



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

## Trabajo de Tesis

### Reconocimiento de las causas del escurrimiento superficial en la finca el plantel, Tipitapa – Masaya, Periodo 2018

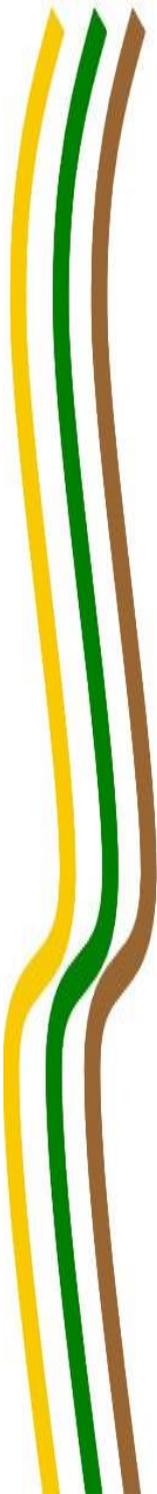
#### Autores

**Br. Jorge Luis Sánchez Gutiérrez**  
**Br. Román Francisco Suazo González**

#### Asesores

**Ing. David Antonio López Campos**  
**Ing. Carmen Margarita Castillo Cerna**

**Managua, Nicaragua**  
**Agosto, 2020**





# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

## Trabajo de Tesis

### Reconocimiento de las causas del escurrimiento superficial en la finca el plantel, Tipitapa –Masaya Periodo 2018

#### Autores

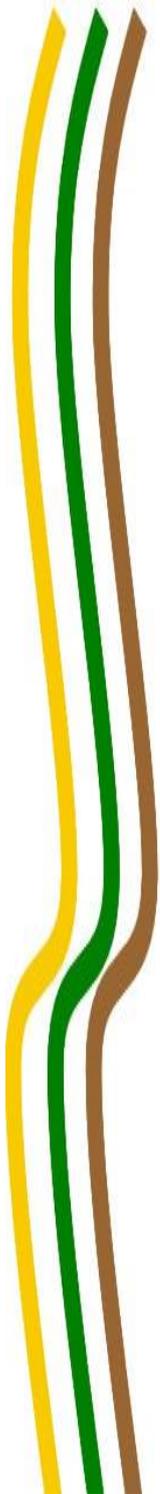
**Br. Jorge Luis Sánchez Gutiérrez**  
**Br. Román Francisco Suazo González**

#### Asesores

**Ing. David Antonio López Campos**  
**Ing. Carmen Margarita Castillo Cerna**

Presentado a la consideración del honorable tribunal  
examinador como requisito final para optar al grado de  
Ingeniero Agrícola para el Desarrollo Sostenible

**Managua, Nicaragua**  
**Agosto, 2020**



## Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito parcial para optar al título profesional de:

***Ingeniero Agrícola para el Desarrollo Sostenible***

---

Miembros del Tribunal Examinador

---

Presidente (Grado académico y  
Nombre)

Secretario (Grado académico y  
Nombre)

---

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de culminación de estudio es dedicado a Dios primeramente por darme la fuerza ante la adversidad y la sabiduría para llegar a esta importante etapa de mi vida.

A mi madre Silvia Janeth Gutiérrez González por siempre apoyarme con su amor, cariño, sabiduría, paciencia y respaldo, no solo en esta etapa tan importante si no en toda mi vida. Por ser ella la persona ideal en guiarme y animarme hacer una persona con principios y valores. Por ser ella la fuente de inspiración. Por su sacrificio, entrega, amor a lo largo de mi vida.

A mi esposa Sheyra Vanessa Guardián Martínez por apoyarme moral y sentimentalmente en esta etapa de mi vida. Por animarme y darme fuerza en mis momentos de flaquezas y debilidad. Por ser fuente de inspiración de mi futuro y caminar a mi lado.

A mi hijo Ashton Dashiel Sánchez Guardián por ser fuente de mi inspiración para seguir adelante en este proyecto. Por darme el valor de cada día ser una mejor persona para ser su mejor ejemplo en la vida.

A mis demás familiares y amigos por estar presentes y darme muestras de afecto y consejos para lograr este tan importante logro en mi vida.

***Br. Jorge L. Sanchez Gutierrez.***

## **DEDICATORIA**

Primero doy gracias a Dios por las muchas bendiciones que me ha dado y una de ellas es permitirme mi preparación académica.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias por creer y confiar en mí. Gracias a mi madre Marta Elena González por su apoyo incondicional durante toda mi vida; gracias por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias a mi padre Pedro Román Suazo Chavarría por cada uno de sus consejos y por cada palabra que me guiaron durante mi vida, a mis hermanos Tomas, María, Cindy por siempre alentarme a continuar con mi esfuerzo para culminar mi carrera.

Gracias, de corazón, a mis tutores, Ing. Carmen Margarita castillo Cerna e Ing. David Antonio López Campos. Gracias por su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento, que han hecho fácil lo difícil. Ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.

***Br. Román Francisco Suazo González.***

## AGRADECIMIENTOS

A Dios primeramente por ser el guiador de nuestros paso, a la santísima trinidad, a nuestros padres, a nuestros asesores Ing. Carmen Margarita Castillo Cerna por brindarnos sus conocimientos, disposición y toda la dedicación para ser posible la elaboración de este proyecto de culminación de estudio, al Ing. David Antonio López Campos por brindar apoyo en las etapas que comprendió la realización de este trabajo y por la revisión de toda la información que comprendía el proyecto en el cual estaba basado todo este trabajo de culminación de estudios.

La facultad de Agronomía *FAGRO* por brindarnos la oportunidad de participación en este proyecto.

***Br. Jorge Luis Sánchez Gutiérrez.***  
***Br. Román Francisco Suazo González.***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCION	PAGINA
DEDICATORIA	<i>i</i>
AGRADECIMIENTOS	<i>ii</i>
ÍNDICE DE CUADROS	<i>iii</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>iv</i>
ÍNDICE DE ANEXOS	<i>v</i>
RESUMEN	<i>vi</i>
ABSTRACT	<i>vii</i>
I INTRODUCCION	1
II OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general	2
2.2 Objetivos específicos	2
III MARCO DE REFERENCIA	3
3.1 Propiedades del suelo	3
3.2 Propiedades físicas del suelo	3
3.2.1 Textura	3
3.2.2 Estructurara	4
3.2.3 Consistencia del suelo	4
3.2.4 Densidad aparente	5
3.2.5 Densidad real	5
3.2.6 Porosidad	5
3.2.7 Permeabilidad	6
3.3 Velocidad de infiltración	6
3.3.1 Precipitación	6
3.4 El drenaje	6
3.5 Determinación de la escorrentía	7
3.5.1 Escorrentía	7
3.5.2 Factores del escurrimiento	7
3.5.3 Clima	7
3.5.4 Suelo	7
IV MATERIALES Y MÉTODOS	8
4.1 Ubicación del área de estudio	8
4.2 Climatología	8

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCION	PAGINA	
4.2.1	Clima y precipitación	9
4.3	Selección de área de estudio	9
4.4	Levantamiento topográfico	10
4.4.1	Levantamiento planímetro	10
4.4.2	Levantamiento altimétrico	11
4.5	Descripción de la finca el plantel	12
4.5.1	Características de las propiedades del suelo	12
4.6	Velocidad de infiltración	14
4.7	Calculo para obtener la velocidad de infiltración	16
4.8	Calculo de la escorrentía	21
4.9	Propuesta de drenaje	25
4.9.1	Propuesta para el diseño del sistema de drenaje de la finca el plantel con el programa Hcanales	28
V	RESULTADOS Y DISCUSION	30
VI	CONCLUSIONES	32
VII	RECOMENDACIONES	33
VIII	LITERATURA CITADA	34
IX	ANEXOS	36

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Tipos de textura según USDA	3
2	Clasificación de la textura	4
3	Clasificación de los grado de consistencia en diferentes estados de humedad del suelo	5
4	Datos obtenidos de la prueba de infiltración en la zona baja en pasto, plantel-UNA	16
5	Modelo Kostiakov-Lewis para obtener coeficientes K y m	17
6	Datos gráficos de infiltración acumulada	19
7	Clase y tasa de infiltración y su relación con el potencial de erosión de suelo	20
8	Datos de la velocidad de infiltración	20
9	Datos gráficos de infiltración acumulada	21
10	Periodo de retorno de precipitaciones y duración (INETER, 2013)	22
11	Valores del coeficiente C de la escorrentía	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PAGINA</b>
1	Triangulo Textural	3
2	Ubicación del área de estudio de la Finca el Plantel propiedad de la Universidad nacional Agraria	8
3	Rango de precipitaciones y temperaturas medias mensuales (INETER,2013)	9
4	Sistemas establecidos según el uso de las parcelas: Pasto, Cultivo y Bosque	10
5	Poligonal de la finca El Plantel	11
6	Plano de curvas de nivel	12
7	Perfil del suelo	13
8	Anillo infiltrómetro	14
9	Cilindros infiltrómetro de doble anillo	15
10	Grafica infiltración acumulada	19
11	Grafica de velocidad de infiltración	21
12	Rango de precipitaciones (INETER,2013)	23
13	Ubicación de la cárcava	25
14	Sección transversal 1	26
15	Sección transversal 2	27
16	Propuesta de canal trapezoidal	28
17	Curvas de velocidad de infiltración	30
18	Grafica de velocidad de infiltración	31

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PAGINA	
1	Mapa de área total de estudio	36
2	Barrenadas (Zona de pasto)	37
3	Profundidad del suelo en zona de pasto	37
4	Método del tacto (Pasto)	37
5	Método del tacto (Bosque)	37
6	Anillo infiltrómetro	38
7	Selección del tramo de 50mts de la cárcava	38
8	Recolección de datos en la cárcava	38
9	Escorrentía en zona baja (pasto)	39
10	Escorrentía en DEPAF	39
11	Escorrentía zona media (Cultivo)	39
12	Levantamiento de poligonal con teodolito	39
13	Perdida de suelo por erosión y presencia de toba	39
14	Calculo de poligonal	40
15	Perfil litológico	44
16	Calculo de infiltración en área de cultivo, replica 1	45
17	Calculo de infiltración en área de cultivo, replica 2	45
18	Calculo de infiltración en área de Bosque, replica 1	46
19	Calculo de infiltración en área de Bosque, replica 2	46
20	Calculo de infiltración en área de Pasto, replica 2	47
21	Coefficiente de rugosidad	47

## RESUMEN

Este estudio se realizó en la finca experimental el Plantel, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua, con un área de 163 ha divididas en tres zonas por el uso actual de las parcelas como son: Bosque, Cultivo y Pasto. El estudio se inició con la identificación visual de las zonas con problemas de drenaje por escorrentía superficial. Luego se realizaron barrenadas, espaciadas a 75 m × 75 m a una profundidad de 1.20 m con las que se hizo el análisis de la textural de suelo, de acuerdo a esta clasificación se determinó la ubicación de las pruebas de infiltración. Posteriormente el área fue delimitada con GPS y con el teodolito se realizó el levantamiento planimétricos y el levantamiento altimétrico se realizó a través del programa ArcGIS. Según las zonas de encharcamiento y el plano de la finca se determinó la propuesta de la red de drenaje en forma de espina de pescado. Se concluyó que debe implementarse un sistema de drenaje superficial ya que no existe influencia de nivel freático. El sistema propuesto contará con un dren principal, y 4 colectores. Se propone que el dren principal debe tener un ancho de boca entre 8.3079 m y sus bases entre 0.75 m; la longitud total del dren principal será de 1300 m y un caudal máximo de:  $Q= 14.02\text{m}^3/\text{s}$ . En cuanto a los drenes secundarios tendrán una extensión de 400 m recolectando el agua proveniente de escorrentía superficial.

**Palabras clave:** Topografía, drenaje, escorrentía y suelos.

## ABSTRACT

This study was carried out in the experimental farm El Plantel, owned by the National Agrarian University, Managua, Nicaragua, with an area of 163 ha divided into three zones by the current use of the plots such as Forest, Cultivation and Pasture. The study began with the visual identification of areas with drainage problems due to surface runoff. Then drills were made, spaced at 75 m × 75 m at a depth of 1.20 m with which the soil textural analysis was made, according to this classification the location of the infiltration tests was determined. Subsequently, the area was delimited with GPS and with the theodolite the planimetric survey was performed and the altimetric survey was carried out through the ArcGIS program. According to the areas of waterlogging and the plan of the farm, the proposal for the fishbone drainage network was determined. It was concluded that a surface drainage system should be implemented since there is no phreatic level influence. The proposed system will have a main drain, and 4 collectors. It is proposed that the main drain should have a mouth width between 8,3079 m and its bases between 0.75 m; The total length of the main drain will be 1300 m and a maximum flow of:  $Q = 14.02\text{m}^3 / \text{s}$ . As for the secondary drains they will have an extension of 400 m collecting the water coming from surface runoff.

**Keywords:** Surveying, drainage, runoff and soil.



## I. INTRODUCCIÓN

El drenaje tiene como objeto la eliminación de los excesos de agua de los suelos a fin de proporcionar a los cultivos un medio adecuado para su normal desarrollo, el drenaje según la localización de los excesos de agua, puede ser superficial y sub-superficial. El drenaje sub-superficial es aquel que se destina a evacuar los excesos de agua acumulados en el perfil del suelo, el drenaje superficial consiste en la remoción del exceso de agua sobre la superficie del terreno (Rojas, 1894).

El comportamiento del drenaje depende de las condiciones de suelo, clima y topografía, que ocasionan una situación típica de drenaje superficial deficiente, estas condiciones se encuentran relacionadas generalmente con: Relieve accidentado, suelos poco profundos o están en un estrato impermeable y precipitaciones de larga duración e intensidad.

El mal drenaje en los suelos ha sido un aspecto al que históricamente no se le ha dado la importancia merecida en la agricultura. La actitud normal de los agricultores ha sido evitar utilizar aquellos suelos con problemas de drenaje o usar cultivos de corto periodo de desarrollo que crezcan durante la temporada en que el problema no es evidente, cosa que se contradice, ya que actualmente la producción de alimentos en nuestro país y el mundo es un gran reto para la agricultura.

La Finca Experimental El Plantel propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA), presenta problemas de drenaje superficial en invierno, ocasionando problemas de inundación en ciertas zonas donde están presentes cultivos tales como: cocos y mango. Así como, también afectando parte de la infraestructura presente en el área de estudio tal como laboratorios y aulas que están en la parte baja.

