

# **Diseño de un sistema de riego por goteo para hortalizas en Zamorano, Honduras**

**Cristian Rodrigo Gavilanes Romero  
Andrea Maria Vega Dunnaway**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**  
Noviembre, 2014

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

# **Diseño de un sistema de riego por goteo para hortalizas en Zamorano, Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Cristian Rodrigo Gavilanes Romero**  
**Andrea Maria Vega Dunnaway**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Honduras**

Noviembre, 2014

# **Diseño de un sistema de riego por goteo para hortalizas en Zamorano, Honduras**

Presentado por:

Cristian Rodrigo Gavilanes Romero  
Andrea Maria Vega Dunnaway

Aprobado:

---

Francisco Álvarez, M.A.E.  
Asesor Principal

---

Renán Pineda, Ph.D.  
Director  
Departamento de Ciencia y  
Producción Agropecuaria

---

Dafne Serrano, Ing. Agr.  
Asesor Secundario.

---

Raul H. Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

## **Diseño de un sistema de riego por goteo para hortalizas en Zamorano, Honduras**

**Cristian Rodrigo Gavilanes Romero**  
**Andrea Maria Vega Dunnaway**

**Resumen.** El objetivo fue diseñar un sistema de riego para once cultivos, optimizando la producción e incrementando la eficiencia del uso de agua y para la capacitación de los estudiantes de Zamorano en operación, mantenimiento y monitoreo de un sistema de riego. El área de estudio fue el lote del proyecto de campo del curso de Producción Vegetal, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano que consta de 2.5 ha. La fuente de agua fue la quebrada El Gallo con un caudal aproximado de 7.5 L/h en la época seca. La evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) máxima fue de 5.41 mm/día. Para el diseño se utilizó la cinta de goteo Azud Line con caudal de 534 L/h en 100 metros, con una presión de trabajo de 7.5 PSI. Se diseñó un sistema de riego donde se cubre la totalidad del terreno en un día, con ocho turnos de riego con una duración de una hora por cada turno. Las tuberías fueron seleccionadas según los requerimientos del cultivo, la presión y un caudal de 22 m<sup>3</sup>/h por turno. La inversión en el sistema de riego es de \$5,309. Se calculó el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) para determinar la factibilidad del proyecto, obteniendo un valor actual neto (VAN) de \$-245.37 y una tasa interna de retorno (TIR) de 9%.

**Palabras clave:** Caudal, coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>), evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>).

**Abstract:** The objective of the project was to design an irrigation system for eleven crops to optimize their production, increase the water usage efficiency and for training Zamorano students in operation, maintenance and monitoring of an irrigation system. The study area is where the field lab of the the Producción Vegetal course is held which has an area of 2.5 ha. The water source was the El Gallo creek with a water flow of 7.5 L/h in the dry season. The maximum crop evapotranspiration is of 5.4 mm/day. A drip tape with a water flow of 534 L/h in 100 meters and a working pressure of 7.5 PSI was used. The total area of the field is irrigated in one day, with eight shifts per day, each one with a duration of approximately one hour. The pipes were selected depending on the crop requirements, pressure and a 22 m<sup>3</sup>/h water flow. The investment of the irrigation system is \$5,309. Financially speaking, the project has a net present value (NPV) of \$-245 and an internal rate of return (IRR) of 9%.

**Key words:** Crop coefficient, crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>), reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>), water flow.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>5 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>25</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>26</b>
<b>7 ANEXOS .....</b>	<b>28</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1 Cultivos a sembrar .....	4
2 Coeficiente del cultivo (Kc) para maíz según la etapa de desarrollo.. .....	5
3 Diferentes texturas del lote de estudio.....	5
4 Área según texturas.....	14
5 Velocidad de infiltración básica según la textura.....	14
6 Evapotranspiración de referencia según las épocas de siembra del maíz.....	15
7 Demanda hídrica del maíz .....	15
8 parámetros para el diseño del sistema de riego .....	16
9 Carga Dinámica Total (PSI). .....	16
10 Intervalos y tiempo de riego del maíz.....	19
11 Descripción del funcionamiento del sistema de riego .....	20
12 Presupuesto para el sistema de riego .....	20
13 Análisis financiero. ....	21

Figura	Página
1 Diseño del sistema de riego por goteo .....	18

Anexos	Página
1 Ubicación del área del lote de estudio .....	28
2 Mapa textural del lote de estudio.....	29
3 Evapotranspiración de referencia (ET <sub>o</sub> ) en (mm/día) para los 48 periodos del año.....	30
4 Robot de válvula.....	31
5 Cotización de los materiales para la instalación del sistema de riego .....	32
6 Costos e ingresos del cultivo de maíz.....	33
7	
8 Evapotranspiración de referencia (ET <sub>o</sub> ) en (mm/día) para los 48 periodos del año.....	30
9 Robot de válvula.....	31
10 Cotización de los materiales para la instalación del sistema de riego .....	32
11 Costos e ingresos del cultivo de maíz.....	33



## 1. INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, el riego por goteo o localizado es visto como una importante herramienta para incrementar la producción en los cultivos agrícolas, maximizando la eficiencia en el uso de los recursos hídricos ya que nos permite aplicar agua directamente a la raíz en forma de gotas minimizando pérdidas por evaporación y percolación.

Los sistemas de riego por goteo son apropiados para terrenos irregulares con texturas no uniformes o si el agua es escasa o costosa; sirven también para una aplicación más precisa de los fertilizantes y agroquímicos ya que van diluidos directamente a la raíz y no permite que tenga contacto con el follaje, tallos y frutos, evitando así el desarrollo de algunas enfermedades y el crecimiento excesivo de malezas (Shock y Welch 2013).

El riego por goteo solamente se ha aplicado en una pequeña parte de su área potencial. Necesita un sistema que dé presión al agua para distribuirla por tuberías instaladas sobre el terreno, que están dotadas de emisores que vierten de 1 a 10 litros por hora. Aunque la tecnología es simple, requiere cierta inversión y un mantenimiento cuidadoso, ya que los gateros pueden obstruirse fácilmente. Sin embargo, los resultados obtenidos en muchos países muestran que los agricultores que cambian de riego por surcos o riego por aspersión a riego por goteo pueden reducir el consumo de agua del 30 al 60 por ciento. Frecuentemente, los rendimientos de los cultivos se incrementan también, porque las plantas reciben prácticamente la cantidad precisa de agua que necesitan y también a menudo la de fertilizantes. (FAO, 2002)

El diseño del sistema de riego se llevó a cabo en La Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, en el lote del proyecto del curso de Producción Vegetal. Todos los años se imparte el curso a los estudiantes de primer año, teniendo como finalidad enriquecer los conocimientos de los estudiantes en el área de producción de hortalizas. El área total es de aproximadamente dos hectáreas en las cuales se le asigna un lote de 53m<sup>2</sup> por estudiante. En él se preparan diez camas de suelo que constan de 25 centímetros de ancho y 5 metros de largo con un espaciamiento entre camas de 0.75 metros. Nueve camas tienen un cultivo y una de ellas comparte cultivo de la misma familia, con la producción de 11 cultivos en total.

Los cultivos de la parcela son regados manualmente por el estudiante de primer año, esto causa una variación en la frecuencia y cantidad de riego, lo cual lleva a la planta a estrés que afecta su crecimiento y producción. Para optimizar la producción, aumentar la calidad de fruto, reducir la erosión del suelo e incrementar la eficiencia del uso de agua, se ha decidido diseñar un sistema de riego que le brinde a los cultivos la cantidad óptima de

agua y fertilizante en el momento necesario. El uso adecuado de un sistema de riego podría ahorrar entre un 40 a un 60% del agua que actualmente se utiliza, reduciría la mano de obra y la incidencia de malezas.

El estudio tuvo como objetivos:

- Diseñar un sistema de riego por goteo para:
  - cubrir las necesidades hídricas de los cultivos del proyecto del curso de Producción Vegetal, para mejorar la producción e incrementar la eficiencia del uso del agua en Zamorano, Honduras.
  - regar cultivos que se siembren de enero a mayo en el lote del curso de proyecto de Producción Vegetal.
  - capacitar a los estudiantes de Zamorano así como a grupos externos en la operación, mantenimiento y monitoreo de un sistema de riego.
  
