



**Universidad Técnica Nacional  
Sede Guanacaste  
Ingeniería Agronómica con Énfasis en Riego y Drenaje**

**Diseño de un Sistema de Riego por Goteo Automatizado y Fertirriego  
para el Cultivo de Cebolla (*Allium cepa* L. hib. yellow granex) en la Finca  
Experimental Taboga-UTN, Cañas, Guanacaste, 2023.**

**Trabajo final de investigación como requisito para optar por el grado  
académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con Énfasis en  
Riego y Drenaje**

**Luis Alirio Méndez Rodríguez**


**2024**

## MIEMBROS DEL TRIBUNAL EVALUADOR



---

MSc. Fabricio Camacho Calvo  
Tutor




---

MBA. José Miguel Mayorga Jiménez  
Lector




---

MSc. York Evaristo Quirós Pérez  
Lector



---

MSc. María de los Ángeles Arias Alfaro  
Directora de Carrera Ingeniería Agronómica



---

Luis Alirio Méndez Rodríguez  
Sustentante

### **Dedicatoria**

Este proyecto va dedicado especialmente a mis padres, Maricela Rodríguez Elizondo y Alirio Méndez Ortiz quienes con un gran esfuerzo me apoyaron a lo largo de la carrera, a mis abuelas, Cristina Elizondo Miranda y Elsie Ortiz Ortiz (q.e.p.d).

### **Agradecimiento**

Se agradece inicialmente a Dios, también a todas las personas que se involucraron en mi preparación profesional como profesores, dirección de carrera, compañeros y familiares, además de los que brindaron su apoyo de manera desinteresada para el complemento de este proyecto, de manera especial a la Finca Experimental Taboga-UTN.

## Tabla de Contenido

Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento .....	iv
Resumen .....	ix
Capítulo I. Generalidades del Proyecto .....	10
1.1.    Introducción.....	11
1.2.    Área de estudio .....	14
1.3.    Delimitación del problema.....	17
1.4.    Justificación .....	17
1.5.    Conocimiento de situación actual del tema .....	18
1.6.    Objetivos.....	23
1.6.1. Objetivo general.....	23
1.6.2. Objetivos específicos .....	23
Capítulo II. Marco Teórico Referencial.....	24
2.1.    Generalidades del cultivo de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) .....	25
2.1.1. Origen y descripción.....	25
2.1.2. Aspectos fitosanitarios del cultivo de cebolla .....	27
2.1.3. Condiciones fisicoquímicas del suelo.....	32
2.1.4. Condiciones climatológicas .....	33
2.1.5. Necesidades hídricas.....	34
2.1.6. Siembra .....	35
2.1.7. Manejo de la fertilización .....	36
2.1.8. Variedades producidas en costa rica .....	36
2.1.9. Cosecha.....	37
2.1.10. Uso de la cebolla.....	38
2.2.    Tipos de sistemas de riego .....	38
2.2.1. Riego superficial .....	38
2.2.2. Riego por aspersion .....	39
2.2.3. Riego por goteo.....	39
2.2.4. Comparación entre riego superficial, aspersion y por goteo .....	40
2.3.    Diseño agronómico del sistema de riego por goteo .....	43
2.4.    Diseño hidráulico del sistema de riego por goteo.....	45
2.5.    Automatización de un sistema de riego .....	46
2.5.1. Controlador lógico programable.....	46

2.5.2. Sensores de humedad.....	47
2.5.3. Sistemas de transmisión inalámbrica.....	47
2.5.4. Válvulas solenoides .....	47
2.6. Fertirriego .....	48
2.7. Estudio financiero .....	50
2.7.1. Inversión inicial .....	50
2.7.2. Costos .....	51
2.7.3. Gastos .....	51
2.7.4. Ingresos.....	51
2.7.5. Utilidades.....	51
2.7.6. Valor Actual Neto (VAN).....	51
2.7.7. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	52
2.7.8. Relación Beneficio/Costo (B/C).....	52
2.7.9. Periodo de Recuperación Descontado (PRD).....	52
Capítulo III. Marco Metodológico.....	53
3.1. Enfoque de la investigación.....	54
3.2. Tipo de investigación.....	54
3.3. Pregunta generadora .....	54
3.4. Diseño agronómico del sistema de riego .....	54
3.4.1. Recuperación de datos climatológicos.....	54
3.4.2. Análisis de parámetros fisicoquímicos del suelo.....	54
3.4.3. Análisis de parámetros fisicoquímicos del agua para riego.....	58
3.4.4. Necesidad hídrica del cultivo de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) .....	58
3.4.5. Establecimiento del cultivo.....	63
3.5. Diseño hidráulico del sistema de riego .....	65
3.5.1. Aforo de fuente hídrica .....	65
3.5.2. Levantamiento topográfico y curvas de nivel.....	65
3.5.3. Parámetros hidráulicos del diseño .....	65
3.5.4. Automatización del sistema de riego.....	69
3.6. Propuesta del plan de fertirriego .....	69
3.6.1. Dosificación de requerimientos nutricionales del cultivo .....	69
3.6.2. Cálculo de cantidad de fertilizantes .....	69
3.6.3. Funcionamiento del sistema de fertirriego .....	70
3.7. Estudio financiero .....	70

3.7.1. Inversión inicial .....	71
3.7.2. Costos .....	71
3.7.3. Gastos .....	71
3.7.4. Ingresos.....	71
3.7.5. Utilidades.....	72
3.7.6. Valor Actual Neto (VAN).....	72
3.7.7. Taza Interna de Retorno (TIR).....	72
3.7.8. Relación Beneficio/Costo (B/C).....	73
3.7.9. Periodo de Recuperación Descontado (PRD).....	73
Capítulo IV. Presentación y Análisis de resultados .....	74
4.1.    Diseño agronómico .....	75
4.2.    Diseño hidráulico .....	77
4.3.    Fertirriego .....	81
4.4.    Estudio financiero .....	84
Capítulo V. Conclusiones.....	90
Capítulo VI. Recomendaciones .....	93
Capítulo VII. Bibliografía.....	96
Capítulo VIII. Anexos.....	106

## Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de área de estudio. ....	16
Figura 2. Triángulo textural de suelo de la USDA (United States Department of Agriculture). .....	32
Figura 3. Compatibilidad de fertilizantes utilizados para fertirriego. ....	49
Figura 4. Factor de corrección por advención. ....	60
Figura 5. Marco de plantación recomendado para el cultivo de cebolla var. Yellow Granex. .....	76
Figura 6. Plano diseño de sistema de riego por goteo en Finca Experimental Taboga-UTN. .....	80
Figura 7. Flujograma de automatización del sistema de riego. ....	81

## Índice de Tablas

Tabla 1. Fuentes, concentración de nutrientes, índice salino y solubilidad de algunos fertilizantes más comunes disponibles en el mercado. ....	50
Tabla 2. Resultados del diseño agronómico del sistema de riego, parte 1.....	76
Tabla 3. Resultados del diseño agronómico del sistema de riego, parte 2.....	77
Tabla 4. Resultados del diseño hidráulico del sistema de riego, parte 1.....	78
Tabla 5. Resultados del diseño hidráulico del sistema de riego, parte 2.....	79
Tabla 6. Nutrientes disponibles en el suelo versus requerimiento del cultivo.....	81
Tabla 7. Requerimiento de fertilizantes para modelo de producción .....	82
Tabla 8. Dosificación de fertilizantes para modelo de producción .....	83
Tabla 9. Dosificación de fertilizantes por hectárea en solución para modelo de producción.....	84
Tabla 10. Inversión inicial requerida para ejecución del proyecto.....	85
Tabla 11. Costeo anual para la ejecución del proyecto para tres ciclos de cultivo, parte 1.....	86
Tabla 12. Costeo anual para la ejecución del proyecto para tres ciclos de cultivo, parte 2.....	87
Tabla 13. Gasto anual para la ejecución del proyecto.....	88
Tabla 14. Ingresos y gastos anuales para la ejecución del proyecto.....	88
Tabla 15. Flujo de efectivo del proyecto con capital propio.....	89

## Resumen

El trabajo realizado se enfoca en el diseño de un sistema de riego por goteo automatizado, en el cual se integra un modelo completo de producción que permite satisfacer la necesidad hídrica, nutricional y fitosanitaria del cultivo de cebolla de manera eficiente y se complementa con la propuesta de un manejo que integra todas las aristas interpuestas para la producción de esta hortaliza, desde su establecimiento hasta cosecha.

Según lo proyectado la ejecución del modelo productivo integrado bajo riego desde la parte técnica es factible, pues según lo investigado las condiciones en general de la sección Los Estanques de la Finca Experimental Taboga-UTN cumplen con lo necesario para llevarlo a cabo; desde la perspectiva financiera es también es considerablemente factible, dicha afirmación fundamentada en que indicadores como el VAN, TIR y B/C incluso en escenarios pesimistas indican que el proyecto es rentable, inclusive aún más que en regiones tradicionalmente cebolleras y proyectándose rendimientos que duplican el promedio nacional.

**Palabras claves:** Sistema de riego, Riego por goteo, Automatización, Cebolla (*Allium cepa*), Finca Experimental Taboga-UTN.

## **Capítulo I. Generalidades del Proyecto**

## **1.1. Introducción**

En la actualidad a nivel global la racionalización y manejo del agua ha tomado importancia en distintas explotaciones por la presión ejercida sobre la misma, por lo que se induce a acudir por alternativas sostenibles con el ambiente para hacer un uso integral de los recursos sin poner en riesgo el bienestar de las futuras generaciones; entre las industrias de mayor importancia en el consumo de agua se encuentra la agropecuaria, en la cual se busca incorporar temáticas que permitan maximizar todo el proceso y se consideran tanto el agua como los demás recursos necesarios.

La adopción de prácticas agrícolas a escala que tengan una metodología conservacionista desde el punto de vista ambiental y climático, podrían eventualmente invertir lo que hasta el momento ha sido tendencia como lo es el deterioro de suelos y aguas, se debe considerar que la utilización de estos recursos no ha alcanzado su máximo punto, la productividad en explotaciones agrícolas tiende a ralentizar y el potencial productivo disminuye, lo cual provoca considerables daños ambientales (FAO, 2021).

El crecimiento demográfico acelerado, la urbanización, el desarrollo económico y la contaminación ejerce una presión considerablemente alta sobre el recurso hídrico, prioritariamente en zonas áridas y semiáridas, el sector económico sobre el que más repercute la escasez de agua es la agricultura, pues se estima que aproximadamente el 70% del agua dulce extraída es destinada a este sector; para el año 2050 se proyecta que debido al crecimiento demográfico, va a ser necesario producir de más aproximadamente 200 millones de toneladas de carne y un billón de toneladas de cereales para suplir la necesidad de alimentos (FAO, 2013).

Las variedades híbridas de muchas de las hortalizas del mundo han aumentado los rendimientos de los campos y en particular, han mejorado la uniformidad y la calidad de los productos hortícolas, la cebolla es de las hortalizas más importantes en muchos países del mundo debido a su uso en muchos alimentos según su forma, color, tamaño, nitidez y madurez temprana, con lo cual dominan según corresponda el mercado de consumo interno y el consumo externo para la exportación (Castro & Rios, 2008).

En Costa Rica sobresalen tres zonas principales en las que se distribuye su producción cebollera, en la Zona Alta se ubica la provincia de Cartago principalmente los distritos de Cot, Potrero Cerrado, Llano Grande y Tierra Blanca, por su lado la Zona Media en San José en los cantones de Escazú y Santa Ana, Alajuela en San Rafael y La Guácima, y San Antonio de Belén en provincia de Heredia, en cuanto a la Zona Baja se ubica en la provincia de Guanacaste, principalmente en los cantones de Bagaces y Cañas (Schroeder et al., 2010).

La cebolla es una de las hortalizas más importantes en la dieta humana y se puede encontrar en los mercados durante todo el año, ya que es una de las más versátiles desde la perspectiva agronómica, convirtiéndose en uno de los principales cultivos de consumo diario, aunado también a que es de los alimentos que tiene una amplia gama de consumo (Pérez, 2014); el cultivo de esta liliácea reacciona de manera considerable al riego en todo su ciclo vegetativo, no obstante, hay algunas etapas de mayor susceptibilidad al déficit de humedad, especialmente en el crecimiento y formación de bulbos pues reduce acentuadamente la productividad del cultivo por una carente disponibilidad de agua (Rázuri et al., 2005).

Por el aumento poblacional la posibilidad del uso de agua en actividades atinentes al sector agropecuario tiende a reducirse, por lo que es fundamental adaptarse a tal condición mediante la inclusión de tecnologías de punta que permitan realizar un uso eficiente del agua

(Gómez, 2021), en este proyecto se plantea un diseño de riego por goteo automatizado en la Finca Experimental Taboga-UTN para el cultivo de cebolla, el cual permite dar las condiciones hídricas y nutricionales necesarias para este cultivo de manera eficiente, además, se aprovechan las condiciones de la finca para potenciar la productividad de esta hortaliza en la región.

El proyecto se fundamenta mediante un estudio agronómico, hidráulico, además de un plan de fertirriego a lo largo del ciclo de la cebolla, con los cuales en conjunto se tiene la finalidad de optimizar el sistema de producción, en este caso en el cantón de Cañas, Guanacaste; en cuanto al diseño agronómico, el mismo parte desde las condicionales climatológicas recuperadas desde una estación meteorológica aledaña a la Finca Experimental Taboga-UTN, datos con los cuales se determina la evapotranspiración y con base a esto se modelan los tiempos de riego y las frecuencias según lo requiera el cultivo, este también considera en la siembra la separación entre plantas, entre hileras, entre surcos, y otros parámetros del establecimiento del cultivo.

El diseño hidráulico tiene su partida desde la estimación de la cantidad agua que se tiene disponible para el sistema de producción, dato mediante cual se determina la cantidad de emisores que pueden operar de manera simultánea, delimitación o lotificación de unidades de producción según el agua disponible, diámetro de las tuberías de la red de distribución, accesorios complementarios como válvulas, filtros, codos, entre otros, además de la potencia requerida por bombeo para el funcionamiento del sistema de riego y fertirriego.

El plan de fertirriego se hace en función de lo requerido nutricionalmente para cumplir con una proyección del rendimiento en el modelo de producción, en este caso según referencias de evaluaciones llevadas a cabo en la zona, el mismo yace desde el método de

inyección hidráulica al sistema de riego, por lo cual se determina una solución madre para aplicarla junto con el agua en la red de conducción de manera paulatina a lo largo del ciclo del cultivo, esto según se plantee para optimizar el uso de los productos requeridos.

Para demostrar la factibilidad económica del sistema de producción se realiza un estudio financiero cuya afinidad es demostrar la rentabilidad del proyecto en un periodo determinado, mediante algunos indicadores financieros los cuales se toman como parámetros para tomar la decisión final para hacer el proyecto ejecutable en función de un breve estudio de mercado.

## **1.2. Área de estudio**

La investigación está dirigida al sector agrícola, de manera específica al diseño de un sistema de riego en función de las necesidades hídricas y nutricionales del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L. hib. Yellow Granex), se enfatiza especialmente el ámbito técnico para la elaboración de proyectos de riego como medio para la potenciación de la productividad de cultivos, en este caso en la Finca Experimental Taboga de la Universidad Técnica Nacional (UTN), Sede Guanacaste.

El proyecto influye en el ámbito socioeconómico de la región, pues se proyecta un aumento de empleos directos e indirectos por la alta dependencia de mano de obra en el manejo cultural del cultivo de cebolla, además, se potencia la disponibilidad en el mercado regional de esta hortaliza cuya disponibilidad se limita a lo ofertado por el casco central del país, lo que beneficia la finca a fin y a los consumidores e intermediarios.

Desde la perspectiva ambiental, el planteamiento de este modelo de producción permite realizar un uso eficiente del recurso hídrico disponible en la finca, además, por

permitir la dosificación de productos mediante el sistema de riego, se conlleva a minimizar el impacto de la aplicación de fertilizantes y principalmente algunos productos fitosanitarios, los cuales comúnmente influyen a distintos tipos de contaminación en explotaciones agrícolas.

La automatización del sistema de riego del proyecto incorpora un entorno tecnológico en el modelo de producción, el cual integra el uso de un controlador lógico programable con el uso de sensores de humedad, válvulas solenoides, entre otros complementos, dicha automatización es incorporada a los modelos de riego convencionales, postulándose como un método para la disminución de la brecha tecnológica en actividades agrícolas de la región, lo que conlleva a la minimización del uso de recurso humano en este aspecto y la oportunidad de una producción más rentable.

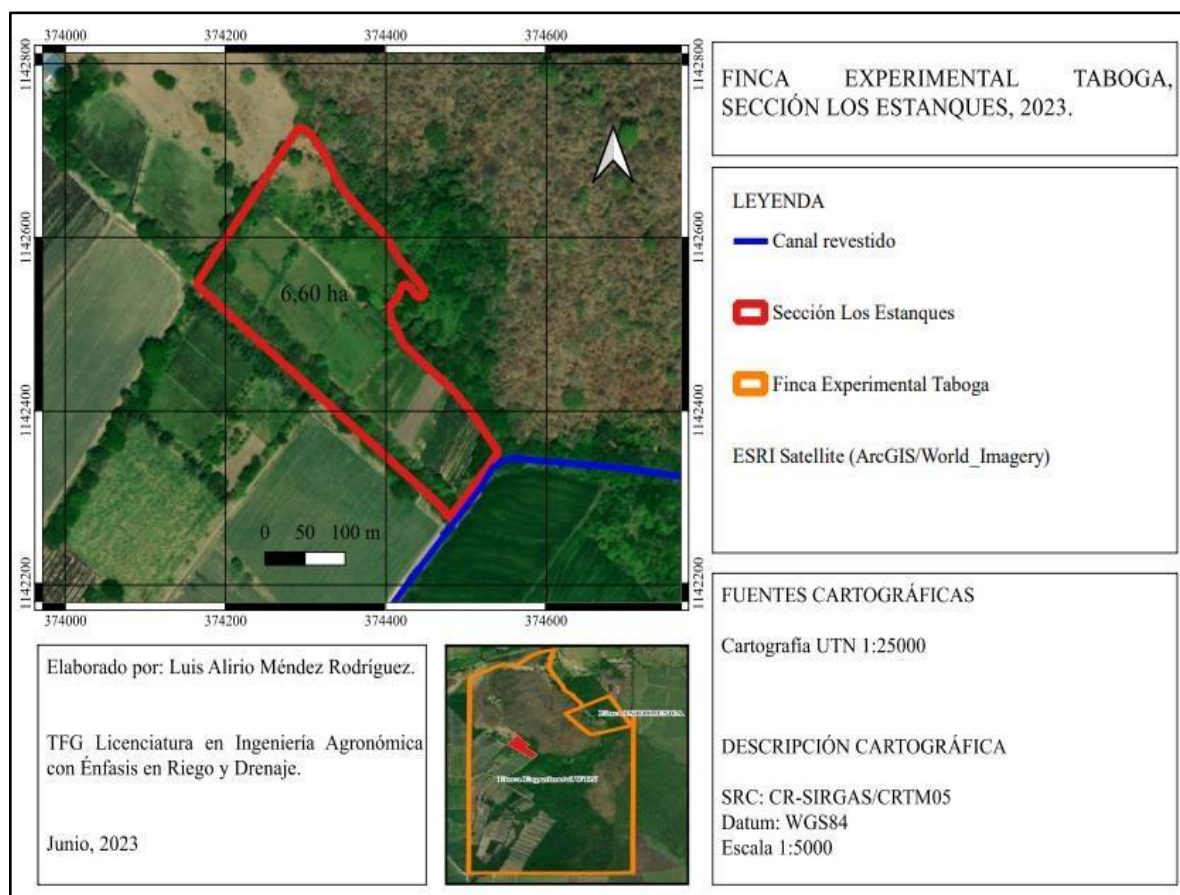
La ejecución de un proyecto de este tipo habilita la opción de innovar la disponibilidad de productos de la región, pues generalmente y en mayor proporción la oferta consiste en derivados de poaceas como el arroz (*Oryza sativa*), la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), y otros pastos, por lo que el cultivo de cebolla se postula como una forma de incentivar la producción de otros tipos de cultivos no tradicionales en la zona.

Al cultivar otras hortalizas e integrarlas bajo sistemas de producción como el propuesto para el cultivo de cebolla se pueden obtener altas rentabilidades, lo cual impulsa la importancia de que instituciones de investigación y transferencia pongan a disposición material genético compatible con las condiciones del entorno, lo cual permite competir con en el mercado nacional.

La Finca Experimental Taboga-UTN se ubica en el distrito de San Miguel, Cañas, Guanacaste, a una latitud de  $10^{\circ} 19' 39''$  norte y a una longitud de  $85^{\circ} 8' 44''$  oeste, la altitud ronda de 10 a 120 m.s.n.m, la estación meteorológica Taboga en la base de datos Climwat for Cropwat de la FAO registra una temperatura promedio mínima de  $22,18^{\circ}\text{C}$  y máxima de  $32,49^{\circ}$ , precipitación anual de 1692,00 mm, humedades relativas de 78% y velocidades del viento de 4,88 km/hr, el proyecto se plantea de manera específica en la sección Los Estanques de 6,60 ha totales.

**Figura 1**

*Mapa de área de estudio.*



### **1.3. Delimitación del problema**

Por las condiciones climatológicas en la zona de Cañas, Guanacaste, principalmente en el primer cuatrimestre de cada año, es requerido recurrir a modelos agrícolas que se integren a la disponibilidad del recurso hídrico para minimizar su uso y potenciar los cultivos, y que además demande una baja cantidad de mano de obra para disminuir costos de producción y aumentar la rentabilidad.

Este proyecto facilita el desarrollo de un sistema de riego por goteo automatizado y fertirriego que permite poner a disposición agua para riego en la sección Los Estanques de 6,60 hectáreas en la Finca Experimental Taboga-UTN, Cañas, Guanacaste, además, dicho sistema conlleva a un uso eficiente tanto del agua como de otros recursos de índole nutricional y algunos fitosanitarios en la sección mediante inyección hidráulica, como parte de la estrategia el diseño se destina para el cultivo de cebolla híbrido Yellow Granex.

La sección Los Estanques no cuenta con algún sistema de riego por lo que diseñarlo se torna como una opción que facilita el aprovechamiento del espacio en tiempo y forma, es de suma importancia potenciar cualquier cultivo mediante técnicas eficientes de irrigación en busca de que este factor no sea una limitante para producir durante todo el año, no obstante, este diseño es específico para el área referenciada, pero se puede ajustar a otras condiciones y cultivos.

### **1.4. Justificación**

El diseño de riego permitirá realizar un modelo que conlleve a un uso eficiente del recurso hídrico dirigido al cultivo de cebolla, el cual tiene un potencial productivo considerablemente alto en la región por las condiciones climatológicas encontradas si se

combina con el factor de irrigación, tal afirmación fundamentada en evaluaciones realizadas en otras regiones con variables agro-climatológicas similares a las prestadas por el cantón de Cañas, Guanacaste, o incluso en la misma zona, la más significativa es la realizada por Barboza et al (2009).

El mercado de la cebolla en la Región Chorotega de Costa Rica tiene un panorama alentador pues lo ofertado proviene mayoritariamente desde el casco central del país o en regiones altas, por lo que, si se habilita o se ejecuta la producción de cebolla en la zona, probablemente podría competir fuertemente con los productores del casco central, más aún si se considera el diseño de riego por plantear.

La poca eficiencia en los sistemas de riego en la región de Cañas, Guanacaste, implican un uso irracional del recurso hídrico en las explotaciones agrícolas, por lo que incorporar prácticas atinentes al manejo eficiente del agua es clave para resguardar la sostenibilidad productiva y ambiental de la actividad; generalmente en el Distrito de Riego Arenal-Tempisque (DRAT), la irrigación se diseña mediante sistemas que aprovechan la gradiente hidráulica de maneja superficial, los cuales generan un uso desmedido del agua si se compara con otros sistemas de riego presurizados como por goteo o aspersión.