La finalidad de este estudio es servir de antecedente y proporcionar información necesaria para la implementación de un sistema de drenaje superficial en la Finca el Plantel, para solucionar los problemas de escurrimiento superficial y evacuar los excesos de agua en los periodos más lluviosos.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Reconocer las causas del escurrimiento superficial en la finca experimental el plantel.

### **2.2 Objetivos específicos**

- ❖ Identificar la problemática que causa el escurrimiento superficial en la finca el plantel.
  
- ❖ Determinar el escurrimiento superficial y la capacidad de un transepto del cauce que atraviesa la finca el plantel.
  
- ❖ Presentar una propuesta para el establecimiento de un diseño de la red de drenaje superficial de la finca el Plantel.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 Propiedades del suelo

Las propiedades del suelo son físicas, químicas y biológicas. Estas propiedades varían según las condiciones climáticas como a las de los manejos a que se someten.

#### 3.2 Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo pueden ser alteradas por el hombre o los animales, mediante la labranza o el pisoteo del ganado. Estas propiedades permiten el transporte del aire, calor, agua, y de sustancias solubles a través del suelo.

##### 3.2.1 Textura

La textura del suelo indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, limo y arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, con la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa (FAO, 2015)

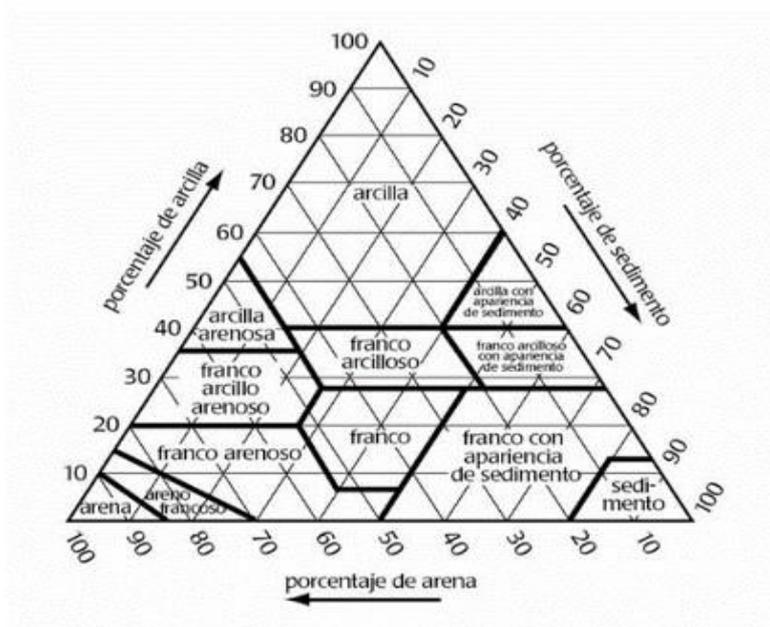


Figura 1. Triángulo Textural

**Cuadro 1.** Tipos de textura según el USDA

<b>Tipo</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
Arena	A	Tienen un buen drenaje y se cultivan con facilidad, pero también se secan fácilmente y los nutrientes se pierden por lavado.
Areno franco	AF	
Franco	F	Muestra mayor capacidad de uso agrícola
Franco arenoso	FA	
Franco limoso	FL	
Franco arcilloso	FA	
Franco-arcilloso-arenoso	FAa	
Franco-arcilloso-limoso	FAL	
Limoso	L	Son texturas que dan una sensación de harinosa (como polvo de talco). Tienen velocidad de infiltración baja y almacenamiento de nutrientes medio.
Arcilloso	A	Tiende a no drenar bien, se compacta con facilidad y se cultiva con dificultad, además presenta una buena capacidad de agua y de nutrientes.
Arcilloso-arenoso	Aa	
Arcillo-limoso	AL	
Arcilla pesada	AP	

Fuente: FAO, 2015

### 3.2.2 Estructura

Se entiende por estructura del suelo al arreglo y la organización de las partículas constitutivas. Las partículas de arena, limo y arcilla, ayudados por la materia orgánica se agrupan para formar los agregados (Avilés, 2014).

**Cuadro 2.** Clasificación de la Estructura

<b>Clases</b>	<b>Prismáticas</b>	<b>Granular y laminar</b>	<b>Bloques</b>
Muy fina o muy delgada	10mm	1 mm	5 mm
Fina o delgada	10-20 mm	1-2 mm	5-10 mm
Media	30-50 mm	2-5 mm	10-20 mm
Grosera o gruesa	50-100 mm	5-10 mm	20-50 mm
Muy grosera o muy gruesa	100 mm	10mm	50 mm

Fuente: FAO, 2000

### 3.2.3 Consistencia del suelo

Según Avilés, 2014. Es la firmeza con que se unen las partículas o la resistencia de los suelos a la deformación y la ruptura.

**Cuadro 3.** Clasificación de los grados de consistencia en diferentes estados de humedad del suelo

<b>Tipos</b>	<b>Grados de consistencia</b>
En seco	• blando “o algo “duro” y su comportamiento es el equivalente a ellos
Húmedo friable	• Se desmenuza / facilidad.
Consistencia mojado	• Mojado adherente: se pega a las manos. • Mojado plástico: capacidad de ser moldeable.
Consistencia saturada	• Viscoso, la masa del suelo fluye

Fuente: FAO, 2000

### 3.2.4 Densidad aparente

Representa la relación que existe entre el peso de suelo seco o peso sólido (Pss) y el volumen total (Vt) de una muestra no distribuida, cuyos valores se demuestran en generalmente en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .

$$\text{Formula: } Da = \text{PSS}/V$$

**Donde:**

**Da:** Densidad aparente ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

**Pss:** Peso de suelo seco (gr)

**V:** Volumen de cilindro ( $\text{cm}^3$ )

### 3.2.5 Densidad real

El peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo. Se define como la relación que existe entre el peso seco ( $105^\circ \text{C}$ ) de una muestra de suelo, y el volumen que esa muestra ocupaba en el suelo, (Carlos J. Grassi, & Jerald E. Christiasen 1975).

### 3.2.6 Porosidad

La porosidad total es todo el espacio que no está ocupado por fracciones sólida, mineral u orgánica; diferentemente si éste está ocupado por agua o por aire en el momento del muestreo. (CIAT, 2002)

Los valores de porosidad comunes en los suelos minerales, varían entre un 40% arenoso y un 50% arcilloso; otros aspectos importantes a considerar es la contribución del espacio poroso, en cuanto a proporción de macro y micro poros, dada a la relación que tiene la retención de agua contra la gravedad y con la percolación o pasaje de agua del mismo, de manera que una vez que estos poros que están llenos de aire son desplazados por agua se produce una saturación del suelo por lo que un buen drenaje natural depende de la cantidad de la porosidad presente en el suelo mismo de la infiltración que se produce en los mismos, según (Carlos J. Grassi, 1975).

### **3.2.7 Permeabilidad**

La permeabilidad es la capacidad del suelo que absorber y filtrar el agua que cae en la superficie del suelo.

## **3.3 Velocidad de Infiltración**

Se refiere a la velocidad de entrada del agua en el suelo, también se puede decir que la velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, generalmente expresada en cm/hr. (Marrero, 2017).

Es necesario mencionar que, la cantidad de agua que se infiltra en un suelo en una unidad de tiempo, bajo condiciones de campo, es máxima al comenzar la aplicación del agua en el suelo y disminuye conforme aumenta la cantidad de agua que ya ha entrado en él hasta llegar a valores casi constantes.

### **3.3.1 Precipitación**

La acción de la precipitación se manifiesta fundamentalmente en zonas húmedas. En estas zonas, la precipitación excede a la evaporación y, en consecuencia, hay periodos de exceso de humedad, durante los cuales el suelo se encuentra saturado y al ocurrir nuevas lluvias el agua no puede ser absorbida, aumentando el escurrimiento y produciendo acumulación en las zonas más bajas del terreno.

## **3.4 El drenaje**

El drenaje es el conjunto de obras necesarias construir en una parcela cuando existen excesos de agua y/o de sales sobre su superficie o dentro del perfil del suelo, con el objeto de desalojar dichos excedentes en un tiempo adecuado, para asegurar un contenido de humedad apropiado para las raíces de las plantas y conseguir así su óptimo desarrollo.

El drenaje superficial puede dividirse en obras que:

1. Evacuen el agua de las tierras anegadas por la nivelación o aplanado del suelo, levantado de camellones o abriendo zanjas.
2. Desvían o limitan el agua de modo que no lleguen a la zona protegida.

### **3.5 Determinación de la escorrentía**

#### **3.5.1 Escorrentía**

Es aquella parte de la lluvia que no es absorbida por los estratos profundos utilizados por la vegetación o perdida por evaporación y que se abre camino hacia los ríos o como desagüe superficial o sub-superficial.

#### **3.5.2 Factores del escurrimiento**

Entre los factores que actúan en el escurrimiento, tenemos principalmente al clima, suelo y la vegetación.

#### **3.5.3 Clima**

La intensidad, duración de la lluvia y las condiciones meteorológicas del periodo que ha precedido la lluvia podrán provocar una repercusión diferente según los casos.

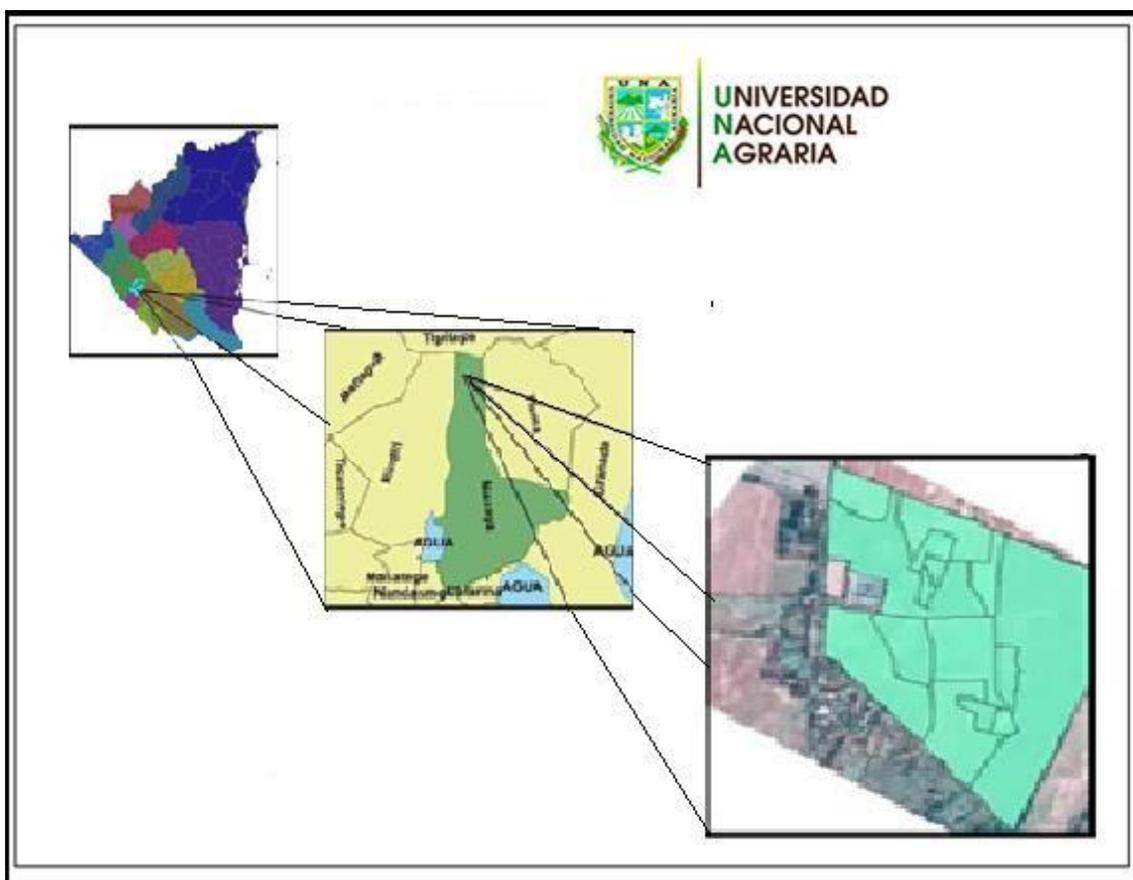
#### **3.5.4 Suelo**

El suelo intervendrá en el flujo del agua en diferentes aspectos, siendo los principales: Las condiciones topográficas y la naturaleza de la superficie, longitud de la pendiente, curvatura de la pendiente.

## IV MATERIALES Y METODOS

### 4.1 Ubicación del área de estudio

La Finca El Plantel se encuentra ubicada en el 30 km carretera Tipitapa - Masaya al Sureste de la Cabecera Municipal de Tipitapa, Departamento de Managua, en las coordenadas  $86^{\circ}05'25''$  longitud Oeste y  $12^{\circ}07'11''$  latitud Norte, altitud de 108 msnm, limitando al Norte con la comunidad Zambrano, al Sur con la comunidad Guanacastillo, al Este con la comunidad Zambrano y al Oeste con la comunidad de Cofradías.



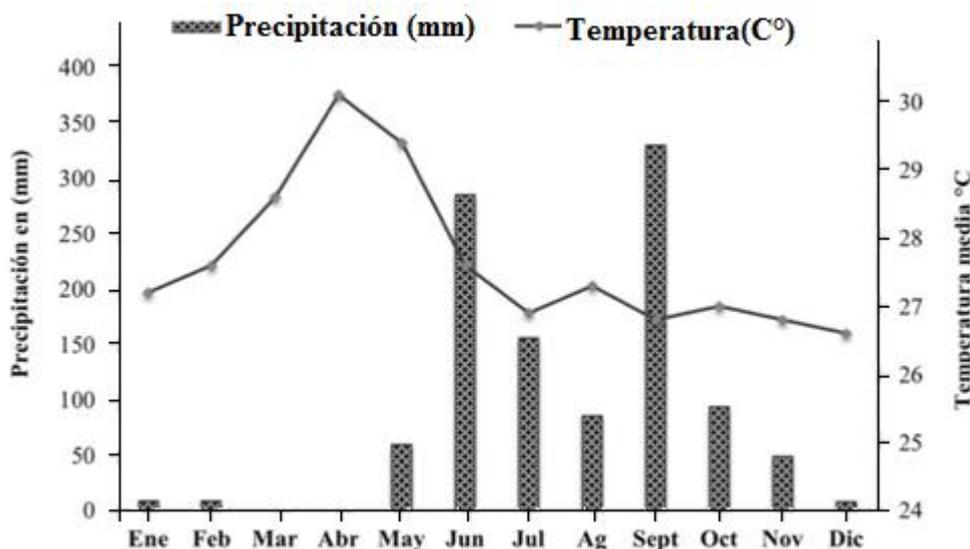
**Figura 2.** Ubicación del área de estudio de la Finca el Plantel de la Universidad Nacional Agraria

### 4.2 Climatología

#### 4.2.1 Clima y precipitaciones

Las condiciones climatológicas registradas por INETER, Se tomaron de la estación Augusto Cesar Sandino en el año 2013, por ser la más cercana al área de estudio.

