT = H_f + H_{f_{menores}} + H_{f_{filtrado}} + \text{Altura}_{Succ}$$

$$CDT(m.c.a) = 20 m.c.a + 3.384m.c.a + 7.35 m.c.a + 2 m.c.a \cong 32m.c.a$$

### Potencia de la bomba

La potencia de la bomba se calcula con la siguiente ecuación según (Hunter, 2023): (6)

$$P(HP) = \frac{(9.43 \text{ Lps}) * (32 m.c.a)}{76 * 70\%} = 5.8 \text{ HP}$$

De lo anterior el sistema de riego requiere un caudal de 9.43 litros por segundo, una presión de 32 metros columna de agua (m.c.a) y una bomba de 5.8 caballos de fuerza (Hp). Por lo que indagando en el mercado nacional se logró seleccionar la bomba de riego IHM 30 AG/ F400 A de Diesel de 10 caballos de potencia con entrada y salida en tres pulgadas.  
**ANEXO 8**



**FIGURA 18.** Bomba Diesel IHM 10HP 3"x3".

De acuerdo con la **FIGURA 19**, la presión de operación de la bomba será de 36 metros columna de agua aproximadamente a 3000 revoluciones por minuto, para ofrecer un caudal de 9.43 litros por segundo.

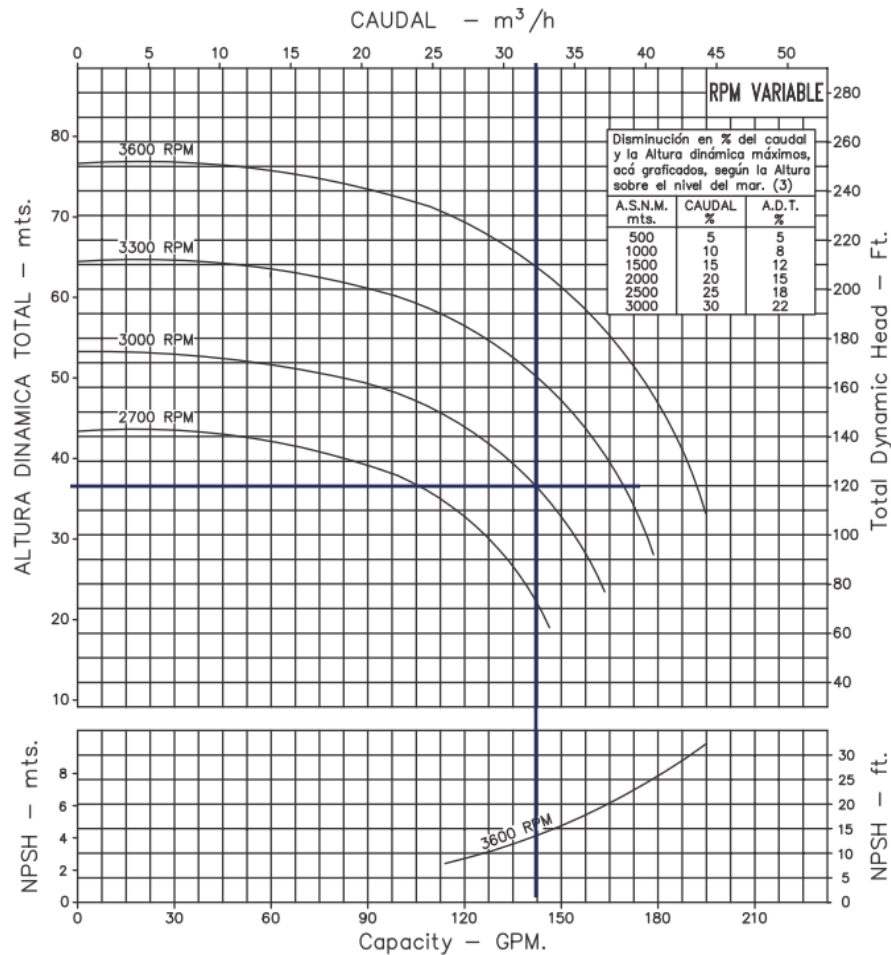


FIGURA 19. Curva característica de la bomba seleccionada..