- Determinar la rentabilidad de la implementación del sistema de riego en un cultivo y condiciones dadas mediante el cálculo del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación.** El diseño del sistema de riego se realizó en el área del proyecto de campo del curso de Producción Vegetal, situado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano situado a 32 km de Tegucigalpa, Honduras (Anexo 1).

**Fuente de Agua.** Se utilizó la quebrada El Gallo, situada en la aldea Jicarito, Municipio de San Antonio de Oriente. La quebrada El Gallo es la fuente más cercana al lote en el que se realizó el estudio. Nace en la reserva biológica El Uyuca, recorre los linderos de Zamorano de oeste a este en los meses de mayo a enero ya que en estos contiene suficiente caudal, llenando las lagunas El Carbonal 1 y El Carbonal 2 y la cisterna del Centro Productivo para la Innovación Rural Sostenible (CEPIRS), a través de canales revestidos (Anexo 1).

El aforo se realizó mediante el uso de un molinete Rickly Hydrological, utilizando el método de vadeo en la época de estiaje en el mes de marzo, abril y mayo del 2014.

### **Topografía.**

**Planimetría.** Se delimitó el área del lote con un GPS Garmin, CX MAP. Con esta información se elaboró el mapa del área de estudio; usando el programa ArcView GIS; de igual manera se identificó puntos de interés tales como árboles y calle principal.

**Altimetría.** Se dividió el lote en cuadrantes de 20×20 metros y se realizó una toma de altitud en cada uno de los cuadrantes.

**Suelo.** Se dividió el lote en cuadrantes de 20×20 metros y se realizó una barrenación en cada uno de los cuadrantes, obteniendo un total de 55 barrenaciones. La profundidad de la barrenación fue de un metro o menor si se encontraba presencia de roca. Se definió la textura mediante el método organoléptico.

Se realizaron cinco calicatas, número obtenido de la cantidad de familias estructurales encontradas en el área de estudio mediante el método organoléptico. Todas las calicatas llegaron a un metro de profundidad. Se obtuvo un pedón de suelo de cada una de las calicatas usando un cuchillo edafológico, y se envió al laboratorio de suelos de Zamorano, para determinar la textura de cada una de las calicatas mediante el método de Bouyoucos.

**Cultivos.** El lote de estudio del proyecto de campo del curso de Producción Vegetal tiene 11 diferentes cultivos, los cuales se pueden observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Cultivos a sembrar.

N° de cama	Cultivo	Variedad	Fecha de siembra
1	Maíz	<i>Zea mays var. Saccharata</i>	(enero-abril) (agosto-noviembre)
2	Habichuela	<i>Phaseolus vulgaris.</i>	(agosto-noviembre)
3	Remolacha	<i>Beta vulgaris.</i>	(agosto-octubre)
4	Pepino	<i>Cucumis sativus L. var poinsett</i>	(septiembre - diciembre)
5	Zanahoria	<i>Daucus carota L.</i>	(agosto-noviembre)
6	Lechuga	<i>Lactuca sativa L.</i>	(agosto-noviembre)
7	Chile	<i>Capsicum annuum</i>	(agosto- octubre)
8	Zapallo	<i>Cucurbita pepo, Cucurbita moschata.</i>	(agosto-noviembre)
9	Brócoli	<i>Brassica oleracea var. Italica</i>	(agosto-noviembre)
10	Repollo	<i>Brassica oleracea var. Capitata</i>	(agosto-noviembre)
11	Tomate	<i>Lycopersicon esculentum.</i>	(agosto-noviembre)

Fuente: Calendario de cultivos América Latina y el Caribe, FAO, 2006.

**Clima.** Monitoreamos la precipitación, la velocidad del viento, la radiación solar, la humedad relativa y la temperatura del sector mediante la estación climatológica Davis Vantage Pro 2 Plus, la cual determina la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) cada 30 minutos para un total de 48 datos diarios.

Evapotranspiración (ET<sub>o</sub>). Se calculó el promedio semanal de ET<sub>o</sub> del 2005 al 2013, con los datos de la estación climatológica antes mencionada.

**Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>).** Debido a que el maíz es el cultivo que presenta el mayor requerimiento hídrico a lo largo de su ciclo, se estimó su demanda hídrica para diseñar el sistema de riego.

Se determinó mediante la fórmula propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO):

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad [1]$$

ET<sub>o</sub> = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

K<sub>c</sub> = Coeficiente del cultivo (adimensional)

El Kc varía de acuerdo al desarrollo del cultivo por lo que se consideraron cuatro etapas de crecimiento propuestas por la FAO. La etapa inicial comprende desde la siembra o trasplante hasta que la vegetación verde cubre aproximadamente 10% de la superficie del suelo. El periodo de desarrollo del cultivo inicia cuando la superficie del suelo está cubierta en un 10% hasta alcanzar cobertura efectiva completa. La fase de mediados de cultivo comprende desde la cobertura efectiva completa hasta inicios de madurez. La etapa de final de cultivo abarca el periodo entre comienzo de madurez hasta el momento de la cosecha. La duración de cada etapa varía según el cultivo. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Coeficiente del cultivo (Kc) para maíz según la etapa de desarrollo.

<b>Etapa</b>	<b>Duración (Días)</b>	<b>Kc</b>
Inicial	20	0.4
Desarrollo	35	0.8
Media	40	1.15
Final	25	0.7
<b>Total</b>	<b>120</b>	

### **Cálculo de parámetros para el diseño de un sistema de riego.**

Se utilizaron los cálculos para el diseño del sistema de riego con base en las ecuaciones propuestas por Álvarez F 2006).

### **Lámina de agua disponible a la profundidad radicular efectiva del cultivo (LD<sub>zr</sub>).**

Lámina de agua que se encuentra al nivel donde existe la mayor concentración de raíces. Se refiere a la cantidad de agua que un suelo puede retener entre los estados de humedad de capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

$$LD_{zr} = (H_{Cc} - H_{PMP}) \times \frac{(Pea)}{(Pew)} \times zr \times 10 \quad [2]$$

- LD<sub>zr</sub> = Lámina de agua disponible, a la profundidad radicular efectiva (mm/zr).
- H<sub>Cc</sub> = Contenido de humedad, a capacidad de campo con base en el peso seco del suelo (%).
- H<sub>PMP</sub> = Contenido de humedad, en el punto de marchitez permanente, con base en el peso seco del suelo (%).
- Pea = Peso específico aparente del suelo (g/cm<sup>3</sup>).
- Pew = Peso específico del agua (g/cm<sup>3</sup>).

**Lámina de agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva del cultivo ( $LA_{zr}$ ).** Cantidad de agua que puede ser agotada sin que cause efectos negativos en el desarrollo del cultivo por el gasto de energía y una disminución en su rendimiento.

$$LA_{zr} = \frac{(LD_{zr} \times PA)}{100} \quad [3]$$

- $LA_{zr}$  = Lámina de agua aprovechable en la zona radicular efectiva (mm).
- $LD_{zr}$  = Lámina de agua disponible en la zona radicular efectiva (mm).
- $PA$  = Máximo porcentaje de agua aprovechable por el cultivo (40%).

**Diámetro del bulbo de humedecimiento.** El diámetro del bulbo humedecido se refiere a la dimensión que alcanzará el bulbo generado por las gotas de agua provenientes del gotero, el cual está condicionado por la estructura y textura del suelo, así como por el caudal del gotero y el tiempo de riego. Se calculó con la siguiente fórmula:

$$D = \left( \frac{q_e}{0.785 \times I_b} \right)^{0.5} \quad [4]$$

- $D$  = Diámetro del bulbo humedecido (m).
- $q_e$  = Caudal del emisor (L/h).
- $I_b$  = Infiltración básica (mm/h).