El clima de la zona de estudio se clasifica como tropical seco. El registro de precipitación es de 1200mm anuales totales, con temperatura media 29° C (INETER, 2013).



**Figura 3.** Rango de precipitaciones y temperaturas medias mensuales, (INETER, 2013).

La Figura 2, nos muestra que la zona del plantel se caracteriza por tener temperaturas cálidas durante todo el año, posee 2 estaciones verano e invierno, la estación seca (verano) que va desde noviembre hasta abril, y la estación lluviosa (invierno) que va de mayo hasta octubre. Se originan las mayores precipitaciones en el mes de junio 290 mm y septiembre con 330mm. Las temperaturas máximas alcanzan los 38° C y las mínimas 20°C presentando temperaturas medias de 29°C.

### 4.3 Selección del área de estudio

Para la selección del área de estudio se tomaron varios criterios como: A) Interés de la Facultad de Agronomía (FAGRO-UNA), en conjunto con el departamento de Ingeniería Agrícola en dar una posible solución al problema de escorrentía superficial durante los meses de mayores precipitaciones del año. B) Dar un soporte técnico sobre el drenaje superficial en la finca experimental el plantel. C) Crear un documento científico que sirva de antecedente para futuros estudios más detallados con respecto al drenaje de la finca experimental El Plantel.

La finca el plantel fue distribuida por su posición en transecto según el relieve de las parcelas, estas fueron seleccionadas según su uso actual del suelo en donde se establecieron tres sistemas como son; Pasto, cultivo y Bosque (Ver figura 4).

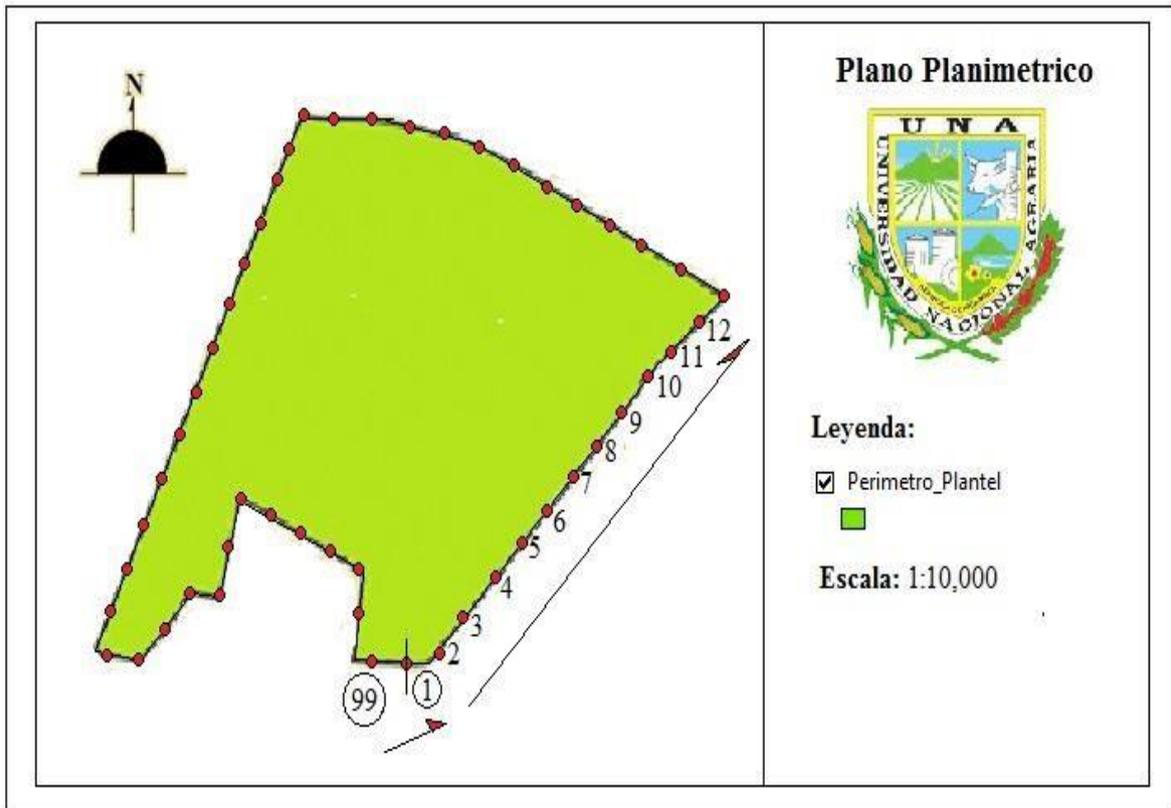


**Figura 4.** Sistemas establecidos según el uso de las parcelas: Pasto, cultivo y Bosque

#### **4.4 Levantamiento topográfico**

##### **4.4.1 Levantamiento planímetro**

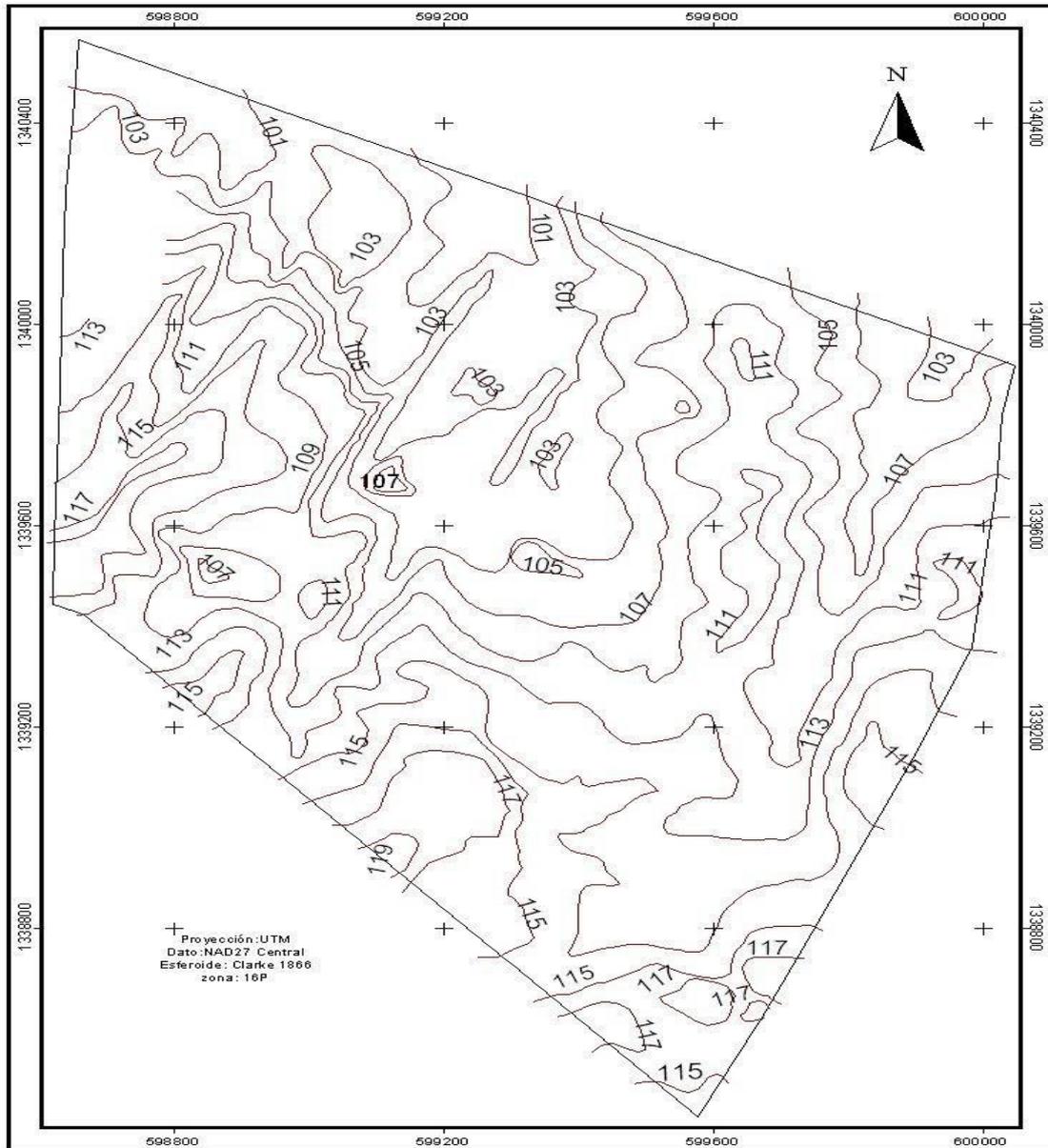
En la finca el Plantel se realizó un levantamiento planimétrico, este método es para proyectar sobre una superficie plana horizontal, la exacta posición de los puntos más importantes del terreno y construir de esa manera una figura similar al terreno como lo muestra la figura 5. Entre los trabajos que se realizaron fue el levantamiento planimétrico de la finca para determinar su superficie, esto se realizó con el siguiente equipo: teodolito, cinta métrica 50m, jalones, fichas y brújula. La metodología consistió en: reconocimiento del lugar para definir los vértices de la poligonal y así determinar el número de lados de la poligonal. Los datos que se tomaron con el equipo, fueron las distancias de cada uno de los lados de la poligonal y los ángulos internos con un giro derecho en cada uno de los vértices, se procedió a realizar los cálculos obteniendo un área total de 163 ha (Ver anexo 3)



**Figura 5.** Poligonal de la finca el plantel.

#### 4.4.2 Levantamiento altimétrico

Se realizó por medio del programa ArcGIS, desarrollando un proceso para la realización del plano altimétrico en donde se importó de la nube de puntos en un formato DXF con las coordenadas reales y con sus respectivas cotas, al software Topocal el cual nos permite construir curvas de nivel, generando una triangulación entre cada punto, donde se le asigna el valor a las curvas. Luego se crean las curvas de nivel definidas cada 2m entre líneas índice (Ver figura 6).



**Figura 6.** Plano de Curvas de nivel

## 4.5 Descripción de la finca el plantel

### 4.5.1 Características de las propiedades del suelo

#### ❖ Suelo

Los factores formadores de suelos son el vulcanismo y el tectonismo en la finca el plantel y los procesos formadores que los han modelado son la erosión y la sedimentación. En términos generales se considera que los suelos son bien drenados con fertilidad aceptable, (García, 2006)

**Según esta descripción de perfiles se obtuvo lo siguiente:**

0-20 cm. Color en seco pardo oscuro (10 YR 3/3) y pardo muy oscuro en húmedo (10 YR 2/2), con bloques subangulares medios y finos moderados, franco arcilloso limoso a arcilloso limoso suave, ligeramente duro en seco, friable a firme en húmedo y plástico y adherente en mojado con abundantes poros finos y maduradas, cantidad de los poros medios, abundantes raíces finas y limite claro y uniforme.

20-49 cm. Color pardo grisáceo oscuro en seco (10YR 3/2) pardo muy oscuro en húmedo (10 YR 3/2), blocoso grueso a masivo (Compactado), arcilloso limoso duro en seco, firme en húmedo, plástico y adherente en mojado con abundantes poros muy finos, con moderadas a pocas raíces finas, limite claro y uniforme.

49-73 cm. Color en seco pardo muy oscuro (10 YR 3/3) y pardo muy oscuro en húmedo (10 YR 2/2), con bloques subangulares medios y finos moderados, arcillo limosos a franco arcillo limoso con abundantes poros finos y algunos medios, con pocas raíces finas, con límites claros y muy uniformes.

73-102 cm. Color pardo amarillento o sarro en seco (10YR 3/3) pardo muy oscuro en húmedo (10YR 2/2) bloques subangulares medios y finos débiles, arcillolimoso a franco arcilloso limoso, suave y ligeramente duro en seco, friable en húmedo y plástico y adherente en mojado con abundantes poros finos, con muy pocas raíces finas y con limites abrupto y ligeramente ondulado.

102-134 cm. Color pardo amarillento en seco (10YR3/6) y pardo muy oscuro en húmedo (10YR 3/3), blocoso angular medio y fino masivo (suelo con fragmentos de talpetate), franco arcilloso limoso con grava de talpetate con abundantes poros finos y algunos medios, no hay raíces y limite abruptos y uniformes. 134-150 cm. Toba volcánica o piedra cantera.



**Figura 7.** Perfil del suelo

#### **4.6 Velocidad de infiltración**

La infiltración de agua depende de muchos factores, tales como la textura del suelo, humedad del suelo, cubierta vegetal y pendiente, por lo que su estimación confiable es difícil y requiere de una comparación entre varios parámetros. La infiltración es el proceso de penetración del agua en el suelo; por tanto, es inverso al proceso de escorrentía del agua de lluvia, la velocidad de la misma depende de la textura, estructura o grado de agregación y del contenido de agua en el mismo. (Mendoza C. 2014).

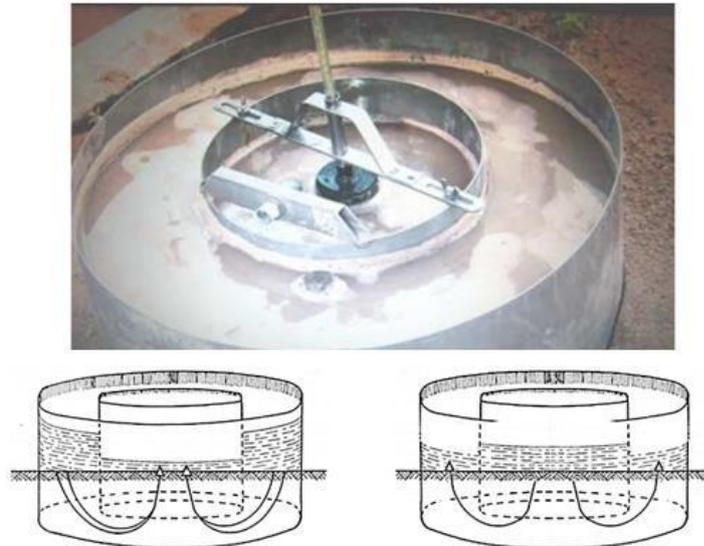
Esta prueba se realizó en las parcelas establecida en la finca, situada a lo largo de la posición del relieve (parte alta, media y baja del transepto), utilizando el método del doble cilindro el cual consiste en calcular la velocidad de entrada vertical del agua al perfil del suelo, esta prueba se realizó en las zonas de Bosque, Cultivo y Pasto, teniendo en cuenta los siguientes:

- Se seleccionó el lugar para cada cilindro de acuerdo a la clasificación de suelo.
- Se colocó sobre cada cilindro un trozo de madera, luego se golpeó con una almádana de manera uniforme para que el cilindro no quedara inclinado. Se usaron tres repeticiones espaciadas a 20 m entre cada una formando un triángulo por cada prueba.