### **1.5. Conocimiento de situación actual del tema**

El cultivo de cebolla es conocido por ser una hortaliza que presenta una amplia gama de variedades en el mercado nacional e internacional, por lo que, si estas se adaptan a modelos de producción eficientes en el uso de productos fitosanitarios, nutricionales y del recurso hídrico, se podrían originar altas rentabilidades de manera sostenible con el ambiente en distintas condiciones a nivel global.

Se realizó una evaluación del cultivo de cebolla amarilla bajo riego superficial, por goteo y por aspersión en el Valle Inferior del Río Negro, entre las provincias de Río Negro y Buenos Aires, Argentina por Navarro (2017), tal región cuenta con un clima semiárido meso termal a una altitud media de 4,00 msnm, presenta precipitaciones anuales de 394,20 mm con una contingencia muy homogénea en el año y temperaturas medias de 12,00 °C a 16,00°C; en dicha evaluación se obtuvieron promedios de 32,20 ton/ha bajo riego superficial, con aspersión 52,20 ton/ha y por goteo 63,5 ton/ha.

En una evaluación realizada por Morales (2023) a la variedad Roja Arequipeña en Cajamarca, Perú, en una altitud media de 2677,00 m.s.n.m., temperaturas medias de 15,00 °C, humedades relativas de 63,70% y precipitaciones anuales de 528,30 mm, se demostró que en riego por goteo a una lámina de 4 mm (en función de la frecuencia) se obtienen rendimientos de 14,43 ton/ha, a 8 mm 25,17 ton/ha y a una de 12 mm se podrían alcanzar rendimientos de hasta 27,73 ton/ha, este último presentó un mayor rendimiento.

Mendieta y Mercado (2022) evaluaron la variedad cebollera Apollo en Condega, Estelí, Nicaragua, a una altitud de 560,00 m.s.n.m. en donde anualmente oscilan temperaturas mínimas de 19,00 °C, máximas de 33,00 °C, y precipitaciones anuales de 800,00 mm; en tal evaluación se comparó el rendimiento del cultivo en función del riego por goteo superficial, goteo subsuperficial y por surcos, obteniéndose con riego por goteo subsuperficial un rendimiento de 9,96 ton/ha con una lámina de 15,00 mm con frecuencias de 3,75 días, este tiene diferencias significativas frente al antecesor inmediato como lo es el goteo superficial y más aun con el riego por surcos, pues los rendimientos de cada método de 7,22 ton/ha y 6,50 ton/ha, respectivamente, ambos con mayores láminas y mayores frecuencias de riego.

Barboza et al (2009) evaluó la variedad de cebolla Yellow Granex en San Miguel de Cañas en la provincia de Guanacaste, Costa Rica, tal región presenta temperaturas mínimas de 22,18°C y máximas de 32,49°C, precipitación anual aproximada a los 1692,00 mm y una altitud media de 20 msnm, en tal evaluación se alcanzaron rendimientos en promedio de 99,00 ton/ha bajo riego y fertirriego por goteo, con un rendimiento mínimo de 62,50 ton/ha y máximo de 113,50 ton/ha mantenido con láminas de 30,00 cm con tres líneas de goteo por surco y goteros espaciados a 30,00 cm con una tasa de emisión de 2,10 l/hr, obteniéndose un 95,00% de cebollas de primera calidad de las cuales entre un 60,00% y 70,00% son aptas para exportación.

Ha quedado demostrado en las evaluaciones realizadas que el cultivo de cebolla presenta mejores rendimientos bajo sistemas de riego presurizados que permiten humedecer el suelo con láminas y frecuencias menores que las requeridas especialmente en el riego superficial, es decir, el cultivo es bien potenciado en condiciones en las que la aplicación de aguas no es excesiva y haciéndose de manera paulatina.

Es de importancia destacar de las evaluaciones referenciadas que el cultivo de cebolla es sumamente versátil en distintas condiciones climatológicas, debido a las modificaciones genéticas que se han realizado para obtener distintas variedades e híbridos, pues las mencionadas se experimentaron en diferentes altitudes y regiones de Centro y Suramérica en función de distintas metodologías de riego aplicadas.

En Costa Rica la cebolla forma parte fundamental de la canasta básica dado a que se postula entre las hortalizas más consumidas del país con un consumo per cápita que ronda desde 5 a 7 kg anuales, este cultivo al año genera unos 20 000 empleos y es fuente de ingreso de 400 productores aproximadamente, contemporáneamente este cultivo se siembra en

épocas definidas anualmente, por lo que los precios en estos periodos disminuyen por una alta oferta de producción; la comercialización de la cebolla está desequilibrada entre importaciones y exportaciones, pues la importación predomina en este aspecto, tal situación es aprovechada por grupos reducidos de importadores oligopólicos que hacen disfrute del amplio margen de ganancia en estos periodos (Gómez, 2021).

En el año 2010 para el cultivo de cebolla los costos de producción después de la inversión inicial (que incluye preparación de terreno, sistema de riego, etc.) rondarían los ₡5 000 000 por hectárea, una muy buena parte de estos costos se destina a la aplicación de herbicidas o mano de obra para deshierba en sistemas de producción convencional y otras actividades fitosanitarias, a nivel país en promedio para el año referenciado el rendimiento ronda las 30 toneladas por hectárea (Gómez, 2021), por acción de la inflación para el año de 2022 este costo rondaría poco más de ₡8 000 000 por hectárea y el rendimiento ronda en promedio las 36 toneladas por hectárea (Hernández et. al, 2022)

Según datos de Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento (SENARA), en el Distrito de Riego Arenal-Tempisque (DRAT) para el año 2020 el cultivo mayormente producido es la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con el 58,18%, seguido de otras poáceas como arroz y pasto con el 23,75% y 10,63% respectivamente, en menores proporciones se encuentra el cultivo de algunas hortalizas como la sandía, la cebolla, y otros como la piscicultura, frutales y musáceas; es importante destacar que de las 29 453,30 ha productivas del DRAT apenas 3 402,90 ha se encuentran bajo riego presurizado como aspersión o goteo, lo cual representa un 11,55% del área total, las restantes 26 050,04 ha son producidas con riego por gravedad.

En Costa Rica la media en productividad ronda las 36 ton/ha de cebolla, no obstante, en el distrito de San Miguel, Cañas, Guanacaste, se podrían obtener rendimientos bajo riego por goteo que duplican fácilmente el promedio nacional, proyectándose como un cultivo de importancia en la región y que podría obtener altas rentabilidades, aun más de las que se obtienen en otras regiones del país.

## **1.6. Objetivos**

### ***1.6.1. Objetivo general***

Diseñar un sistema de riego por goteo automático y de fertiriego, mediante estudios agronómicos e hidráulicos para la producción del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L. hib. Yellow Granex) en la Finca Experimental Taboga-UTN, Cañas, Guanacaste, 2023.

### ***1.6.2. Objetivos específicos***

- Desarrollar un estudio agronómico mediante la recopilación y análisis de datos de campo para la determinación de las necesidades hídricas del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.).
- Elaborar un estudio hidráulico mediante la recopilación y análisis de datos de campo para la fundamentación del sistema de riego automatizado y fertiriego.
- Recomendar un plan de fertiriego mediante el análisis de requerimientos nutricionales del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L. hib. Yellow Granex) para suplir las necesidades de manera óptima.
- Realizar un análisis económico mediante un estudio financiero del proyecto para la determinación de su factibilidad.

## **Capítulo II. Marco Teórico Referencial**

## **2.1. Generalidades del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)**

### ***2.1.1. Origen y descripción***

El origen de la conocida planta de cebolla (*Allium cepa* L.), radica tentativamente al oeste de Asia, zona ubicada en la antigua Persia, donde actualmente se encuentran Irán, Afganistán, el oeste de Pakistán, además de otros países al norte de la región (Fornaris, 2012).

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una hortaliza que pertenece a la familia de las Aliáceas, en general las plantas pertenecientes al género *Allium* son herbáceas, con porte bajo y estructuras que tienen la función de reserva como las raíces, rizomas y bulbos; esta planta generalmente contiene sabores y olores en singular provenientes de componentes azufrados almacenados en sí misma, que se dispersan cuando se golpea o destruye parte o toda su estructura celular (Montalbán, 2020).

El sistema radicular de la cebolla es fasciculado, es decir, después de su etapa de plántula no presenta raíz pivotante y la totalidad de sus ramificaciones tiene la misma importancia y originadas en su tallo en el desarrollo vegetativo, cuando llega a su madures pueden llegar a profundizar hasta 25 centímetros y 15 centímetros a la lateral (Enciso et. al, 2019), además, las cebollas tienen un sistema radicular reducido y como resultado, una tasa de absorción limitada, después de que la semilla ha germinado la plántula produce una raíz pivotante a partir de la radícula, una vez que se desarrolla el tallo verdadero da paso al desarrollo de raíces adventicias (Fornaris, 2012).

Las plantas de cebolla producen tallos de flores huecos y finalmente se forma una inflorescencia, la cual a su vez produce semillas que permiten una mayor propagación. El tallo es subterráneo y se desarrolla mediante la agregación de diferentes capas de células para

formar hojas, a partir de las cuales las células de abajo forman un sistema de raíces adventicias; cabe señalar que el tallo se divide en dos partes, la parte utilizada que es subterránea en forma de bulbo tunicado, y una parte aérea erecta (Guzmán, 1988 como se citó en Chimborazo, 2015).

La cebolla se compone de hojas cilíndricas, huecas y de fibras longitudinales, las cuales crecen al final de la parte inferior y forman un bulbo como resultado de la acumulación de nutrientes originadas por la misma planta (Guzmán, 1988 como se citó en Chimborazo, 2015).

El bulbo se forma por el engrosamiento de las hojas basales o catáfilas y en el cual se acumula material de reserva, según la variedad, puede tener diferentes formas como cónica, esférica, globosa, entre otros, además, puede presentar distintos colores como blanco, amarillo, marrón, cobre, rojo, morado, violeta, entre otros (Enciso et. al, 2019). Ésta es la parte más aprovechada por los consumidores de este cultivo.

A medida que los bulbos crecen en tamaño en el campo y se ven afectados por las bajas temperaturas, algunos cultivares responden a una mayor germinación del tallo floral, por el contrario, si el crecimiento se ve inhibido por las bajas temperaturas al principio del desarrollo y las altas temperaturas más tarde, la floración se producirá poco o nada (Zamora, 2016).

Las flores de la cebolla se disponen a desarrollarse en el extremo del tallo las cuales son verdosas, pequeñas y se acumulan en umbela, por su lado el fruto como tal de la cebolla se presenta como una cápsula en forma de globo con un par de semillas en cada lóculo (Vaca, 2001 como se citó en Chimborazo, 2015).

La semilla de la cebolla es pequeña, de color negro y tiene una superficie lisa cuando crece y se torna rugosa cuando madura debido a la pérdida de agua, después de la cosecha, puede permanecer latente durante unas dos semanas (Enciso et. al, 2019).

### ***2.1.2. Aspectos fitosanitarios del cultivo de cebolla***

A diferencia de otros cultivos, el de cebolla deja expuestas solo las hojas, lo cual es innecesario para los vertebrados, en general el cultivo de aliáceas es relativamente poco afectado por las especies de vertebrados, por otro lado, las partes subterráneas de la planta de cebolla como lo son sus raíces y el bulbo, rara vez son utilizadas por especies que pueden excavar y utilizar partes enterradas de la cebolla. Además, la estructura misma de este cultivo puede proporcionar un hábitat inadecuado para especies que, además de alimento, necesitan refugio para protegerse de las condiciones ambientales y depredadores (Granados, 2011).

En Costa Rica la única plaga vertebrada relacionada con el cultivo de cebolla es el roedor conocido como Tuza o Taltuza (*Orthogeomys* sp.), entre las áreas de cultivo de cebolla de Costa Rica, solo al norte de la provincia de Cartago se ha encontrado incidencia de la tuza en el cultivo de cebolla, además, en la zona central de país también ha coincidido la presencia de esta plaga en la producción cebollera (Granados, 2011).

A diferencia de otros cultivos afectados por la Tuza, el daño más visible en la cebolla es por la formación de montículos en las áreas de producción que se acumulan sobre las plantas, otro daño causado indirectamente por las tuzas está relacionado con el impacto sobre el suelo, pues su forma de hábitat contribuye a los procesos de erosión y derrumbes al crear sistemas de túneles. La principal forma de controlar esta plaga en Costa Rica es mediante el uso de trampas superficiales (Granados, 2011).

Entre las plagas que afectan en su estado larvario al cultivo de cebolla, se puede mencionar la Mosca de la semilla (*Delia platura*) y la Mosca de la cebolla (*Delia antiqua*), ambos del orden de las díptera. Estas larvas atacan las semillas y plántulas en desarrollo, por lo que las mismas se pueden marchitar o mostrar flacidez, también tornarse amarillentas hasta morir, en caso de la *D. platura* tiende a atacar plántulas con dos a tres hojas, en el caso de *D. antiqua* se extiende en un mayor plazo con el origen daños por galerías en los tallos y hojas, además de afectar el bulbo, llevándolo a su pudrición (Granados, 2011). Dentro de las recomendaciones para el control de estas moscas, es la eliminación de bulbos restantes en la cosecha de la cebolla, también se puede considerar el uso de trampas pegajosas amarillas en busca de monitorear y disminuir la presencia de estas plagas.

Al hacer referencia de la mosca minadora se puede encontrar en el cultivo de cebolla las especies *Lyriomiza huidobrensis* y *Lyriomiza trifolii*, ambas son altamente prolíferas en hortalizas y plantas ornamentales sembradas en condiciones protegidas o al aire libre; estas forman galerías en las hojas, y si su ataque es muy denso, la planta queda considerablemente debilitada; en el caso de *L. huidobrensis* presenta generalmente una mejor adaptación a temperaturas relativamente bajas. El control de esta díptera podría realizarse cuando son poblaciones bajas, con repelentes naturales como los basados en aceite de neem o de cítricos, en caso de que el ataque de esta plaga sea relativamente considerable con altas poblaciones, se recomienda el uso de abamectinas y cyromacina, para contrarrestar el establecimiento de huevos y larvas (Granados, 2011).

Los áfidos o pulgones no requieren de un macho para reproducirse, es decir, tienen una reproducción partenogenética, no obstante, también pueden reproducirse de manera sexual; generalmente estos insectos se alimentan del floema de las plantas desde su aparato

bucal picador y se localizan en los brotes y hojas nuevas de las plantas, para contrarrestar la presencia de estos es importante el control de arvenses o rastrojos de la cosecha, para áfidos o pulgones alados las trampas amarillentas resultan ser atractivas en etapa adulta (Granados, 2011).

*Thrips tabaci* son insectos que afectan a la base de las hojas, lo cual provoca que las hojas se deformen y se vuelvan plateadas al rasparlas para entrar en contacto con la savia, gracias a los trips que depositan sus huevos sobre las hojas y también entre las flores, no obstante, las heridas causadas por estos insectos pueden permitir que los patógenos ingresen a estas áreas, lo cual reduce los rendimientos e incluso secan las plantas en infestaciones severas, para controlar este insecto, es necesario mantener un adecuado control de malezas y evitar la alta humedad y la aplicación excesiva de nitrógeno (Martínez et. al, 2019).

Caída de almácigos o damping-off es un complejo de hongos que atacan a las plantas jóvenes desde la semilla, afectan las raíces y tallos de las plantas y eventualmente provocan su muerte. Se puede ver visualmente que la planta recién crecida (en la etapa de brotación en el vivero) se dobla a la altura del cuello y cae hacia un lado, para evitar este problema, se deben evitar las plántulas muy densas y se deben usar semillas esterilizadas (Martínez et. al, 2019).

Los primeros síntomas de la enfermedad originada por Mildiu (*Peronospora destructor*) son la decoloración, la aparición de manchas amarillas en las hojas y tallos de las flores, seguido de una capa de polvo gris que puede aparecer en cualquier etapa del crecimiento de la planta. Normalmente, la planta no muere, pero las hojas se deforman, los bulbos son pequeños, el tejido es esponjoso, por lo que no es adecuado para la conservación y almacenamiento; entre las formas más comunes de lidiar con esto son la rotación de

cultivos, el uso de semillas sanas, la eliminación de plantas enfermas y la aplicación de un fungicida a las hojas (Martínez et. al, 2019).

La antracnosis o *Colletotrichum circinans*, es una enfermedad importante de las variedades blancas de cebolla, se representa como puntos negros concéntricos que aparecen en las envolturas de cebolla y en las hojas, para evitar esta enfermedad, se recomienda utilizar variedades resistentes a enfermedades y adherirse a las prácticas agrícolas adecuadas. El hongo puede sobrevivir en restos de plantas infectadas y cultivos hospedantes alternativos; la lluvia, el viento, el riego y los insectos dispersores de enfermedades, la alta humedad y las temperaturas entre 23 y 30 grados favorecen la infección foliar, por lo que las prácticas agrícolas reducen los patógenos del suelo y el uso de fungicidas es eficaz en el control (Martínez et. al, 2019).

La Pudrición rosada o *Pyrenochaeta terrestris*, es un hongo que vive naturalmente en el suelo, el cual ataca las raíces y causa lesiones rosadas en la parte superior, el resultado de este ataque es que los bulbos afectados crecen lentamente, se ablandan y no alcanzan el tamaño esperado, para combatir esta enfermedad se recomienda rotar cultivos por más de 2 años y utilizar variedades resistentes (Martínez et. al, 2019).

La pudrición del cuello o moho gris, originada por *Botrytis allii*, *B. cinérea* o *B. squamosa*, cuando se localizan en bulbos maduros que han sido cosechados o están a punto de ser cosechados, se observa pudrición acuosa con crecimiento de moho gris y esclerocios en los tejidos afectados, más comúnmente en condiciones húmedas y frías, para resolver este problema se necesita eliminar los bulbos enfermos, practicar un buen tratamiento de los bulbos, almacenar los productos en un lugar seco, controlar las densidades de siembra, rotar los cultivos y evitar el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados (Martínez et. al, 2019).

*Erwinia carotovora* o Pudrición blanda es una bacteria que entra por cualquier herida de la planta, provoca el ablandamiento y acuosidad en el bulbo de la cebolla, tanto en el campo, antes de la cosecha como durante el almacenamiento, para evitar este ataque, los tubérculos deben manipularse con cuidado durante el almacenamiento, todo en busca de controlar la aparición de esta enfermedad durante el crecimiento de la planta, por lo que el material contaminado debe desecharse mediante inspección periódica, rotación de cultivos para evitar la existencia de patógenos, también se debe evitar en lo posible el mayor grado de daño mecánico del bulbo para evitar la entrada de bacterias (Martínez et. al, 2019).

Con la llegada del nematodo del bulbo y del tallo (*Ditylenchus dipsaci*) al cultivo, se observan pequeños bultos alrededor del sitio de penetración (crecimiento anormal del bulbo), además, se puede observar deformación y clorosis de las hojas, subdesarrollo y ablandamiento de los bulbos, para combatirla es necesario establecer una rotación de cultivos por más de 3 años y eliminar los remanentes de la enfermedad (Martínez et. al, 2019).

Debido a los altos costos de mano de obra y al hecho de que los bulbos no compiten eficazmente con las malas hierbas, lo mejor es combatirlas con herbicidas, el control de malezas debe hacerse antes de la emergencia pues si este trabajo se retrasa, el control se vuelve difícil; para el control de arvenses se recomienda utilizar herbicidas como Linurón, Oxifluorfen, la mezcla de Oxifluorfen con Linurón, o Trifluralina, en función del tipo de maleza predominante, para poáceas recién emergidas es recomendable hacer uso de un producto o molécula selectiva como el Fluazifop p-butil (Araya, 2012).

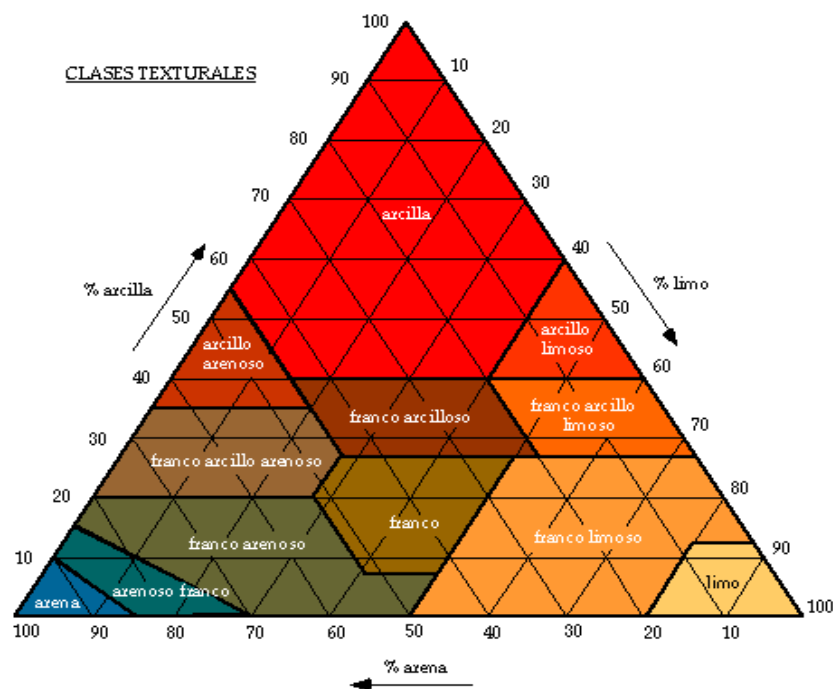
### 2.1.3. Condiciones fisicoquímicas del suelo

Al hacer referencia a la textura más adecuada para el cultivo de cebolla, según Zamora (2016), la producción de bulbo es beneficiosa en un suelo medio con textura franco-arenosa, esto por ser un cultivo que poseen raíces superficiales y necesitan un suelo permeable el cual retenga bien la humedad, especialmente después de las labores de cultivos.

Para definir la textura del suelo inicialmente se debe acudir a algún método que permita reconocer las proporciones de arena, limo y arcilla, entre los más frecuentes se encuentra el bouyoucos, el cual se complementa con el Triángulo textural de suelo de la USDA para determinar la clase textural.

**Figura 2**

*Triángulo textural de suelo de la USDA (United States Department of Agriculture).*



Es importante evitar este cultivo en texturas con altas proporciones de arcillas, pues según Araya (2016), el bulbo puede presentar deformaciones y abolladuras al cultivarse en suelos muy pesados. Este cultivo no requiere suelos profundos pues tiene un buen desarrollo en suelos de 0,40 a 0,60 m, cerciorándose de un drenaje suficientemente eficiente, la mayoría de absorción de humedad se da entre 0,30 y 0,50 m de profundidad.

La siembra de cebolla es sensible a la salinidad del suelo y aún más cuando se crea en suelo arcilloso, pues en estas texturas tolera hasta 0,80 dS/m, en arenosos hasta 2,30 dS/m y en suelos francos o medios hasta 1,30 dS/m, en promedio 1,20 dS/m, en cuando al pH lo óptimo ronda desde 6.5 a 7.5 (Zamora, 2016).

#### ***2.1.4. Condiciones climatológicas***

La duración crítica del día para las variedades fotoperiódicas es de 11 a 16 horas, las variedades de día largo no producen bulbos en latitudes bajas donde la luz del día es escasa durante todo el año, por lo que la mayoría de las variedades necesitan un día largo para formar bulbos, aunque hay variedades tropicales que forman bulbos incluso con poca luz, generalmente para formar bulbos, esta planta necesita 12-16 de horas luz, sin embargo, el mejoramiento genético permite obtener variedades formadoras de tubérculos en condiciones de días cortos, es decir, de 10 a 12 horas (Ruíz et. al, 2013).