**Porcentaje de área bajo riego (PAR).** Representa la relación entre el área humedecida y el área total bajo riego expresada en porcentaje. Dependiendo del área que se desea humedecer y del tamaño del bulbo humedecido, se elegirá el número de cintas de goteo que se ubicaran por cada cama y el distanciamiento entre goteros sobre el mismo lateral.

$$PAR = \frac{(D \times d_e)}{(d_e \times d_l)} \times 100 \quad [5]$$

- $PAR$  = Porcentaje de área bajo riego.
- $D$  = Diámetro del bulbo humedecido (m).
- $d_l$  = Distancia entre laterales (m).
- $d_e$  = Distancia entre emisores (m).

**Precipitación horaria del sistema (Phr).** Es la tasa o velocidad con la cual el agua de riego está siendo aplicada al suelo para su posterior uso por las plantas. Es muy importante reconocer la importancia de este dato ya que debe ser forzosamente, inferior al dato de infiltración básica del suelo.

$$\mathbf{Phr} = \frac{(q_e \times 100)}{(d_e \times d_l \times \mathbf{PAR})} \times 100 \quad [6]$$

- Phr = Precipitación horaria del sistema (mm).
- q<sub>e</sub> = Caudal del emisor (L/h).
- d<sub>e</sub> = Distancia entre emisores (m).
- d<sub>l</sub> = Distancia entre laterales (m).
- PAR = Porcentaje de área bajo riego.

**Intervalo de riego (Ir).** Es un parámetro que cuenta los días entre dos riegos sucesivos en la misma posición. Se debe ajustar (Ir<sub>aj</sub>), para abajo, en caso de que resulte un número decimal.

$$\mathbf{Ir} = \frac{(\mathbf{LA}_{zr} \times \mathbf{PAR})}{(\mathbf{ETc} \times 100)} \quad [7]$$

- Ir = Intervalo de riego (días).
- LA<sub>zr</sub> = Lámina de agua aprovechable a z<sub>r</sub> (mm).
- PAR = Porcentaje área bajo riego.
- ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

**Ciclo de riego (CR).** Número íntegro de días durante el cual se riega una parcela determinada.

$$\mathbf{CR} = \mathbf{Ir}_{aj} - \mathbf{dp} \quad [8]$$

- CR = Ciclo de riego (días).
- Ir = Intervalo de riego ajustado (días).
- dp = Días de paro (días).

**Lámina de riego ajustada ( $LR_{aj}$ ).** Se ajusta la  $Ir$  en caso de que sea una fracción decimal al número entero inferior más próximo.

$$LR_{aj} = \frac{(Ir_{aj} \times ETc \times 100)}{PAR} \quad [9]$$

- $LR_{aj}$  = Lámina de riego ajustada (mm).
- $Ir_{aj}$  = Intervalo de riego ajustado (días).
- $ETc$  = Evapotranspiración del cultivo (mm / día).
- $PAR$  = Porcentaje de área bajo riego.

**Porcentaje de agua aprovechada, ajustada ( $PA_{aj}$ ).** Se ajusta el  $PA$  en caso de que sea una fracción decimal al número entero inferior más próximo.

$$PA_{aj} = \frac{(LR_{aj} \times 100)}{LD_{zr}} \quad [10]$$

- $PA_{aj}$  = Porcentaje agua aprovechada, ajustada.
- $LR_{aj}$  = Lámina de riego ajustada (mm).
- $LD_{zr}$  = Lámina agua disponible en zona radicular (mm/zr).

**Lámina bruta ( $LB$ ).** Es la lámina que se va a aplicar tomando en cuenta la eficiencia del sistema de riego.

$$LB = \frac{(LR_{aj} \times 100)}{\text{Eficiencia}} \quad [11]$$

- $LB$  = Lámina bruta (mm).
- $LR_{aj}$  = Lámina de riego ajustada (mm).
- $Ef$  = Eficiencia (%).

**Volumen de riego bruto ( $VB$ ).** Volumen de agua a aplicar por unidad de superficie bruta de parcela. Se calcula basado en la lámina bruta y el  $PAR$  ya que hay que tener en cuenta que existen sistemas de riego que humedecen solamente una fracción del terreno cultivado.

$$VB = \frac{(LB \times PAR)}{10} \quad [12]$$

- VB = Volumen o dosis bruta (m<sup>3</sup>/ha).
- LB = Lámina bruta (mm).
- PAR = Porcentaje de área bajo riego.

**Horas de riego por turno (Ht).** Tiempo requerido, en horas, para aplicar, por medio del emisor seleccionado, la lámina bruta. Está en función de la precipitación horaria.

$$Ht = \frac{LB}{Phr} \quad [13]$$

- Ht = Horas de riego por turno.
- Lb = Lámina bruta (mm).
- Phr = Precipitación horaria del sistema de riego (mm / h).

**Máximo número de turnos de riego diarios (Td).** Es el número íntegro de turnos de riego que es posible realizar durante un día.

$$Td = \frac{Hm}{Ht} \quad [14]$$

- Td = Turnos diarios.
- Hm= Horas de riego máximas al día.
- Ht = Horas de riego por turno.

**Horas de riego diario (Hd).** Representa las horas que se riegan al día.

$$\mathbf{Hd = Td \times Ht} \quad [15]$$

- Hd = Horas de riego diarias.
- Td = Turnos por día.
- Ht = Horas de riego por turno.

**Horas de riego por ciclo (Hc).** Representa el número de horas que se regarán en un ciclo.

$$\mathbf{Hc = CR \times Hd} \quad [16]$$

- Hc = Horas de riego por ciclo.
- CR = Ciclo riego (días).
- Hd = Horas de riego diarias.

**Número de turnos por ciclo (Tc).** Es el número de veces que es necesario poner en operación el sistema de riego para cubrir el área a regar.

$$\mathbf{Tc = CR \times Td} \quad [17]$$

- Tc = Turnos de riego por ciclo.
- CR = Ciclo riego (días).
- Td = Turnos por día.

**Superficie de riego por turno (St).** Área que se riega en un turno de riego.

$$\mathbf{St = \frac{(Sr)}{(Tc)}} \quad [18]$$

- St = Superficie por turno (ha/ turno).
- Sr = Superficie total.
- Tc = Turnos de riego por ciclo.

**Caudal requerido (Qr).** Es el caudal o volumen en un tiempo determinado, que se requiere para operar un turno de riego y regar el área correspondiente a ese turno.

$$Q_r = \frac{DB_t}{H_t} \quad [19]$$

- $Q_r$  = caudal requerido (m<sup>3</sup> / hora).
- $DB_t$  = dosis de riego bruta por turno (m<sup>3</sup> / turno).
- $H_t$  = horas de riego por turno.

Después de obtener los parámetros para el diseño del sistema de riego, dividimos el terreno tomando como base las horas que dura el ciclo de riego, el caudal disponible y el área deseada por turno; de esta forma determinamos el diámetro de la tubería principal, el diámetro de la tubería secundaria y la ubicación de las válvulas. Se determinaron los tamaños de la tubería tomando en cuenta la pérdida por fricción usando la fórmula de Hazen & Williams. En el caudal requerido la velocidad del flujo, no puede ser superior a 1.5 m/s.

### **Diseño del sistema de riego.**

Se realizó el diseño del sistema de riego según los cálculos enseñados en el curso de riego y drenaje. Se diseñaron los siguientes componentes:

- **Tipo y modelo del emisor:** es un conducto mediante el cual el agua sale de los laterales a la superficie, se decidió dependiendo de las propiedades físicas del suelo teniendo en cuenta la infiltración básica, el agua disponible; también se tomó en cuenta si el emisor genero traslape y que la precipitación horaria del emisor no supere la infiltración básica.
- **Largo de los laterales:** se decidió dependiendo de las especificaciones técnicas recomendadas por el fabricante.
- **Tuberías secundarias y primarias:** la tubería principal se encarga de trasladar el agua desde el punto de captación hasta la tubería secundaria. (Cruz 2008)El diámetro de las tuberías y su grosor de pared se decidieron dependiendo del caudal que trasladan y de la presión de operación que deben soportar.