- Se colocó un cilindro de mayor diámetro (36” pulgadas) que rodeó al cilindro central de (28” pulgadas).
- Se colocó una bolsa como protector de erosión dentro del cilindro central.
- Se llenó con agua el cilindro central hasta llegar a una altura de 1 cm del borde.
- Se determinó un punto en el borde del cilindro para colocar la regla milimetrada (este punto fue usado a lo largo de toda la prueba), luego se retiró el protector de erosión. □ Cuando la lámina de agua bajó a 5 cm de la parte inferior se rellenó al nivel inicial, tomando el nivel de agua antes y después de rellenarlo.
- Se registró la lectura que indicó la regla milimetrada y también el tiempo que demoró la medición.
- El cilindro de mayor diámetro siempre se mantuvo con agua a lo largo de toda la prueba, disminuyendo el movimiento lateral del agua del cilindro central.
- Se midió la altura del nivel de agua en el cilindro central a intervalos periódicos (1, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80 minutos).
- Cuando se terminó la prueba se removieron y limpiaron los cilindros.
- Se analizó la infiltración básica (IB) (Figura 6.)



**Figura 8.** Anillo infiltrómetro



**Figura 9.** Cilindros infiltrómetro de doble anillo

En donde se obtuvieron la siguiente información en la parcela de Pasto, los datos se anotan en un formato de campo donde se registra el tiempo inicial y final de cada replica respectivamente (Ver cuadro 4).

Cuadro 4. Datos obtenidos de la prueba de infiltración en la zona baja en pasto, plantel- UNA

**Zona baja, pastos replica 1**

<b>Tiempo (H . m)</b>	<b>Lectura cm</b>	<b>Intervalo de tiempo min</b>	<b>Intervalo de lectura cm</b>	<b>Tiempo acumulado Min</b>	<b>Lectura acumulada cm</b>
08:04	19.5	0	0.0	0.0	0.0
08:09	14.8	5	4.7	5	4.7
08:14	14	5	0.8	10	5.5
08:24	13.2	10	0.8	20	6.3
08:34	12.6	10	0.6	30	6.9
08:44	12	10	0.6	40	7.5
08:54	11.5	10	0.5	50	8
09:14	10.6	10	0.9	60	8.9
09:34	9.7	20	0.9	80	9.8

El volumen de agua a infiltrar se estimó mediante las siguientes ecuaciones:

#### 4.7 Cálculo para obtener la velocidad de infiltración

Se determinó la infiltración por la ecuación de Kostiakov-Lewis. Desarrollaron un modelo para conocer la infiltración en un punto según la siguiente formula:

**Ecuación**

$$I = k t^m$$

**Dónde:**

**I:** infiltración (cm)

**t:** tiempo (min)

**k:** parámetro que representa la velocidad de infiltración durante el intervalo inicial (cuando  $t = 1$ ).

**m:** parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo  
( $-1.0 < n < 0$ )

**VI:** Velocidad de infiltración ( $m^3/s$ )

**Para obtener los coeficientes  $k$  y  $n$  del modelo de Kostiakov - Lewis,**

Se utilizó, el método de regresión lineal simple, aplicando logaritmo a ambos lados de la ecuación, de esta forma se obtiene:

$$\text{Log } I = \text{log } k + \text{log } t \text{ Ecuación de una recta } Y = b_0 + b_1 X,$$

**Dónde:**

$Y = \text{log } I, b_0 = \text{log } k, b_1 = m$

$X = \text{log } t$

**Además:**

$Y$  = velocidad de infiltración.

$X$  = tiempo.

Se construyó la siguiente tabla 5, para obtener los valores restantes, aplicando logaritmo y elevando al cuadrado las dos columnas: Tiempo acumulado y lectura acumulada.

**Cuadro 5. Modelo Kostiakov - Lewis para obtener los coeficientes  $k$  y  $m$ .**

Tiempo acumulado (Min)	Lectura acumulada	logt	logI	logI×logt	(logt) <sup>2</sup>
5	4.7	0.699	0.672	0.470	0.489
10	5.5	1.000	0.740	0.740	1.000
20	6.3	1.301	0.799	1.040	1.693
30	6.9	1.477	0.839	1.239	2.182
40	7.5	1.602	0.875	1.402	2.567
50	8	1.699	0.903	1.534	2.886
60	8.9	1.778	0.949	1.688	3.162
80	9.8	1.903	0.991	1.886	3.622
		Σ 11.459	6.769	10.000	17.600

Teniendo en cuenta que  $b_1=m$ , este se calcula como:

**Ecuación:**

$$m = \frac{\frac{\text{logt} \cdot \text{logi}}{n} - \frac{\sum \text{logt}}{n} \times \frac{\sum \text{logi}}{n}}{\frac{\sum (\text{logt})^2}{n} - \left(\frac{\sum \text{logt}}{n}\right)^2}$$

Sustituyendo valores:

$$m = \frac{\frac{10}{8} - \frac{11.456}{8} \times \frac{6.769}{8}}{\frac{17.60}{8} - \left(\frac{11.456}{8}\right)^2}$$

$$m = 0.253$$

**Aplicando:**  $Y_m =$

$$b_0 + b_1 X_m$$

**Despejando:**

$$b_0 = Y_m - b_1 X_m$$

Se encontró la medida como:

$$Y_m = \frac{Y_m}{n}$$

$$X_m = \frac{X_m}{n}$$

Ahora bien, si consideramos la ecuación replanteada:

$$\log k = \frac{\log i}{n} - m \frac{\log t}{n}$$

$$\log k = \frac{6.769}{8} - (0.253 \times \frac{11.456}{8})$$

$$\log k = 0.846 - 0.362 k$$

$$= \text{Anti log } 0.4837 k =$$

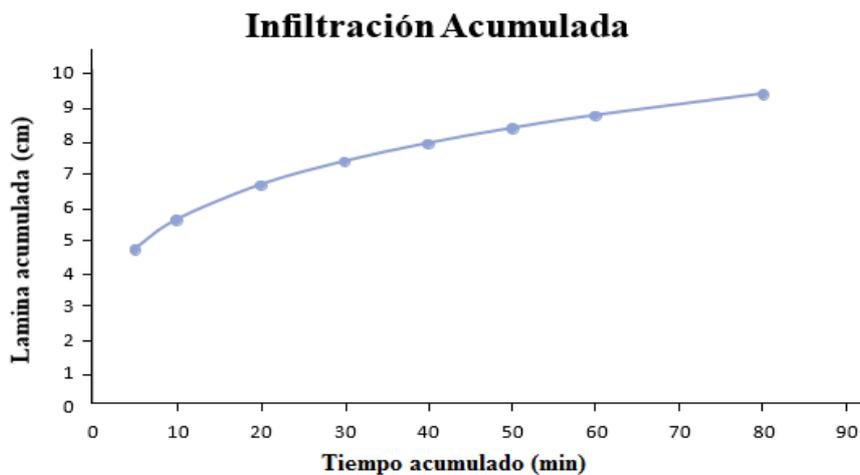
$$3.05$$

Finalmente, el modelo Kostiakov - Lewis será:  $I = 3.05 t^{0.253}$

Se calcularon los valores de la infiltración acumulada, valores representados en el cuadro 6.

**Cuadro 6.** Dato grafico de infiltración acumulada.

T(min)	I(cm)
5	4.58
10	5.46
20	6.51
30	7.21
40	7.76
50	8.21
60	8.59
80	9.24



**Figura 10.** Grafica infiltración acumulada

Según la figura 10 muestra que la permeabilidad y capacidad de infiltración presentan una gran variabilidad espacial y temporal. Esa variabilidad es particular de cada suelo y depende de diferencias texturales y composicionales, así como de los usos al que sea destinado (Vieira, 1983).

La interpretación de los resultados de una prueba de infiltración de agua en el suelo está asociada a tipo de textura o material en el sub-superficie del suelo. (Mendoza C. 2014).

**Cuadro 7.** Clase y tasas de infiltración y su relación con el potencial de erosión de suelos.

Tasa de Infiltración (mm/h)	Clasificación infiltración
<508	Muy rápido
152 – 508	Rápido
50 – 152	Moderadamente rápido
15 – 50	Moderada
5 – 15	Moderadamente lenta
1.5 – 5	Lenta
0.03 – 1.5	Muy lenta
>0.04	Impermeable

Fuente: (FAO, Land evaluation for forestry paper, 1984); modificado por (Mendoza C. 2014).

### Cálculo de la velocidad de infiltración

Siguiendo los pasos anteriores se realizó la tabla 8 para los respectivos cálculos de la velocidad de infiltración.

**Cuadro 8.** Datos de la velocidad de infiltración

VI	Tiempo Acumulado (hr)	logt	logVI	Logi×logVI	(logt) <sup>2</sup>
56.4	0.083	-1.079	1.751	-1.890	1.165
33	0.167	-0.778	1.519	-1.182	0.606
18.9	0.333	-0.477	1.276	-0.609	0.228
13.8	0.500	-0.301	1.140	-0.343	0.091
11.25	0.667	-0.176	1.051	-0.185	0.031
9.6	0.833	-0.079	0.982	-0.078	0.006
8.9	1.000	0.000	0.949	0.000	0.000
7.35	1.333	0.125	0.866	0.108	0.016
$\Sigma$		-2.766	9.535	-4.178	2.141

Teniendo en cuenta que:

$$m = -0.74$$

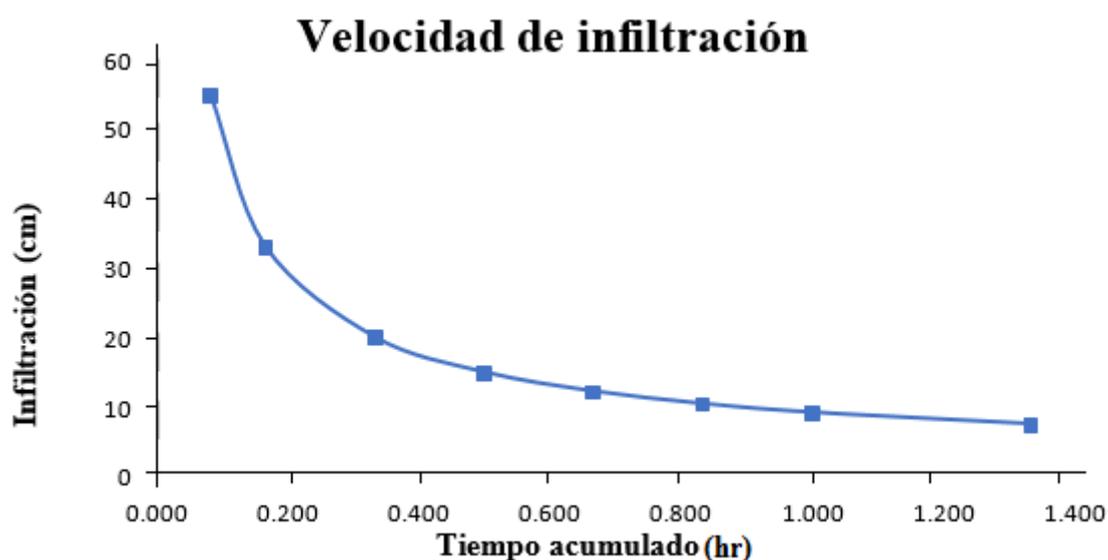
Finalmente, el modelo Kostiakov- Lewis para la velocidad de infiltración es:

$$I = 8.627t^{-0.74}$$

Con estos valores corregidos y ajustados al modelo obtenido, se pueden graficar y observar el comportamiento de la velocidad de infiltración, **tabla 8**.

**Cuadro 9.** Dato grafico de infiltración acumulada

Tiempo acumulado (Hora)	Velocidad Infiltración
0.083	54.26
0.167	32.49
0.333	19.45
0.5	14.41
0.667	11.65
0.833	9.8
1	8.63
1.333	6.97



**Figura 11.** Grafica de velocidades de infiltración

#### 4.8 Cálculo de la escorrentía

El método Racional es uno de los más utilizados para la estimación de caudales máximos asociados a la lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la determinación de caudales máximos.

A continuación, se explica el procedimiento para calcular la escorrentía por el método racional, el objetivo de este método es determinar la escorrentía a partir de datos de precipitación y otros para metros del área a drenar.

### Formula racional

$$Q = \frac{C.I.A}{360}$$

#### Donde:

**Q** = Caudal máximo (m<sup>3</sup>/s)

**C** = Coeficiente de escorrentía

**I** = Intensidad de la lluvia de diseño o periodo de retorno seleccionado para el diseño (mm/hr)

**A** = Área (ha)

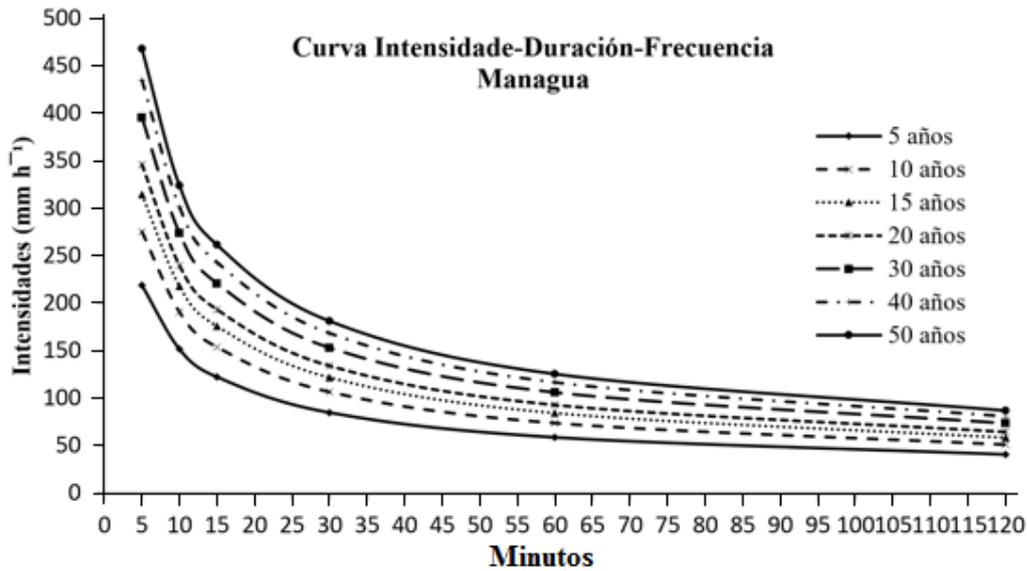
Para proceder a drenar una zona determinada es necesario un análisis detallado de las precipitaciones ocurridas, duración, intensidad y frecuencia en la zona, esto constituirán factores esenciales en el cálculo de las dimensiones a dar en la obra de drenaje.