La duración del día no parece afectar directamente la floración, pero sí afecta la formación de bulbos en el cultivo, el alargamiento de la inflorescencia y el tamaño final. A temperaturas lo bastante altas como para promover la formación de bulbos, la luz solar prolongada suprime la floración, por su lado con temperaturas bajas como para prevenir o

ralentizar significativamente la formación de bulbos, un día largo acelerará la aparición de tallos de flores (Ruíz et. al, 2013).

El cultivo de cebolla está sujeta a una alta tasa de insolación, y requiere un entorno seco para su máxima productividad, el rango óptimo de temperatura fluctúa entre 15°C y 20°C, sin embargo, se podría potenciar su productividad en un rango entre 10°C y 35°C, para floración requiere temperaturas inferiores a los 14°C; se menciona que los mejores rendimientos se obtienen en regiones en que la temperatura máxima no supera los 26°C, las temperaturas más bajas se requieren en etapas iniciales del cultivo y más altas durante la floración, al inicio de la formación de bulbos hay una mejor reacción en temperaturas de entre 18°C a 25°C, en etapas anteriores se requiere inferiores a 18°C, en general la temperatura crítica de bajas es de -2°C y por arriba de 35°C; para el desarrollo de bulbo la humedad relativa debe rondar por debajo del 70% (Ruíz et. al, 2013).

#### ***2.1.5. Necesidades hídricas***

La evapotranspiración del cultivo (ETc) se utiliza con frecuencia para estimar el consumo de agua del cultivo en el diseño y operación de sistemas de riego, así como en aplicaciones de estimación del recurso hídrico, el resultado de la ETc es el producto entre la ETo y Kc. La evapotranspiración de referencia (ETo) se calcula al utilizar una variedad de ecuaciones o modelos matemáticos y variables ambientales, por su lado el coeficiente de cultivo (Kc) se obtiene de información teórica de diversas latitudes, suelos, climas, regiones y otros factores relacionados con nuestra localidad (Chavarría et. al, 2023).

En general la cebolla es un cultivo sensible al estrés hídrico no muy severo, en periodos de poca disposición de recurso hídrico hay disminución en rendimiento y calidad

de bulbos, reduce el área foliar y de paso capacidad fotosintética, no obstante, se incrementa la producción de materia seca (Ruíz et. al, 2013).

El cultivo responde a la necesidad de agua según la etapa vegetativa en que se encuentre, la etapa vegetativa es la menos crítica del ciclo en cuanto a resultados de rendimiento y otros parámetros por la capacidad de recuperación, por su lado la más crítica en la floración y llenado de bulbo, en estado de plántulas la escases de agua origina inactividad fisiológica especialmente en la parte aérea y radicular; generalmente esta hortaliza se produce en condiciones bajo riego, requiere desde 350 mm a 550 mm por ciclo de producción, con una taza diaria de evapotranspiración de 5 y 6 mm/día (Ruíz et. al, 2013).

#### **2.1.6. Siembra**

Generalmente el cultivo de cebolla se maneja con trasplante, sin embargo, también se puede sembrar directamente, según se menciona se requieren para sembrar una hectárea aproximadamente 200 m<sup>2</sup> de semillero, con un buen manejo de desinfección y preparación en periodos lluviosos se requiere aproximadamente de 1,50 a 2,0 kg de semilla por hectárea, por su lado en época seca tiende a variar por un tema de manejo poblacional, pues se requiere de 3,0 a 4,0 kg por hectárea (Araya, 2012).

Para evitar la dificultad en la emergencia de las plántulas en el almacigo es necesario cerciorarse de que el suelo presente condiciones en cuanto a soltura y sin presencia de terrones, a nivel macro incluso previo a trasplantas se debe considerar las pasadas necesarias de rastreo o arado; generalmente se usa Metam Sodio a razón de 800 L/ha para la desinfección del terreno, para temporadas lluviosas se recomienda emplasticar las eras para evitar el lavado del producto, se podría considerar también el método de la solarización en busca de una práctica más ecológica (Araya, 2012).

Para el respectivo trasplante de plántulas de cebolla el almacigo se debe empezar a ejecutar al menos un mes previo a la siembra, sin embargo, este cultivo puede sembrarse sin problemas de manera directa, de ser este caso, es preferible que la semilla este recubierta o peletizada, este método acorta la duración del cultivo y se evita el costo por trasplante, no obstante, la propagación de arvenses es mucho más propensa; generalmente se hace el trasplante en líneas continuas separadas de 20 a 25 centímetros con hasta 4 o 5 líneas por era y separadas a 50 centímetros entre sí, este espacio destinado al drenaje de aguas sobrantes de lluvias o bien para el tránsito de personas o maquinaria (Araya, 2012).

#### ***2.1.7. Manejo de la fertilización***

A la siembra del cultivo de cebolla se recomienda fertilizar con 50 a 100 g/m<sup>2</sup> del fertilizante 10-30-10, durante el periodo completo para una producción estimada de 35 ton/ha el cultivo extrae aproximadamente 128,00 kg/ha de nitrógeno (N), 24,00 kg/ha de fosforo (P), 99,00 kg/ha de potasio (K), 28,00 kg/ha de calcio (Ca) y 6,30 kg/ha de Magnesio; un desbalance nutricional, como en cultivos hortícolas como la cebolla, puede disminuir la calidad del cultivo sin poner en riesgo el rendimiento final (Lipinski).

#### ***2.1.8. Variedades producidas en costa rica***

El programa de hortalizas del INTA-Costa Rica, ha evaluado diferentes variedades de cebolla, y a nivel país existe una amplia gama de variedades e híbridos; para condiciones lluviosas o zonas mayores a los 1900 msnm se dispone mediante la casa semillerista JPG con la variedad Gladalan Brown, y para alturas inferiores a la mencionada los cultivares Regia y la E 515, por su lado para plantaciones en zonas con escasas precipitaciones o periodos secos bien marcados está a disposición los híbridos Yellow granex y Granex 33 (Araya, 2012).

En la meseta central de Costa Rica, en las zonas de Santa Ana, Escazú, La Guácima y Belén en condiciones bajo riego se utilizan los híbridos Don Víctor, Yellow Granex, Aquarius, Hazera 2000 y Andrómeda, también la variedad rojiza Mata Hari; en la fortuna de Bagaces en Guanacaste, a unos 1000 msnm se producen Granex 429, Granex 438® y Don Víctor, por su lado en Cañas se siembra en mayor proporción Yellow granex y Don Víctor (Araya, 2012).

### **2.1.9. Cosecha**

En zonas secas generalmente en la mayoría de las variedades tardan en alcanzar el punto de cosecha de 110 a 115 días, se hace excepción de algunas como la variedad Granex 429 que podría durar entre 122 a 130 días, en regiones como Cartago en donde aumenta la altitud el ciclo se alarga pues las condiciones climatológicas así lo ameritan (Araya, 2012).

Para la zona de Cartago, el ciclo se alarga al aumentar la elevación sobre el nivel del mar, se menciona que por cada 100 metros de altitud la temperatura desciende un grado; el punto ideal de la cosecha generalmente es cuando el falso tallo de la planta se dobla y origina que las hojas se postren sobre el suelo, estos parámetros indican que la planta ha llegado a la madurez de su bulbo y su máximo desarrollo (Araya, 2012).

En períodos secos es permisible dejar que las hojas se inicien a secar y por tanto los nutrientes en las mismas se muevan al bulbo con lo que se consigue que este aumente su peso, este proceso puede tardar desde una a dos semanas y concluye cuando el follaje este totalmente seco y si al rozar el bulbo de este se desprenden las escamas exteriorizadas (Araya, 2012).

### ***2.1.10. Uso de la cebolla***

La parte de la cebolla utilizada por excelencia en el rubro de alimentación y condimento es el bulbo, pues presenta caracterizaciones llamativas por su sabor, olor y textura, dichas características encontradas en el conjunto de capas habitualmente carnosas que estructuran el bulbo; los bulbos pequeños se utilizan para originar encurtidos, incluso antes de que el desarrollo de la planta empiece a potenciarse, es decir, cuando las plantas se encuentran inmaduras, se utilizan las hojas verdes y la base blanca de la cebolla, también con distintos procesos como la destilación se puede preparar aceite de cebolla, utilizado para sazonar alimentos, otros subproductos como el polvo y la sal de cebolla tienen una importante demanda; se le atribuyen también propiedades medicinales y a algunos otros de sus derivados se le reconoce propiedades antibacteriales (Fornaris, 2012).

## **2.2. Tipos de sistemas de riego**

### ***2.2.1. Riego superficial***

Del riego superficial se derivan algunas metodologías de riego como lo son terrazas, inundación y surcos, las cuales tienen un factor en común, pues para todos este se aplica directamente al suelo sin ningún tipo de emisor estructurado y se distribuye por el campo también se manera superficial por acción de la gravedad, el caudal de riego de diseño disminuye según el avance horizontal del agua por efecto de la infiltración del terreno (Pascual, 2008 citado en Acuña, 2014).

Para la ejecución del riego superficial se debe considerar un análisis topográfico del terreno previo a la nivelación de este, en busca de ajustar pendientes según sea conveniente para el diseño de riego y el debido desplazamiento del agua, también para evitar efectos erosivos sobre el suelo (Acuña, 2014).

### ***2.2.2. Riego por aspersión***

Según Valverde y Villalobos, 2016 (citado en Salazar, 2019), el riego por aspersión se podría definir como la aplicación de recurso hídrico al suelo mediante el origen de una lluvia artificial controlada tanto en tiempo e intensidad, con la cual se riega un cultivo y se suple su respectiva necesidad hídrica.

En este sistema de riego el agua debe ser conducida de manera presurizada mediante una tubería que podría ser metálica, de polietileno, o entre las más comunes están las de policloruro de vinilo o PVC, para posteriormente salir al campo mediante una estructura con agujeros llamado aspersor, del cual se derivan los micro aspersores o micro jets; la esencia del riego por aspersión es la utilización de emisores de tamaño variable que operan con caudales mucho menores que sistemas de riego superficiales y consigo una alta economía del agua y eficiencia de aplicación, este método de riego se recomienda para el cultivo de árboles de tamaño considerable, en casos que la distancia de siembra sea amplia o en superposición, o bien para suelos baja infiltración (Salazar, 2019).

### ***2.2.3. Riego por goteo***

Los sistemas de riego por goteo son sistemas cerrados y debidamente presurizados que facilitan la distribución del agua mediante una red de tubería hasta el punto de salida que son los goteros, los cuales entregan volúmenes pequeños de agua de forma periódica según se haya diseñado el sistema, tal característica permite diseñar un sistema de riego que localiza la cantidad requerida por el cultivo en tiempo y forma (Liotta, 2015).

Desde la perspectiva agronómica se le conoce también como riego localizado debido a que humedecen un sector en específico del suelo, solo lo suficiente para un buen desarrollo del cultivo, también es reconocido por permitir riegos altamente frecuentes, incluso diarios,

que evitan el estrés hídrico de la planta debido a que facilita la disposición del agua en niveles óptimos de humedad durante todo el periodo del cultivo, no obstante, se deben considerar factores como el tipo de suelo y la necesidad hídrica de la plantación según la etapa fenológica en la que se encuentre (Liotta, 2015).

Para la ejecución de un sistema de riego por goteo como en cualquier otro sistema, inicialmente se debe conocer la condición actual del terreno, topografía, estructura de suelo, condiciones climatológicas, entre otros aspectos que son limitantes para diseñar el sistema de riego y darle las condiciones necesarias al cultivo, incluso se puede valorar la modificación topográfica de sectores en especial en el terreno.

Una vez condicionado el terreno se inicia con la fase de instalación del sistema de bombeo, filtrado y alguno casos fertirriego, posteriormente la instalación de las tuberías de conducción y accesorios complementarios, por último las cintas de goteo, con ello se daría paso a sembrar el cultivo.

#### ***2.2.4. Comparación entre riego superficial, aspersión y por goteo***

El uso de factores tecnológicos en el riego debe ser conjugado con la optimización de otros rubros que intervienen en la producción, de tal manera que se facilite el incremento de la productividad y rentabilidad en las unidades cultivables bajo riego, estas tecnologías preponen una inversión para su instalación importante (Lipinski et. al, 2002 citado en Aguirre & Meza, 2011).

En el riego por goteo suplir la evapotranspiración se lleva al mínimo pues la lámina es aplicada frecuentemente, por lo que prácticamente se riega solo lo que el cultivo necesita de manera localizada para que el mismo lo aproveche, no obstante, la cantidad de recurso

hídrico requerida depende del tipo de suelo y la capacidad de retención de este, en general los tipos de riego localizados contribuyen a hacer un uso eficiente del agua destinada para irrigación, además de permitir incorporar la denominada fertiirrigación (Aguirre & Meza, 2011).

Al comparar el riego por goteo frente a otros métodos como la aspersión y el superficial, se puede destacar que el goteo permite un ahorro sumamente importante del agua pues es mucho más eficiente, posibilita el control de la lámina aplicada, ausenta la escorrentía, aumenta la uniformidad del riego, reduce la percolación y lixiviación, evita daños por salinidad, disminuye la infestación de arvenses pues humedece de forma localizada y facilita su control; es importante destacar que este tipo de riego es muy versátil pues facilita la aplicación no solo de soluciones nutritivas, sino también de productos como fungicidas, insecticidas, entre otros (Fernández et. al, 2010).

El riego por aspersión lo conforman redes cerradas de distribución que llevan de manera presurizada el agua hasta los aspersores, dándole una alta velocidad de salida en forma de lluvia sobre el terreno, para que posteriormente pase a capas profundas del suelo poniéndose a disposición del cultivo; en propuestas bien diseñadas de riego por aspersión la escorrentía debería contrarrestarse, además, la magnitud de las gotas no debe provocar erosión, se debe considerar que un mayor tamaño de gota es potencialmente un mayor riesgo que se presente erosión, se debe considerar que cuando el agua sale del aspersor queda totalmente expuesta a las condiciones climatológicas del entorno, el viento es el factor climatológico más crítico del sistema (Fernández et. al, 2010).

La aspersión incorporada a un sistema de riego permite hacer regables terrenos topográficamente irregulares, caso contrario del riego superficial pues este factor es

determinante, el riego por aspersión es el método ideal para suplir la necesidad del lavado de sales debido a que estas tienden a trasladarse disueltas a capas profundas fuera del alcance de raíces, este también posibilita la aplicación de fertilizantes y productos fitosanitarios junto con el agua para riego; uno de los principales inconvenientes de este sistema es que según lo diseñado podría llegar a tener una alta inversión inicial, aunado a esto presenta un alto gasto energético por funcionamiento de un sistema de bombeo que sea lo suficientemente capaz de cubrir la alta demanda de presiones que caracteriza este sistema (Fernández et. al, 2010).

El sistema de riego más económico es el superficial, en este generalmente el movimiento del agua desde la cabecera de riego de los lotes hasta las terminales es lento y poco uniforme, lo que conlleva a la necesidad de aplicar una lámina excesivamente alta en tiempos de riego mayores y poco eficientes, una vez que el agua sale a la cabecera la misma empieza a infiltrar y avanzar simultáneamente, esto depende del tiempo de avance y condiciones características del suelo, generalmente resulta necesario segregar un tiempo adicional para tratar de uniformizar el riego en las zonas radiculares activas (Ciancaglini et. al, 2015).

Cuanto menor sea el tiempo de avance las pérdidas van en aumento mientras que el agua llega de extremo a extremo, por consiguiente, entre menos dure este recorrido la eficiencia de aplicación será mayor, no obstante, se debe considerar que altas velocidades de avances podrían generar procesos erosivos o de escorrentía, es decir, el caudal diseñado por unidad de riego debe ser lo mayor posible siempre y cuando no se produzca arrastre o erosión del suelo, altos caudales permiten acortar el tiempo de avance y así disminuir la infiltración del agua y el aumento de la eficiencia de aplicación (Enciso et. al, 2015).

Generalmente el riego por aspersión y máxime el superficial, conllevan a una inversión inicial más baja que por goteo, además, la rentabilidad de este último es sensible a la productividad del cultivo, a calidad del agua para riego, al equipo de filtrado y fertirriego, la automatización, y la sinergia en general que se encuentre en el sistema de riego en general, es decir, la uniformidad del riego localizado depende prioritariamente de su respectivo diseño y no de otras características del entorno, como en el caso del riego por aspersión uno de los principales parámetros que lo afectan es el viento, lo que influye directamente con la uniformidad, en el caso de diseños superficiales las condiciones topográficas son las principales limitantes (Fernández et. al, 2010).

### **2.3. Diseño agronómico del sistema de riego por goteo**

Parte del procedimiento para el diseño de cualquier sistema de riego es el apartado de diseño agronómico, el cual en primera instancia representa la metodología para determinar la cantidad de agua que requiere un cultivo en función de sus características fenológicas y fisiológicas, esto para potenciar su productividad y hacer un uso eficiente del recurso hídrico, es decir, el fin de este rubro es determinar las necesidades brutas de riego según la etapa en que se encuentre el cultivo, no solo en cantidad sino en frecuencia, duración y forma.

Para determinar el requerimiento de riego se deben considerar parámetros propios del cultivo como la profundidad radicular, aprovechamiento, ciclo vegetativo, etapas fenológicas y todos los aspectos relacionados con el manejo del cultivo en general que repercutan sobre la cantidad de agua que requiera para cumplir con sus respectivas necesidades, y por ende para aprovechar el potencial productivo del cultivo.

Desde la perspectiva edafológica se deben contemplar texturas, densidades, infiltraciones, pues el suelo es el medio que pondrá a disposición el almacenamiento de humedad estimada que requiere el cultivo para optimizar su desarrollo; es de importancia conocer la capacidad de almacenamiento del suelo en función de su estructura para modelar el diseño de riego, se estiman las láminas a capacidad de campo, punto de marchitez permanente y lámina máxima, en las cuales al integrar el margen de seguridad para que el cultivo esté en condiciones óptimas de humedad se obtiene la lámina bruta.

El tercer parámetro por incorporar como base al diseño agronómico de riego es la climatología, en el que se deben considerar aspectos como temperaturas, humedades relativas, radiación solar, velocidades del viento, entre otros, los cuales tienen implicación directa sobre la evapotranspiración del cultivo, la cual según la FAO (Food and Agriculture Organisation) es el producto de la fusión entre la pérdida de humedad en el suelo por acción de la evaporación y la transpiración ejercida por el cultivo a fin, ambas estimuladas por factores agro-climatológicos del entorno.

El diseño agronómico es la base del proyecto de riego, por lo que si no se considera algún parámetro que condicione la necesidad de agua o bien si se presenta algún fallo en la estimación de la evapotranspiración del cultivo o la demanda de agua para riego, se podrían presentar fallos posteriores en la ejecución del diseño, pues estos datos se toman como punto de partida para realizar el diseño geométrico e hidráulico de riego, es decir, en la distribución y traslado del agua hasta su disponibilidad a la planta.

#### **2.4. Diseño hidráulico del sistema de riego por goteo**

El diseño hidráulico de los sistemas de riego facilita el origen de subunidades de riego, en función de la permisibilidad de caudales y presiones en el sistema, pérdidas de carga hidráulica, diámetros de tuberías y otros parámetros de importante en el diseño; una vez determinadas las subunidades de riego se procede a trazar las líneas de tuberías primarias, secundarias, cabezales de riego y cintas de goteo (Liotta, 2015).

Este apartado del diseño de un sistema de riego integra el uso de accesorios y dispositivos de riego que facilitan el traslado de agua en tiempo y forma según se requiera hasta una zona o área determinada, lo que conlleva a la minimización de pérdidas de carga hidráulica y del agua como tal, e incluye su respectiva captación, su conducción, la distribución y la respectiva puesta en zona o aplicación de agua, ya sea únicamente para riego o con alguna solución nutritiva, se debe considerar que las dimensiones de las tuberías, longitudes y presiones en la red de riego se determinan en función de las necesidades de agua del cultivo (Instituto Nacional de Innovación Agraria).

Con el diseño hidráulico se busca equilibrar caudales y presiones en operaciones de riego lo cual permite optimizar la elección de diámetros de tuberías, esto se hace mediante la separación de sectores que pertenezcan a una sola unidad de producción, desde el punto de vista agronómico no es lo más sensato se debe procurar agrupar cultivos con las mismas características fenológicas, hídricas, de fertilización y cosecha, sin embargo, generalmente la disposición del recurso hídrico es el factor limitante que origina la separación de las unidades de producción (Liotta, 2015).

En síntesis, el punto final del diseño hidráulico es la estimación de la carga dinámica total (CDT) según lo evaluado en el sistema de riego, este cálculo se debe realizar en orden

descendente hasta llegar al sistema de bombeo, es decir, se inicia por subunidades, unidades u operaciones de riego, tuberías secundarias, primarias, así sucesivamente y se hace inclusión de los accesorios requeridos y otras partes del sistema como filtros, entre otros (Instituto Nacional de Innovación Agraria).

## **2.5. Automatización de un sistema de riego**

Por la escases presentada en algunos casos de mano de obra y la poca eficiencia en la aplicación de formulaciones nutritivas y fitosanitarias, es requerido automatizar los sistemas productivos en busca de maximizar los recursos destinados para cualquier actividad; estos tipos de sistematización automatizada consisten en el uso e implementación de una variedad especializada de instrumentos que permiten omitir una muy buena parte de la acción humana sobre la operación de un proyecto o negocio (Rodríguez, 2022).

### ***2.5.1. Controlador lógico programable***

Un Controlador Lógico Programable o sus siglas en inglés PLC, es un sistema de control industrial que se basa en un computador que usa instrucciones de programación para normas de encendido y apagado, con el cual se busca evitar conexiones lógicas cableadas a través de relés, la programación de este puede ser ejecutada por personal electrónico o eléctrico, no precisamente con conocimientos informáticos, entre las funciones lógicas que realiza este programador se pueden mencionar series, temporizadores, paralelos, conteo, regulaciones, cálculos, entre otros (Martínez, 2015).

Estos controladores contienen captadores a los que se conectan finales de carrera, pulsadores, fotocélulas o detectores, además de terminales de salida que se conectan a lámparas, contactores electroválvulas, entre otros, de tal manera que estos actúen según la función de las señales activas de entrada programadas (Martínez, 2015).

### ***2.5.2. Sensores de humedad***

Entre otros que se pueden mencionar los hay de lluvia y humedad del suelo, estos artefactos son generalmente considerados para obtener un mejor control en sistemas de irrigación, los cuales en sistemas automatizados tienen la finalidad de enviar una señal al controlador de que se requiere encender o apagar el sistema de bombeo según la programación ejecutada (López, 2018 citado en Rodríguez, 2022)

### ***2.5.3. Sistemas de transmisión inalámbrica***

Wireless Network o redes inalámbricas Wireless, son redes carentes de algún tipo de cableado que generalmente comunican por medios no guiados a través de ondas electromagnéticas como Bluetooth, Wifi, radiofrecuencia, entre otros, en la que la transmisión y la recepción se ejecutan a través de antena (Burbano, 2016); en irrigaciones automatizadas las electroválvulas o válvulas solenoides suelen accionarse mediante la tecnología inalámbrica que facilitan este tipo de redes, lo que facilita el paso de agua destinado para potenciar la productividad del cultivo (Rodríguez, 2022).

### ***2.5.4. Válvulas solenoides***

Las válvulas solenoides contienen dos partes accionantes distintas como lo son un solenoide y el cuerpo como tal de la válvula, la cual operara eléctricamente y son usadas para controlar el flujo tanto de gases como líquidos ya sea totalmente abierta o cerrada, a diferencia de válvulas motorizadas que podrían operar de manera moderada según se requiera, la válvula solenoide no tiene la capacidad de regular presiones o caudales del flujo (Bustamante, 2016).