- **Sistema de inyección de fertilizante:** El sistema de inyección se eligió basado en las necesidades nutricionales de los cultivos que se encuentran en el área de estudio
- **Sistema de filtrado:** Se encarga de remover las impurezas del agua para que el sistema de riego funcione adecuadamente. Se Definió el sistema de filtrado dependiendo de la cantidad de solidos totales suspendidos de la fuente de agua.
- **Sistema de bombeo:** Se calculó la carga dinámica total para escoger la bomba que satisfaga las necesidades de presión y caudal del diseño.
- **Carga dinámica total (CDT).** Es la sumatoria de la altura dinámica de succión, altura dinámica de descarga y presión de operación. La pérdida por fricción en la tubería se calculó con la fórmula de Hazen y Williams donde:

$$H_f = \frac{0.090194 \times \left(\frac{100}{C}\right)^{1.852} \times Q^{1.852}}{d^{4.866}} \quad [20]$$

- $H_f$  = Pérdida de presión (PSI/ 100 ft).
- C = Coeficiente de rugosidad de la tubería.
- Q = Caudal (gpm).
- d = Diámetro interno de la tubería (pulgadas).

**Cálculo del presupuesto.** Se realizó un análisis basado en los costos de los materiales del diseño, la mano de obra, y los ingresos que estos traerían con la siembra del maíz en un ciclo.

**Análisis financiero.** Se realizó un análisis financiero para ver la factibilidad del proyecto. Se realizó con base en cinco años ya que se tomó el costo de riego como un financiamiento con una tasa del 11%.

**Valor Actual Neto (VAN).** Proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto analizado en valor absoluto, es decir expresa la diferencia entre el valor actualizado de las unidades monetarias cobradas y pagadas.

$$VAN = -A + Q \left[ \frac{(1+k)^n - 1}{(1+k)^n + k} \right] \quad [21]$$

- $k$  = Tipo de descuento.
- $n$  = Número de años, vida de la inversión.
- $A$  = Desembolso inicial.
- $Q_1, Q_2..Q_n$  = flujos netos de caja de cada período. (Iturrioz del Campo)

**Tasa Interna de Retorno (TIR).** Método de valoración de inversiones que mide la rentabilidad de los cobros y los pagos actualizados, generados por una inversión, en términos relativos, es decir en porcentaje.

$$-A + \frac{Q_1}{(1+r)} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0 \quad [22]$$

- $r$  = La tasa de retorno o TIR que en este caso es la incógnita.
- $A$  = Desembolso inicial.
- $Q_1, Q_2..Q_n$  = flujos netos de caja de cada período. (Iturrioz del Campo)

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Fuente de agua.** Fue la quebrada El Gallo la cual se aforó en marzo, abril y mayo del 2014 tomando como base del diseño el aforo que brindó el dato de caudal más limitante, el cual fue tomado el 15 de abril del 2014 con un caudal de 7.5m<sup>3</sup>/h.

Se realizó un análisis de sólidos totales suspendidos el cual nos brindó un resultado de 16ppm.

#### **Topografía.**

Planimetría. El área total del lote de estudio es de 2.5 ha.

Altimetría. En el área de estudio existe un desnivel de 1.75%.

**Suelo.** Con base en el mapa textural del lote de estudio (Anexo2), se determinaron cinco calicatas en las cuales mediante un análisis de texturas con el método de Bouyoucus realizado en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, se determinaron las diferentes texturas que se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Diferentes texturas en el lote de estudio.

Calicata	Textura	%		
		Arena	Limo	Arcilla
1	Franco	50	28	22
2	Franco	46	30	24
3	Franco	48	28	24
4	Franco Arenoso	54	28	18
5	Franco Arcillo Arenoso	52	26	22

En el Cuadro 4 se observan las diferentes áreas según su textura en el lote de estudio.

Cuadro 4. Área según las texturas.

<b>Texturas</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>%</b>
Franca	1.3	52
Franco arenoso	0.6	24
Franco arcillo arenoso	0.6	24

La infiltración básica se tomó con base en la literatura ya que por la época de lluvias no se pudo medir correctamente. En el Cuadro 5 podemos observar la velocidad de infiltración básica según la textura.

Para el cálculo del bulbo húmedo, se utilizó el dato de infiltración básica más bajo, en este caso es el de 13 mm/h que corresponde a la textura Franca, este dato también se utilizó como parámetro para que la precipitación horaria no sobrepase la infiltración básica y con ello evitar escurrimiento y anegamiento.

Cuadro 5. Velocidad de infiltración básica según la textura.

<b>Textura</b>	<b>(mm/h)</b>
Franco	13
Franco arenoso	23
Franco arcillo-arenoso	22

Fuente: Guarnizo. E, 1996 y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

**Clima.** Se estimó la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) para 48 periodos de aproximadamente 8 días en todo el año (Anexo 3). Para el diseño se utilizó la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) de 4.7mm. En el Cuadro 6 se observa la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) para cada una de las etapas del maíz y sus diferentes épocas de siembra.

**Cultivo.** El cultivo con mayor demanda hídrica de los 11 cultivos fue el maíz.

Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>): para el cálculo de la ET<sub>c</sub>, se utilizó la ET<sub>o</sub> de 4.7mm y un K<sub>c</sub> de 1.15 que corresponde a la etapa media del maíz.

Profundidad efectiva. Para el cálculo de agua disponible se utilizó una profundidad efectiva de las raíces de 0.40 m que es donde se encuentra la mayor concentración de raíces en el suelo.

Aprovechamiento de agua. Se tomó el 40% de aprovechamiento de agua, debido a que el rango de establecimiento para el cultivo de maíz es de 40-55%

Cuadro 6. Evapotranspiración de referencia según las épocas de siembra del maíz.

Etapa	Época de siembra		
	Enero-abril	Mayo-agosto	Septiembre-diciembre
Inicio	3.2	4.4	3.7
Desarrollo	4.4	3.8	3.2
Media	4.7	3.5	3
Maduración	4.6	3.8	2.9

En el Cuadro7 se observa la demanda hídrica del cultivo de maíz por día, etapa y ciclo.

Cuadro 7. Demanda hídrica del maíz.

Época de siembra	Etapa	ET <sub>o</sub> (mm/día)	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub> (mm)	Días por Etapa	Lámina de riego (mm) eficiencia 90%		
						Día	Etapa	Ciclo
<b>Enero-abril</b>	Inicio	3.20	0.40	1.30	20.00	1.40	29.00	495.0
	Desarrollo	4.40	0.80	3.50	35.00	3.90	136.00	
	Media	4.70	1.15	5.41	40.00	6.00	240.00	
	Tardía	4.60	0.70	3.24	25.00	3.60	90.00	
<b>Mayo-agosto</b>	Inicio	4.40	0.40	1.74	20.00	1.90	39.00	408.0
	Desarrollo	3.80	0.80	3.03	35.00	3.40	118.00	
	Media	3.50	1.15	4.00	40.00	4.40	178.00	
	Tardía	3.80	0.70	2.64	25.00	2.90	73.00	
<b>Septiembre-diciembre</b>	Inicio	3.70	0.40	1.50	20.00	1.70	33.00	343.0
	Desarrollo	3.20	0.80	2.54	35.00	2.80	99.00	
	Media	3.00	1.15	3.50	40.00	3.90	155.00	
	Tardía	2.90	0.70	2.01	25.00	2.20	56.00	

**Cálculo de parámetros para el diseño de un sistema de riego.** En el Cuadro 8 se observan los parámetros calculados para el diseño del sistema de riego.

Cuadro 8. Parámetros para el diseño del sistema de riego.