### 5.9. Rendimiento del cultivo

Las variables tomadas fueron: Número promedio de Kilogramos producidos por planta por hectárea con respecto a los días de cosecha TABLA 15 teniendo en cuenta que la recolección se realizó cada 10 días.

#### Distribución comparativa

Las comparaciones se distribuyeron de la siguiente manera:

TABLA 15. Distribución comparativa.

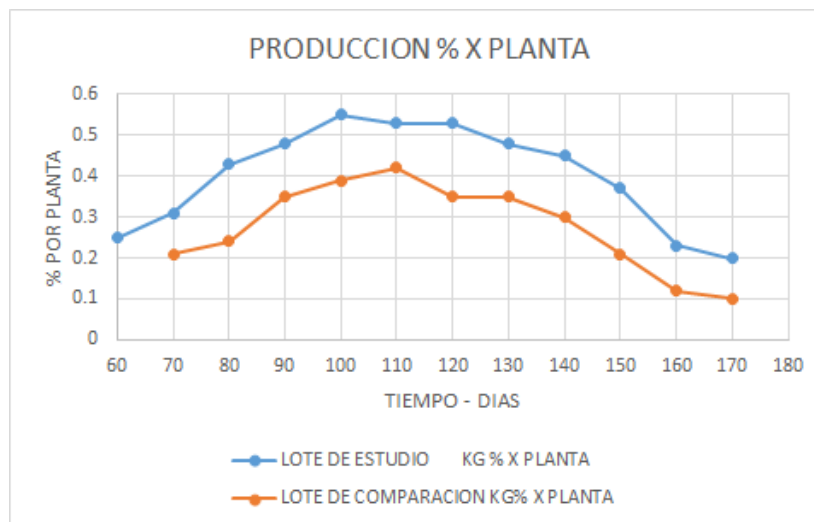
COMPARATIVA	MÉTODO	Nº OBSERVACIONES
Lote de estudio	Riego localizado	12
Lote de comparación	Tradicional	12

De esta forma se obtuvo el siguiente registro de rendimiento TABLA 16:

**TABLA 16.** Rendimientos cultivo de tomate.

SEMANA DE RECOLECCION	LOTE DE ESTUDIO KG % X PLANTA	LOTE DE COMPARACION KG% X PLANTA
60	0.25	
70	0.31	0.21
80	0.43	0.24
90	0.48	0.35
100	0.55	0.39
110	0.53	0.42
120	0.53	0.35
130	0.48	0.35
140	0.45	0.3
150	0.37	0.21
160	0.23	0.12
170	0.2	0.1
KG% X PLANTA	4.81	3.04

De acuerdo con lo anterior, al contrarrestar los rendimientos se reconoce que del lote de estudio se obtiene un aproximado de 4.81 kg/planta en comparación con el lote sin tecnificación que produjo 3.04 kg/planta, logrando afirmar que gracias a la tecnificación se obtiene un aproximado de 58,22% de mayor producción. **FIGURA 20**



**FIGURA 20.** Comparativa producción de tomate.

De acuerdo a esto, las variables de rendimiento expresadas en kg/planta ponen en evidencia la viabilidad que tiene la implementación de sistemas de riego incidiendo de manera directa en la producción y, de la misma forma, en calidad de fruto gracias a la eficiencia del mismo. **FIGURA 21**