El clima de la zona de estudio se clasifica como clima tropical seco. El registro de precipitaciones anuales con periodos de retornos de 5, 10,15, 20, 30, 40,50.

**Cuadro 10.** Periodos de retorno de precipitación y duración (INETER, 2013)

Periodo Retorno Tiempo	Duración ( Minutos )					
	5	10	15	30	60	120
5	218.88	151.59	122.28	84.68	58.65	40.62
10	275.14	190.55	153.70	106.45	73.72	51.06
15	314.53	217.83	175.71	121.69	84.27	58.36
20	345.85	239.52	193.21	133.81	92.67	64.18
30	395.37	273.81	220.87	152.96	105.93	73.37
40	434.74	301.08	242.86	168.19	116.48	80.67
50	467.96	324.09	261.42	181.05	125.39	86.84

La intensidad de precipitación la obtuvimos por la lectura directa en la curva de intensidad duración frecuencia (IDF) de la estación meteorológica Augusto C. Sandino como se puede observar en la gráfica 12.



**Figura 12.** Curva de intensidad, duración y frecuencia (INETER, 2013).

### Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía depende del tipo de cobertura del suelo, la cual le da cierta permeabilidad según el uso del suelo disminuyendo la tasa de infiltración y favoreciendo el encharcamiento.

**Cuadro 11.** Valores de la textura en función del coeficiente C de la escorrentía (Schwab, 1981)

Topografía y vegetación	Tierra franco aranosa	Textura del suelo Arcilla y limo	Arcilla compactada
<b>Bosques</b>			
Llano, 0-5% de pendiente	0.10	0.30	0.40
Ondulado, 5-10% de pendiente	0.25	0.35	0.50
Montañosa, 10-30% de pendiente	0.30	0.50	0.60
<b>Pastizales</b>			
Llanos	0.10	0.30	0.40
Ondulados	0.16	0.36	0.55
Montañosos	0.22	0.42	0.60
<b>Tierras cultivadas</b>			
Llanas	0.30	0.50	0.60
Onduladas	0.40	0.60	0.70
Montañosas	0.52	0.72	0.82
<b>Zona urbana</b>	30% de la superficie impermeable	50% de la superficie impermeable	70% de la superficie impermeable
Llanas	0.40	0.55	0.65
Onduladas	0.50	0.65	0.80

## Determinación del coeficiente de escorrentía

Dado que los suelos de la Finca El Plantel tienen diferentes tipos de uso, como: Bosque, cultivos y pastos es necesario establecer un coeficiente de escorrentía ponderado en función de sus distintas zonas.

Área total: 163 ha

Área de bosque: 93 ha

Área de cultivo: 23 ha

Otras áreas: 45 ha

$$C = \frac{\text{Área}(c1) + \text{Área}(c2) + \text{Área}(c3)}{163}$$

$$C = \frac{93 \times 0.35 + 23(0.5) + 45(0.505)}{163}$$

$$C = 0.42$$

Teniendo en cuenta que:

$$C = 0.42$$

$$I = 73.72 \text{ mm/hr}$$

$$A = 163 \text{ ha}$$

Sustituyendo valores en la fórmula racional, obtenemos el siguiente resultado:

$$Q = \frac{0.42 \times 73.72 \text{ mm/hr} \times 163 \text{ ha}}{360}$$

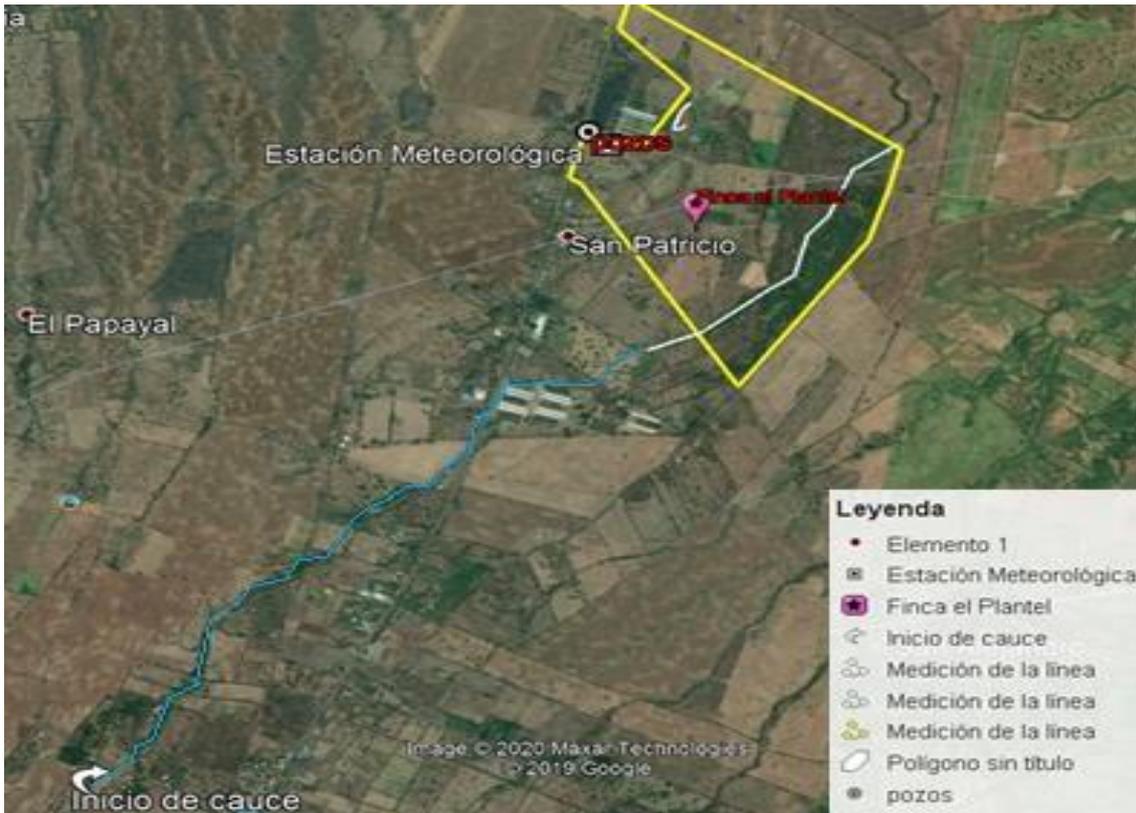
$$Q = 14.02 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con una duración de 60 minutos precipitaciones para un periodo de retorno de 10 años el caudal procedente de la escorrentía, de acuerdo a los datos obtenidos de la fórmula racional, será de:

$$Q = 14.02 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 4.9 Propuesta de drenaje

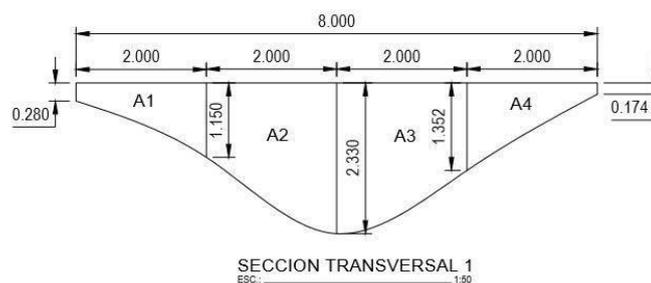
La figura 13 muestra los límites de la cárcava dentro y fuera de la finca El plantel, teniendo una longitud aproximada de 5 km, obteniendo una longitud 1.5 km que cruza de sur a norte y 3.5 kilómetros en dirección al sur extendiéndose fuera de la finca.



**Figura 13.** Ubicación de la cárcava

Se obtuvieron las dimensiones de la cárcava ubicada en la zona Norte - Sur de la finca, seleccionamos un tramo de 50 m de longitud de la misma, para calcular las secciones transversales, determinar base, talud y perímetro mojado con la finalidad de conocer su caudal y velocidad máxima que puede ser transportados en la cárcava (Ver la figura 14).

### Tramo 1



**Figura 14.** Sección transversal 1

Se realizó el levantamiento de las secciones transversales como se muestra en la figura 13 y figura 14 con el fin de conocer las dimensiones y sus caudales.

### Cálculo de área

Formula:  $A = (B+b/2*h) + (B+b/2*h) + (B+b/2*h) + (B+b/2*h)$

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A = 1.43 + 3.48 + 3.682 + 1.35$$

$$A = 9.9 \text{ m}^2$$

### Cálculo el radio hidráulico

$$R = \frac{A. \text{ total}}{p. \text{ mojado}}$$
$$= \frac{9.9}{9.13} =$$

$$R = 1.1 \text{ m}$$

### Utilizar la ecuación de Manning

$$V = \frac{1}{0.025} (R)^{2/3} (s)^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.025} (1.1)^{2/3} (0.0057)^{1/2}$$

$$V = 3.21 \text{ m/s}$$

### Cálculo del Caudal

$$Q = (V) \cdot (A)$$

$$Q = (3.21 \text{ m/s}) \cdot (9.9 \text{ m}^2)$$

$$Q = 31.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

### ➤ Tramo 2

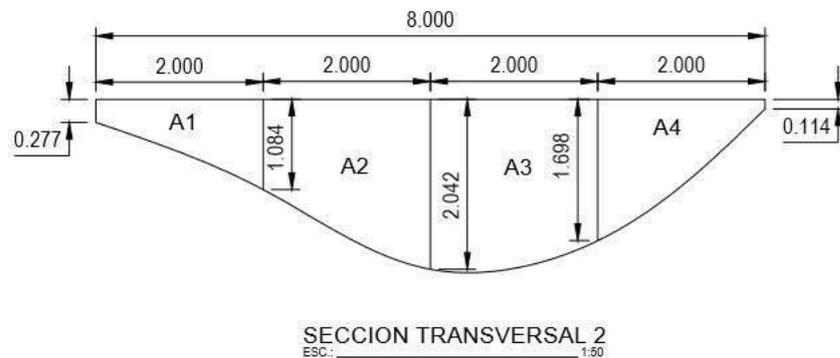


Figura 15. Sección transversal 2

### Cálculo de área

Formula:  $A = (B + b/2 \cdot h) + (B + b/2 \cdot h) + (B + b/2 \cdot h) + (B + b/2 \cdot h)$

### Cálculo de área

$$\begin{aligned} A &= A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \\ A &= 1.36 + 3.13 + 3.74 + 1.70 \\ A &= 9.93 \text{m}^2 \end{aligned}$$

### Cálculo de radio hidráulico

$$\begin{aligned} R &= \frac{A. \text{total}}{p. \text{mojado}} \\ &= \frac{9.93}{9.05} = \end{aligned}$$

$$R = 1.1 \text{m}$$

Utilizar la ecuación de Manning (ver anexo 21) coeficiente de rugosidad de canales

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{0.025} (R)^{2/3} (s)^{1/2} \\ V &= \frac{1}{0.025} (1.1)^{2/3} (0.0057)^{1/2} \end{aligned}$$

$$V = 3.21 \text{m/s}$$

Calcular el Caudal  $Q = (V) \cdot (A)$

$$Q = (3.21 \text{m/s}) \cdot (9.93 \text{m}^2)$$

$$Q = 32. \text{m}^3/\text{s}$$

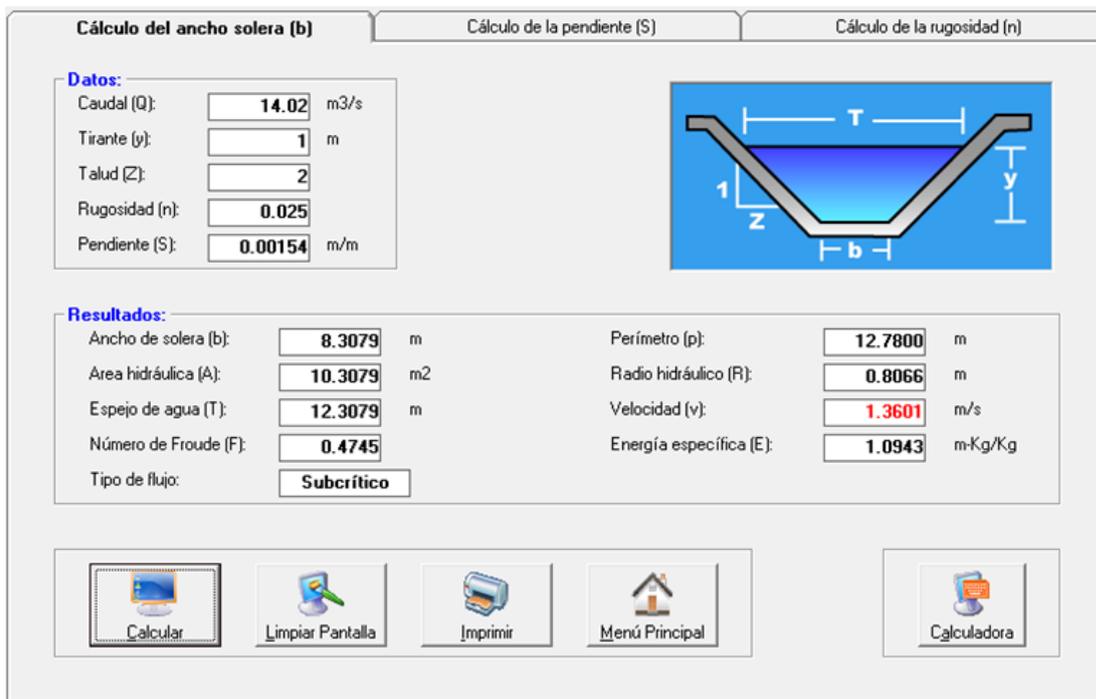
### 4.9.1 Puesta de diseño del sistema de drenaje en la finca experimental el plantel con el Programa Hcanales

El presente estudio consistió en proponer el diseño del sistema de drenaje utilizado el programa Hcanales que está basado en normativas y criterios definidos en el área hidráulica. Adaptándose las condiciones que presenta la zona a los parámetros básicos del diseño de un drenaje, que complementa el drenaje superficial existente.