RELACIÓN CLIMA PLANTA	
ET <sub>o</sub> (mm/día)	4.70
K <sub>c</sub>	1.15
ET <sub>c</sub> (mm/día)	5.40
SUELO FRANCO ARENOSO <sub>A</sub>	
Agua disponible (%)	13.20
Z <sub>r</sub> (m)	0.40
Lámina de agua disponible en z <sub>r</sub> ( mm/0.40m)	52.80
% de agua aprovechable del cultivo	40.00
Lámina de agua disponible en z <sub>r</sub> ( mm/ha)	21.10
Volumen de agua aprovechable en z <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> /ha)	528.00
Infiltración básica (mm/hr)	23.00
Diámetro efectivo del bulbo húmedo (m)	0.20
PAR (%)	28.10
SISTEMA DE RIEGO	
Distanciamiento entre emisores (m)	0.15
Distanciamiento entre laterales (m)	0.80
Intervalo de Riego (días)	1.10
Intervalo de Riego ajustado (días)	1.00
Lamina de riego ajustada (mm)	19.30
Eficiencia (%)	90.00
Lamina bruta (mm)	21.40
Volumen de agua (m <sup>3</sup> /ha/día)	214.00
Volumen bruto (m <sup>3</sup> /ha)	54.40
Precipitación Horaria (mm/h)	25.30
Número de válvulas/turno	1.00
Número de turnos/ciclos de riego	8.00
SUELO FRANCO <sub>B</sub>	
Diámetro efectivo del bulbo húmedo (m)	0.30
Infiltración básica (mm/h)	13.00
Precipitación Horaria (mm/h)	19.00
SUELO FRANCO ARCILLO ARENOSO <sub>C</sub>	
Diámetro efectivo del bulbo húmedo (m)	0.20
Infiltración básica (mm/h)	21.80
Precipitación Horaria (mm/h)	24.70

A. Parámetros para el diseño del sistema de riego en la textura franco arenoso.

B. Parámetros para el diseño del sistema de riego en la textura franco.

C. Parámetros para el diseño del sistema de riego en la textura franco arcillo arenoso.

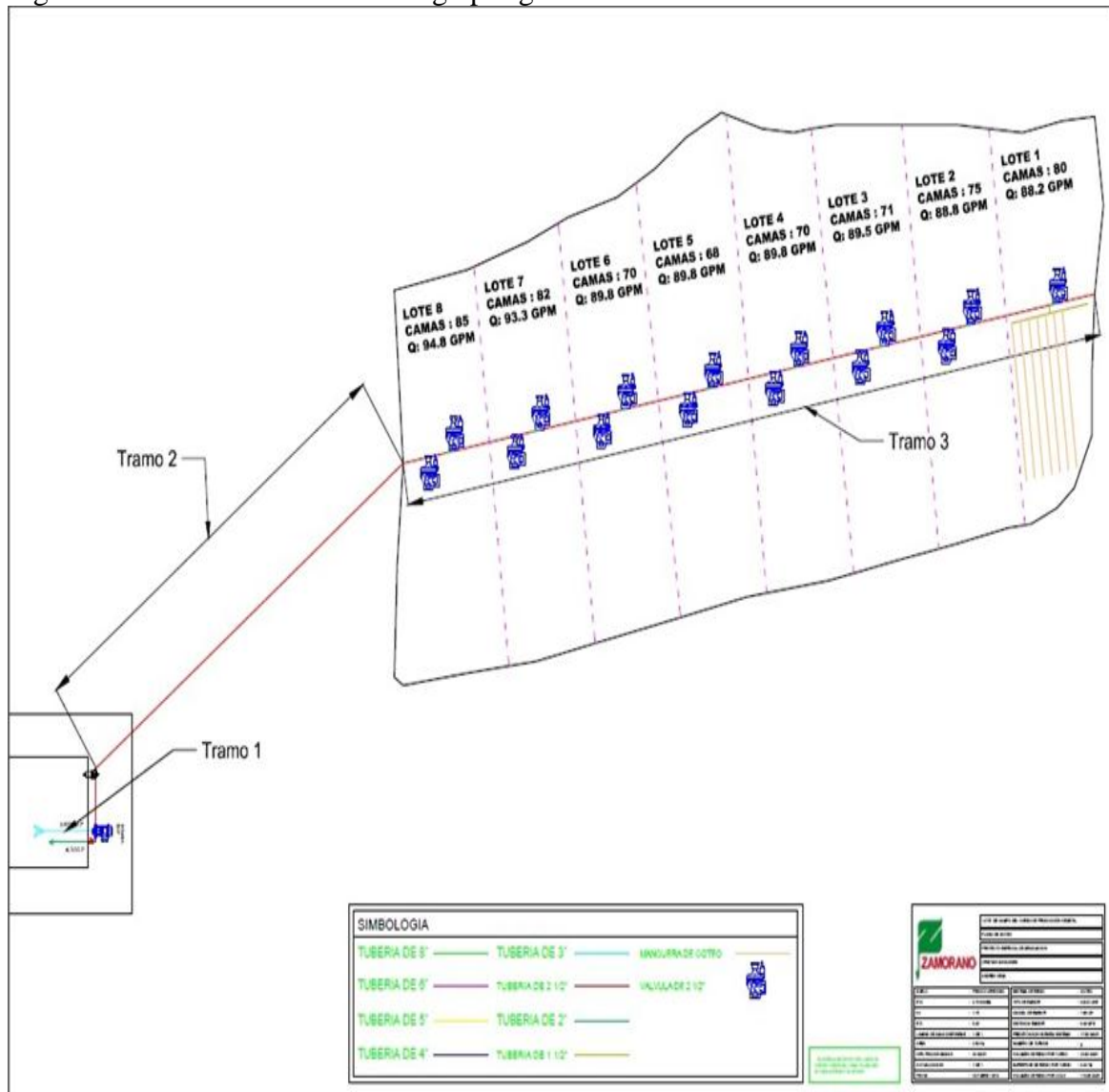
### **Diseño del sistema de riego.**

Con base en los parámetros para el diseño del sistema de riego se dividió el área de estudio en ocho lotes de aproximadamente 0.3 ha, con un caudal promedio requerido por lote de 22 m<sup>3</sup>/h. Cada lote consta de dos válvulas, se regará un lote por turno. En la Figura 1 se muestra el diseño del sistema de riego.

Carga Dinámica Total. La sumatoria de todos los obstáculos que tiene que superar el agua como son: altura estática de succión, pérdidas por fricción en la succión ( $HS_f$ ), altura estática de descarga, pérdidas por fricción en la descarga ( $HD_f$ ), la presión de operación de los laterales de goteo y la presión de operación del sistema de filtrado. En el Cuadro 9 se observa el cálculo de la Carga Dinámica Total.

La altura dinámica de succión consta de la altura estática de succión y las pérdidas por fricción en la succión (Tramo 1). La altura dinámica de descarga consta de la altura estática de descarga y las pérdidas por fricción en la descarga (Tramo 2, 3, 4).

Figura 1. Diseño del sistema de riego por goteo.



Cuadro 9. Carga Dinámica Total (PSI)

Tramo	Descripción	Diámetro interno (In)	Longitud (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Velocidad (m/s)	H <sub>f</sub> (PSI)	Diferencia altura (PSI)	Presión de operación (PSI)	Accesorios	Presión requerida (PSI)
1	Fuente-bomba	2.7	3.0	22.6	1.7	0.2	2.8	–	0.0	3.0
2	Bomba-lote 8	2.7	1,250.0	22.6	1.7	7.0	-2.2	–	5.1	9.9
3	Lote 1 - lote 8	2.7	231.3	22.6	1.7	13	-1.5	–	2.4	13.9
4	Manifold lote 8	1.8	68.9	11.3	1.0	2.4	-0.6	–	2.5	4.3
5	Laterales	–	–	–	–	–	–	7.5	–	7.3
6	Sistema de filtrado	–	–	–	–	–	–	5.0	–	5.0
<b>Total</b>										43.3

**Pérdidas por fricción ( $H_f$ ).** Se calcularon las pérdidas por fricción de las tuberías, accesorios de la tubería principal y el control de válvulas que se pueden observar en los Anexos 5 y 6. Para calcular el tamaño de las tuberías el principal factor fue la velocidad del agua la cual debe ser menor o igual a 1.5m/s.

El paso de agua de la tubería principal al manifold de cada lote se hace a través de un control de válvula (Anexo 4), en el cual va instalado la válvula que permite el paso o no del agua. En el Anexo 7 se presentan los cálculos de las pérdidas por fricción del control de válvula.

### **Descripción de los componentes del sistema de riego:**

**Captación.** El sistema de riego tendrá como fuente de agua la quebrada El Gallo, la cual en la época seca antes de la lluvia en el año 2014, transportaba 7.5m<sup>3</sup>/h.

**Obra civil.** Se utilizará la caseta de bombeo que actualmente se encuentra en el Centro Productivo para la Innovación Rural Sostenible (CEPIRS).