**FIGURA 21.** Producción y cosecha de tomate.

## 6. CONCLUSIONES

- Se diseñó el sistema de riego para el cultivo de Tomate Chonto variedad Santa Clara para 1.2 has donde el diámetro de la tubería principal es polietileno (PE) de 3 pulgadas calibre 40. El lote se dividió en 4 sectores de riego aproximadamente iguales en los cuales se utilizaron diámetros más pequeños en las tuberías y disminuir los costos de instalación.
- Se concluye en el balance hídrico decadal la evapotranspiración promedio más elevada correspondiente al mes de septiembre del año 2017 con un valor de 4.5 mm/día, en el área de estudio se determinó una infiltración básica en el suelo de 127cm/hr con una velocidad de infiltración de 127.8 cm/h, esto debido a que la textura de suelo es Franco Arenosa.
- El uso consuntivo de agua para el cultivo de tomate chonto variedad Santa Clara se establece de 170 días el cual varía dependiendo de su etapa morfológica distribuidos de la siguiente manera:  
Inicial: 15 días, uso consuntivo de 0,45  
Desarrollo: 60 días, uso consuntivo de 1.17  
Media: 135 días, uso consuntivo de 1,17  
Final: 170 días, uso consuntivo de 0,60  
Adicionalmente, se determinó que de acuerdo a 75% de probabilidad de precipitación que el cultivo de tomate requiere durante toda su etapa morfológica 474.2mm.
- Se determina una lámina bruta al día de 6mm/día y de acuerdo al emisor seleccionado el tiempo de riego se establece de 2hr con 24min con una precipitación de 2.68mm/h. Se estipula el uso la cinta de goteo Rodrip calibre 8000 de 16mm que emite 0.75lph con emisores cada 20 centímetros. El área promedio por válvula es de 0.32 hectáreas de modo que, cada planta de tomate va a recibir al día 3.02 litros de agua 153.1 gpm el caudal requerido.

## REFERENCIAS

- Allen, R., Pereira, L., Raes, d., & Smith, M. (enero de 1998). Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation an Drainage Paper No. 56. FAO. Obtenido de Evapotranspiración de cultivos. Directrices para calcular las necesidades de agua de los cultivos. Documento de riego y drenaje de la FAO 56.
- Antúñez B, A., & Felmer E, S. (s.f.). Manejo del Riego en Tomate. obtenido de <https://goo.su/5rpaxs>
- Carvajal, R. (2021). Implementación Sistema Fertirriego por Goteo Localizado en Cultivo de Tomate Tipo Chonto Santa Clara Cultivar Roble 956 f1 Bajo Condiciones de Invernadero. 6. doi:<https://doi.org/10.23850/23899573.3589>
- Colimba, L., & Javier, E. (2022). Eficiencia en el Uso del Agua en el Cultivo de Tomate Bajo Invernadero en Natabuela, Ecuador. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.73024>
- Conde Solano, J. L., Sanchez Urdaneta, A. B., Colmenares, C., Alcalá, J., & Vásquez, E. (2021). Eficiencia de Uso del Agua en Riego por Goteo Superficial y Subsuperficial en Zea mays L. doi:<https://doi.org/10.22209/rt.v44n2a02>
- Duarte Canales, H. A., & Benavides Gonzáles, Á. (2020). Irrigation in Tomato Cultivars (*Solanum Lycopersicum L.*), Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. *ameica*, 20. doi:<https://doi.org/10.5377/calera.v20i34.9811>
- Escobar, V. H., & Rebeca, L. (2009). Manual de Producción de Tomate Bajo Invernadero. Obtenido de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/1892>
- Fao. (s.f.). Obtenido de <https://aquastat.fao.org/climate-information-tool/>
- Fao. (2006). Evapotranspiración del Cultivo en Condiciones Estándar. obtenido de <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s02.pdf>
- Fao. (s.f.). Uso Agrícola del Agua. Obtenido de <https://www.fao.org/3/y3918s/y3918s03.htm>
- Hunter. (2023). Handbook of Technical Irrigation Information. Hunter industries.
- Intagri. (s.f.). Sistema de Riego por Goteo. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo>
- Pérez, K., Irasema, I., Rodriguez, C., & Osmany, H. (2012). Metodología de Cálculo de Diseño de un Sistema de Riego por Aspersion Aplicado en el Cultivo del Maíz zea


mays L. en el Centro Experimental Agrícola de la FTC Propiedad de la UNI, CEA - UNI - FTC. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/1032/>

Rivulis. (2003). Obtenido de [https://www.riegosjbingenieros.com/pdf/cinta\\_de\\_goteo\\_rodrip.pdf](https://www.riegosjbingenieros.com/pdf/cinta_de_goteo_rodrip.pdf)

Vallejo Cabrera, f. (1999). Mejoramiento Genético y Producción de Tomate en Colombia.