Para el desarrollo de esta propuesta, se realizó en primera instancia un diagnóstico, donde se determinó el estado físico-estructural actual del drenaje superficial de la finca. Se realizó análisis físicos para determinar las intensidades máximas de lluvias y el caudal que aportan las dos líneas de

corrientes de agua que convergen al casco principal. El caudal considerado para el diseño hidráulico de todos los componentes del sistema de drenaje, es el resultado de la sumatoria del caudal recibido por las dos líneas de corrientes más el caudal propio del área de la finca.

Con la sección definida, las velocidades y caudales máximos procedimos a ingresar valores en el programa Hcanales, para experimentar con el perfil natural cuales serían las dimensiones para realizar un canal de drenaje experimental de acuerdo a las dimensiones del perfil natural de la cárcava en donde se propone el siguiente diseño (Ver la figura 15 y 16).



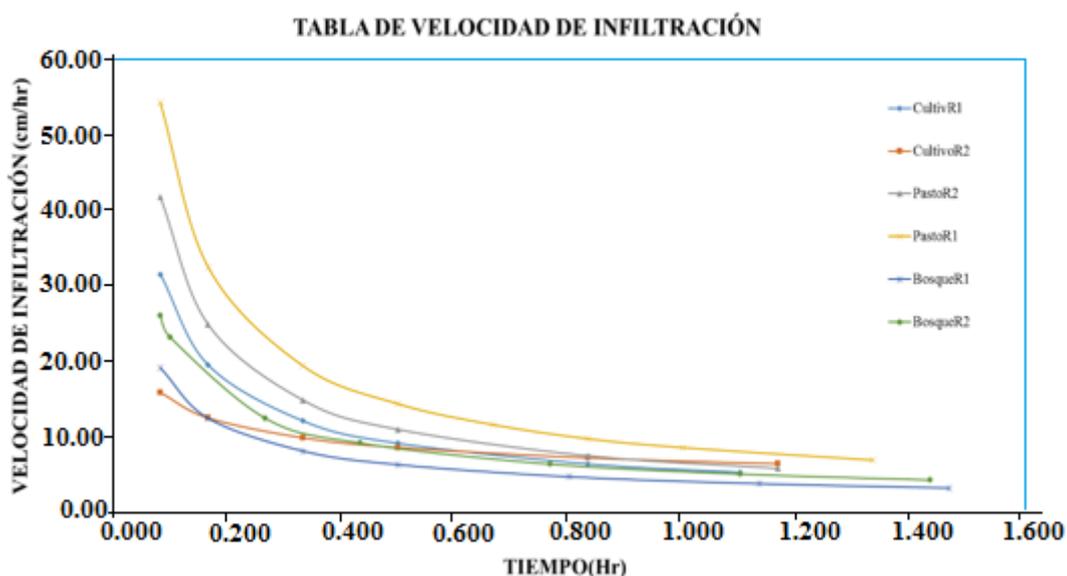
**Figura 16.** Propuesta de canal trapezoidal

Para la presente propuesta se fundamentó en las imágenes de google Earths 8.F obteniendo diferentes elevaciones del área de estudio. La finca experimental el plantel con sus 163ha se proyectó un canal principal en direcciones de sur – norte con una distancia de 1300metros desde la cota – con una elevación de 115 msnm. En la posición sur a la cota – con una elevación de 100 msnm en la posición norte. Esta obra estaría recolectando y conduciendo el excedente de las aguas superficiales de tres áreas igual de la finca.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

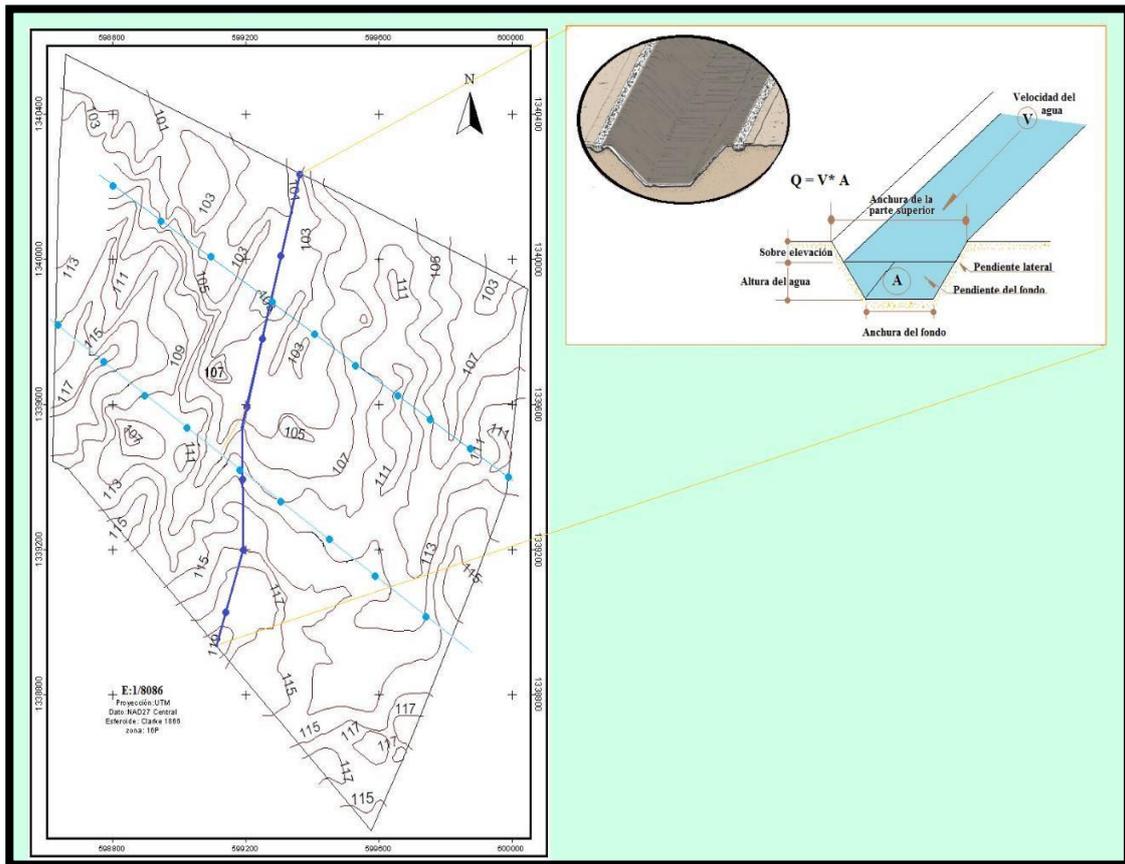
De acuerdo a los resultados obtenidos en los estudios de suelo realizados por LABSA en la finca experimental El Plantel-UNA, se determinó que son suelos moderadamente superficiales bien drenados, clase textural que predomina es de suelos arcillosos con colores pardos muy oscuros, estructuras en bloques y porosidad media, asentados sobre un estrato endurecido y poco permeable (Toba volcánica o piedra cantera). Según (Zelaya, 1989) quien realizó un estudio de la misma índole determina que los suelos de la serie Zambrano son profundos a moderadamente superficiales, bien drenados, con un subsuelo arcilloso de color pardo rojizo oscuro y que esta sobre un estrato endurecido continuo, pero, fragmentado. Los suelos se han desarrollado de ceniza volcánica que descansa sobre arcilla, toba parcialmente meteorizada o arena y escoria cementada, se encuentra en planicies ligeramente onduladas a fuertemente onduladas.

Los resultados obtenidos de las 6 pruebas de infiltración determinan que entre los 50-60 minutos después de haber iniciado la prueba de infiltración se alcanza la infiltración básica o momento de estabilización la velocidad de infiltración con valores de 50-150 mm/hr, dichas pruebas alcanzaron tiempos máximos de 90 minutos, obteniendo velocidades de infiltración rápidas en todas las pruebas según la tabla de velocidades de infiltración (**tabla 7**) Zelaya, 1989 determino valores similares, indicando que la finca El plantel posee velocidades de infiltración rápidas.



**Figura 17.** Curvas de velocidades de infiltración.

La propuesta de drenaje superficial se realizó con la finalidad de evacuar los excesos de agua proveniente del escurrimiento superficial presente en las 163 hectáreas que corresponden al área total de la finca, se propone una red de drenaje superficial en forma de espina de pescado que cuenta con un dren principal de 1300 m que parte del sur con una altura de 115 msnm hacia al norte con una altura de 100 msnm y con 4 drenes secundarios o colectores que dividirán el área de la finca en 3 partes, con longitudes de 500 m y ubicados acorde a las depresiones topográficas que se observan en las imágenes satelitales



**Figura 18.** Propuesta de red de drenaje en forma de espina de pescado.

## VI. CONCLUSIONES

La finca experimental el plantel - UNA presenta mayores problemas de escorrentía o encharcamiento en la zona media, donde están establecidos los cultivos de coco y mango, así como también la zona baja norte de pasto y donde está ubicado el departamento de protección agrícola y forestal (DEPAF). No existe influencia de nivel freático, ni velocidad de infiltración, el problema de escorrentía se atribuye a la presencia de toba volcánica e irregularidad del terreno.

Se determinó el escurrimiento superficial mediante la ecuación racional, asignándole un valor ponderado al coeficiente “C” adecuado al uso actual de la finca, obteniendo un caudal proveniente de la escorrentía superficial de  $14.02 \text{ m}^3/\text{s}$ . En cuanto a la determinación de la capacidad de la cárcava, seleccionamos el tramo central con una longitud de 50 m, considerando dos secciones transversales y se calculó la capacidad de la misma utilizando la ecuación de Manning, obteniendo un caudal de  $31.7 \text{ m}^3/\text{s}$  y velocidad de  $3.51 \text{ m}^3/\text{s}$ . Cabe recalcar que este caudal y velocidad son completamente erosivos.

Se planteó una posible red de drenaje que dé solución al problema de escurrimiento superficial en la finca, proponiendo un sistema de drenaje en forma en espina de pescado, el cual evacuara todos los excesos de agua presentes en las 163 ha de la finca el plantel.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- ❖ Mejorar el manejo agronómico de los suelos, realizar la labor de arado en contra de la pendiente, para evitar la pérdida de suelo por arrastre y así reducir el impacto de la erosión en los suelos de la finca experimental el plantel.
  
- ❖ Realizar obras de conservación de suelo y agua en las zonas más afectadas por el escurrimiento superficial, para, evitar la degradación de los suelos.
  
- ❖ Realizar estudios de diseño para la implementación de una red de drenaje superficial en la finca experimental El Plantel.

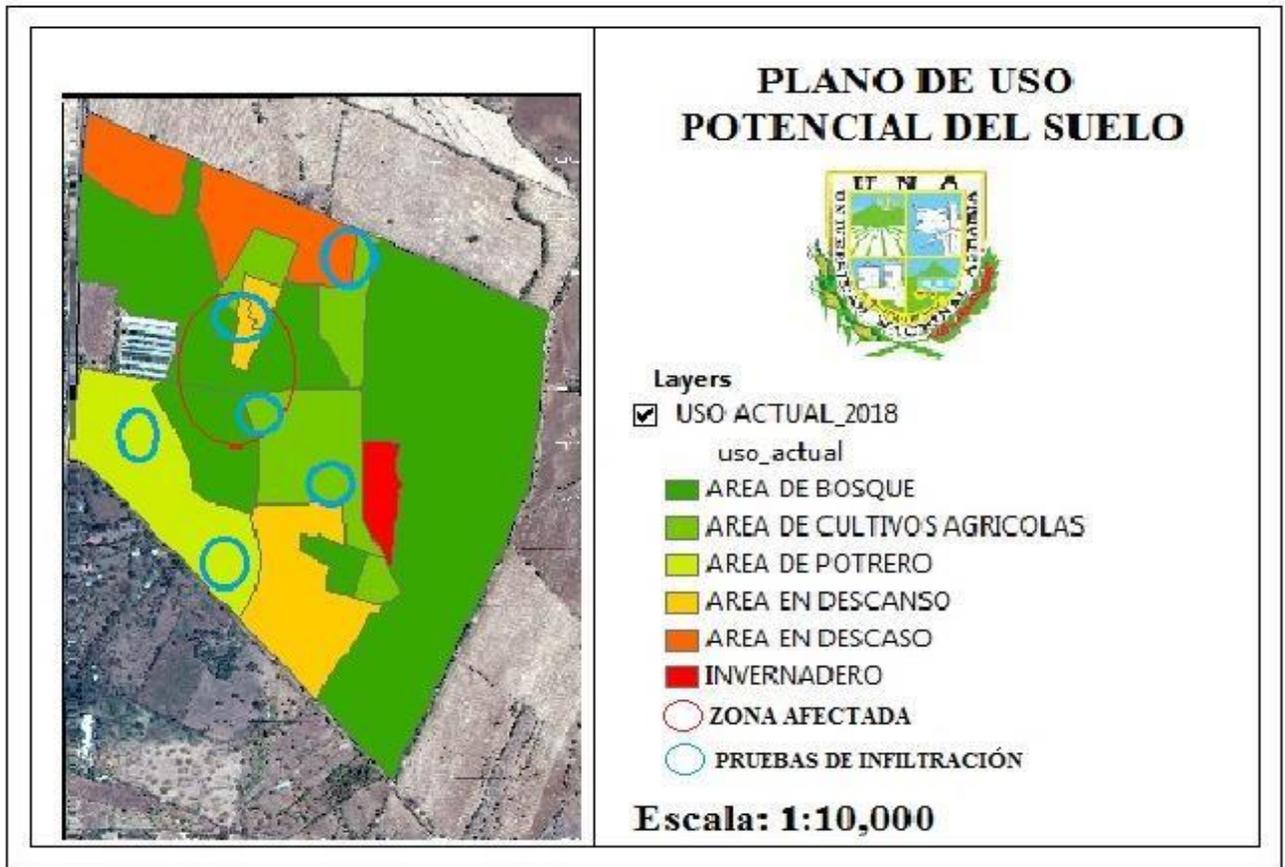
## VIII. LITERATURA CITADA

- Carlos J. Grassi & Jerald E. Christiansen (febrero, 1997), Manual de Drenaje en Tierras Para Riego; CIDIAT s.d. 197 Pág.
- Carlos J. Grassi & Jerald E. Christiansen (mayo, 1997), Manual de Drenaje en Tierras Para Riego; CIDIAT s.d. 145 Pág.,
- Chow, V, T. (2004) Hidráulica de canales abiertos. Bogotá, Colombia pág. 76
- Durand-Daste F, 2005. Balance hídrico. 3er Edición. Editorial ISBN. España Pág. 139
- E. Zúñiga M. (1999), Diseño de Drenaje Agrícola, 1<sup>ra</sup> Ed./Heredia, C.R.: EUNA; pág.120
- González, R.D., Ruvalcaba, P.I. 2000. Diseño de un Sistema de Drenaje Superficial para zonas Tropicales y Subtropicales. Chapingo, México. Departamento de Irrigación, 140 pág.
- (FAO, Land evaluation for forestry forestry paper, 1984) recuperado de: <http://www.fao.org/3/XII/0395-B3.htm>
- Hernández. A. 1991. Drenaje de tierras. Universidad del Valle. Departamento de Mecánica de Fluidos y Ciencias Térmicas. Facultad de Ingenierías. Página 4. 624 p.
- INETER (2013). Dirección general de meteorología, datos de parámetros climatológicos, precipitación máxima, evaporación y temperaturas máximas de la estación del aeropuerto internacional de Managua, Nicaragua.
- Luque, A., Vázquez, J., Luque, L. 1989. Drenaje agrícola y desagüe de áreas Inundables. Ed. Hemisferio sur. Buenos Aires – Argentina. 214 pág.
- Marrero G (2003). Texto básico riego y drenaje. No impreso. Managua, Nicaragua, universidad nacional agraria, UNA.
- Mendoza, C. (2014). Guía para el uso de indicadores de calidad de suelo. UNA, ManaguaManagua. UNA 1er edición pág.65