Esta válvula es abierta por un émbolo que opera por accionamiento magnético de una bobina que a su vez es accionada eléctricamente, y se podría cerrar por acción de un resorte, por presión o por gravedad, para el funcionamiento óptimo de esta siempre se deben considerar parámetros como la presión misma del sistema, temperaturas, viscosidad, entre otros (Bustamante, 2016).

## **2.6. Fertirriego**

El fertirriego consiste en una técnica modernizada para el suministro de fertilizantes generalmente mediante un sistema presurizado en el que se utiliza como medio de transporte el mismo recurso hídrico destinado para riego, se facilita el manejo de la cantidad y concentración nutritiva por aplicar, pues este método permite la preparación e inyección de soluciones nutritivamente equilibradas y con una amplia gama de combinaciones de nutrientes según se permita químicamente, además, permite la predominancia de absorción mediante las raíces respecto a la foliar, y provee la dosificación racional de fertilizantes según se requiera (Rodríguez & Chabali, 2016).

Los sistemas de fertirriego son sumamente versátiles al riego por goteo pues mediante este se permite una fertilización localizada con el mismo sistema de riego, con los fertilizantes debidamente disueltos en agua, pues los que se suelen usar son cristalinos considerablemente solubles en agua, no obstante, para ello se procede a realiza una concentración nutritiva llamada solución madre que es debidamente inyectada al mismo sistema de riego (Elizondo, 2018); es importante considerar en estas soluciones la compatibilidad que hay entre fertilizantes.

**Figura 3**

*Compatibilidad de fertilizantes utilizados para fertirriego.*

	Urea	Nitrato de amonio	Sulfato de amonio	Nitrato de calcio	Nitrato de potasio	Cloruro de potasio	Sulfato de potasio	Fosfato de amonio	Sulfato de Fe, Zn, Cu, Mn	Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Sulfato de magnesio	Acido fosfórico	Acido sulfúrico	Acido nítrico
Urea	√													
Nitrato de amonio	√	√												
Sulfato de amonio	√	√	√											
Nitrato de calcio	√	√	x	√										
Nitrato de potasio	√	√	√	√	√									
Cloruro de potasio	√	√	√	√	√	√								
Sulfato de potasio	√	√	R	x	√	R	√							
Fosfato de amonio	√	√	√	x	√	√	√	√						
Sulfatos de Fe, Zn, Cu, Mn	√	√	√	x	√	√	R	X	√					
Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	√	√	√	R	√	√	√	R	√	√				
Sulfato de magnesio	√	√	√	x	√	√	R	x	√	√	√			
Acido fosfórico	√	√	√	x	√	√	√	√	√	R	√	√		
Acido sulfúrico	√	√	√	x	√	√	R	√	√	√	√	√	√	
Acido nítrico	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√	√	√	√

√ = compatible x = incompatible R = compatibilidad reducida

*Nota:* Tomado de “Producción de Jitomate Bajo Condiciones de Invernadero” (p. 33), por J. Castañeda, 2016, *Repositorio UAAAN*.

Los fertilizantes para utilizar en fertirrigación deben cumplir con al menos tres características en específico, como son la solubilidad la cual se recomienda sea mayor a 100 gr por litro independientemente del fertilizante, que tenga una pureza mayor al 95%, además de una baja salinidad y toxicidad; por su parte la solubilidad es el rubro fundamental entre los mencionados y que debe estar relacionado con la compatibilidad entre los fertilizantes y el agua para riego, pues diferentes iones podrían tener interacción en la solución y originar precipitados que llevan consigo obstrucciones en el sistema que ponen en riesgo la disponibilidad tanto de nutrientes como del agua requerida por el cultivo (INTAGRI S.C., 2016).

**Tabla 1**

*Fuentes, concentración de nutrientes, índice salino y solubilidad de algunos fertilizantes más comunes disponibles en el mercado.*

Fertilizante	CONTENIDO DE NUTRIENTES (%)							
	Solubilidad <sup>1</sup>	Índice Salino <sup>2</sup>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S
ACIDO FOSFORICO	5285	--	--	72	--	--	--	--
CLORURO DE POTASIO	347	116	--	--	60	--	--	--
FOSFATO MONOAMONICO	282	30	11	52	--	--	--	--
FOSFATO DIAMONICO	575	34	18	46	--	--	--	--
FOSFATO MONOPOTASICO	260	--	--	52	34	--	--	--
NITRATO DE AMONIO	1183	105	34	--	--	--	--	--
NITRATO DE CALCIO	3410	53	--	17	--	--	24	--
NITRATO DE MAGNESIO	423	--	11	--	--	--	10	--
NITRATO DE POTASIO	316	74	13	--	44	--	--	--
SULFATO DE AMONIO	760	69	21	--	--	--	--	23
SULFATO DE MAGNESIO	260	44	--	--	--	--	16	13
SULFATO DE POTASIO	110	46	--	--	50	--	--	18
UREA	1193	75	46	--	--	--	--	--

*Nota:* Tomado de *Fertilizantes y soluciones concentradas*, por PROFERTIL, 2020, (<https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/fertilizantes-y-solucionesconcentradas.pdf>).

## 2.7. Estudio financiero

### 2.7.1. Inversión inicial

La inversión inicial se refiere a la sujeción de recursos en busca de obtenerlos de vuelta en un tiempo determinado prioritariamente con un beneficio obtenido; entre los rubros que generalmente se incluyen en este apartado se pueden mencionar la maquinaria, edificios, vehículos, equipos especializados, propiedades, entre otros (Fernández et al, 2010 citado en Rodríguez, 2022).

### **2.7.2. Costos**

Los costos se refieren al valor monetario invertido en adquisiciones o compras realizadas que se requieren para elaborar un producto o servicio, con un desarrollo conveniente en el que se incluyen insumos, materiales, infraestructura, salarios, y todos los medios que permitan el buen funcionamiento de proyecto o negocio (Maridueña, 2020).

### **2.7.3. Gastos**

A diferencia de los costos, los gastos no contemplan gastos administrativos, generalmente los referentes a este no son variables al nivel de productividad de la actividad, es decir, no influyen directamente sobre las ventas (Itaú Empresas, 2015).

### **2.7.4. Ingresos**

Este rubro se refiere a todas las entradas de efectivo que recibe un negocio, ya sea por producto de operaciones normales o extraordinarios, no obstante, estos deben originarse principalmente a partir de ventas normales de productos o servicios ofrecidos y que son parte del entorno comercial (Itaú Empresas, 2015).

### **2.7.5. Utilidades**

La utilidad en el contexto de un negocio, empresa o proyecto es lo que resulta una vez se restan los egresos a los ingresos obtenidos en la actividad (Tapia).

### **2.7.6. Valor Actual Neto (VAN)**

El Valor Actual Neto se refiere a la sumatoria de los flujos de efectivo neto y netos descontados o actualizados a valor presente, al costo de capital del negocio o del proyecto; si se pretende aplicar este enfoque, es requerido estimar el valor actual o presente de los flujos de efectivo proyectados para luego sustraer la inversión inicial que el negocio obtiene por

realizar tal inversión, si este rubro obtiene como resultado un valor igual o mayor a cero se aprueba, de lo contrario se desaprueba (Gutiérrez, 2017).

#### ***2.7.7. Tasa Interna de Retorno (TIR)***

La Tasa Interna de Retorno se deriva del VAN, ésta evalúa el negocio en función de una única tasa de rendimiento en un período determinado, con la cual la totalidad de los flujos de caja netos y actualizados a valor presente son iguales a la inversión inicial; la aceptación de este parámetro se da cuando es igual a la tasa de descuento, es decir, esta última se toma como tasa de aceptación de un proyecto en el TIR (Gutiérrez, 2017).

#### ***2.7.8. Relación Beneficio/Costo (B/C)***

La relación beneficio/costo comprueba la presencia de utilidad a través del análisis de los beneficios y los costos encontrados en un negocio o proyecto, en función del criterio del Valor Actual Neto (VAN) debida a que toma en cuenta la pérdida del valor del dinero en el periodo de tiempo (Aguilera, 2017 citado en Maridueña, 2020).

#### ***2.7.9. Periodo de Recuperación Descontado (PRD)***

El periodo de recuperación es el tiempo preciso en que una empresa o negocio recupera la inversión inicial de un negocio, es estimada a partir de las entradas de efectivo estimadas; entre los criterios de decisión de este parámetro, se menciona que el periodo de recuperación debe ser menor al periodo de recuperación permisible para aceptar el proyecto, en caso contrario se rechaza (Canales, 2015).

### **Capítulo III. Marco Metodológico**

### **3.1. Enfoque de la investigación**

El enfoque de la investigación es cuantitativo, pues contempla principalmente cálculos para el desarrollo del sistema de riego, fertirriego, el modelo de producción en general y la demostración de la rentabilidad.

### **3.2. Tipo de investigación**

La investigación es de tipo aplicada, pues se dirige a brindar una solución técnica de manera específica a una problemática, la cual se puede ajustar a otras condicionales en caso de requerirse.

### **3.3. Pregunta generadora**

¿Será el diseño de un sistema de riego por goteo automatizado y fertirriego una opción factible desde la perspectiva agronómica, productiva y económica, para solventar la necesidad de agua y nutrientes del cultivo de cebolla en la sección Los Estanques de la Finca Experimental Taboga-UTN?

### **3.4. Diseño agronómico del sistema de riego**

#### ***3.4.1. Recuperación de datos climatológicos***

Los parámetros climatológicos se recuperan a partir del software ClimWat 2.0 for Cropwat correspondientes a la estación meteorológica de Taboga, que además de precipitaciones, se denotan parámetros mensuales como temperatura, humedades relativas, velocidad de viento, radiación solar, entre otros datos de importancia.

#### ***3.4.2. Análisis de parámetros fisicoquímicos del suelo***

Para el análisis textural del suelo, se toman 5 muestras por hectárea aproximadamente (para cuarteo) a 25 centímetros de profundidad respecto a la superficie del suelo, a las cuales

mediante el método del Bouyoucos en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Agronómica con Énfasis en Riego y Drenaje de la Universidad Técnica Nacional (U.T.N.), Sede Guanacaste, se determinan las proporciones de arena, arcilla y limo mediante el método de Bouyoucos, para posteriormente hacer uso del triángulo textural de suelo de la USDA (United States Department of Agriculture) y determinar las respectivas texturas.

La prueba de densidad aparente se realiza con 1 muestra por hectárea a una profundidad aproximada de 25 centímetros bajo la superficie del suelo, se hace uso de un cilindro el cual cumple con un volumen interno de  $469,63 \text{ cm}^3$ , con dimensiones de 7,90 cm de altura y un diámetro de 8,70 cm, posteriormente las muestras adquiridas se secan al horno para obtener el peso del suelo seco (Pss), por último, se aplica la ecuación 1 para cada una de las muestras obteniéndose las respectivas densidades aparentes.

$$Da = Pss/Vc \dots \text{ecuación (1)}$$

Donde:

Da: Densidad aparente [ $\text{gr}/\text{cm}^3$ ].

Pss: Peso de suelo seco [ $\text{gr}$ ].

Vc: Volumen de cilindro [ $\text{cm}^3$ ].

Para la determinación de densidades reales se aplica el método del picnómetro con muestras de suelos de 5 gr debidamente secas, obtenidas de las mismas muestras utilizadas para la determinación de densidad aparente. El cálculo de este parámetro se ejecuta con la siguiente ecuación.

$$Dr = Pss/Vs \dots \text{ecuación (2)}$$

Donde:

Dr: Densidad real [ $\text{gr}/\text{cm}^3$ ].

Pss: Peso de suelo seco [ $\text{gr}$ ].

Vs: Volumen que ocupa la muestra de suelo [ $\text{cm}^3$ ].

Se asume una densidad del agua de  $1 \text{ gr/cm}^3$ , el volumen del agua desplazada será numéricamente igual al valor del volumen que ocupa la muestra de suelo.

$$V_s = P_w \dots \text{ecuación (3)}$$

Donde:

$V_s$ : Volumen que ocupa la muestra de suelo [ $\text{cm}^3$ ].

$P_w$ : Volumen del agua desplazada [ $\text{cm}^3$ ].

Donde:

$$P_w = P_{w1} - P_{w2} \dots \text{ecuación (4)}$$

Donde:

$P_w$ : Volumen del agua desplazada [ $\text{cm}^3$ ].

$P_{w1}$ : Es el peso del agua contenida en el picnómetro, sin el suelo [gr].

$P_{w2}$ : Es el peso del agua que hay en el picnómetro cuando se le adiciona el suelo [gr].

Una vez se tengan determinadas las proporciones de arcilla, limo y arena, se aplica la siguiente ecuación para calcular la proporción de la capacidad de campo del suelo.

$$CC\% = (0,48Ac) + (0,162L) + (0,023Ar) + 2,62 \dots \text{ecuación (5)}$$

Donde:

$CC\%$ : Proporción de capacidad de campo del suelo [%].

$Ac$ : Proporción de arcillas en el suelo [%].

$L$ : Proporción de limos en el suelo [%].

$Ar$ : Proporción de arena en el suelo [%].

Al igual que el punto anterior, se debe conocer proporcionalmente la cantidad de arcilla, limo y arena, para luego con la siguiente ecuación determinar la proporción de punto de marchites permanente del suelo.

$$PMP\% = (0,302Ac) + (0,102L) + (0,0147Ar) \dots \text{ecuación (6)}$$

Donde:

$PMP\%$ : Proporción de punto de marchites permanente del suelo [%].

$Ac$ : Proporción de arcillas en el suelo [%].

$L$ : Proporción de limos en el suelo [%].

$Ar$ : Proporción de arena en el suelo [%].

El cálculo de la lámina a capacidad de campo proporciona un número realista de la cantidad de agua requerida para que el cultivo tenga a disposición la máxima capacidad de

almacenamiento de agua en el suelo sin permitir acumulaciones en sobre almacenamiento que pueda afectar al cultivo.

$$CC = CC\%.Da.Pr\dots ecuación (7)$$

Donde:

CC: Lámina a capacidad de campo [cm].

CC%: Proporción de capacidad de campo del suelo [%].

Da: Densidad aparente [gr/cm<sup>3</sup>].

Pr: Profundidad radicular [cm].

Por el lado contrario al anterior, la lámina a punto de marchites permanente permite reconocer la cantidad de agua límite que el cultivo puede resistir a la carencia de humedad, por debajo de ésta ya prácticamente la planta no o difícilmente tendría recuperación fisiológica por falta de recurso hídrico.

$$PMP = PMP\%.Da.Pr\dots ecuación (8)$$

Donde:

PMP: Lámina a punto de marchites permanente [cm].

PMP%: Proporción de punto de marchites permanente del suelo [%].

Da: Densidad aparente [gr/cm<sup>3</sup>].

Pr: Profundidad radicular [cm].

La lámina máxima permite conocer el rango de en qué se debería de encontrar la humedad del suelo para el bienestar del cultivo.

$$L_{MA} = CC - PMP\dots ecuación (9)$$

Donde:

L<sub>MA</sub>: Lámina máxima [cm].

CC: Lámina a capacidad de campo [cm].

PMP: Lámina a punto de marchites permanente [cm].

La lámina neta facilita la consideración del factor de agotamiento, el cual va en función de las condicionales fisiológicas del cultivo, sus necesidades y susceptibilidades hídricas.

$$L_N = L_{MA}.Ag\dots ecuación (10)$$

Donde:

$L_N$ : Lámina neta [cm].  
 $L_{MA}$ : Lámina máxima [cm].  
 Ag: Agotamiento permisible [%].

La lámina bruta toma en cuenta la eficiencia del sistema de riego por ejecutar y se debe considerar que generalmente los sistemas de riego superficiales son más deficientes en el uso del agua. Ésta es en realidad la lámina que se debe aplicar llegar el suelo a capacidad de campo.

$$L_B = L_N.Ef + L_N...ecuación (11)$$

Donde:

$L_B$ : Lámina bruta [cm].  
 $L_N$ : Lámina neta [cm].  
 Ef: Eficiencia de riego [%].

Para reconocer la cantidad de macro y microelementos en el suelo se procede a tomar 5 muestras por hectárea para luego cuartear dichas muestras y enviar una muestra que represente la totalidad del área y fundamentar el diseño del fertirriego en valores reales. Este análisis se realizaría por medio de laboratorios de CIA-UCR (Centro de Investigación Agronómica). Se requiere también determinar la conductividad eléctrica del suelo.

### ***3.4.3. Análisis de parámetros fisicoquímicos del agua para riego***

Al igual que el análisis químico del suelo, la salinidad, alcalinidad y potencial de hidrogeno o pH del agua destinada para riego se determina mediante el respectivo el análisis realizado por laboratorios de CIA-UCR (Centro de Investigación Agronómica).

### ***3.4.4. Necesidad hídrica del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)***

La cantidad de agua requerida por unidad de área para la planta, es decir, la evapotranspiración, se determina mediante el método FAO Penman-Monteith de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (F.A.O), se hace uso de manera conjunta de los softwares ClimWat 2.0 for Cropwat y Cropwat, los cuales a

partir de datos climatológicos facilitan la aplicación de la ecuación mencionada y complementa el estudio agronómico para diseñar el sistema de riego.

Para el cálculo de necesidad neta de riego se debe conocer cuánto es la evapotranspiración diaria del cultivo, esto mediante la ecuación FAO Penman-Monteith, para posteriormente aplicar algunos factores de corrección como lo son por efecto de la localización, por variaciones climáticas locales y por advención.

$$N_n = ETo \cdot K_c \cdot K_L \cdot K_a \cdot K_r \dots \text{ecuación (12)}$$

Donde:

$N_n$ : Necesidad neta de riego [mm/día].

$ETo$ : Evapotranspiración potencial [mm/día].

$K_c$ : Coeficiente de riego del cultivo [adim].

$K_L$ : Factor de corrección por localización [adim].

$K_a$ : Factor de corrección por variaciones climáticas locales [adim].

$K_r$ : Factor de corrección por advención [adim].

En cuanto al factor de corrección por efecto de localización ( $K_L$ ), se calculan cuatro de estos establecidos autores distintos, una vez calculados se toman los dos valores intermedios y se promedian para obtener un  $K_L$  de diseño.

$$K_L (\text{Aljibury et al.}) = 1,34A \dots \text{ecuación (13)}$$

$$K_L (\text{Decroix}) = 0,1 + A \dots \text{ecuación (14)}$$

$$K_L (\text{Hoare et al.}) = A + 0,5(1A) \dots \text{ecuación (15)}$$

$$K_L (\text{Keller}) = A + 0,15(1A) \dots \text{ecuación (16)}$$

Donde:

$K_L$ : Factor de corrección por localización [adim].

A: Representa relación entre marco de plantación y área sombreada de cultivo [adim].

El factor referenciado en la anterior considera el marco de plantación y área sombreada de cultivo.

$$A = (\pi d^2 / 4) (S_p S_c) \dots \text{ecuación (17)}$$

Donde:

A: Representa relación entre marco de plantación y área sombreada de cultivo [adim].

d: Diámetro aéreo de planta [m].

$S_p$ : Separación entre plantas [m].

$S_c$ : Separación entre camas [m].

Para determinar el factor de corrección por variaciones climáticas locales ( $K_a$ ), se debe elegir un valor en el rango posteriormente señalado que prevea las necesidades hídricas medias frente a necesidades punta.

$$K_a = 1,15 - 1,20 \dots \text{ecuación (18)}$$

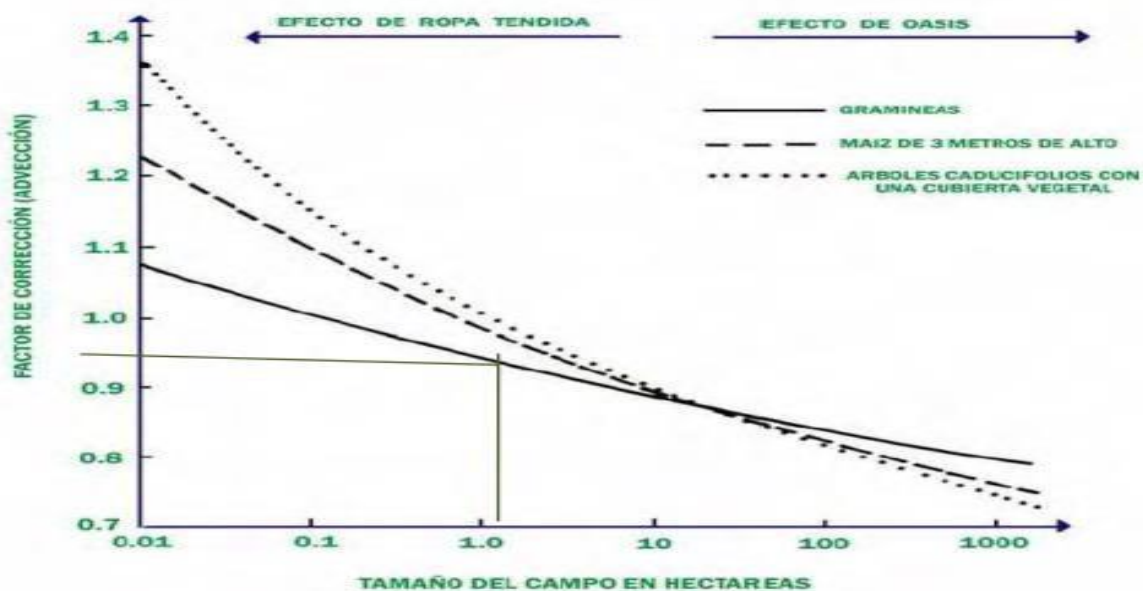
Donde:

$K_a$ : Factor de corrección por variaciones climáticas locales [adim].

El factor de corrección por advección ( $K_r$ ), está en función a manera gráfica del efecto de riego de cultivos aledaños sobre el cultivo a fin. Puede que parte de la humedad en cultivos cercanos tenga influencia sobre el cultivo seleccionado, lo que disminuye la necesidad neta, o bien algunas otras producciones agrícolas pueden atraer aire seco al cultivo con lo que se aumenta la necesidad hídrica neta.

#### Figura 4

*Factor de corrección por advección.*



*Nota:* Tomado de “Diseño agronómico con fines de evaluación” (p. 67), por D. Coronado, 2010, B Digital ULA.

Una vez determinada la lámina neta, se procede a calcular la lámina bruta de riego, la cual considera aspectos referentes a la eficiencia de riego como lo son la uniformidad del sistema de riego y factor de lavado del suelo.

$$N_b = N_n / (CU \cdot I - K) \dots \text{ecuación (19)}$$

Donde:

$N_b$ : Necesidad bruta de riego [mm/día].

$N_n$ : Necesidad neta de riego [mm/día].

CU: Coeficiente de uniformidad [%].

K: Coeficiente de lavado del suelo [adim].

El coeficiente de uniformidad (CU) se determina según las condiciones de la zona más crítica en que se diseña, en un sistema relativamente nuevo o recién renovado de riego por goteo, puede rondar desde un 80% hasta el 100% de uniformidad en operaciones normales, depende de las condiciones del terreno. En cuanto al coeficiente de lavado del suelo (K) está dado por la ecuación 21 o 22, según corresponda se usa el valor mayor entre ambos.

$$K = 1 - E_a \dots \text{ecuación (20)}$$

$$K = LR \dots \text{ecuación (21)}$$

$$LR = CE_i / (2CE_{emáx}f) \dots \text{ecuación (22)}$$

Donde:

K: Coeficiente de lavado del suelo [adim].

$E_a$ : Eficiencia de aplicación [%].

LR: Fracción de necesidad de lavado de sales [adim].

$CE_i$ : Conductividad eléctrica del suelo [mmhos/cm-25°C].

$CE_{emáx}$ : Conductividad eléctrica del agua [mmhos/cm-25°C].

f: Factor de lavado textura de suelo (0,30 arc; 1,00 ar; 0,85 suelos restantes) [adim].