Villagrán, E. A., Bojacá, C. R., Gil, R., & Franco, H. (2017). El Riego y la Fertilización en el Cultivo del Tomate: guía técnica de campo. doi:<https://doi.org/10.2307/j.ctvc5pd2j>

# ANEXOS

		<b>INFORME ANÁLISIS DE SUELOS</b>		Código: LBS-FT-007 Fecha: 2019-06-10 Versión: 03 Elaboró: Carolina Garzón-Ejecutivo de servicio agronomicos Aprobó: Jose Manuel Garcia Gerente de Producción Página :1 de 5		
<b>Código Análisis</b> 84302		<b>Fecha de recepción:</b> 24/07/2023	<b>Fecha de emisión del análisis:</b> 17/08/2023		<b>Fecha real de entrega:</b> 17/08/2023	
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>						
<b>Nombre:</b> PEDRO HERRERA VARGAS		<b>R.Tnte:</b> LAURA FERNANDA JOYAS SANCHEZ	<b>Móvil:</b> 3123868621	<b>E-mail:</b> pepeheva7@gmail.com		
<b>Dpto:</b> HUILA		<b>M.Pio:</b> GARZON	<b>Vereda:</b> CLAROS -	<b>Finca:</b> -		
<b>Lote:</b> -		<b>Cultivo:</b> Tomate	<b>Cultivar: *</b> -	<b>Edad:</b> 0 Mes		
<b>Clima:</b> Templado		<b>Pendiente o inclinación:</b> Ligeramente escarpada		25-50 %		
<b>RESULTADO ANÁLISIS DE SUELOS</b>						
<b>Propiedades físicas</b>						
Textura	A-F		Franco Arenosa	Capacidad de campo(CC)	%	35,0
Arcilla	%	11,63		Punto de marchitez (PMP)	18,0	
Limo		32,65	<b>Calificación</b>			
Arena		55,72				
Da	g*cm <sup>-3</sup>	1,3				
Dr	g*cm <sup>-3</sup>	2,4				

ANEXO 1. Resultado análisis de suelos.

**Coefficiente de Christiansen**

El factor de Christiansen (F) se puede calcular mediante la expresión:

$$F = \frac{1}{1+\beta} + \frac{1}{2 \cdot n} + \frac{\sqrt{\beta-1}}{6 \cdot n^2}$$

siendo n el número de derivaciones (emisores) y  $\beta$  el exponente de la fórmula utilización de la pérdida de carga.

Los valores de F pueden conocerse mediante el empleo de la tabla 3.13, cuando la primera derivación esté a una distancia del comienzo de la tubería ( $l_0$ ), igual a la equidistancia (l) entre las derivaciones, es decir,  $l = l_0$ , o bien cuando la primera derivación está situada a una distancia del comienzo del lateral igual a la mitad del espaciamiento entre derivaciones ( $l_0 = l/2$ ).

Tabla 3.13. Coeficientes de Christiansen

n	$l_0 = 1$					n	$l_0 = 1/2$				
	$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$		$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,388	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,365	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,349
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338	-	-	-	-	-	-
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337	-	-	-	-	-	-
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335	-	-	-	-	-	-
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333	-	-	-	-	-	-

n = Número de salidas  
 $\beta=1,75$ . Blasius, Cruciani-Margaritora  
 $\beta=1,786$ . Scimemi  
 $\beta=1,80$ . Iso, Veronese-Daite  
 $\beta=1,85$ . Hazen-Williams  
 $\beta=1,90$ . Scobey  
 $\beta=2,00$ . Manning, Darcy-Weisbach

En la práctica se toma los siguientes valores de  $\beta$  :  
 $\beta=1,75$  para tuberías de PE  
 $\beta=1,80$  para tubería de PVC  
 $\beta=1,85-1,90$  para tubería de aluminio

Sin embargo, en una distribución discreta puede darse cualquier valor de la relación  $l_0/l$ . Para estos casos, se dispone de la siguiente expresión general del factor F (Montalvo, T. 1989):

$$F_r = \frac{r + n \cdot F - 1}{r + n - 1}$$

Donde  $F_r$  es el valor ajustado del factor de Christiansen para cualquier valor de r (relación entre la longitud hasta la

$$r = \frac{l_0}{l}$$

primera derivación y la separación entre las demás derivaciones equidistantes), o lo que es lo mismo