- Pizarro, Fernando. 1978. Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos. Editora Agrícola Española S.A. Madrid 521 p.
- Rojas, Rafael (1984). Drenaje superficial en Tierras Agrícolas. Serie Riego y drenaje. CIDIAT. Venezuela.
- Tèmez, J. 1978. Cálculo Hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas Naturales. Dirección General de Carreteras. Madrid. España. 111p.
- Viera, R.(1983)geoestadistical theory and aplicaciones to variability of some agronomial properties (vol.51) Hilgardia, Berkeley.
- William R. Gámez Morales (Sep. 2010). Texto Básico Auto-formativo de Topografía General/ Universidad Nacional Agraria, Ed, CENIDA/UNA, 160 pág.

# **IX. ANEXOS**

Anexo 1. Mapa del área total de estudio





**Anexo 2.** Barrenadas (Zona de pasto)  
de pasto



**Anexo 3.** Profundidad del suelo en zona  
de pasto



**Anexo 4.** Método del tacto (Pasto)



**Anexo 5.** Método del tacto (Bosque)



**Anexo 6.** Anillo infiltrómetro.



**Anexo 7.** Selección del tramo de 50mts de la Cárcava.



**Anexo 8.** Recolección de datos en la cárcava.



**Anexo 9.** Escorrentía en zona baja (Pasto)



**Anexo 10.** Escorrentía en DEPAF



**Anexo 11.** Escorrentía en zona media (cultivo)



**Anexo 12.** Levantamiento de poligonal



**Anexo 13.** Perdida de suelo por erosión y con teodolito presencia de toba.

Anexo 14. Cálculos de la poligonal

PLANILLA DE CÁLCULO

LUGAR: Finca experimental El PLANTEL

FECHA: \_\_\_\_\_

LADO		DISTANCIA	AZIMUT			PROYECCIONES SIN CORREGIR		PROYECCIONES CORREGIDAS				PROYECCIONES CORREGIDAS		Correcciones	COORDENADAS		CALCULO COORDENADAS		
EST	PV		G	M	S	NORTE(+), SUR(-)	ESTE(+), OESTE(-)	N	S	E	W	NORTE(+), SUR(-)	ESTE(12), OESTE(-)		Distancias	Y	X	X * Y	Y*X
1	2	27.400	180	0	0	-27.4000	0.0000		-27.7457		-	1.0596	-27.7457	-1.0596	27.77	1005.2641	0.0000	26091.59961	0
2	3	38.110	133	58	5	-26.4581	27.4288		-26.939	25.955			-26.9390	25.9550	37.41	978.3251	25.9550	60628.99441	24428.91296
3	4	52.700	133	46	15	-36.4566	38.0553		-37.1215	36.0173			-37.1215	36.0173	51.72	941.2037	61.9722	109984.1939	54867.4042
4	5	79.800	133	24	45	-54.8422	57.9687		-55.849	54.8826			-55.8490	54.8826	78.30	885.3546	116.8548	130459.7878	99889.07633
5	6	44.000	132	57	40	-29.98607941	32.1999		-30.5412	30.4983			-30.5412	30.4983	43.16	854.8134	147.3531	173449.0179	117498.8289
6	7	81.400	133	50	55	-56.39028008	58.7035		-57.4173	55.5555			-57.4173	55.5555	79.89	797.3961	202.9086	201943.4947	151607.5803
7	8	72.500	132	51	15	-49.3098	53.1488		-50.2245	50.345			-50.2245	50.3450	71.11	747.1717	253.2537	207863.6946	183077.4034
8	9	35.500	132	8	55	-23.8225	26.3199		-24.2704	24.9471			-24.2704	24.9471	34.81	722.9013	278.2007	220220.4726	193922.9235
9	10	37.700	132	17	0	-25.3645	27.8915		-25.8401	26.4335			-25.8401	26.4335	36.97	697.0612	304.6342	230212.4522	204672.7559
10	11	36.650	132	26	45	-24.7348	27.0446		-25.1972	25.6272			-25.1972	25.6272	35.94	671.8640	330.2615	254615.2505	205910.5004
11	12	70.000	132	44	10	-47.5036	51.4141		-48.3868	48.707			-48.3868	48.7070	68.66	623.4772	378.9685	257909.8324	223141.219
12	13	50.000	132	53	50	-34.0343	36.6288		-34.6651	34.6951			-34.6651	34.6951	49.05	588.8121	413.6636	271428.7055	224244.8786
13	14	67.800	132	33	55	-45.8619	49.9352		-46.7173	47.3132			-46.7173	47.3132	66.49	542.0948	460.9768	272222.213	231295.7037
14	15	58.800	132	20	15	-39.6016	43.4644		-40.3434	41.1904			-40.3434	41.1904	57.66	501.7513	502.1672	270733.3175	233492.4647
15	16	53.500	132	26	45	-36.1068	39.4785		-36.7818	37.4095			-36.7818	37.4095	52.46	464.9696	539.5767	270213.2724	229982.0005

**Anexo 14. (Continuación)**

16	17	58.000	130	56	50	-38.0111	43.8082		-38.7428	41.5652		-38.7428	41.5652	56.82	426.2267	581.1418	253958.5227	239712.0274
17	18	20.530	131	3	10	-13.4832	15.4818		13.7422	14.6878		-13.7422	14.6878	20.11	412.4845	595.8297	253031.3449	235996.9268
18	19	24.560	130	56	25	-16.0935	18.5525		-16.4033	17.6026		-16.4033	17.6026	24.06	396.0812	613.4323	254977.7307	225184.5561
19	20	42.800	131	39	50	-28.4517	31.9741		-28.9917	30.3189		-28.9917	30.3189	41.95	367.0895	643.7512	250491.5207	212749.0285
20	21	54.300	131	25	0	-35.9211	40.7206		-36.6062	38.6206		-36.6062	38.6206	53.21	330.4833	682.3718	235696.9843	205913.7167
21	22	43.000	130	56	40	-28.1791	32.4799		-28.7216	30.8169		-28.7216	30.8169	42.13	301.7618	713.1887	220789.6101	202914.322
22	23	25.800	130	58	45	-16.9192	19.4777		-17.2448	18.4799		-17.2448	18.4799	25.28	284.5170	731.6686	213477.7186	210497.5326
23	24	19.710	79	59	15	3.4268	19.4098	3.1782		18.6476		3.1782	18.6476	18.92	287.6952	750.3162	220137.2799	196652.1644
24	25	29.880	147	35	25	-25.2258	16.0148		-25.6028	14.8592		-25.6028	14.8592	29.60	262.0924	765.1754	203193.6927	190319.6654
25	26	16.990	140	43	10	-13.1512	10.7567		-13.3656	10.0996		-13.3656	10.0996	16.75	248.7268	775.2750	199630.135	164967.1347
26	27	45.800	140	32	45	-35.3637	29.1041		-35.9415	27.3329		-35.9415	27.3329	45.15	212.7853	802.6079	183905.7634	106247.7327
27	28	102.800	140	18	50	-79.1102	65.6462		-80.4072	61.6706		-80.4072	61.6706	101.33	132.3781	864.2785	120751.6476	61703.28379
28	29	78.700	139	40	0	-59.9924	50.9373		-60.9853	47.8937		-60.9853	47.8937	77.54	71.3928	912.1722	66953.88382	35388.27904
29	30	42.100	139	36	40	-32.0661	27.2796		-32.5972	25.6515		-32.5972	25.6515	41.48	38.7956	937.8237	37585.13712	0
30	31	50.400	139	12	45	-38.1597	32.9241		-38.7956	30.975		-38.7956	30.9750	49.64	0.0000	968.7987	-4.50848E-10	46857.80255
31	32	54.950	26	46	15	49.0602	24.7507	48.3669		22.6257		48.3669	22.6257	53.40	48.3669	991.4244	49306.24405	105237.7987
32	33	66.100	27	31	50	58.6151	30.5528	57.7812		27.9966		57.7812	27.9966	64.21	106.1481	1019.4209	109608.7011	135941.3785
33	34	31.120	27	31	50	27.5961	14.3843	27.2035		13.1808		27.2035	13.1808	30.23	133.3516	1032.6018	143265.5779	225181.4411
34	35	97.250	27	53	55	85.9473	45.5041	84.7203		41.7431		84.7203	41.7431	94.45	218.0719	1074.3449	245606.5314	347164.3665
35	36	120.680	27	57	45	106.5912	56.5861	105.0686		51.919		105.0686	51.9190	117.20	323.1405	1126.2639	378049.0461	462855.8053
36	37	101.000	28	5	40	89.0994	47.5636	87.8251		43.6576		87.8251	43.6576	98.08	410.9657	1169.9215	489122.9461	529417.9479
37	38	47.600	27	39	45	42.1592	22.0989	41.5587		20.2581		41.5587	20.2581	46.23	452.5243	1190.1796	550654.8192	603876.6099
38	39	62.800	27	36	20 5	55.6508	29.1004	54.8584		26.6717		54.8584	26.6717	61.00	507.3828	1216.8513	639316.4189	724189.2613
39	40	100.700	27	52		89.0215	47.0709	87.751		43.1765		87.7510	43.1765	97.80	595.1337	1260.0279	775878.6152	863273.1873