Para determinar la separación entre emisores en la cinta de goteo se debe tener estimado el radio de mojado que podría dar el emisor según la textura de suelo y caudal de operación, además, se debe considerar a conveniencia el solape de diseño, entre mayor solape se establezca, la separación entre goteros será inferior, pero se aumentaría la zona

humedecida por metro lineal y la eficiencia de aplicación, por ende, mayor necesidad de goteros.

$$Se = Rm(2-a/100)...ecuación (23)$$

Donde:

Se: Separación entre emisores [m].

Rm: Radio de mojado de emisor [m].

a: Proporción de solape (se recomienda mínimo 15%) [%].

Para reconocer la proporción de suelo humedecido por el sistema de riego, se debe ante cesar la estimación de cuantos emisores hay por unidad de área, además del área mojada por emisor y el respectivo marco de plantación. Para climas áridos se recomienda cobertura de humedecimiento de mínimo 30-40%, en climas húmedos de 60%, para marcos amplios de plantación se recomienda desde un 25% a un 35% de suelo mojado, en marcos medios de 40% a 60% y en cultivos hortícolas desde un 70% a un 90%.

$$P = 100.e.A_{me} / S_p...ecuación (24)$$

$$e = 1 / (S_L.Se)...ecuación (25)$$

$$A_{me} = \pi Rm^2 ...ecuación (26)$$

Donde:

P: Proporción de suelo mojado [%]

e: Número de emisores por unidad de área [emisores/m<sup>2</sup>].

A<sub>me</sub>: Área mojada por emisor [m<sup>2</sup>].

S<sub>p</sub>: Marco de plantación [plantas/m<sup>2</sup>].

S<sub>L</sub>: Separación entre línea de plantación [m].

Se: Separación entre emisores [m].

Rm: Radio de mojado de emisor [m].

Es importante tener una estimación de las frecuencias o intervalos de riego del sistema, sin embargo, por plantearse un sistema de riego automatizado este no se apega fuertemente al valor estimado como intervalo de riego, sino prioritariamente en función de la humedad real encontrada en el suelo.

$$IR = L_B / N_b...ecuación (27)$$

Donde:

IR: Intervalo de riego [días].

L<sub>B</sub>: Lámina bruta [cm].

N<sub>b</sub>: Necesidad bruta de riego [cm/día].

El tiempo de riego del sistema va en función de la búsqueda de suplir la necesidad diaria de recurso hídrico del cultivo, el cual hace llegar el mismo de manera localizada a la planta para que pueda cumplir su función con el agua requerida de manera racional.

$$t = N_b \cdot I / e \cdot q_a \dots \text{ecuación (28)}$$

Donde:

t: tiempo de riego [hrs].

N<sub>b</sub>: Necesidad bruta de riego [mm/día].

I: Intervalo de riego [días].

e: Número de emisores por unidad de área [emisores/m<sup>2</sup>].

q<sub>a</sub>: Caudal nominal del emisor [L/hr].

#### **3.4.5. Establecimiento del cultivo**

Para el establecimiento y manejo del cultivo de cebolla se toma como referencia una evaluación realizada en San Miguel, Cañas, Guanacaste, en esta se produjo la variedad Yellow Granex, precisamente en el mismo distrito y la variedad que se pretende producir en este proyecto, en tal evaluación se alcanzaron rendimientos en promedio de 9,93 kg/m<sup>2</sup> (Barboza y otros, 2009), la finalidad es tener como base el plan de manejo realizado en dicha evaluación para implementarlo y esperar resultados similares.

La distancia de siembra entre plantas es de 0,15 m entre plantas, 0,15 m entre hileras al igual que las hileras orilleras que en dirección hacia la entrecama tienen un espacio de 0,15 m, en síntesis, se elaboran camas de 1,05 m de ancho con 6 hileras de siembra y una densidad efectiva de 40 plantas/m<sup>2</sup>, la entre cama tiene un ancho de 0,60 m; se implementa siembra directa para evitar gastos por almácigos, trasplante, no obstante se debe ejecutar un riguroso control de plagas y arvenses que afectan la germinación de la semilla.

Previo a la siembra se realizan de dos a tres pases de rastra para el respectivo volteo y afinamiento del terreno, para posteriormente realizar las camas con un surcador y apisonarlo con un rodillo para adaptarlo a la siembra de cebolla quitándole la forma de arco que generalmente el surcador deja, se puede considerar un pase de arado luego de voltear el terreno y luego afinarlo, sin embargo, no es necesario profundizar tanto el suelo pues el desarrollo del cultivo de cebolla no lo amerita.

El control de arvenses de hoja ancha y algunas gramíneas se hace inicialmente a 12 días después de trasplante, con una mezcla de Prowl 50 EC (IA: pendimetalina) a 75 CC por bomba de 18 litros + 50 CC de Goal 24 EC (IA: oxiflourfen) + 20 CC del penetrante Imbirex CR 80 SL. A los 15 días después de la aplicación anterior se aplica Fusilade 12.5 EC (IA: Fluazifop p-butyl) 70 CC por bomba de 18 litros.

Para el control de plagas insectiles se aplica Confidor 70 WG a razón de 250 a 300 gramos por hectárea, en caso de requerir el control de alguna plaga de suelo como Phyllophaga se aplica vía sistema de riego debidamente diluido. En cuanto al control de plagas fúngicas se aplicaría Antracol 70 WP (IA: propineb) 80 gramos por bomba de 18 litros, en caso de requerir control de Rhizoctonia sp se acude a mezclar Benomil con Ipridione a razón de 80 gramos de cada uno por bomba de 18 litros.

Para el control de nematodos se usa Verango 50 SC (IA: fluopyram SC 500) a razón 0,50 a 1,00 litros por hectárea via sistema de riego, para el control de bacterias la más frecuente en cebolla son las del género Erwinia y se usa Phytion-27 (IA: sulfato de cobre pentahidratado) a razón de 0,50 ml/L de agua y 400 litros de la mezcla por hectárea.

### 3.5. Diseño hidráulico del sistema de riego

#### 3.5.1. Aforo de fuente hídrica

El agua para el sistema de riego se toma de un canal revestido aledaño a la zona de estudio, por lo que el método de área-velocidad es el que más se ajusta.

$$Q_a = AV \dots \text{ecuación (29)}$$

Donde:

Q: Caudal [ $\text{m}^3/\text{s}$ ].

A: Área de sección [ $\text{m}^2$ ].

V: Velocidad [ $\text{m}/\text{s}$ ].

#### 3.5.2. Levantamiento topográfico y curvas de nivel

Se realiza un levantamiento topográfico para reconocer los niveles del suelo y del punto de la toma de agua que se tiene a disposición para el diseño y ejecución del sistema de riego, esto para obtener una visión general de la configuración topográfica del terreno al que se destinaria el proyecto, además, para complementar el análisis hidráulico del sistema de riego por plantear.

El levantamiento mencionado se va a realizar mediante fotogrametría con un dron y el software Agisoft, con una precisión de aproximadamente 2,54 centímetros en datos verticales y en horizontales de 2,54 centímetros. Las curvas de nivel se generan cada 20 centímetros.

#### 3.5.3. Parámetros hidráulicos del diseño

Para determinar la cantidad de emisores que se pueden utilizar para cada operación de riego se debe conocer el caudal aforado a disposición y el caudal nominal de los emisores con el que va a operar el sistema.

$$N^{\circ}_{em} = Q_a / Q_{em} \dots \text{ecuación (30)}$$

Donde:

$N^{\circ}_{em}$ : Emisores a utilizar por operación de riego [unidades].

$Q_a$ : Caudal aforado disponible para el sistema [L/hr].

$Q_{em}$ : Caudal nominal del emisor [L/hr].

La lotificación será en función de las condiciones encontradas en el terreno una vez realizado el levantamiento topográfico y el aforo del agua a disposición, es decir, la cantidad de lotes se plantearía en función del factor más limitante, ya sea por disposición de agua o por la configuración del relieve o forma del terreno levantado.

Se debe considerar que la longitud de las líneas de siembra o surcos no deben excederse de tal manera que pueda repercutir sobre el exceso de pérdidas de carga hidráulica en las cintas de goteo, ya sea por fricción o por gradiente hidráulica negativa.

El número de laterales en el sistema de riego está determinado por la cantidad de bloques de siembra con el que cuenta el diseño de lotificación, sin embargo, la necesidad de los laterales o tuberías secundarias de riego se vería principalmente desde el requerimiento de dividir las aguas provenientes de la tubería principal para cumplir satisfactoriamente con la distribución en los lotes asignados para una operación de riego en común.

El sistema contaría con una única red de distribución principal o tubería primaria, la necesidad de ésta limitaría al momento de requerir dividir el flujo principal para las redes laterales en busca de redistribuir el mismo.

Para la determinación del diámetro interno de las tuberías requeridas para la ejecución del diseño de riego, se toma como referencia la ecuación de continuidad de Manning.

$$Q = AV \dots \text{ecuación (31)}$$

Donde:

$Q$ : Caudal [ $m^3/s$ ].

$A$ : Área hidráulica [ $m^2$ ].

$V$ : Velocidad del flujo [ $m/s$ ].

De la ecuación anterior el área hidráulica queda como variable, se debe considerar que está en función del caudal del sistema y una velocidad que se define por criterio técnico, generalmente entre 1 y 2 m/s.

$$A = Q/V \dots \text{ecuación (32)}$$

Donde:

A: Área hidráulica [m<sup>2</sup>].

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s].

V: Velocidad del flujo [m/s].

Una vez se tenga estimada el área hidráulica de la tubería, se iguala ante la fórmula para calcular el área de una sección circular, para posteriormente despejar el diámetro.

$$d = \left( \frac{\sqrt{A}}{\pi} \right)^2 \dots \text{ecuación (33)}$$

Donde:

d: Diámetro interno de tubería [m].

A: Área hidráulica [m<sup>2</sup>].

Para parte del estudio hidráulico se toma como referencia la ecuación de Hazen Williams en este caso para estimar la pérdida de carga hidráulica en el sistema de distribución de tuberías.

$$hf_{HW} = L (10,679/C_{HW}^{1,852}) (Q^{1,852}/D_c^{4,87}) \dots \text{ecuación (34)}$$

Donde:

hf: Pérdida de carga hidráulica [m].

L: Longitud [m].

C<sub>HW</sub>: Coeficiente de rugosidad según Hazen Williams [adim].

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s].

D<sub>c</sub>: Diámetro de tubería [m].

Se deben seleccionar las rutas más críticas del sistema de riego en busca de suplir las necesidades de estas, debido a que se puede deducir que si se cubren las necesidades de presión y caudal en estas rutas, las restantes rutas cumplirían sin problema con los parámetros de diseño; generalmente estas rutas se caracterizan por ser las más largas del diseño, es decir,

las más lejanas a la toma de agua, también las que tienen carga hidráulica negativa, lo que hacer referencia a que haya que subir el agua a un punto más alto que la toma del agua.

Una vez ya se tenga contemplada la pérdida de carga hidráulica en la ruta más crítica de sistema de riego, en función de esta, se estimaría la fuerza de empuje que se requiere para poder cumplir con la presión de operación del sistema en el punto más crítico del entorno, basándose en que sí se cumple con la presión de operación en esta ruta que es la más sensible en el funcionamiento del diseño de riego, probablemente el restante sistema no presentaría limitantes.

$$P_b = HQ / 75E_b \dots \text{ecuación (35)}$$

Donde:

P<sub>b</sub>: Potencia de bomba [HP].

H: Carga dinámica total [m].

Q: Caudal [L/s].

E<sub>b</sub>: Eficiencia de la bomba [%].

La instalación de todos los componentes del sistema de riego en general sería tercerizada, las cintas de goteo se colocarían a una profundidad de 0,20 metros respecto a la superficie de las camas, los emisores se colocarían hacia arriba para prevenir obstrucciones, en cuanto a las tuberías de igual manera se instalarían de manera subterránea a 1,20 metros de profundidad sobre la superficie del suelo.

El objetivo de hacerlo subterráneo es proteger las cintas y tuberías de las condiciones varias del entorno y alargar su ciclo de vida, también facilita el paso a las labores mecanizadas y para el acceso general hacia los lotes productivos.

La cantidad de líneas de goteo por cama serían aproximadamente de 2, depende del análisis textural del suelo y el radio de mojado que se pueda alcanzar en este; se debe

considerar que la instalación del sistema de riego sería previo al trasplante para evitar el daño de plántulas al instalar cintas de goteo.

#### ***3.5.4. Automatización del sistema de riego***

Una vez se estimen los parámetros técnicos del sistema de riego por diseñar, se deben integrar los medios por lo que se automatizará el mismo siempre y cuando se mantengan los criterios iniciales.

### **3.6. Propuesta del plan de fertirriego**

#### ***3.6.1. Dosificación de requerimientos nutricionales del cultivo***

El plan nutricional se realizaría en base a lo planteado en la evaluación realizada en San Miguel, Cañas, Guanacaste, con la variedad Yellow Granex y que se produjo en promedio  $9,93 \text{ kg/m}^2$  (Barboza y otros, 2009). Se aplica en elemento puro, 262 kg/ha de nitrógeno (N), 50 kg/ha de fósforo (P), 270 kg/ha de potasio (K), 122 kg/ha de calcio (Ca), 35 kg/ha de magnesio (Mg), 540 gr/ha de boro (B) y 148 gr/ha de zinc (Zn); todos se aplican vía fertirriego con un ajuste a la dosificación realizada por Mata (2011) para el cultivo del híbrido Sweet Caroline, el cual es fisiológicamente similar al Yellow Granex.

#### ***3.6.2. Cálculo de cantidad de fertilizantes***

Una vez que se tenga determinado el análisis químico del suelo y la demanda del cultivo, se deben elegir los fertilizantes más adecuados para el sistema de fertirriego, no es recomendable que sean incompatibles entre productos o bien que su solubilidad sea compleja, pues para el diseño de riego por goteo se deben tener estos cuidados debido a que este tipo de riego es muy susceptible a obstrucciones en los emisores. Los parámetros de solubilidad

y compatibilidad de los fertilizantes se determinarían mediante la revisión de fuentes bibliográficas referentes al manejo de fertilizantes.

### **3.6.3. *Funcionamiento del sistema de fertirriego***

Al tener debidamente justificado los requerimientos nutricionales y los fertilizantes por utilizar y su debido uso, se debe integrar la información para realizar una dosificación bien distribuida en el ciclo fenológico del cultivo y de manera paulatina en busca de equiparar las necesidades del cultivo y hacer un uso eficiente de los recursos.

Una vez se tenga debidamente identificado el plan de fertiirrigación, se debe ajustar el mismo a un sistema de inyección hidráulica mediante un sistema externo de bombeo integrado al sistema de riego que facilite incorporar las soluciones necesarias para cumplir con el plan nutricional preestablecido para el cultivo.

## **3.7. Estudio financiero**

El estudio financiero consiste en realizar flujos de efectivo en este caso con un solo escenario a un plazo de 5 años, con lo cual se estima la factibilidad del proyecto desde perspectivas distintas.

Los escenarios se plantean según los rendimientos referenciados en evaluaciones del cultivo de cebolla var. Yellow Granex en la zona, el primer escenario consiste en que se obtenga el rendimiento productivo más bajo posible, el segundo con el rendimiento promedio, y el tercero con el mayor rendimiento.

### **3.7.1. Inversión inicial**

La inversión inicial es la sumatoria de los desembolsos de efectivo que se requieren para que el proyecto inicie operaciones, en este caso, los equipos, accesorios, implementos y materiales para que la producción de cebolla bajo riego se ponga en marcha.

### **3.7.2. Costos**

En este apartado se incluyen los referentes a desembolsos requeridos para que la producción de cebolla bajo riego transcurra y sea mantenible en el tiempo en busca de cerrar sus ciclos productivos, además de culminar operaciones postcosecha y de comercialización.

### **3.7.3. Gastos**

Al hacer referencia de los gastos del proyecto planteado, se deben considerar prioritariamente el desembolso de salarios y servicios tercerizados que se requieren para para operación del proyecto.

### **3.7.4. Ingresos**

Los ingresos del proyecto se estiman a partir de un breve estudio de mercado en la agro cadena de la cebolla en la región Chorotega, también en función de una proyección del rendimiento por unidad de área según el potencial de las condiciones del entorno, se tiene en cuenta que se establece una meta para la introducción de la cebolla producida en el mercado, es decir, se proyecta equiparar una proporción razonable de la demanda de cebolla en la región.

### 3.7.5. Utilidades

Una vez que se tienen establecidos los gastos e ingresos anuales estimados del proyecto planteado, se podrán calcular las utilidades que eventualmente se generarían en el proyecto a lo largo de un periodo determinado.

$$U = I - G \dots \text{ecuación (36)}$$

Donde:

U: Utilidades generadas.

I: Ingresos financieros.

G: Gastos financieros.

### 3.7.6. Valor Actual Neto (VAN)

Mediante un flujo de efectivo en una hoja de cálculo se estipula el panorama financiero a lo largo de un plazo determinado, por lo que es importante estimar el valor del proyecto a la actualidad.

$$\sum FC_t (1+d)^{-n} - I_0 \dots \text{ecuación (37)}$$

Donde:

FCt: Flujos de caja netos (periodos desde t=1 hasta t=n).

d: Taza de descuento [%].

n: Número de periodos descontados.

I0: Inversión inicial.

### 3.7.7. Taza Interna de Retorno (TIR)

Este parámetro permite determinar si la inversión del proyecto es rentable en función de su desembolso inicial y su rendimiento total.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \left( \frac{C_n}{(1+r)^n} \right) = 0 \dots \text{ecuación (38)}$$

Donde:

I0: Inversión inicial.

C<sub>n</sub>: Flujo de caja generado por la inversión inicial.

N: Número total de periodos.

n: Año en el que se obtienen los beneficios de cada periodo.

r: TIR.

### 3.7.8. Relación Beneficio/Costo (B/C)

Esta relación permite conocer la relación de las utilidades obtenidas y los costos para obtener las mismas, es decir, cuanto se obtiene por cada unidad de inversión realizada.

$$B/C = \frac{B}{C} \dots \text{ecuación (39)}$$

Donde:

B/C: relación beneficio-costo.

B: Beneficios netos.

C: costos del proyecto.

### 3.7.9. Periodo de Recuperación Descontado (PRD)

Con este se estima el tiempo requerido para recuperar la inversión realizada al proyecto.

$$PRD = \frac{a + (b-c)}{d} \dots \text{ecuación (40)}$$

Donde:

PRD: Periodo de retorno descontado.

a: Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

b: Inversión inicial.

c: Flujo de efectivo inmediato al año anterior de recuperar inversión .

d: Flujo de efectivo en que se recupera la inversión.

## **Capítulo IV. Presentación y Análisis de resultados**

#### 4.1. Diseño agronómico

Del análisis físico del suelo en los primeros 0,25 m se destaca que si se toma como criterio la densidad real, aparente y textura de suelo, las condiciones del suelo son favorables para el cultivo de cebolla pues además de que es un suelo relativamente ligero por textura, también es poco compacto o disgregado, esto es criterio para minimizar labores mecanizadas de preparación, por ejemplo, disminuir los pases de rastra.

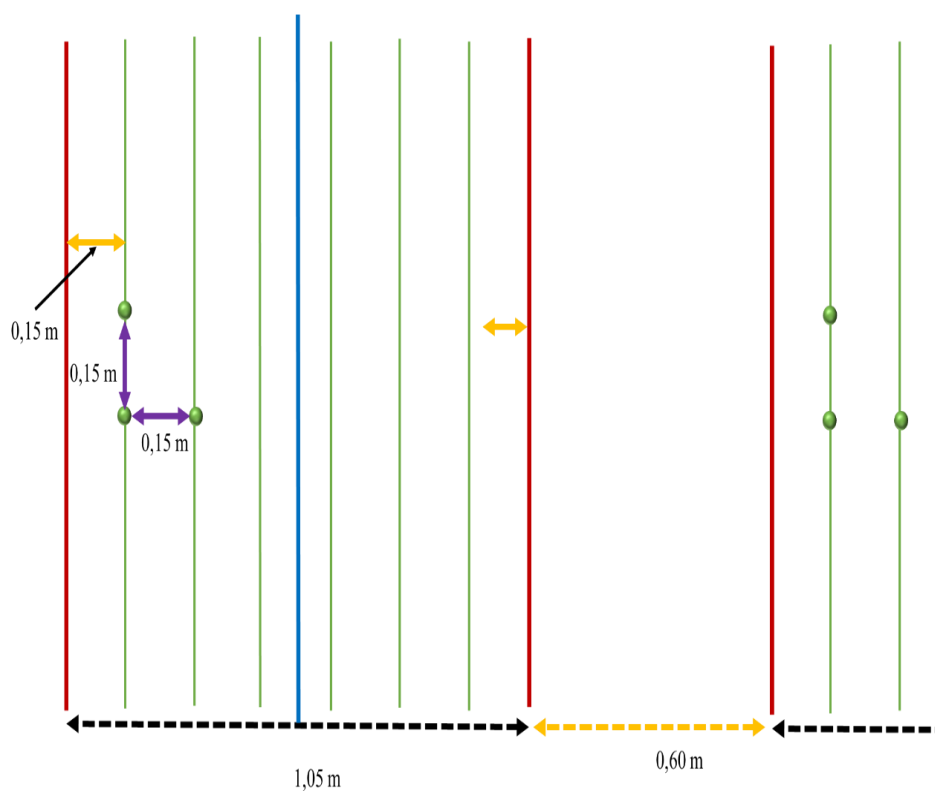
Según el estimado de las láminas de riego, la lámina bruta por aplicar por cada ciclo de riego es de 9,55 mm, la cual se ejecuta con un caudal de emisor de 1,40 L/hr a una duración de 6,65 hrs en intervalos de 1 día, este último dato puede variar debido a que la automatización del sistema está basada en sensores que emiten datos de humedad, la cual varía según condiciones del entorno.

Hay que considerar que el diseño de riego se realiza en función de las características físicas del suelo con relación a la necesidad del cultivo y no basándose únicamente en condiciones climatológicas como generalmente se hace en riego por goteo, es decir, las láminas de riego se calculan en función a la textura del suelo y se toman como parámetro para estimar el momento en tiempo y forma en que se requiere aplicar el riego, lo cual permite alinear la automatización del sistema; la necesidad bruta de riego en la que se considera únicamente variables climatológicas es de 3,15 mm.

En este caso la distancia entre emisores encontrada en el mercado que más se ajusta al diseño es de 0,50 m, se estima según las condiciones del suelo un radio de mojado del emisor de 0,50 m por lo que se alcanza un solape del 100%.

**Figura 5**

Marco de plantación recomendado para el cultivo de cebolla var. *Yellow Granex*.

**Tabla 2**

Resultados del diseño agronómico del sistema de riego, parte 1.