**Equipo de bombeo.** El proyecto requiere un equipo de bombeo con una potencia de 3.5 KW y que sea capaz de superar una CDT de 43 PSI y rendir un caudal de 22.67 m<sup>3</sup>/h. El equipo de bombeo perteneciente al Centro Productivo para la Innovación Rural Sostenible (CEPIRS) satisface estos requerimientos.

**Equipo de filtrado.** Para el equipo de filtrado se tomaron en cuenta las especificaciones de la hoja técnica de la cinta Azud Line la cual requiere un grado de filtración de 130  $\mu$ . El filtro que cumple las características técnicas con el grado de filtración y el caudal requerido es el Dual Filter de 2" de Arkal, el cual tiene un grado de filtración de 130 $\mu$  a un caudal de 25m<sup>3</sup>/h.

**Equipo de inyección.** De acuerdo a los requerimientos nutricionales del cultivo, realizamos un plan de fertilización con una dosificación semanal, con base en el volumen de solución requerida por aplicación determinamos que el Venturi 384 de Mazzei con una tasa de inyección de 1 L/h es el que cubre los requerimientos de inyección que tiene el proyecto.

**Tubería principal.** La tubería principal comprende una longitud de 357 metros de tubería de PVC de 2½" de  $\varnothing$  con un SDR de 32.5 que soporta 125 PSI, conduce el agua desde la línea de captación hacia la tubería secundaria.

**Tubería secundaria.** La tubería secundaria comprende una longitud de 462 metros de tubería de PVC de 1 ½” de Ø con un SDR de 32.5 que soporta 125 PSI, conduce el agua desde la tubería principal hacia las cintas de goteo.

**Laterales.** El diseño se realizó con base en las características de la cinta de goteo Azud Line con un caudal de 0.8 L/h y una presión de operación de 7.5 PSI.

**Equipo de riego.** Los principales componentes del equipo de riego son: Equipo de bombeo, válvulas de aire, válvulas de bola, cinta de goteo con sus conectores, accesorios, manómetros, filtro e inyector.

**Programación del sistema de riego.**

**Intervalos y tiempo de riego.** Los intervalos de riego fueron calculados para el cultivo de maíz en sus diferentes etapas de desarrollo en sus posibles épocas de siembra.

Cuadro 10. Intervalo y tiempo de riego del maíz.

Época de siembra	Etapas	Etc (mm/día)	Lámina aprovechable ajustada (mm)	Intervalo de riego ajustado (Días)	Tiempo de riego (h/ turno)
<b>Enero-abril</b>	Inicio	1.3	4.6	1.0	0.9
	Desarrollo	3.5	12.5	1.0	0.9
	Media	5.4	19.3	1.0	0.9
	Tardía	3.2	11.5	1.0	0.9
<b>Mayo-agosto</b>	Inicio	1.7	4.5	1.0	1.0
	Desarrollo	3.0	10.8	1.0	0.9
	Media	4.0	14.3	1.0	0.9
	Tardía	2.6	9.4	1.0	0.9
<b>Septiembre-diciembre</b>	Inicio	1.5	5.3	1.0	0.9
	Desarrollo	2.5	9.0	1.0	1.0
	Media	3.5	12.5	1.0	0.9
	Tardía	2.0	7.2	1.0	0.9

**Descripción del sistema de riego.** Para el diseño se tomó como referencia el maíz ya que es el cultivo que demanda más agua.

Se usará una cinta con un caudal 532 L/h en 100m. La cinta de riego se eligió enfocándonos en que el diámetro del bulbo humedecido sea lo suficientemente amplio como para formar traslape.

El intervalo de riego es de 1 día, se trabajará 1 válvula por turno, las horas de riego por turno varían dependiendo de la etapa del cultivo, así como la época de siembra. El área que se regará por turno es de 0.32 ha, el caudal de operación del sistema de riego es de 22.67m<sup>3</sup>/h. En el Cuadro 11 se observa la descripción del funcionamiento del sistema de riego.

Cuadro 11. Descripción del funcionamiento del sistema de riego.

<b>Turno</b>	<b>Válvula en funcionamiento</b>	<b>Día</b>
1	1,2	1
2	3,4	1
3	5,6	1
4	7,8	1
5	9,10	1
6	11,12	1
7	13,14	1
8	15,16	1

**Presupuesto.** El costo total del sistema de riego es de \$5,309. En el Cuadro 12 se pueden observar los costos de los materiales.

Cuadro 12. Presupuesto para el sistema de riego.

<b>Descripción</b>	<b>Lempiras</b>	<b>Dólares</b>
Tubería y accesorios	48,134.0	2,440.8
Filtro	1,850.0	93.8
Cinta goteo de 8 milésimas	44,400.0	2,251.5
Inyector	2,450.0	124.2
15% ISV	7,865.1	398.8
<b>Total</b>	<b>104,699.1</b>	<b>5,309.1</b>

**Análisis financiero.** El análisis financiero se realizó para cinco años para el cultivo de maíz; para cada año se consideró que en el lote únicamente se producirá un ciclo. Para el cálculo del presupuesto se cotizaron todos los accesorios y las tuberías para la instalación del sistema de riego. En el Cuadro 13 se observa el análisis financiero.

Cuadro 13. Análisis financiero.

	<b>Año</b>					
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Inversión (\$)</b>	-5,309.00					
<b>Ingresos (\$)</b>		5,726.19	5,726.19	5,726.19	5,726.19	5,726.19
<b>Costos (\$)</b>		2,424.70	2,424.70	4,539.00	2,424.70	2,424.70
<b>Depreciación</b>		989.35	989.35	989.35	989.35	989.35
<b>Utilidad bruta(\$)</b>		3,301.49	3,301.49	1,187.19	3,301.49	3,301.49
<b>Pago préstamo bancario(\$)</b>		654.71	707.09	763.66	824.75	890.73
<b>Utilidad después de impuestos(\$)</b>		-3,304.13	2,057.24	-0.49	2,174.90	2,290.88
<b>Flujo neto efectivo(\$)</b>	-2,560.63	-5,530.13	-3,190.62	-2,965.42	-625.92	1,664.96
<b>VAN =</b>	-\$245.37					
<b>TIR =</b>	9%					

El costo del sistema de riego es de \$ 5,309.00 para el flujo de efectivo se tomó en cuenta un 60% de préstamo a una tasa del 8% y un 40% de capital propio. Siendo mi préstamo de \$ 3,840.64 que serán pagados en un plazo de cinco años. La depreciación fue lineal, con un valor de rescate del 50% del costo del sistema de riego. No se tomó en cuenta los impuestos ya que se trabajó con granos básicos.

## 4. CONCLUSIONES

- El sistema de riego por goteo cubre a totalidad las necesidades hídricas de los cultivos del proyecto del curso de Producción Vegetal.
- Se cuenta con un sistema de riego para el enriquecimiento de conocimiento en el ámbito de riego por goteo.
- La implementación del sistema de riego no es factible ya que el proyecto presentan un VAN DE \$-245 y una TIR de 9 %.
- Con la implementación del sistema de riego se contará con una herramienta para la producción en los meses de enero a julio.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar un estudio para determinar un cultivo cuya producción permita que la implementación del sistema de riego sea factible.
- Producir un cultivo en los meses de enero a julio.
- Realizar las pruebas de infiltración básica en campo y comparar los resultados.

## 6. LITERATURA CITADA

Álvarez A., F.I. 2006. Módulo taller de riego y drenaje: Factores que influyen sobre el régimen de riego. Universidad pedagógica nacional Francisco Morazán. Tegucigalpa, Honduras

Doorembos, J. y W. Pruitt. 1997. Las necesidades de agua de los cultivos. Serie Riego y Drenaje N° 24. FAO, Roma, 193p.

FAO, 2002. Agua y Cultivos. (En línea). Consultado 10 marzo de 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/y3918s/y3918s00.htm#TopOfPage>

FAO. 2006. Calendario de cultivos América Latina y el Caribe. (En línea). Consultado el 25 de septiembre del 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/009/a0600s/a0600s00.HTM>.

Guarnizo, E. 1996. Manejo integral de cultivos en suelos bajo riegos. Área de manejo de aguas – Curso básico. Centro de estudios para conservación integral de la ladera CECIL, Instituto Nacional de Adecuación de Tierras y Cooperación técnica por el gobierno del Japón. Fusagasuga. 136 p.