**Anexos 14. (Continuación)**

40	41	102.980	27	34	5	91.2878	47.6593	89.9886		43.6768		89.9886	43.6768	100.03	685.1223	1303.7047	922435.3311	1022726.798
41	42	111.170	24	59	45	100.7577	46.9751	99.3551		42.6759		99.3551	42.6759	108.13	784.4774	1346.3805	1092039.184	1230586.507
42	43	140.900	21	16	35	131.2964	51.1280	129.5187		45.679		129.5187	45.6790	137.34	913.9961	1392.0595	1278502.721	1339866.345
43	44	49.900	10	0	45	49.1400	8.6758	48.5104		6.746		48.5104	6.7460	48.98	962.5065	1398.8055	1368439.104	1550972.518
44	45	150.950	10	59	25	148.1815	28.7775	146.277		22.9398		146.2770	22.9398	148.06	1108.7835	1421.7453	1586579.297	1729136.197
45	46	109.630	7	1	40	108.8063	13.4133	107.4232		9.1736		107.4232	9.1736	107.81	1216.2067	1430.9189	1742899.693	1934413.528
46	47	137.600	3	6	35	137.3974	7.4646	135.6613		2.1432		135.6613	2.1432	135.68	1351.8681	1433.0620	1944139.437	1989772.873
47	48	37.650	9	57	10	37.0834	6.5073	36.6084		5.0513		36.6084	5.0513	36.96	1388.4764	1438.1133	2008979.758	2049054.794
48	49	38.230	15	34	5	36.8274	10.2603	36.3451		8.7818		36.3451	8.7818	37.39	1424.8215	1446.8951	1955758.052	2115846.458
49	50	80.900	298	26	45	38.5349	-71.1328	37.5142		74.2614		37.5142	74.2614	83.20	1462.3358	1372.6337	1928468.726	2044100.127
50	51	58.520	298	7	20	27.5836	-51.6114	26.8453		53.8745		26.8453	53.8745	60.19	1489.1811	1318.7592	1845119.105	2016217.168
51	52	86.600	298	5	50	40.7859	-76.3942	39.6933		79.7432		39.6933	79.7432	89.08	1528.8744	1239.0159	1839091.415	1916365.677
52	53	39.140	297	52	50	18.3030	-34.5968	17.8092		36.1105		17.8092	36.1105	40.26	1546.6836	1202.9055	1728882.236	1911698.435
53	54	92.510	298	12	5	43.7176	-81.5283	42.5505		85.106		42.5505	85.1060	95.15	1589.2341	1117.7995	1673880.975	1812387.426
54	55	70.100	298	7	10	33.0389	-61.8259	32.1545		64.5369		32.1545	64.5369	72.10	1621.3886	1053.2627	1581047.087	1747876.092
55	56	84.500	297	36	45	39.1649	-74.8757	38.0987		78.1435		38.0987	78.1435	86.94	1659.4873	975.1192	1579983.188	1629143.221
56	57	24.900	297	36	25	11.5387	-22.0651	11.2246		23.028		11.2246	23.0280	25.62	1670.7119	952.0911	1492575.907	1617945.672
57	58	63.500	297	37	50	29.4493	-56.2582	28.6482		58.714		28.6482	58.7140	65.33	1699.3601	893.3772	1357580.473	1559554.43
58	59	102.300	297	44	20	47.6148	-90.5435	46.3241		94.4997		46.3241	94.4997	105.24	1745.6842	798.8775	1239393.216	1428941.429
59	60	95.980	297	25	45	44.2133	-85.1900	43.0024		88.9019		43.0024	88.9019	98.76	1788.6866	709.9756	1153880.552	1293106.292
60	61	70.620	298	21	30	33.5434	-62.1452	32.6524		64.8763		32.6524	64.8763	72.63	1821.3390	645.0993	1114900.022	1185271.87
61	62	35.620	297	31	10	16.4582	-31.5897	16.0088		32.9673		16.0088	32.9673	36.65	1837.3478	612.1321	1009580.124	1142915.834
62	63	67.400	297	0	35	30.6091	60.0486	29.7588		62.6552		29.7588	62.6552	69.36	1867.1066	549.4769	947265.7164	1037316.432
63	64	45.640	297	48	45	21.2947	40.3676	20.7189		42.1327		20.7189	42.1327	46.95	1887.8255	507.3442	811401.3713	976793.8577
64	65	83.700	297	24	55	38.5385	74.2999	37.4825		77.5368		37.4825	77.5368	86.12	1925.3080	429.8074	709674.0253	840495.5223
65	66	66.350	297	53	55	31.0457	58.6386	30.2086		61.2046		30.2086	61.2046	68.25	1955.5166	368.6028	560690.3038	735694.0826
66	67	88.750	297	52	50	41.5022	78.4483	40.3824		81.8805		40.3824	81.8805	91.30	1995.8991	286.7223	384155.5732	585636.1107
67	68	102.220	297	57	0	47.9106	90.2967	46.6209		94.2499		46.6209	94.2499	105.15	2042.5200	192.4724	194158.0094	402499.1962
68	69	105.880	298	11	30	50.0201	93.3197	48.6843		97.4144		48.6843	97.4144	108.90	2091.2043	95.0581	62598.00822	201854.0145
69	70	70.660	297	59	45	33.1683	62.3915	32.2768		65.1241		32.2768	65.1241	72.68	2123.4811	29.9340	46770.48711	61911.36628
70	71	54.830	186	3	35	54.5236	5.7881		55.2154	7.9086		55.2154	7.9086	55.78	2068.2657	22.0254	19224.96573	43497.01856
71	72	92.690	185	39	45	92.2377	-9.1456		93.4071	12.7302		93.4071	12.7302	94.27	1974.8586	9.2952	133922.8089	17660.3702
72	73	96.470	139	48	50	73.6985	62.2494		74.9156	58.5187		74.9156	58.5187	95.06	1899.9429	67.8139	196598.7933	126661.2038
73	74	49.050	130	1	40	31.5469	37.5592		32.1658	35.6623		32.1658	35.6623	48.03	1867.7771	103.4762	253014.1058	190781.5267
74	75	41.000	125	1	55	23.5354	33.5721		24.0526	31.9865		24.0526	31.9865	40.02	1843.7245	135.4627	353691.4487	244050.0164
75	76	72.100	124	51	40	-41.2116	59.1609		42.1212	56.3726		42.1212	56.3726	70.37	1801.6033	191.8353	334516.3905	339349.3516
76	77	32.600	188	38	25	32.2300	-4.8975		-32.6413		-6.1582	32.6413	6.1582	33.22	1768.9620	185.6771	319957.5206	324505.0766
77	78	21.380	190	43	15	21.0068	-3.9772		-21.2766		-4.804	21.2766	4.8040	21.81	1747.6854	180.8730	298980.06	308148.8209
78	79	44.200	190	32	55	43.4530	-8.0917		-44.0107		-9.801	44.0107	9.8010	45.09	1703.6747	171.0720	391040.2389	288877.6033
79	80	62.520	103	10	45	14.2544	60.8733		-15.0432	58.4555		15.0432	58.4555	60.36	1688.6316	229.5275	551605.2841	381700.7567
80	81	104.040	103	31	35	24.3342	101.1542		-25.6469	97.1306		25.6469	97.1306	100.46	1662.9847	326.6582	635423.1457	538532.1455

**Anexo 14. (Continuación)**

81	82	59.320	103	16	45	13.6256	57.7339		14.374	55.4399		14.3740	55.4399	57.27	1648.6107	382.0980	725002.8314	624128.666
82	83	61.760	103	29	20	14.4059	60.0564		15.1851	57.6679		15.1851	57.6679	59.63	1633.4256	439.7659	685552.544	699163.2896
83	84	46.700	203	0	50	42.9832	18.2576		43.5723		-20.0636	43.5723	20.0636	47.97	1589.8532	419.7023	634914.981	648658.5444
84	85	47.490	202	56	30	-43.7336	-18.5113		-44.3328		-20.3479	44.3328	20.3479	48.78	1545.5204	399.3545	584508.3697	600354.5948
85	86	45.920	204	58	5	-41.6285	-19.3834		-42.2078		21.1593	42.2078	21.1593	47.21	1503.3126	378.1952	558085.8885	562968.3092
86	87	15.870	203	33	45	-14.5468	-6.3440		-14.7471		6.9578	14.7471	6.9578	16.31	1488.5655	371.2374	511346.2887	530728.1186
87	88	63.400	203	29	20	-58.1465	-25.2694		-58.9464		27.7213	58.9464	27.7213	65.14	1429.6191	343.5161	456969.3552	473812.5614
88	89	54.200	203	41	20	-49.6331	-21.7759		-50.317		23.872	50.3170	23.8720	55.69	1379.3022	319.6441	399114.0484	420628.7942
89	90	68.350	203	51	15	-62.5114	-27.6414		-63.3737		30.2847	63.3737	30.2847	70.24	1315.9284	289.3594	347593.8313	364734.5909
90	91	59.300	202	44	25	-54.6904	-22.9227		-55.4386		-25.216	-55.4386	-25.2160	60.90	1260.4899	264.1434	318147.7476	326501.6722
91	92	26.360	204	0	20	-24.0800	-10.7239		-24.4126		-11.7433	-24.4126	-11.7433	27.09	1236.0773	252.4001	280778.377	307376.7424
92	93	30.000	233	24	30	-17.8832	-24.0871		-18.2617		-25.2473	-18.2617	-25.2473	31.16	1217.8155	227.1528	260268.4303	277140.5353
93	94	13.150	280	34	20	2.4127	-12.9268	2.2468			-13.4353	2.2468	-13.4353	13.62	1220.0623	213.7174	161050.1748	263570.5124
94	95	79.900	280	14	45	14.2120	-78.6259	13.2039			-81.7159	13.2039	-81.7159	82.78	1233.2662	132.0016	86612.509	164257.9073
95	96	60.600	281	17	15	11.8614	-59.4278	11.0968			-61.7714	11.0968	-61.7714	62.76	1244.3630	70.2302	13837.98168	88103.94248
96	97	57.900	280	49	15	10.8701	-56.8705	10.1396			-59.1096	10.1396	-59.1096	59.97	1254.5026	11.1205	7572.715707	13253.21454
97	98	62.000	182	29	0	-61.9418	-2.6864		-62.724		5.0841	-62.7240	-5.0841	62.93	1191.7786	6.0364	2925.291478	6631.11737
98	99	92.100	180	0	45	-92.1000	-0.0201		-93.262		3.5819	-93.2620	-3.5819	93.33	1098.5166	2.4546	1164.030059	2535.583993
99	1	64.700	179	1	10	-64.6905	1.1072		-65.5068		1.3949	-65.5068	-1.3949	65.52	1033.0098	1.0596	0	1065.216151
						78.7040	241.2467	<b>2163.3462</b>	<b>-2163.3464</b>	<b>1898.1292</b>	<b>1898.1293</b>	0.0000	0.0000	6230.99	1005.2641	0	<b>55737655.4261</b>	<b>58999751.6971</b>
		6238.130						<b>-0.0002</b>		<b>-0.0001</b>								-1631048.136

6235.89

Hectáreas -163.1048136

Mz -232.2623099

## Anexo 15. Perfil litológico

### PERFIL LITOLÓGICO

DE (Pies)	A (Pies)	LITOLOGIA
0	5	Capa vegetal, color café
5	25	Toba limosa-Arcillosa, color crema
25	55	Toba Arcillosa-Arenosa, color gris
55	95	Toba aglomerítica, grano medio, color crema
95	120	Toba poca, escoria de grano medio, color café claro
120	160	Toba con abundante escoria de grano medio, color gris oscuro
160	180	Toba con abundante pómez
180	240	Toba grano medio, color café
240	260	Toba limosa, color gris
260	320	Toba grano medio angulosa, color café
320	340	Toba abundante escoria, grano medio-fino, color gris
340	420	Toba con clastos de andesita fracturada, grano medio-fino Color gris
420	460	Toba arenosa limosa, color café
460	510	Toba con fragmentos de escoria, grano medio

**Anexos 156.** Cálculos de infiltración en área de cultivo, replica 1.

CULTIVO1										
TA(Hr)	VI	Logt	logVI	logi×logt	Logt <sup>2</sup>		K	T <sup>m</sup>	VI	
0.083	30.000	-1.079	1.477	-1.594	1.165		5.71	5.5268375	31.56	
0.167	19.800	-0.778	1.297	-1.009	0.606		5.71	3.430584	19.59	
0.333	12.000	-0.477	1.079	-0.515	0.228		5.71	2.1294107	12.16	
0.500	9.000	-0.301	0.954	-0.287	0.091		5.71	1.6110486	9.20	
0.833	6.600	-0.079	0.820	-0.065	0.006		5.71	1.133644	6.47	
1.100	5.727	0.041	0.758	0.031	0.002		5.71	0.9365303	5.35	IB
		-2.67	6.38	-3.44	2.10				84.33	14.054266

**Anexo 17.** Cálculos de infiltración en área de cultivo, replica 2.

Cultivo2										
TA(hr)	VI	logt	logVI	logt×logVI	logt <sup>2</sup>		k	T <sup>m</sup>	VI	
0.083	16.8	-1.079	1.225	-1.3223	1.1646		6.83	2.328	15.90	
0.167	12.6	-0.778	1.100	-0.8563	0.6055		6.83	1.839	12.56	
0.333	9.3	-0.477	0.968	-0.4621	0.2276		6.83	1.453	9.92	
0.5	8.2	-0.301	0.914	-0.2751	0.0906		6.83	1.266	8.65	
0.833	7.32	-0.079	0.865	-0.0685	0.0063		6.83	1.064	7.27	
1.167	6.943	0.067	0.842	0.0563	0.0045		6.83	0.949	6.48	BI
		-2.65	5.91	-2.93	2.10				60.77	10.129032

**Anexos 18.** Cálculos de infiltración en área de Bosque, replica 1

Bosque1									
TA(HR)	VI	Logt	LogVI	Logt×logVI	logt <sup>2</sup>	k	T <sup>m</sup>	VI	
0.08333333	18	-1.07918125	1.25527251	-1.35466655	1.16463216	4.16	4.60995267	19.1774031	
0.16666667	12	-0.77815125	1.07918125	-0.83976624	0.60551937	4.16	3.0099759	12.5214998	
0.33333333	8.4	-0.47712125	0.92427929	-0.44099329	0.22764469	4.16	1.96530325	8.17566151	
0.5	6.6	-0.30103	0.81954394	-0.24670731	0.09061906	4.16	1.531558	6.37128127	
0.8	5	-0.09691001	0.69897	-0.06773719	0.00939155	4.16	1.14709572	4.77191818	
1.13333333	3.97058824	0.054357662	0.59885485	0.03255235	0.00295476	4.16	0.92591269	3.8517968	
1.46666667	3.27272727	0.166331422	0.51490982	0.085645682	0.02766614	4.16	0.79014387	3.2869985	IB
		-2.51	5.89	-2.83	2.13			58.1565591	8.30807987

**Anexos 19.** Cálculos de infiltración en área de Bosque, replica 2.

Bosque2									
TA(Hr)	VI	logt	logVI	LogtxlogVI	logt <sup>2</sup>	K	T <sup>m</sup>	VI	
0.08333333	22.8	-1.07918125	1.35793485	-1.46545782	1.16463216	5.45	4.78502471	26.0783847	
0.1	27	-1	1.43136376	-1.43136376	1	5.45	4.26579519	23.2485838	
0.26666667	11.625	-0.57403127	1.06539296	-0.61156887	0.3295119	5.45	2.29953328	12.5324564	
0.43333333	9.46153846	-0.3631779	0.97596176	-0.35444774	0.13189819	5.45	1.69356581	9.22993369	
0.76666667	6.7826087	-0.11539342	0.83139676	-0.09593771	0.01331564	5.45	1.18221878	6.44309235	
1.1	5.27272727	0.041392685	0.72203531	0.02988698	0.00171335	5.45	0.94172177	5.13238362	
1.43333333	4.3255814	0.156347201	0.63604449	0.099443775	0.02444445	5.45	0.79707881	4.34407951	IB
		-2.93	7.02	-3.83	2.67			87.008914	12.43

**Anexo 20.** Cálculos de infiltración en área de Pasto, replica 2.

Pasto2										
TM(Hr)	VI	logt	logVI	logt×logVI	logt <sup>2</sup>		k	T <sup>m</sup>	VI	
0.083	40.8	-1.079181	1.6106602	-1.738194	1.164632		6.59	6.336241	41.76	
0.167	25.2	-0.778151	1.4014005	-1.090502	0.605519		6.59	3.785876	24.95	
0.333	15.3	-0.477121	1.1846914	-0.565241	0.227645		6.59	2.262044	14.91	
0.5	11	-0.30103	1.0413927	-0.31349	0.090619		6.59	1.673652	11.03	
0.833	7.44	-0.079181	0.8715729	-0.069012	0.006270		6.59	1.145069	7.55	
1.167	5.83	0.0669468	0.7655621	0.0512519	0.004482		6.59	0.891782	5.88	IB
		-2.65	6.88	-3.73	2.10				106.06	17.677306

**Anexo 21.** Coeficiente de rugosidad

"n" de Manning para canales sin revestir	
Material	n
Arena fina coloidal	0.020
marga arenoso no coloidal	0.020
marga limosa no coloidal	0.020
limos aluviales no coloidales	0.020
marga firme ordinaria	0.020
ceniza volcánica	0.020
arcilla rígida muy coloidal	0.025
limo aluviales coloidales	0.025
Esquitos y subsuelos de arcilla dura	0.025
grava fina	0.20
marga gradada a cantos rodados no coloidales	0.30
limos gradados a cantos rodados no coloidales	0.30
grava gruesa no coloidal	0.25
cantos rodados y ripios de canteras	0.35

Fuente: (Chow, 2004)