Parámetro	Resultado	Unidad
Datos climatológicos	Anexos 1 y 2	-
Análisis textural del suelo	Fr. ac. ar	-
Densidad aparente	0,93	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad real	2,56	gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de muestra del suelo	1,99	cm <sup>3</sup>
Volumen de agua desplazada	1,99	cm <sup>3</sup>
Capacidad de campo	20,38	%
Punto de marchites permanente	11,19	%
Lámina a capacidad de campo	38,10	mm
Lámina a punto de marchites permanente	20,92	mm
Lámina máxima	17,19	mm

**Tabla 3**

*Resultados del diseño agronómico del sistema de riego, parte 2.*

Lámina neta	8,59	mm
Lámina bruta	9,55	mm
Análisis químico de suelo	Anexo 20	-
Análisis fisicoquímico de agua	Anexo 21	-
Marco plantación efectivo	40,00	plantas/m <sup>2</sup>
Marco plantación neto	22,86	plantas/m <sup>2</sup>
Separación entre línea goteo	1,65	m
Separación entre hilera	0,15	m
Separación entre plantas	0,15	m
Ancho cama	1,05	m
Separación entre cama	0,60	m
Semilla	2,29	lb/ha
Evapotranspiración potencial	5,65	mm/día
Necesidad neta de riego	2,55	mm/día
Coefficiente de riego del cultivo	0,82	adim
Factor efecto de localización	0,46	adim
Factor variaciones climáticas locales	1,20	adim
Factor por advención	1,00	adim
Necesidad bruta de riego	3,15	mm/día
Coefficiente de uniformidad	0,90	%
Coefficiente de lavado del suelo	0,10	adim
Caudal de emisor	1,40	L/hr
Separación entre emisores	0,50	m
Proporción de suelo mojado	0,81	%
Intervalo de riego	1,00	días
Tiempo de riego	6,65	hr

#### **4.2. Diseño hidráulico**

Para el diseño hidráulico se analizaron dos escenarios para posteriormente elegir el que mejor se ajuste a las necesidades, uno en que el sistema consiste en una sola operación de riego y otro en que se divide el área y se plantean dos operaciones, la segunda opción es la más certera por las condiciones del entorno.

La primera alternativa mencionada por abarcar mayor área regable y por consiguiente mayor carga hidráulica requiere una bomba de 10 hp, para la cual se requiere línea eléctrica trifásica lo cual se dificulta ya que en la Finca Experimental Taboga-UTN únicamente hay electricidad monofásica, al optar por diseñar dos operaciones de riego se requiere una bomba de 6 hp la cual si se ajusta a electricidad monofásica.

**Tabla 4**

*Resultados del diseño hidráulico del sistema de riego, parte 1.*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidad</b>
Aforo de fuente hídrica	0,15	m <sup>3</sup> /s
Levantamiento topográfico	Anexo	-
Elaboración de planos y rutas críticas	Anexo	-
Área regable	3,76	ha
Operaciones de riego	2,00	unidades
Área operación 1	1,77	ha
Área operación 2	1,99	ha
Presión operación emisores	2,00	bar
Densidad de emisores	10256,41	em/ha
Caudal de diseño	0,0079	m <sup>3</sup> /s
Uso de fuente	5,35%	%
Caudal emisor operación 1	1,57	L/hr
Caudal emisor operación 2	1,40	L/hr
Tiempo de riego operación 1	5,92	hr
Tiempo de riego operación 2	6,65	hr
Diámetro cinta goteo	0,63"	plg
Diámetro tubería lote A-1-2	3,00"	plg
Diámetro tubería lote B-1-2	3,00"	plg
Diámetro tubería lote C-1	1,50"	plg
Diámetro tubería lote C-2	1,50"	plg
Diámetro tubería primaria	4,00"	plg
Carga de succión	2,00	mca
Carga sistema filtros	3,00	mca
Profundidad tubería	1,50	m
Lote más crítico	C-2	-
Carga Dinámica Total Crítica (CDTC)	42,98	mca
Eficiencia bomba	0,80	%

**Tabla 5**

*Resultados del diseño hidráulico del sistema de riego, parte 2.*

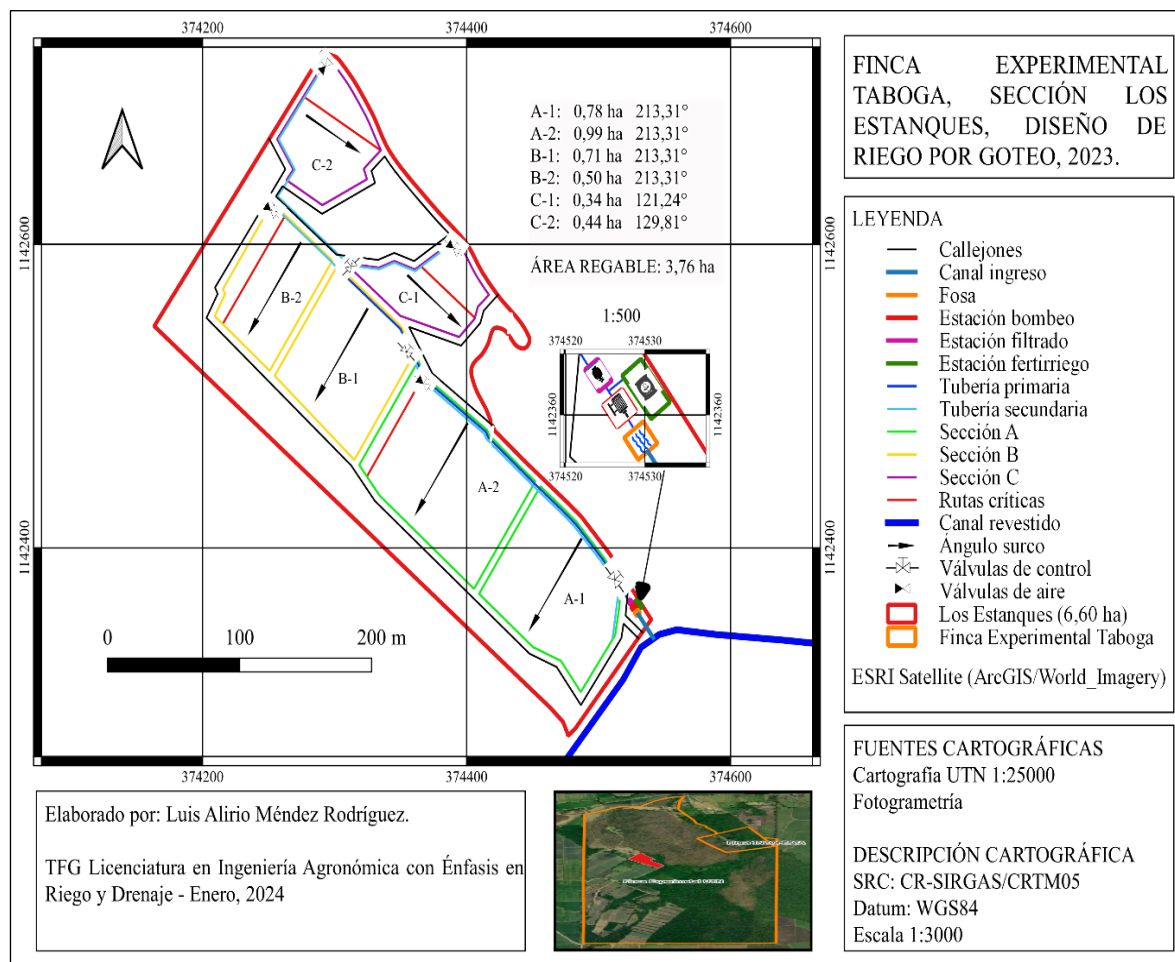
Potencia bombeo	6,00	hp
Q lote A-1-2	7,07	l/s
Q lote B-1-2	4,84	l/s
Q lote C-1	1,36	l/s
Q lote C-2	1,75	l/s
PO lote A-1-2	2,87	bar
PO lote B-1-2	2,30	bar
PO lote C-1	2,13	bar
PO lote C-2	3,08	bar
Backhoe	119,94	hr
Mano de obra	132,10	hr

Para todo el sistema se requiere la misma cinta de goteo con un diámetro de 0,63” con espaciamiento entre gotero de 0,50 m y presión de operación de 2 bares. La primera operación tiene un área de 1,77 ha la cual se estructura en los lotes A-1 y A-2, ambos con diámetros de tuberías secundarias de 3”, para todo el sistema la tubería primaria es de 4”, la primer operación tiene un caudal del sistema de 7,90 l/s con un tiempo de riego de 5,92 horas, la segunda operación tiene un área de 1,99 ha de la cual dos lotes tiene tuberías secundaria de 3” y los otros dos de 1,50”, esta al tener un área relativamente más amplia tiene un tiempo de riego de 6,65 horas con el mismo caudal de diseño.

El diseño comprende un sistema de filtrado de arena, bombeo, fertirriego y la fosa de ingreso, a la cual se le vierten las aguas de riego desde un canal de ingreso por construir, en el que se considera una red principal que pasa a un costado del lote en que se diseña el sistema, y del cual se tomará un 5,53% de la capacidad máxima.

Figura 6

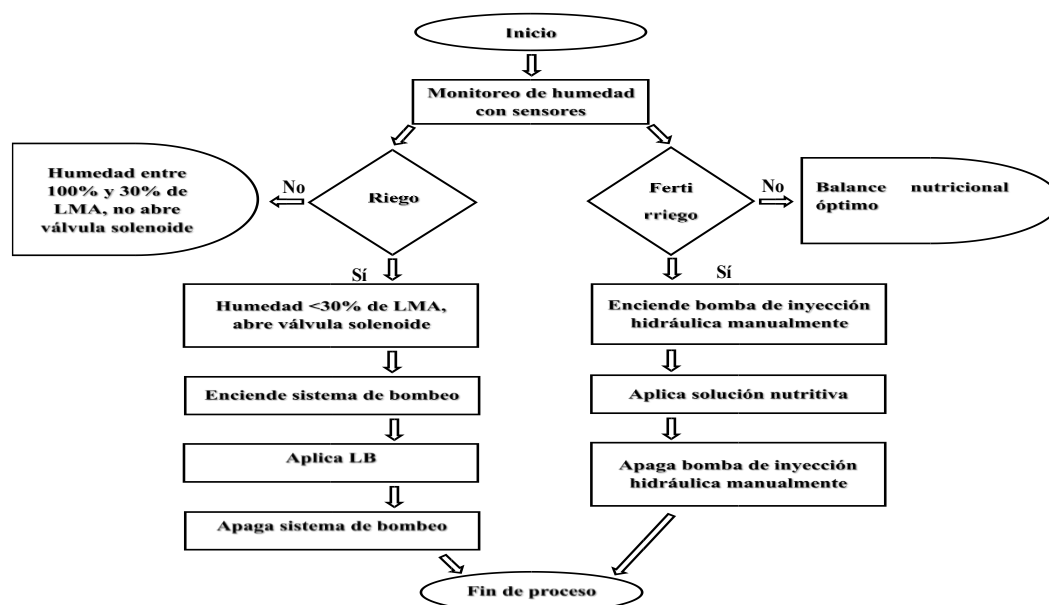
Plano diseño de sistema de riego por goteo en Finca Experimental Taboga-UTN.



La automatización del sistema está basada especialmente en el monitoreo de humedad con los sensores, los cuales se comunican via radio con la válvula solenoide. Cuando la lámina máxima del suelo está por debajo del 30% que corresponde a una lámina de 26 mm, cualquiera de los 6 sensores envía la señal correspondiente para aplicar la lámina bruta y devolver la humedad del suelo a capacidad de campo que es igual a 38 mm, una vez ocurrido esto la válvula solenoide se cierra y deshabilita el sistema de bombeo.

Figura 7

Flujograma de automatización del sistema de riego.



#### 4.3. Fertirriego

Según el análisis químico de suelo realizado, los elementos más críticos respecto a lo requerido por el cultivo son el nitrógeno (N), fosforo (P), potasio (K), magnesio (Mg) y boro (B), por su lado el calcio (Ca) y el zinc (Zn) son los que menos se requieren incorporar en el plan de fertilización en un plazo considerable.

**Tabla 6**

*Nutrientes disponibles en el suelo versus requerimiento del cultivo.*

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Disponible	64,80	39,60	287,82	8989,20	16,85		4,32
Requerido	262,00	50,00	270,00	122,00	35,00	0,54	0,15
EP requerido	197,20	10,40	-17,82	-8867,20	18,15	0,54	-4,17
<b>Nitrato/óxido P.A.</b>	<b>1159,35</b>	<b>221,25</b>	<b>1194,75</b>		<b>154,88</b>	<b>2,39</b>	
Ciclo aplicación	0,25	0,79	1,07	<b>73,68</b>	0,48		<b>29,19</b>

Los elementos más requeridos por el cultivo de cebolla son el nitrógeno y el potasio, por lo que la mayor proporción de fertilizantes por utilizar son la urea y el nitrato de potasio, por su lado aunado a la disponibilidad de calcio y zinc en el suelo, el óxido de calcio y el óxido de zinc no se requiere aplicar en un plazo considerablemente largo, lo cual se traduce en menores costos de fertilización; en total la carga de fertilizantes requeridos es de 5634 kg/ha, este y otro detalles se hacen notar en la siguiente tabla.

**Tabla 7**

*Requerimiento de fertilizantes para modelo de producción.*

<b>Fertilizante</b>	<b>Uso (kg/ha)</b>	<b>NO<sub>3</sub> (kg/ha)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (kg/ha)</b>	<b>MgO (kg/ha)</b>	<b>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (kg/ha)</b>
KNO <sub>3</sub>	2597,28	337,65		1194,75		
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	362,70	43,52	221,25			
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>						
Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>						
MgSO <sub>4</sub>	967,97				154,88	
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	14,06					2,39
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	1691,69	778,18				
<b>Aplicado</b>	<b>5633,70</b>	<b>1159,35</b>	<b>221,25</b>	<b>1194,75</b>	<b>154,88</b>	<b>2,39</b>

Para la fertiirrigación se considera la solubilidad de los fertilizantes por utilizar (Anexo 22), además de la compatibilidad de los fertilizantes (Anexo 23) para no generar precipitaciones en las mezclas y optimizar la aplicación de estos; en la siguiente tabla de presentan las dosis en solución por hectárea por fertilizante, en la cual se considera la solubilidad y compatibilidad de estos.

La dosificación de los fertilizantes se realiza en función de lo requerido por el cultivo a lo largo de su ciclo, además, de esta forma se facilita la operatividad en la fertilización via

riego y se optimiza el uso de los recursos para que el cultivo lo aproveche de la mejor manera y potenciar su productividad.

**Tabla 8**

*Dosificación de fertilizantes para modelo de producción.*

		<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	<b>MgSO<sub>4</sub></b>	<b>H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub></b>	<b>CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub></b>
<b>SEMANA/DDS</b>		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
	Siembra	134,67	36,27	414,84	14,06	77,48
1	7					
2	14	211,63		553,13		90,40
3	21	230,87	50,78			129,14
4	28	336,68	65,29			161,42
5	35					
6	42					
7	49					161,42
8	56	240,49				161,42
9	63	240,49	65,29			161,42
10	70	240,49	72,54			180,79
11	77	336,68	72,54			180,79
12	84					
13	91					142,05
14	98	288,59				129,14
15	105	336,68				116,22
16	112					
17	119					
18	126					
19	133					
<b>TOTAL</b>		<b>2597,28</b>	<b>362,70</b>	<b>967,97</b>	<b>14,06</b>	<b>1691,69</b>

El calcio encontrado en el suelo alcanza para sustentar al cultivo de cebolla aproximadamente por 74 ciclos, mientras que el zinc por 29 ciclos, los demás elementos si es necesario incorporarlos al plan de fertirriego desde el primer ciclo debido a que la tasa de absorción del cultivo lo amerita; no se consideran los elementos encontrados en el agua pues tienen un comportamiento muy inestable, sin embargo, las condiciones de acides tanto del

agua como del suelo son relativamente buenas para el cultivo. En la siguiente tabla se estima el óxido de cada elemento requerido para optimizar el modelo de producción.

**Tabla 9**

*Dosificación de fertilizantes por hectárea en solución para modelo de producción.*

		<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	<b>MgSO<sub>4</sub></b>	<b>H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub></b>	<b>CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub></b>
<b>SEMANA/DDS</b>		L/ha-20°C	L/ha-20°C	L/ha-20°C	L/ha-20°C	L/ha-20°C
Siembra		420,86	362,70	488,05	140,56	71,74
1	7					
2	14	661,35		650,74		83,70
3	21	721,47	507,79			119,57
4	28	1052,14	652,87			149,46
5	35					
6	42					
7	49					149,46
8	56	751,53				149,46
9	63	751,53	652,87			149,46
10	70	751,53	725,41			167,40
11	77	1052,14	725,41			167,40
12	84					
13	91					131,53
14	98	901,83				119,57
15	105	1052,14				107,61
16	112					
17	119					
18	126					
19	133					
<b>TOTAL</b>		<b>8116,51</b>	<b>3627,05</b>	<b>1138,79</b>	<b>140,56</b>	<b>1566,38</b>

#### 4.4. Estudio financiero

Para la ejecución del proyecto se requiere una inversión de ¢ 38 423 343,96, la cual considera todos los equipos, accesorios y estructuras que deben realizarse para que el diseño se riego funcione.

**Tabla 10***Inversión inicial requerida para ejecución del proyecto.*

Rubro	Requerido	Vida útil	Precio bruto	Total
Rollo cinta goteo	8,00	10,00	₡ 425 000,00	₡ 3 400 000,00
Rollo poliducto	2,00	15,00	₡ 180 000,00	₡ 360 000,00
Acoples PVC/polí	200,00	15,00	₡ 205,66	₡ 41 132,00
Uniones poli/cinta	200,00	15,00	₡ 256,51	₡ 51 302,00
Tuber. 3,00" SDR26	70,00	15,00	₡ 80 592,73	₡ 5 641 491,10
Tuber. 1,50" SDR26	54,00	15,00	₡ 26 396,00	₡ 1 425 384,00
Tuber. 4,00" SDR26	66,00	15,00	₡ 134 089,19	₡ 8 849 886,54
Codos 45° 1,50"	7,00	15,00	₡ 19 277,24	₡ 134 940,65
Codos 90° 1,50"	14,00	15,00	₡ 20 168,81	₡ 282 363,27
Codos 45° 3"	7,00	15,00	₡ 22 194,33	₡ 155 360,31
Codos 90° 3"	16,00	15,00	₡ 22 894,93	₡ 366 318,88
Codos 45° 4"	6,00	15,00	₡ 27 455,61	₡ 164 733,66
Codos 90° 4"	1,00	15,00	₡ 28 347,18	₡ 28 347,18
Mecha (1/2 kg)	1,00	5,00	₡ 8 103,23	₡ 8 103,23
Cemento PVC (gal)	2,00	15,00	₡ 60 156,68	₡ 120 313,36
Válvula de aire	4,00	15,00	₡ 17 475,45	₡ 69 901,80
Válvula solenoide	1,00	15,00	₡ 89 235,77	₡ 89 235,77
Válvula control 3,00"	2,00	15,00	₡ 101 611,36	₡ 203 222,72
Válvula control 1,50"	1,00	15,00	₡ 69 283,12	₡ 69 283,12
Filtro arena	1,00	15,00	₡ 2 162 000,00	₡ 2 162 000,00
Bomba riego	1,00	10,00	₡ 477 075,36	₡ 477 075,36
Agitadores	1,00	10,00	₡ 384 954,01	₡ 384 954,01
Bomba iny. hidr.	1,00	10,00	₡ 61 823,43	₡ 61 823,43
Manómetro	3,00	10,00	₡ 20 625,89	₡ 61 877,67
Llave francesa	3,00	10,00	₡ 7 095,00	₡ 21 285,00
Machete	3,00	10,00	₡ 8 500,00	₡ 25 500,00
Bomba espalda	2,00	5,00	₡ 71 053,00	₡ 142 106,00
Tanque fertirriego	3,00	10,00	₡ 119 033,07	₡ 357 099,21
Sensores humedad	6,00	20,00	₡ 40 000,00	₡ 240 000,00
Programador PLC	1,00	20,00	₡ 800 000,00	₡ 800 000,00
Radios UHF	6,00	20,00	₡ 30 000,00	₡ 180 000,00
Cablería	1,00	20,00	₡ 50 000,00	₡ 50 000,00
Instalación sistema	1,00	20,00	₡ 2 992 353,94	₡ 2 992 353,94
Canal ingreso	1,00	10,00	₡ 956 380,96	₡ 956 380,96
Computadora	1,00	7,00	₡ 364 900,00	₡ 364 900,00
Diseño de riego	1,00	20,00	1/4 inversión	₡ 7 684 668,79
<b>Total I0</b>				<b>₡ 38 423 343,96</b>

El costo anual para producir 3 ciclos anuales por hectárea de cultivo de cebolla en este caso es de ¢ 29 874 960,18, lo cual significa que por hectárea se requiere ¢ 9 958 320,06 si se toman en cuenta todos los rubros que conlleva el modelo de producción diseñado.

**Tabla 11**

*Costeo anual para la ejecución del proyecto para tres ciclos de cultivo, parte 1.*

<b>Producto</b>	<b>kg o lts</b>	<b>Present. (kg o lts)</b>	<b>Precio</b>	<b>Costo total</b>
Semilla	3,89	0,45	¢ 150 000,00	¢ 1 350 000,00
				<b>¢ 1 350 000,00</b>
KNO <sub>3</sub>	7791,85	25,00	¢ 33 049,38	¢ 10 311 406,56
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1088,11	25,00	¢ 25 211,25	¢ 1 109 295,00
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,00	25,00	¢ 10 905,82	¢ -
Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,00	25,00	¢ 16 358,73	¢ -
MgSO <sub>4</sub>	2903,91	25,00	¢ 4 030,88	¢ 471 612,96
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	42,17	25,00	¢ 33 460,75	¢ 66 921,50
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	5075,08	45,00	¢ 15 481,30	¢ 1 749 386,90
				<b>¢13 708 622,92</b>
Escudo 31.5 EC	0,45	1,00	¢ 25 125,00	¢ 25 125,00
Oxiflu 24 EC	16,67	1,00	¢ 15 103,12	¢ 513 506,08
Imbirex CR 80 SL	6,67	1,00	¢ 7 130,00	¢ 99 820,00
Fusilade 12.5 EC	23,33	1,00	¢ 19 568,75	¢ 919 731,25
Confidor 70 WG	0,90	0,25	¢ 45 754,85	¢ 366 038,80
Antracol 70 WP	2,67	0,75	¢ 8 063,16	¢ 64 505,28
Benomil	2,67	1,00	¢ 11 310,00	¢ 67 860,00
Ippon 50 SC	2,67	1,00	¢ 38 400,00	¢ 230 400,00
Verango 50 SC	3,00	1,00	¢ 148 982,50	¢ 446 947,50
Mastercoop 6.6 L	33,33	1,00	¢ 41 193,75	¢ 2 759 981,25
				<b>¢ 5 493 915,16</b>
<b>Servicio</b>	<b>Requerido (hrs/km)</b>	<b>Requerido (unid)</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo total</b>
Rastreado	7,53		¢ 11 293,92	¢ 85 026,55
Surcado	2,51		¢ 11 293,92	¢ 28 342,18
Rodillado	2,51		¢ 11 293,92	¢ 28 342,18
				<b>¢ 141 710,91</b>

**Tabla 12**

*Costeo anual para la ejecución del proyecto para tres ciclos de cultivo, parte 2.*

Electricidad (kw)	11544,89	₪	66,68	₪	769 813,12
					<b>₪ 769 813,12</b>
Canon agua (m <sup>3</sup> )	131179,72	₪	3,63	₪	476 043,85
					<b>₪ 476 043,85</b>
Mano obra	41,25	₪	1 834,19	₪	75 660,43
Acoples PVC/poli	660,00	₪	205,66	₪	135 735,60
Uniones poli/cinta	660,00	₪	256,51	₪	169 296,60
Tuber. 3,00" SDR26	3,00	₪	80 592,73	₪	241 778,19
Tuber. 1,50" SDR26	3,00	₪	26 396,00	₪	79 188,00
Tuber. 4,00" SDR26	3,00	₪	134 089,19	₪	402 267,57
Uniones cinta	660,00	₪	256,51	₪	169 296,60
Rollo cinta goteo	3,00	₪	425 000,00	₪	1 275 000,00
					<b>₪ 2 548 222,99</b>
Rodaje/fletes	15000,00	₪	211,27	₪	3 169 062,46
					<b>₪ 3 169 062,46</b>
Deprec. activos IO		₪	2 217 568,77	₪	2 217 568,77
					<b>₪ 2 217 568,77</b>
<b>COSTO/HA/AÑO</b>					
<b>COSTO/HA</b>					<b>₪29 874 960,18</b>
					<b>₪ 9 958 320,06</b>

Se considera que para el inicio y sostenibilidad del proyecto a lo largo del tiempo se requiere un ingeniero y dos operarios de campo de manera fija, además para otras labores se opta por la contratación indirecta, los gastos anuales rondan los ₪40 824 694,22, lo cual incluye cargos asumidos directamente por el proyecto y el pago a terceros.