Álvarez A., F.I. 2006. Módulo taller de riego y drenaje: Factores que influyen sobre el régimen de riego. Universidad pedagógica nacional Francisco Morazán. Tegucigalpa, Honduras.

IICA.1992. Estudio de suelos Áreas semiáridas de la región del TRINFINIO. (En línea). Consultado el 25 de septiembre del 2014. Disponible en: <http://books.google.hn/books?id=7dgqAAAAyAAJ&pg=PA69&dq=infiltracion+basica+de+un+suelo+franco+arcillo+arenoso&hl=es&sa=X&ei=ZXNBVPeLDYbJgwSkIYDoCQ&ved=0CCgQ6AEwAg#v=onepage&q=infiltracion%20basica%20de%20un%20suelo%20franco%20arcillo%20arenoso&f=false>

Iturrioz del Campo, J. s.f. diccionario económico (en línea). Consultado 10 de julio de 2014. Disponible en: <http://www.expansion.com/diccionario-economico/tasa-interna-de-retorno-o-rentabilidad-tir.html>

Iturrioz del Campo, J. s.f. diccionario económico (en línea). Consultado 10 de julio de 2014. Disponible en: <http://www.expansion.com/diccionario-economico/valor-actualizado-neto-van.html>

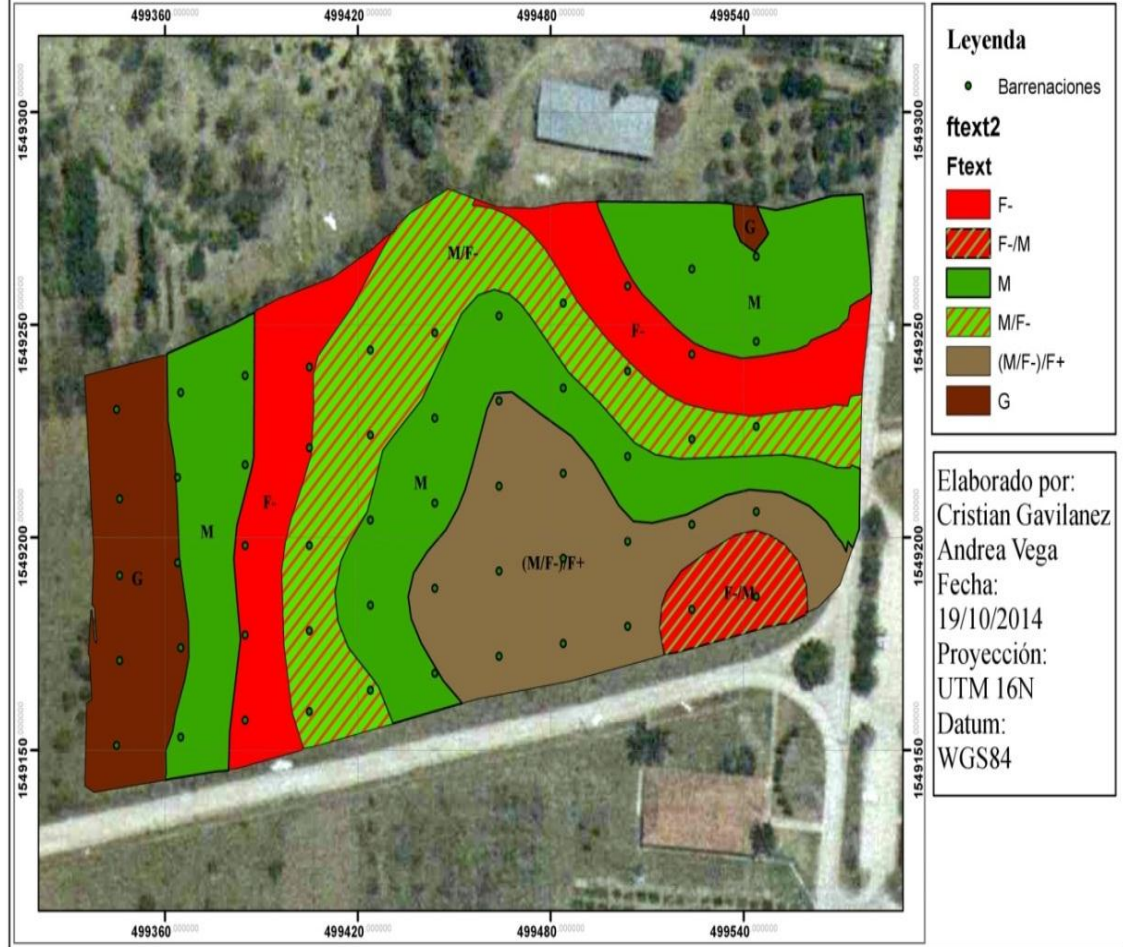
Shock, C., & Welch, T. (2013, marzo). Retrieved from ir.library.oregonstate.edu:  
<http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/37465/em8783.pdf>

## 7. ANEXOS



Anexo 1. Ubicación del lote de estudio.

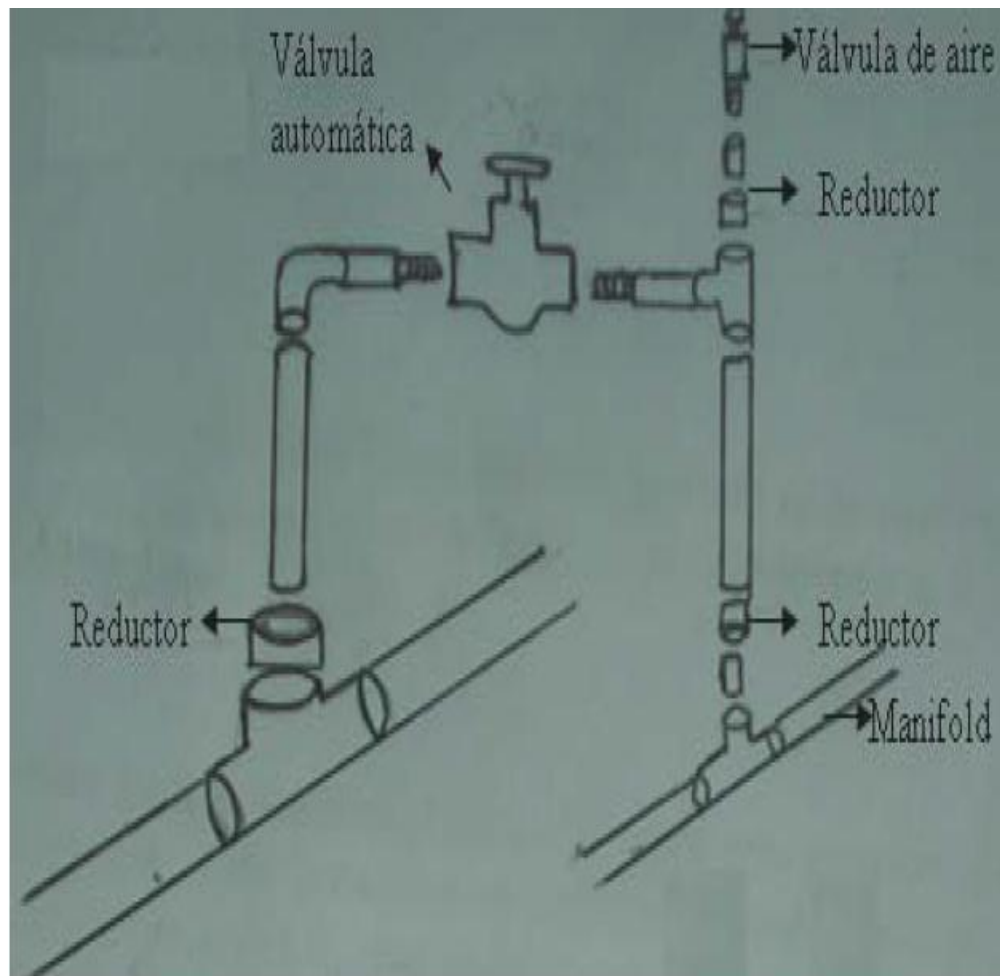
# Mapa de Familias Texturales Lote de Parcelas



Anexo 2. Mapa textural del lote de estudio

Anexo 3. Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) en mm/día para los 48 periodos del año de los años 2005 al 2013.