# AZUD modular 100

AZUD MODULAR 100	3/4"	1"
CONEXIÓN	3/4" BSP	1" BSP
CAUDAL MÁXIMO RECOMENDADO	5 m <sup>3</sup> /h 22 gpm	6 m <sup>3</sup> /h 26 gpm
SUPERFICIE FILTRANTE (DISCOS)	180 cm <sup>2</sup> 28 in <sup>2</sup>	180 cm <sup>2</sup> 28 in <sup>2</sup>
SUPERFICIE FILTRANTE (MALLA)	160 cm <sup>2</sup> 25 in <sup>2</sup>	160 cm <sup>2</sup> 25 in <sup>2</sup>

AZUD MODULAR 100	1 1/4"	1 1/2"
CONEXIÓN	1 1/4" BSP	1 1/2" BSP
CAUDAL MÁXIMO RECOMENDADO	10 m <sup>3</sup> /h 44 gpm	14 m <sup>3</sup> /h 62 gpm
SUPERFICIE FILTRANTE (DISCOS)	310 cm <sup>2</sup> 48 in <sup>2</sup>	310 cm <sup>2</sup> 48 in <sup>2</sup>
SUPERFICIE FILTRANTE (MALLA)	270 cm <sup>2</sup> 42 in <sup>2</sup>	270 cm <sup>2</sup> 42 in <sup>2</sup>

AZUD MODULAR 100	1 1/2" SUPER	2"
CONEXIÓN	1 1/2" BSP	2" BSP
CAUDAL MÁXIMO RECOMENDADO	20 m <sup>3</sup> /h 88 gpm	25 m <sup>3</sup> /h 110 gpm
SUPERFICIE FILTRANTE (DISCOS)	535 cm <sup>2</sup> 83 in <sup>2</sup>	535 cm <sup>2</sup> 83 in <sup>2</sup>
SUPERFICIE FILTRANTE (MALLA)	490 cm <sup>2</sup> 76 in <sup>2</sup>	490 cm <sup>2</sup> 76 in <sup>2</sup>

**Grados de filtrado**

**Discos**

130 micron. (120 mesh)

**Malla INOX**

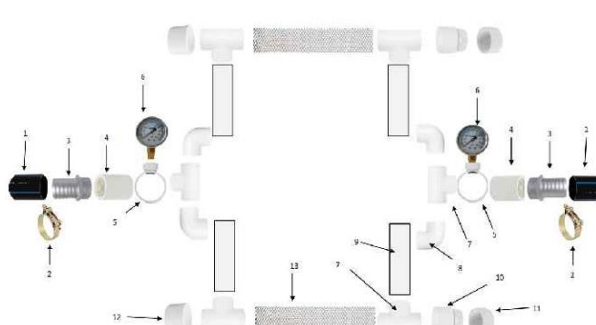
520 micron. (35 mesh)

200 micron. (75 mesh)

130 micron. (120 mesh)

100 micron. (150 mesh)

## ANEXO 3. CATÁLOGO DE FILTROS.



FILTRADO			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1.00	MANGUERA POLIETILENO 3"	ML	-
2.00	ABRAZADERA METALICA 3"	Unidad	2.0
3.00	ADAPTADOR MACHO ALUMINIO 3"	Unidad	2.0
4.00	ADAPTADOR HEMBRA 3"	Unidad	2.0
5.00	COLLAR DERIVACIÓN 3"x1/4"	Unidad	2.0
6.00	MANOMETRO GLICERINA Ø100 PSI	Unidad	2.0
7.00	TEE 3" PVC	Unidad	6.0
8.00	CODO 90° 3" PVC	Unidad	4.0
9.00	TUBO PVC 3"	ML	4.0
10.00	FILTRO MALLA 120 MESH 3"	Unidad	2.0
11.00	ADAPTADOR MACHO 3"	Unidad	2.0
12.00	TAPÓN ROSCADO 3"	Unidad	2.0
13.00	TAPÓN SOLDADO 3"	Unidad	2.0

## ANEXO 4. Filtro de malla seleccionado.

## MANGUERA NEGRA DE POLIETILENO PARA RIEGO 3 DE PULGADA X 50 MTS



### : CARACTERISTICAS :

- Color: Negro
- Material: Polietileno calibre 40
- Diámetro: 2,00mt – 2,20mt
- Grosor: 30cm – 40cm
- Largo: 50 metros
- Dimensión Manguera: 3 pulgadas x 50mt

**ANEXO 5.** Características manguera principal.

## Indicaciones del producto




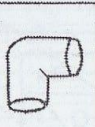
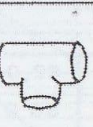





La cinta de riego por goteo Ro-Drip de Rivulis puede funcionar con presiones bajas y, por lo tanto, los caudales se calculan con una presión de 0,55 bar.