La tercerización de labores da fluidez a ciertos procesos, además de que se acude a ello cuando no es necesario realizar con frecuencia algunos trabajos requeridos para que la ejecución del sistema de riego, además de que se disminuye considerablemente la logística para localización de mano de obra y pago de obligaciones laborales

**Tabla 13**

*Gasto anual para la ejecución del proyecto.*

Rubro	Ciclos anuales	Salario/pago	Total/año
Encargado proyecto	12	₡ 752 220,04	₡ 9 026 640,48
Técnico bombeo	1	₡ 150 000,00	₡ 150 000,00
Operario de campo 1	12	₡ 352 164,91	₡ 4 225 978,92
Operario de campo 2	12	₡ 352 164,91	₡ 4 225 978,92
Cargas sociales	12	₡ 803 274,93	₡ 9 639 299,16
Cosecha (para 3,76 ha)	3	₡ 4 428 149,41	₡ 13 284 448,22
Servicios contables	12	₡ 22 695,71	₡ 272 348,52
<b>TOTAL</b>			<b>₡ 40 824 694,22</b>

El área efectiva del modelo de producción es de 3,76 ha, se estima que el precio en el mercado mayorista ronda al menos ₡300, y según evaluaciones realizadas en la zona respecto a la productividad de la cebolla es de mínimo 62,50 ton/ha, con este rendimiento se estiman ingresos cuatrimestrales de ₡70,50 millones y gastos en el mismo periodo de casi ₡37,50 millones.

**Tabla 14**

*Ingresos y costos anuales para la ejecución del proyecto.*

PRIMER AÑO	Enero	Abril	Mayo	Agosto	Septiembre	Diciembre
Área (ha)	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76
Prod.(kg/ha)	0,00	62500,00	0,00	62500,00	0,00	62500,00
Precio kg	₡ 300,00	₡ 300,00	₡ 300,00	₡ 300,00	₡ 300,00	₡ 300,00
Costo/ha/ciclo	₡ 9 958 320,06		₡ 9 958 320,06		₡ 9 958 320,06	
Costo ciclo	₡ 37 485 732,76	₡ -	₡ 37 485 732,76	₡ -	₡ 37 485 732,76	₡ -
Ingreso mes	₡ -	₡ 70 579 925,63	₡ -	₡ 70 579 925,63	₡ -	₡ 70 579 925,63
<b>Costo anual total</b>						<b>₡ 112 457 198,28</b>
<b>Ingreso anual total</b>						<b>₡ 211 739 776,88</b>

Según el flujo de efectivo realizado si se plantea que el proyecto se ejecute con capital propio, el VAN supera los ¢113 millones, el TIR es de 103,11%, la relación beneficio/costo es de ¢2,95, con un periodo de retorno de la inversión de 1,14 años y un punto de equilibrio de 48 ton/ha; con el flujo de efectivo se demuestra que el proyecto es muy rentable, sin embargo, se debe considerar que la inversión, gasto y costos anuales son relativamente elevados.

**Tabla 15**

*Flujo de efectivo del proyecto con capital propio*

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos	¢ 211 739 776,88	¢ 220 632 847,50	¢ 227 472 465,78	¢ 234 296 639,75	¢ 241 325 538,94	
-Costos	¢ 112 457 198,28	¢ 117 180 400,61	¢ 120 812 993,03	¢ 124 437 382,82	¢ 128 170 504,30	
<b>U. Bruta</b>	<b>¢ 99 282 578,59</b>	<b>¢ 103 452 446,89</b>	<b>¢ 106 659 472,75</b>	<b>¢ 109 859 256,93</b>	<b>¢ 113 155 034,64</b>	
-Gastos	¢ 40 824 694,22	¢ 42 539 331,38	¢ 43 858 050,65	¢ 45 173 792,17	¢ 46 529 005,94	
-Gastos no desembolsables	¢ 2 217 568,77	¢ 2 217 568,77	¢ 2 217 568,77	¢ 2 217 568,77	¢ 2 217 568,77	
-Gastos por intereses	¢ -	¢ -	¢ -	¢ -	¢ -	
<b>U antes de impuestos</b>	<b>¢ 56 240 315,60</b>	<b>¢ 58 695 546,74</b>	<b>¢ 60 583 853,33</b>	<b>¢ 62 467 895,99</b>	<b>¢ 64 408 459,93</b>	
-Impuesto de renta	¢ 19 684 110,46	¢ 20 543 441,36	¢ 21 204 348,66	¢ 21 863 763,60	¢ 22 542 960,98	
<b>U después de impuestos</b>	<b>¢ 36 556 205,14</b>	<b>¢ 38 152 105,38</b>	<b>¢ 39 379 504,66</b>	<b>¢ 40 604 132,39</b>	<b>¢ 41 865 498,96</b>	
+Gastos no desembolsables	¢ 2 217 568,77	¢ 2 217 568,77	¢ 2 217 568,77	¢ 2 217 568,77	¢ 2 217 568,77	
-Incremento k de trab	¢ -					
+ Recuperación de K de trabajo					¢ -	
- Nueva inversión req	¢ 38 423 343,96					
+ Recuperación de la inversión					¢ 27 335 500,11	
- Amortización de la deuda						
<b>Flujo de efectivo no</b>	<b>¢ 38 423 343,96</b>	<b>¢ 38 773 773,91</b>	<b>¢ 40 369 674,15</b>	<b>¢ 41 597 073,43</b>	<b>¢ 42 821 701,16</b>	<b>¢ 71 418 567,84</b>
Flujo descontados FD	¢ 33 716 325,14	¢ 30 525 273,46	¢ 27 350 751,00	¢ 24 483 446,62	¢ 35 507 650,40	
Acum. de flujos descontados FD	¢ 33 716 325,14	¢ 64 241 598,60	¢ 91 592 349,60	¢ 116 075 796,22	¢ 151 583 446,62	
<b>% de recuperación de I0</b>		87,75%	167,19%	238,38%	302,10%	394,51%
<b>Taza de descuento</b>	<b>15,00%</b>					
<b>VAN al 20%</b>	¢ 113 160 102,66					
<b>TIR</b>	103,11%					
<b>B/C</b>	¢ 2,95					
<b>PR</b>	1,14					
<b>PE (ton/ha)</b>	48,03					

## **Capítulo V. Conclusiones**

- El estudio agronómico cumple con el criterio técnico suficiente para suplir las necesidades hídricas y nutricionales del cultivo de cebolla y es la partida inicial para el diseño del sistema de riego por goteo.
- En la región en que se diseñó el sistema de riego, el cultivo de cebolla se proyecta como una potencial alternativa para los productores, considerándose características fisicoquímicas del suelo, agua y climatología fundamentadas desde análisis de laboratorio y recopilación de otras fuentes como estaciones climatológicas.
- Con el estudio hidráulico se fundamenta la elección del modelo de riego y fertiriego a elegir, el cual consiste en un sistema auto compensado y automatizado dividido en dos operaciones, que se complementan con la elección de distintos accesorios y equipos que se requieren para optimizar el uso del agua ajustándose a las condiciones del entorno sin descartar los parámetros hidráulicos que deben cumplirse para el respectivo funcionamiento.
- Se debe considerar que la fuente de energía eléctrica es limitante en la Finca Experimenta Taboga-UTN, especialmente en la Sección Los Estanques, por lo que se ajustó la necesidad al acudir por un sistema de bombeo que funcione con estas condiciones, sin sacrificar la automatización del sistema y sin poner en riesgo el suplir las necesidades del cultivo.
- El plan de fertiriego planteado cumple con las necesidades nutricionales del cultivo de cebolla para optimizar su desarrollo, balanceándose con las características fisicoquímicas del suelo y se fracciona la aplicación del fertilizante para hacer un uso justo del recurso.

- La inyección hidráulica en el sistema de fertirriego mejora la incorporación de nutrientes en la red de riego en relación con un sistema venturi, debido a que no depende de la misma energía hidráulica la cual puede ser variable.
- Según el análisis económico realizado, el proyecto planteado es factible desde la perspectiva financiera con capital propio, incluso en escenarios sumamente pesimistas la recuperación de la inversión no pasa de 5 años según el flujo de efectivo y se presentan indicadores financieros muy beneficiosos.
- El proyecto planteado se torna como una potencial alternativa de ingreso monetario a la Finca Experimental Taboga-UTN, se debe considerar que los cultivos que predominan en esta son las gramíneas, piscicultura y ganadería, con lo cual también se puede posicionar de manera importante en el mercado cebollero.

## **Capítulo VI. Recomendaciones**

- Realizar un estudio de drenaje para determinar posibles influencias sobre el rendimiento del cultivo en la Sección Los Estanques y comprobar la necesidad de un sistema de drenaje debidamente establecido.
- Incurrir en siembras trimestrales en menores áreas para escalonar la cosecha y mejorar la incorporación del negocio en el mercado cebollero.
- Valorar un estudio económico que estime la factibilidad de establecer un almacigo que permita controlar la germinación de la cebolla de manera más segura.
- Promover un estudio que considere la posibilidad de establecer un sistema de riego por goteo por gravedad, es decir, que no dependa una energía externa para su funcionamiento, siempre y cuando no comprometa la optimización del sistema.
- Colocar indicadores de caudal en el canal revestido principal para tener un mejor control del aforo, también en el canal de ingreso diseñado para el sistema.
- Establecer un plan de control de roedores y otras especies animales que podrían afectar al cultivo de cebolla, pues en la Finca Experimental Taboga-UTN se encuentra un área de reserva forestal, por lo que existe una amplia variación de fauna.
- Efectuar un estudio técnico y de mercado para también producir otros tipos de hortalizas que tenga potencial en la finca, incluso se puede considerar disminuir el área de cebolla e incorporar otra hortaliza al mismo sistema de riego.
- Evaluar otras variedades de cebolla para producir en la región y ampliar las posibilidades de incorporarse a otros mercados que requieran características en singular del producto.

- Considerar un estudio financiero en que se contemple la variación en la productividad del cultivo por efecto de climatología, plagas, enfermedades, entre otros afines en los diferentes periodos del año, así como el precio del producto en el mercado.
- Efectuar una evaluación productiva y económica del cultivo de cebolla bajo ambientes protegidos en la región de Guanacaste, Costa Rica.
- Originar un plan de incursión debidamente fundamentado desde la parte técnica en el manejo del cultivo de cebolla, dirigido a productores de Guanacaste, Costa Rica, para estimular y aumentar la producción de esta hortaliza en la región.
- Valorar para estudios financieros tasas de descuento tanto de entidades bancarias estatales como privadas para ampliar opciones en este rubro y garantizar otras potenciales alternativas.

## **Capítulo VII. Bibliografía**

- Acuña, C. (2014). *Diseño de un sistema integrado de riego superficial (surcos, melgas y cuadros) en el terreno designado como área experimental de la Escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Agrícola. Cartago, Costa Rica: Repositorio TEC. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5811/sistema\\_riego\\_superficial\\_experimental.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5811/sistema_riego_superficial_experimental.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Aguirre, J., & Meza, M. (2011). *Diseño de un sistema de riego por goteo para producción de hortalizas y semillas en Zamorano, Honduras*. Zamorano, Honduras: bdigital. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/03b8f0b8-db42-4fe1-888d-4e6ac90dc63b/content>
- Araya, G. (2012). *Manual de Recomendaciones para el Cultivo de Cebolla (Allium cepa L.)*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica: MAG/INTA. <http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/00/00470-cebolla.pdf>
- Barboza, G., Aguilar, J., & Meza, L. (2009). *La cebolla (Allium cepa), nueva alternativa de producción para el cantón de Cañas, Guanacaste*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Agencia de Servicios Agropecuarios. [http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Publicaciones/HojasDivulgativas/Cebolla\\_Alliun-cepa\\_alternativa\\_produccion\\_Cannas-Guanacaste.pdf](http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Publicaciones/HojasDivulgativas/Cebolla_Alliun-cepa_alternativa_produccion_Cannas-Guanacaste.pdf)
- Burbano, D. (2016). *Sistema de transmisión de datos inalámbrica mediante pulsos luminosos*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Investigación y Postgrados. Quito, Ecuador: CORE. <https://core.ac.uk/download/pdf/143443743.pdf>
- Bustamante, M. (2016). *Válvulas Solenoides*. docplayer.es. <https://docplayer.es/13538898->

Valvulas-solenoides-tipos-de-valvulas-de-solenoides.html

Canales, J. (2015). *Criterios para la toma de decisión de inversiones*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Departamento de Economía. Managua, Nicaragua: REICE.

Castañeda, J. (2016). *Producción de jitomate bajo condiciones de invernadero*. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Departamento de Riego y Drenaje. Coah, México: Repositorio UAAAN.  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8116/64111%20CASTA%20C3%91EDA%20VENEGAS%20C%20JOSE%20ANGEL%20%20MEMORIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castro, I., & Rios, N. (2008). *Evaluación agronómica de nueve híbrido de cebolla (Allium cepa (L.) Cif) en el valle de Sébaco, Matagalpa*. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Repositorio UNA.  
<https://repositorio.una.edu.ni/2068/1/tnf30c355a.pdf>

Chavarría, A., Morales M., Soto F. (2023). *Evapotranspiración de referencia, evapotranspiración real y el coeficiente de cultivo para el cultivo de cebolla (Allium cepa) c.v. Álvara promedio en invernadero*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica: Revistas TEC.  
[https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/6240/6550](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/6240/6550)

Chimborazo, D. (2015). *EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE CEBOLLA DE BULBO (Allium cepa L.) Var. RED NICE A PARTIR DE PLÁNTULAS OBTENIDAS MEDIANTE LA PODA DE SUS HOJAS*. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cevallos, Ecuador: Repositorio UTA.

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19241/1/Tesis-111%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20361.pdf>

Ciancaglini, N., Liotta, M., Estevez, A., Carrion, R., Paz, M., & Graffigna, M. (2015).

*Manual de capacitación: riego superficial.* INTA. UCAR.

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_manual\\_riego\\_superficial.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_superficial.pdf)

Coronado, D. (2010). *Diseño agronómico con fines de evaluación.* Universidad de los Andes

Núcleo Universitario “Rafael Rangel”. B Digital ULA.

Elizondo, M. (2018). *Riego por goteo y fertirriego.* Instituto Nacional de Innovación y

Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

Enciso, C., Vera, P., Santacruz, A., & González, J. (2019). *Guía Técnica Cultivo de Cebolla.*

Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, San Lorenzo, Paraguay.

[https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gkeatt/gt\\_02.pdf](https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gkeatt/gt_02.pdf)

FAO. (2013). *Afrontar la escases de agua: un marco de acción para la agricultura y seguridad alimentaria.* Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y

la Agricultura, Roma. <https://www.fao.org/3/i3015s/i3015s.pdf>

FAO. (2021). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y*

*la agricultura.* Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma: Sistemas al límite.

FAO. (s.f.). *Evapotranspiración del cultivo: Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio FAO Riego y Drenaje. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>

Fernández, R., Yruela, M., Milla, M., García, J., Oyonarte, N., Ávila, R., & Gavilán, P. (2010). *Manual de riego para agricultores*. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Sevilla, España: Junta de Andalucía. [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941RIEGO\\_BAJA.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941RIEGO_BAJA.pdf)

Fornaris, G. (2012). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Cebolla: Características de la Planta*. Universidad de Puerto Rico, Colegio de Ciencias Agrícolas. <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/2.-CEBOLLA-CARACTERISTICAS-DE-LA-PLANTA-G.-Fornaris-v2012.pdf>

Gómez, J. (2021). *Estudio de rentabilidad para la implementación del mulch en la producción de cebolla en la zona norte de Cartago*. Universidad de Costa Rica, Sistema de Estudios de Postgrado. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica: kerwa ucr. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/84507/Proyecto%20Final%20de%20Graduacion%20Cebolla%20Mulch%20Esteban%20G%C3%B3mez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Granados, M. d. (2011). *Problemas Fitosanitarios de la Cebolla en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica: Kerwa. <https://kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/76072/libro%20cebolla%20UCR%2>

0corregido-.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gutiérrez, J. (2017). *Propuesta de un sistema de evaluación de rentabilidad para proyectos empresariales de conectividad para Cabletica*. Universidad de Costa Rica, Sistema de Estudios de Postgrado. San José, Costa Rica: KERWA.  
<https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/74610/Trabajo%20Final%20Jos%C3%A9%20Guti%C3%A9rrez%2020170728.pdf?sequence=1>

Hernández, X., Montano, R., & López, N. (2022). *Modelo de costo de producción cebolla convencional bajo riego*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria.  
[http://www.infoagro.go.cr/EstadisticasAgropecuarias/CostosProduccion/Documents/CEBOLLA\\_Chorotega\\_2022.pdf](http://www.infoagro.go.cr/EstadisticasAgropecuarias/CostosProduccion/Documents/CEBOLLA_Chorotega_2022.pdf)

Instituto Nacional de Innovación Agraria. (s.f.). *Diseño Agronómico e Hidráulico en el Sistema de Riego Tecnificado*. Ministerio de Agricultura y Riego. Perú: PGC.

INTAGRI S.C. (2016). *La compatibilidad de los fertilizantes en fertirrigación*.

<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-compatibilidad-de-losfertilizantes-en-fertirrigacion>

Itaú Empresas. (2015). *Manual de Gestión Financiera*.  
[https://s2.q4cdn.com/476556808/files/doc\\_downloads/sustainability/2019/Manualgestion-financiera-vfinal-2.pdf](https://s2.q4cdn.com/476556808/files/doc_downloads/sustainability/2019/Manualgestion-financiera-vfinal-2.pdf)

Liotta, M. (2015). *Manual de capacitación: riego por goteo*. INTA. UCAR.

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_manual\\_riego\\_por\\_goteo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf)

- Lipinski, V. (s.f.). *Manual de Cultivo de la Cebolla*. INTA, Centro Regional Cuyo . INTA gob. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-11fertilizacion\\_y\\_riego.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-11fertilizacion_y_riego.pdf)
- Maridueña, L. (2020). *El costo beneficio en un proyecto de inversión para determinar su factibilidad*. Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agroempresariales. Machala, Ecuador: Repositorio UTMACH. [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15464/1/E-11299\\_CHUYA%20CORDOVA%20MARIUXI%20ELIZABETH.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15464/1/E-11299_CHUYA%20CORDOVA%20MARIUXI%20ELIZABETH.pdf)
- Martínez, H. (2015). *Modulo didáctico para prácticas de laboratorio con controladores lógicos programables*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica . Nuevo León, México: EPRINTS. <http://eprints.uanl.mx/9535/1/1080214939.pdf>
- Martínez, P., Muñoz, M., & Martínez-Lagos, J. (2019). *Plagas y enfermedades en el cultivo de la cebolla (Allium cepa L.)*. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile: Biblioteca INIA. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4961/NR41708.pdf?sequen ce=1>
- Mata, H., Patishtán, J., Vázquez, E., & Ramírez, M. (2011). *Fertirrigación del cultivo de cebolla por goteo en el sur de Tamaulipas*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Mendieta, K., & Mercado, K. (2022). *Evaluación de tres láminas de riego por goteo (superficial, subsuperficial) y surco en el cultivo de cebolla (Allium cepa L.), Condega, Estelí, 2022*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua: Repositorio UNA.

- Montalbán, N. (2020). *Anejo 1: Características de la cebolla y sus productos derivados*.  
Escuela Politécnica Superior de Huesca.  
[https://zaguan.unizar.es/record/95239/files/TAZ-TFG-2020-2724\\_ANE.pdf](https://zaguan.unizar.es/record/95239/files/TAZ-TFG-2020-2724_ANE.pdf)
- Morales, I. (2023). *Respuesta del cultivo de cebolla (Allium cepa L.) variedad Roja Arequipeña, a cinco láminas de riego por goteo en el Valle de Cajamarca*.  
Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Navarro, L. (2017). *Evaluación de calidad de bulbos y costos en la producción de cebolla de siembra directa bajo diferentes sistemas de riego*. Universidad Nacional de Comahue, Argentina.
- Pérez, D. (2014). *Comportamiento fisiológico de cebolla (Allium cepa L.) a la aplicación de fertilización foliar de líquido de lombriz enriquecido con harina de lombriz*.  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Ciencias del Suelo.  
Coahuila, México: Repositorio UAAAN.  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3909/T20294%20PEREZ%20PEREZ%2C%20DANIELA%20DAYMI%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- PROFERTIL. (2020). *Fertilizantes y soluciones concentradas*.  
<https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/fertilizantes-y-soluciones-concentradas.pdf>
- Rázuri, L., Romero, C., & Galindo, A. (2005). *Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de la siembra, variedad americana con riego por goteo en el valle de Quíbor*. Agricultura Andina.

- Rodríguez, G., & Chabali, N. (2016). *Manual Práctico de Fertirrigación*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Offset Ricaldone.
- Rodríguez, J. (2022). *Sistema de riego por goteo y fertirriego automatizado con sensores de humedad y telemetría para maiz (Zea mays) Jicaral, Puntarenas, 2020*. Universidad Técnica Nacional. Cañas, Guacaste, Costa Rica: Repositorio UTN.  
<https://repositorio.utn.ac.cr/bitstream/handle/20.500.13077/745/SISTEMA%20DE%20RIEGO%20POR%20GOTEO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ruíz, J., Medina, G., González, I., Flores, H., Ramírez, G., Ortiz, C., . . . Martínez, R. (2013). *Requerimientos Agroecológicos de Cultivos*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Jalisco, México: Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223\\_REQUERIMIENTOS\\_AGROECOLOGICOS\\_DE\\_CULTIVOS\\_2da\\_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223_REQUERIMIENTOS_AGROECOLOGICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf)
- Salazar, R. (2019). *Diseño de un sistema de riego por aspersión aplicado al modelo productivo de Agrícola Industrial SUKIA S.A*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Agrícola. Repositorio TEC.  
[https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11285/disen%C3%B3\\_sistema\\_riego\\_aspersi%C3%B3n\\_aplicado.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11285/disen%C3%B3_sistema_riego_aspersi%C3%B3n_aplicado.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Schroeder, K., Guevara, A., Segura, C., Schroeder, E., Rivera, L., Menocal, M., . . . Sánchez, S. (2010). *Estudio de competitividad del cultivo de cebolla en Costa Rica: SP No.02 2009*. Centro de Inteligencia de Mercados Sostenibles.  
<https://drcomag.yolasite.com/resources/COMPETITIVIDADCEBOLLA%2826-04->

2010%29FINAL.pdf

SENARA. (2020). *Actividades productivas de DRAT*. Servicios en línea DRAT.

[https://www.senara.or.cr/proyectos/drat/index.aspx#:~:text=El%20DRAT%20brinda%20un%20servicio,el%20segundo%20semestre%20del%202020.&text=Donde%3A,desarrollo%20del%20DRAT%20\(colones\)](https://www.senara.or.cr/proyectos/drat/index.aspx#:~:text=El%20DRAT%20brinda%20un%20servicio,el%20segundo%20semestre%20del%202020.&text=Donde%3A,desarrollo%20del%20DRAT%20(colones))

Tapia, G. (s.f.). *Rentabilidad, utilidad y valor*. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina: Thomson Reuters.

Zamora, E. (2016). *El Cultivo de Cebolla*. Universidad de Sonora, División de Ciencias

Biologicas y de la Salud, Hermosillo, Sonora.