<b>Semana</b>	<b>Fechas</b>	<b>ET<sub>o</sub></b>	<b>Semana</b>	<b>Fechas</b>	<b>ET<sub>o</sub></b>
1	1 al 7 enero	2.9	25	1 al 7 julio	3.5
2	8 al 15 enero	2.9	26	8 al 15 julio	2.9
3	16 al 23 enero	3.1	27	16 al 23 julio	3.4
4	24 al 31 enero	3.2	28	24 al 31 julio	3.6
5	1 al 7 febrero	3.2	29	1 al 7 agosto	3.7
6	8 al 14 febrero	3.7	30	8 al 15 agosto	3.5
7	15 al 21 febrero	3.4	31	16 al 23 agosto	3.6
8	22 al 29 febrero	3.8	32	24 al 31 agosto	4.0
9	1 al 7 marzo	3.9	33	1 al 7 septiembre	4.7
10	8 al 15 marzo	4.4	34	8 al 15 septiembre	3.7
11	16 al 23 marzo	4.2	35	16 al 22septiembre	3.6
12	24 al 31 marzo	4.3	36	23 al 30septiembre	3.2
13	1 al 7 abril	4.2	37	1 al 7 octubre	3.3
14	8 al 15 abril	4.5	38	8 al 15 octubre	3.1
15	16 al 22 abril	4.3	39	16 al 23 octubre	3.0
16	23 al 30 abril	4.2	40	24 al 31 octubre	3.2
17	1 al 7 mayo	4.0	41	1 al 7 noviembre	2.7
18	8 al 15 mayo	4.5	42	8 al 15 noviembre	3.1
19	16 al 23 mayo	3.9	43	16 al 22 noviembre	3.2
20	24 al 31 mayo	3.5	44	23 al 30 noviembre	2.9
21	1 al 7 junio	3.6	45	1 al 7 diciembre	3.0
22	8 al 15 junio	3.7	46	8 al 15 diciembre	3.0
23	16 al 22 junio	3.6	47	16 al 23 diciembre	2.9
24	23 al 30 junio	3.3	48	24 al 31 diciembre	2.8



Anexo 4. Control de válvula.

Anexo 5. Pérdidas de presión por fricción de los accesorios en la tubería de succión hasta el equipo de bombeo.

<b>Accesorios</b>	<b>No.</b>	<b>Diámetro (In)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>	<b>Hf (PSI)</b>	<b>Hf (m) Total</b>
Codos 90° PVC	2	2½	22.6	1.6	0.1	0.2
<b>Total</b>						<b>0.2</b>

Hf: Pérdida por fricción

Anexo 6. Pérdidas de presión por fricción de los accesorios en la tubería hasta la válvula más lejana.

<b>Accesorios</b>	<b>No.</b>	<b>Diámetro (In)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>	<b>Hf (PSI)</b>	<b>Hf (m) Total</b>
Tee PVC	8	2½	22.6	1.6	0.2	2
Codos 90° PVC	2	2½	22.6	1.6	0.1	0.3
<b>Total</b>						<b>2.4</b>

Hf: Pérdida por fricción

Anexo 7. Pérdidas de presión por fricción en el control de válvula.

<b>Accesorios</b>	<b>No.</b>	<b>Diámetro (In)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Velocidad(m/s)</b>	<b>Hf• (PSI)</b>	<b>Hf• (m) Total</b>
Válvula PVC	2	2½	22.6	1.6	0.4	0.7
Codo 90° PVC	6	2½	22.6	1.6	0.1	0.7
Tee PVC	2	2½	22.6	1.6	0.2	0.5
Tee PVC	2	2½	11.3	0.9	0.0	0.1
Tee PVC	2	2	11.3	1.2	0.0	0.1
Reductores PVC	4	2½	11.3	1.2	0.0	0.1
Reductores PVC	4	2	11.3	1.2	0.0	0.1
Reductor PVC	4	2½	22.6	1.6	0.0	0
<b>Total</b>						<b>2.5</b>

Anexo 8. Cotización de los materiales para la instalación del sistema de riego

No. 304

Cliente: Marco Durón.  
 Dirección: Tegucigalpa, MDC.  
 Atención: Marco Durón.  
 Fecha : 16/10/2014

CANT.	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
12	Rollo	Manguera de Goteo Eurodrip Compact 8 milésimas; goteros de 1.0 l/h @ 0.20 m; 2700 m/rollo	L. 3,700.00	L. 44,400.00
24	Unidad	Codo Liso PVC 2½" x 90°	L. 106.70	L. 2,560.80
603	Unidad	Conector Salida Directa a Cinta c/Empaque	L. 5.80	L. 3,497.40
1	Unidad	Filtro de Anillas 2" - 120 Mesh	L. 1,850.00	L. 1,850.00
1	Unidad	Inyector de Fertilizante Tipo Ventury de 1½" (Incluye Kit para Inyector)	L. 2,450.00	L. 2,450.00
4	Unidad	Manómetro de Glicerina 0-100 psi	L. 250.00	L. 1,000.00
32	Unidad	Reductor Liso PVC 2" x 1½"	L. 12.80	L. 409.60
24	Unidad	Reductor Liso PVC 2½" x 2"	L. 56.00	L. 1,344.00
32	Unidad	Tapón Hembra Roscado PVC 1½"	L. 16.00	L. 512.00
8	Unidad	Te Lisa PVC 2"	L. 29.35	L. 234.80
24	Unidad	Te Lisa PVC 2½"	L. 93.35	L. 2,240.40
80	Lance	Tubería PVC 1½" SDR 26	L. 112.50	L. 9,000.00
3	Lance	Tubería PVC 2" SDR 41	L. 115.00	L. 345.00
70	Lance	Tubería PVC 2½" SDR 41	L. 277.00	L. 19,390.00
8	Unidad	Válvula de Bola PVC Roscada 3" ***** U.L. *****	L. 950.00	L. 7,600.00
<b>SUB TOTAL</b>			<b>L. 96,834.00</b>	
<b>FLETE</b>			<b>L. 0.00</b>	
<b>15% ISV</b>			<b>L. 7,865.10</b>	
<b>TOTAL</b>			<b>L. 104,699.10</b>	

Nota: Ninguna.  
 Forma de pago: Contado.  
 Lugar de Entrega: Bodegas DICONSA.  
 Tiempo de Entrega: 1 Semana.  
 Validez de la Oferta: 10 días.



Anexo 9. Costos e ingresos del cultivo de maíz.

<b>Actividades</b>	<b>Unidad Medida</b>	<b>Cantidad/Unidad</b>	<b>Costo/unidad dólares</b>	<b>Total dólares</b>
Análisis de Suelo de rutina y micro elementos		1.00	56.80	56.80
Subtotal				56.80
<b>Maquinaria y Equipo</b>				
Rastra	horas/ha	2.50	35.00	87.50
Rastra Liviana	horas/ha	1.80	35.00	63.00
Siembra (mecánica)	horas/ha	3.80	29.00	110.20
Cultivada	horas/ha	3.80	33.00	125.40
Desgranadora	qq	325.00	1.00	325.00
Acarreo	horas/ha	5.00	27.00	135.00
Subtotal				846.10
<b>INSUMOS</b>				
Semilla Certificada	bolsas	2.50	200.00	500.00
Fertilizante				
Nitrato de Calcio	25 kg	1.00	23.80	23.80
KCL	43 kg	3.00	33.30	99.90
DAP	43kg	2.00	33.30	66.60
UREA 46%	43kg	9.00	26.19	235.71
Sulfato de Magnesio	25 kg	4.00	38.00	152.00
Subtotal				1078.01
<b>MANO DE OBRA</b>				
Siembra	jornal	2.00	8.00	16.00
Cosecha	jornal	10.00	8.00	80.00
Desgrane	jornal	4.00	8.00	32.00
Subtotal				128.00
Subtotal				2108.91
<b>Total</b>				
Gastos de comercialización				105.45
Costos Administrativos				210.89
Subtotal				316.34
Total				2425.20