En algunos casos, es posible aumentar la presión, lo que a su vez proporcionará un mayor caudal procedente de cada emisor. Por ejemplo, si utiliza la cinta de riego por goteo Ro-Drip de Rivulis con un emisor de 0,50 l/h y una presión de 0,80 bar, cada gotero emitirá 0,62 l/h.

La siguiente tabla proporciona una referencia de la salida por gotero de la cinta de riego por goteo Ro-Drip de Rivulis con presiones de 0,55, 0,80 y 1,00 bar.


Caudal del emisor (l/h) Tomando como base una presión nominal de 0,55 bar	0,50	0,56	0,68	0,75	0,90	1,00
Caudal (l/h) por emisor con una presión de 0,80 bar	0,62	0,69	0,83	0,91	1,09	1,21
Caudal (l/h) por emisor con una presión de 1,00 bar	0,70	0,79	0,94	1,02	1,23	1,36

ANEXO 6. Catálogo cinta de riego Rodrip

									
DIAMETRO INTERNO (m.m.)	CURVA 90° R-3D	CURVA 90° R-2D	CODO	TE	MANGUERA R-100	DIAFRAGMA ABIERTA	MANQUITO	MACHO PASO RECTO	TECH TAYLOR
LONGITUD EQUIVALENTE EN m DE TUBO RECTO DE IGUAL RESISTENCIA AL FLUJO.									
25	0.52	0.70	0.82	1.77	0.30	2.56	—	0.37	—
32	0.73	0.91	1.13	2.38	0.40	5.29	—	0.49	—
40	0.85	1.10	1.31	2.74	0.49	3.44	1.19	0.58	—
50	1.07	1.40	1.68	3.35	0.55	3.66	1.43	0.73	—
65	1.28	1.65	1.98	4.27	0.70	4.60	1.52	0.85	—
80	1.55	2.07	2.47	5.18	0.85	4.88	1.92	1.04	0.20
90	1.83	2.44	2.90	5.79	1.01	—	—	1.22	—
100	2.13	2.77	3.35	6.71	1.16	7.62	2.19	1.40	0.23
115	2.41	3.05	3.66	7.32	1.28	—	—	1.58	—
125	2.71	3.66	4.27	8.23	1.43	13.11	3.05	1.77	0.30
150	3.35	4.27	4.88	10.06	1.55	18.29	3.11	2.13	0.37
200	4.27	5.49	6.40	13.11	2.41	19.81	7.92	2.74	0.82
250	5.18	6.71	7.92	17.07	2.99	21.34	10.67	3.47	0.61
300	6.10	7.92	9.75	20.12	3.35	28.96	15.85	4.08	0.76
350	7.01	9.45	10.97	23.16	4.27	28.96	—	4.88	0.91
400	8.23	10.67	12.80	28.52	4.66	—	—	5.49	1.04
450	9.14	12.19	14.02	30.48	5.49	—	—	6.22	1.16
500	10.36	13.11	15.85	33.53	6.10	—	—	7.32	1.25

NOTA: PARA CURVA 135° USAR VALOR CURVA 90° x 1.5

ANEXO 7. Pérdidas por accesorios.

 <b>IGNACIO GÓMEZ IHM</b>	Datos
Conexión succión	3 Pulg. NPT
Conexión descarga	3 Pulg. NPT
Altura (ADT) Max	54 m
Caudal Max	175 GPM
Caudal medio	100 GPM
Altura media	49 m
Motor	Diesel
Potencia	10 HP
Voltaje	
Peso	78 Kg
Dimensiones	0.66/0.44/0.6 Mts

**ANEXO 8.** Característica bomba seleccionada 10Hp.



**ANEXO 9.** Instalación de riego.