<https://dagus.unison.mx/Zamora/CEBOLLA-DAG-HORT-015.pdf>

## **Capítulo VIII. Anexos**

## Anexo 1

*Precipitaciones según Estación Taboga en Climwat 2.0 for Cropwat de la FAO.*

Station	Eff. rain method	
TABOGA	USDA S.C. Method	
	Rain	Eff rain
	mm	mm
<b>January</b>	2.0	2.0
<b>February</b>	11.0	10.8
<b>March</b>	16.0	15.6
<b>April</b>	45.0	41.8
<b>May</b>	225.0	144.0
<b>June</b>	250.0	150.0
<b>July</b>	135.0	105.8
<b>August</b>	218.0	142.0
<b>September</b>	315.0	156.5
<b>October</b>	342.0	159.2
<b>November</b>	117.0	95.1
<b>December</b>	16.0	15.6
<b>Total</b>	<b>1692.0</b>	<b>1038.3</b>

## Anexo 2

*Datos climatológicos según Estación Taboga en Climwat 2.0 for Cropwat de la FAO.*

Country	Location 6		Station	TABOGA			
Altitude	40	m.	Latitude	10.35	°N		
			Longitude	85.15	°W		
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m <sup>2</sup> /day	mm/day
<b>January</b>	20.9	32.1	74	199	8.7	20.1	4.55
<b>February</b>	21.6	33.0	68	207	9.0	21.8	5.26
<b>March</b>	22.0	34.5	66	181	8.9	22.9	5.65
<b>April</b>	23.2	34.8	66	156	8.3	22.3	5.53
<b>May</b>	22.8	33.6	79	86	6.3	19.0	4.28
<b>June</b>	22.4	31.9	85	69	5.4	17.3	3.72
<b>July</b>	22.5	32.1	85	86	5.6	17.6	3.81
<b>August</b>	22.4	32.1	87	78	5.8	18.1	3.88
<b>September</b>	22.3	31.5	89	61	5.4	17.4	3.66
<b>October</b>	22.3	31.3	88	61	5.5	16.8	3.48
<b>November</b>	22.3	31.4	83	86	6.4	17.0	3.55
<b>December</b>	21.4	31.6	74	138	7.7	18.2	4.00
<b>Average</b>	<b>22.2</b>	<b>32.5</b>	<b>79</b>	<b>117</b>	<b>6.9</b>	<b>19.0</b>	<b>4.28</b>

### Anexo 3

*Actividades productivas en el Distrito de Riego Arenal-Tempisque, 2020.*

Cultivo	Area (ha) de cultivos (2020)			Porcentaje %
	Gravedad	Bom beo	Total	
Caña de azúcar	13,931.6	3,204.2	17,135.8	58.18%
Arroz	6,990.3	3.5	6,993.8	23.75%
Pasto	2,973.5	156.8	3,130.3	10.63%
Patrón	1,325.2	-	1,325.2	4.50%
Piscicultura	700.0	-	700.0	2.38%
IDA	75.8	-	75.8	0.26%
Sandía	18.3	15.6	34.0	0.12%
Maíz	7.3	3.9	11.2	0.04%
Citricos	4.8	-	4.8	0.02%
Sorgo	4.4	-	4.4	0.01%
Frutales	4.8	-	4.8	0.02%
Papaya	2.9	2.1	5.0	0.02%
Plátano	2.9	-	2.9	0.01%
Yuca	7.4	-	7.4	0.03%
Leguminosas	1.2	-	1.2	0.00%
Piña	-	11.7	11.7	0.04%
Algodón	-	1.3	1.3	0.00%
Cebolla	-	3.9	3.9	0.01%
<b>TOTALES</b>	<b>26,050.4</b>	<b>3,402.9</b>	<b>29,453.3</b>	<b>100.0%</b>

*Nota:* Tomado de *Actividades productivas del DRAT*, por SENARA, 2020, (<https://www.senara.or.cr/proyectos/drat/index.aspx>).

### Anexo 4

*Prueba de Bouyoucos para determinar textura de suelo Sección Los Estanques FET-UTN.*

Muestra	Lect. 40s	Lect. 2			Textura	
		hrs	% Ac	%Ar		%L
1	28,00	17,00	34,00	56,00	10,00	
2	24,00	10,00	20,00	48,00	32,00	
3	26,00	13,00	26,00	52,00	22,00	
4	26,00	14,00	28,00	52,00	20,00	
5	27,00	13,50	27,00	54,00	19,00	
6	24,00	15,00	30,00	48,00	22,00	
<b>Promedio</b>			<b>27,50</b>	<b>51,67</b>	<b>20,83</b>	<b>Fr. ac. ar</b>

**Anexo 5**

*Prueba del cilindro para determinar densidad aparente y real del suelo Sección Los Estanques FET-UTN.*

<b>M</b>	<b>PSS (gr)</b>	<b>Vol (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Da (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>PPS (gr)</b>	<b>PPW (gr)</b>	<b>PT (gr)</b>	<b>PW1 (gr)</b>	<b>PW2 (gr)</b>	<b>VS (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Dr (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
1	403,23	469,63	0,86	92,63	341,13	344,02	248,50	246,39	2,11	2,37
2	463,78	469,63	0,99	92,63	341,13	344,24	248,50	246,61	1,89	2,65
3	404,59	469,63	0,86	92,63	341,13	343,80	248,50	246,17	2,33	2,15
4	468,00	469,63	1,00	92,63	341,13	344,00	248,50	246,37	2,13	2,35
5	451,13	469,63	0,96	92,63	341,13	344,66	248,50	247,03	1,47	3,40
6	442,85	469,63	0,94	92,63	341,13	344,10	248,50	246,47	2,03	2,46
<b>Prom.</b>			<b>0,93</b>						<b>1,99</b>	<b>2,56</b>

**Anexo 6**

*Estimado de láminas de riego según textura en Sección Los Estanques FET-UTN.*

<b>M</b>	<b>Pr (mm)</b>	<b>200,00</b>	<b>Ef</b>	<b>90,00%</b>	<b>Ag</b>	<b>50,00%</b>	
<b>M</b>	<b>CC%</b>	<b>PMP%</b>	<b>CC (mm)</b>	<b>PMP (mm)</b>	<b>LMA (mm)</b>	<b>LN (mm)</b>	<b>LB (mm)</b>
1	21,85	12,11	40,84	22,64	18,20	9,10	10,11
2	18,51	10,01	34,60	18,71	15,89	7,94	8,83
3	19,86	10,86	37,12	20,30	16,82	8,41	9,35
4	20,50	11,26	38,31	21,05	17,26	8,63	9,59
5	19,90	10,89	37,20	20,35	16,85	8,42	9,36
6	21,69	12,01	40,54	22,45	18,09	9,05	10,05
<b>Prom.</b>	<b>20,38</b>	<b>11,19</b>	<b>38,10</b>	<b>20,92</b>	<b>17,19</b>	<b>8,59</b>	<b>9,55</b>

**Anexo 7**

*Necesidad hídrica del cultivo de cebolla y características del emisor para Sección Los Estanques FET-UTN.*

<b>Necesidad de agua del cultivo</b>	
ET <sub>O</sub> máx/ciclo/mm	5,65
Kc	0,82
ET <sub>r</sub> máx/ciclo/mm	4,63
<b>Características de emisor</b>	
Q <sub>em</sub> (L/hr)	1,40
D. mojado (m)	1,00
R. mojado (m)	0,50
Solape	70,00%
Sep. req. (m)	0,65
Sep. enc. (m)	0,50

**Anexo 8**

*Marco de plantación y cantidad de semilla de cebolla requerida para Sección Los Estanques FET-UTN.*

Sep. plantas (m)	0,15
Sep. hileras (m)	0,15
Sep. camas (m)	0,60
Hileras/surco	6,00
Ancho cama (m)	1,05
Plantas/m	6,67
Marco efect. (pl/m <sup>2</sup> )	40,00
Marco neto (pl/m <sup>2</sup> )	22,86
% área sembrada	57,14%
Semillas/libra	100000,00
lb/ha semilla	2,29

**Anexo 9**

*Necesidad hídrica corregida para el cultivo de cebolla requerida en Sección Los Estanques FET-UTN.*

<b>Corr. efecto localizacion (<math>K_L</math>)</b>		<b>Corr. var. clim. locales (<math>K_A</math>)</b>	
D. aéreo/pl (m)	0,20	$K_A$	1,20
Factor A	0,35		
$K_L$ Aljibury...et al.	0,47	<b>Corr. por advención (<math>K_R</math>)</b>	
$K_L$ Decroix	0,45	$K_R$	1,00
$K_L$ Hoare...et al.	0,52		
$K_L$ Keller	0,40	<b>Necesidad hídrica</b>	
<b><math>K_L</math> promedio</b>	<b>0,46</b>	$N_n$ (mm/día)	2,55

**Anexo 10**

*Necesidad bruta de riego, porcentaje de suelo mojado y tiempo de riego para el cultivo de cebolla en Sección Los Estanques FET-UTN.*

$N_n$ (mm)	2,55	e (emisores/m <sup>2</sup> )	1,03	NB (mm/día)	3,15
EA	90,00%	Sep. línea goteo	1,65	LB (mm/día)	9,55
CU	90,00%	Ame (m <sup>2</sup> )	0,79	IR (días)	1,00
CE <sub>i</sub> (suelo)	0,50	P	80,55%	e (em/m <sup>2</sup> )	1,03
CE <sub>emáx</sub> (agua)	0,40			Q (L/hr)	1,40
F	0,30			<b>T (horas)</b>	<b>6,65</b>
C. lavado (K=1-EA)	0,10				
C. lavado (K=LR)	0,03				
<b><math>N_B</math> (mm/día)</b>	<b>3,15</b>				

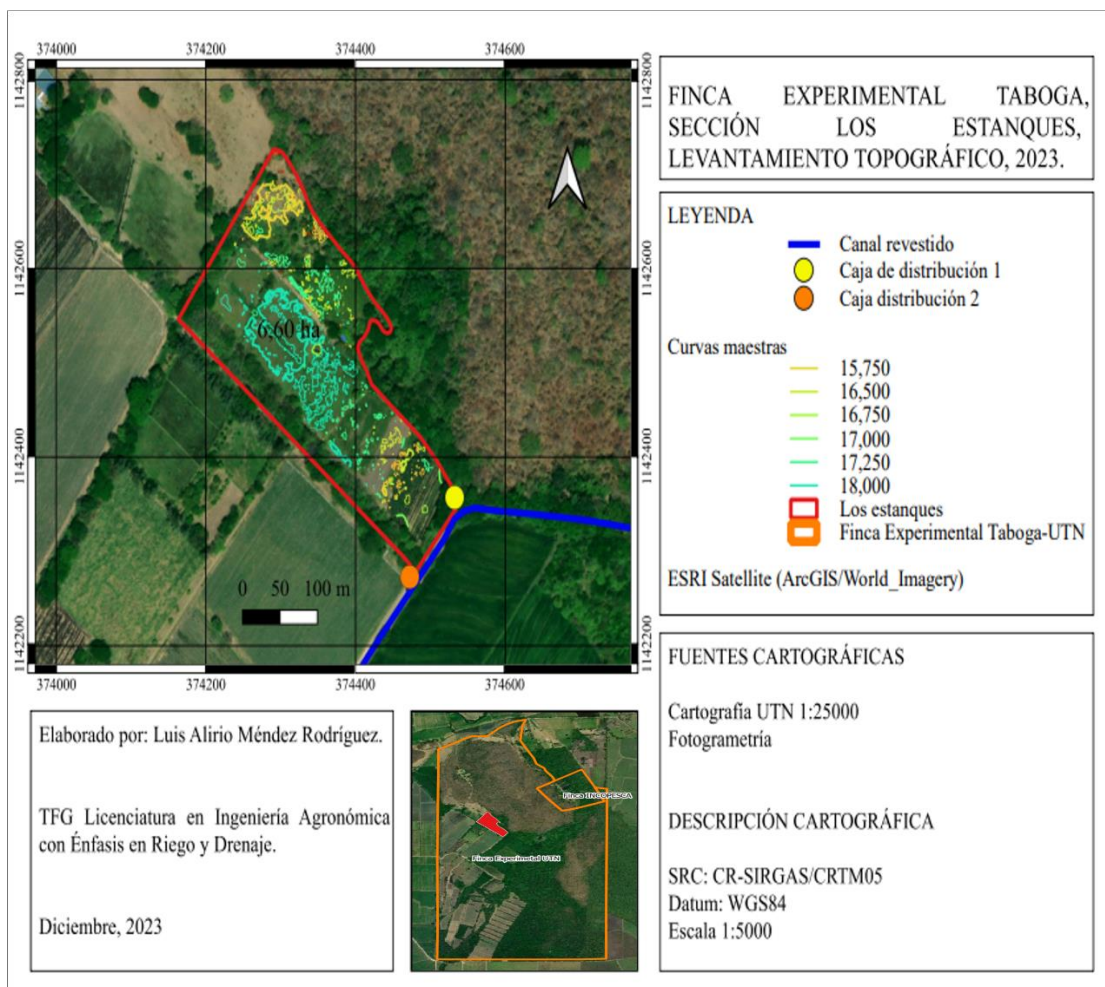
**Anexo 11**

*Aforo área-velocidad canal revestido en Sección Los Estanques FET-UTN.*

$A_{hidr}$ (m <sup>2</sup> )	0,46
$V$ (m/s)	0,33
$Q_{disp}$ (m <sup>3</sup> /s)	0,15

**Anexo 12**

*Levantamiento topográfico de Sección Los Estanques FET-UTN.*



**Anexo 13**

*Modelo de sistema de riego con una sola operación en Sección Los Estanques FET-UTN.*

<b>Operación 1</b>	
Lotes	A-1-2, B-1-2, C-1-2
Área regable (ha)	3,76
$Q_{em}$ (m <sup>3</sup> /s)	3,89E-07
Emisores/ha	10256,41
$Q_{diseño}$ (m <sup>3</sup> /s)	0,02
Uso	10,11%

**Anexo 14**

*Análisis hidráulico para modelo de sistema de riego con una sola operación en Sección Los Estanques FET-UTN, parte 1.*

Lote	A-1-2	B-1-2	C-1	C-2
PO emisor (bar)	2,00	2,00	2,00	2,00
PO emisor (mca)	21,20	21,20	21,20	21,20
<b>Cinta de goteo</b>	<a href="#">Ficha técnica</a>			
hf manom. (mca)	0,75	0,75	-0,75	0,00
<b>Pérdidas primarias</b>				
L (m)	79,82	84,13	51,72	67,21
D (m)	0,02	0,02	0,02	0,02
Emisores (unid)	159,64	168,26	103,45	134,41
$Q$ m <sup>3</sup> /s	6,21E-05	6,54E-05	4,02E-05	5,23E-05

## Anexo 15

*Análisis hidráulico para modelo de sistema de riego con una sola operación en Sección Los Estanques FET-UTN, parte 2.*

V (m/s)	0,31	0,33	0,20	0,26
CHW PVC	150,00	150,00	150,00	150,00
hf (mca)	0,72	0,83	0,21	0,44
<b>Pérdidas secundarias</b>				
Factor F1	0,15	0,15	0,15	0,15
hf sal. mult. (mca)	0,11	0,12	0,03	0,07
<b>hft (mca)</b>	<b>1,57</b>	<b>1,71</b>	<b>-0,51</b>	<b>0,50</b>
<b>Tubería secundaria</b>				
hf manom. (mca)	1,00	-0,50	-0,75	-0,75
<b>Pérdidas primarias</b>				
L (m)	214,95	133,06	63,53	178,21
D (m)	0,08	0,08	0,05	0,05
Q m <sup>3</sup> /s	7,07E-03	4,84E-03	1,36E-03	1,75E-03
CHW PVC	150,00	150,00	150,00	150,00
hf (mca)	6,20	1,90	0,62	2,78
<b>Pérdidas secundarias</b>				
Velocidad (m/s)	1,55	1,06	0,67	0,86
h <sub>v</sub> (m)	0,12	0,06	0,02	0,04
k codos 90°	1,00	1,00	1,00	1,00
Codos 90° (unid)	1,00	1,00	0,00	2,00
k codos 45°	0,40	0,40	0,40	0,40
Codos 45° (unid)	6,00	1,00	4,00	2,00
hf <sub>c</sub> 90°+45° (mca)	0,42	0,08	0,04	0,11
Contracc. (mca)	0,06	0,03	0,01	0,02
hf sec. (mca)	0,47	0,11	0,05	0,12
<b>hft (mca)</b>	<b>7,68</b>	<b>1,51</b>	<b>-0,08</b>	<b>2,16</b>
<b>Tubería primaria</b>				
hf manom. (mca)	0,50	1,00	1,00	1,00
<b>Pérdidas primarias</b>				
L (m)	11,08	233,80	308,40	308,40
D (m)	0,15	0,15	0,15	0,15
Q m <sup>3</sup> /s	1,50E-02	1,50E-02	1,50E-02	1,50E-02
CHW PVC	150,00	150,00	150,00	150,00
hf (mca)	0,04	0,93	1,23	1,23

**Anexo 16**

*Analisis hidráulico para modelo de sistema de riego con una sola operación en Sección Los Estanques FET-UTN, parte 3.*

<b>Pérdidas secundarias</b>				
Velocidad (m/s)	0,82	0,82	0,82	0,82
h <sub>v</sub> (m)	0,03	0,03	0,03	0,03
k codos 90°	1,00	1,00	1,00	1,00
Codos 90° (unid)	1,00	0,00	0,00	0,00
k codos 45°	0,40	0,40	0,40	0,40
Codos 45° (unid)	0,00	4,00	5,00	5,00
h <sub>f<sub>c</sub></sub> 90°+45° (mca)	0,03	0,06	0,07	0,07
Contracc. (mca)	0,01	0,02	0,02	0,02
hf sec. (mca)	0,04	0,07	0,09	0,09
<b>hft (mca)</b>	<b>0,59</b>	<b>2,00</b>	<b>2,31</b>	<b>2,31</b>
<b>Potencia de bomba</b>				
Carga succión (mca)	2,00	2,00	2,00	2,00
Carga sist. filtros (mca)	3,00	3,00	3,00	3,00
Prof. tubería (m)	1,50	1,50	1,50	1,50
CDT (mca)	37,54	32,92	29,42	32,67
Q del sistema (L/s)	15,01	15,01	15,01	15,01
Eficiencia bomba	0,80	0,80	0,80	0,80
<b>Potencia req. (hp)</b>	<b>9,39</b>	<b>8,24</b>	<b>7,36</b>	<b>8,18</b>
Potencia mercado (hp)	10,00	10,00	10,00	10,00

**Anexo 17**

*Modelo sistema de riego con dos operaciones en Sección Los Estanques FET-UTN, parte 1.*

	<b>Operación 1</b>	<b>Operación 2</b>
Lotes	A-1-2	B-1-2, C-1-2
Área regable (ha)	1,77	1,99
Q <sub>em</sub> (m <sup>3</sup> /s)	3,89E-07	3,89E-07

**Anexo 18**

*Modelo sistema de riego con dos operaciones en Sección Los Estanques FET-UTN, parte 2.*

Emisores/ha	10256,41	10256,41
Q <sub>diseño</sub> (m <sup>3</sup> /s)	7,07E-03	7,95E-03
Uso	4,76%	5,35%

**Anexo 19**

*Analisis hidráulico para modelo de sistema de riego con dos operaciones en Sección Los Estanques FET-UTN, parte 1.*

Lote	A-1-2	B-1-2	C-1	C-2
PO emisor (bar)	2,00	2,00	2,00	2,00
PO emisor (mca)	21,20	21,20	21,20	21,20
<b>Cinta de goteo</b>				<a href="#">Ficha técnica</a>
hf manom. (mca)	0,75	0,75	-0,75	0,00
<b>Pérdidas primarias</b>				
L (m)	79,82	84,13	51,72	67,21
D (m)	0,02	0,02	0,02	0,02
Emisores (unid)	159,64	168,26	103,45	134,41
Q m <sup>3</sup> /s	6,21E-05	6,54E-05	4,02E-05	5,23E-05
V (m/s)	0,31	0,33	0,20	0,26
CHW PVC	150,00	150,00	150,00	150,00
hf (mca)	0,72	0,83	0,21	0,44
<b>Pérdidas secundarias</b>				
Factor F1	0,15	0,15	0,15	0,15
hf sal. Mult. (mca)	0,11	0,12	0,03	0,07
<b>hft (mca)</b>	<b>1,57</b>	<b>1,71</b>	<b>-0,51</b>	<b>0,50</b>
<b>Tubería secundaria</b>				
hf manom. (mca)	1,00	-0,50	-0,75	-0,75
<b>Pérdidas primarias</b>				
L (m)	214,95	133,06	63,53	178,21
D (m)	0,08	0,08	0,04	0,04

**Anexo 20**

*Analisis hidráulico para modelo de sistema de riego con dos operaciones en Sección Los Estanques FET-UTN, parte 2.*

Q m <sup>3</sup> /s	7,07E-03	4,84E-03	1,36E-03	1,75E-03
CHW PVC	150,00	150,00	150,00	150,00
hf (mca)	6,20	1,90	2,53	11,30
<b>Pérdidas secundarias</b>				
Velocidad (m/s)	1,55	1,06	1,19	1,53
h <sub>v</sub> (m)	0,12	0,06	0,07	0,12
k codos 90°	1,00	1,00	1,00	1,00
Codos 90° (unid)	1,00	1,00	0,00	2,00
k codos 45°	0,40	0,40	0,40	0,40
Codos 45° (unid)	6,00	1,00	4,00	2,00
hf <sub>c</sub> 90°+45° (mca)	0,42	0,08	0,12	0,34
Contracc. (mca)	0,06	0,03	0,02	0,04
hf sec. (mca)	0,47	0,11	0,14	0,38
<b>hft (mca)</b>	<b>7,68</b>	<b>1,51</b>	<b>1,92</b>	<b>10,93</b>
<b>Tuberia primaria</b>				
hf manom. (mca)	0,50	1,00	1,00	1,00
<b>Perdidas primarias</b>				
L (m)	11,08	233,80	308,40	308,40
D (m)	0,10	0,10	0,10	0,10
Q m <sup>3</sup> /s	7,95E-03	7,95E-03	7,95E-03	7,95E-03
CHW PVC	150,00	150,00	150,00	150,00
hf (mca)	0,10	2,06	2,72	2,72
<b>Perdidas secundarias</b>				
Velocidad (m/s)	0,98	0,98	0,98	0,98
h <sub>v</sub> (m)	0,05	0,05	0,05	0,05
k codos 90°	1,00	1,00	1,00	1,00
Codos 90° (unid)	1,00	0,00	0,00	0,00
k codos 45°	0,40	0,40	0,40	0,40
Codos 45° (unid)	0,00	4,00	5,00	5,00
hf <sub>c</sub> 90°+45° (mca)	0,05	0,08	0,10	0,10
Contracc. (mca)	0,00	0,02	0,02	0,02
hf sec. (mca)	0,05	0,10	0,12	0,12
<b>hft (mca)</b>	<b>0,65</b>	<b>3,17</b>	<b>3,84</b>	<b>3,84</b>

**Anexo 21**

*Análisis hidráulico para modelo de sistema de riego con dos operaciones en Sección Los Estanques FET-UTN, parte 3.*

<b>Potencia de bomba</b>				
Carga succión (mca)	2,00	2,00	2,00	2,00
Carga sist. filtros (mca)	3,00	3,00	3,00	3,00
Prof. tubería (m)	1,50	1,50	1,50	1,50
CDT (mca)	37,60	34,08	32,95	42,98
Q del sistema (L/s)	7,95	7,95	7,95	7,95
Eficiencia bomba	0,80	0,80	0,80	0,80
<b>Potencia req. (hp)</b>	<b>4,98</b>	<b>4,51</b>	<b>4,36</b>	<b>5,69</b>
Potencia mercado (hp)	6,00	6,00	6,00	6,00

**Anexo 22**

*Ajuste de las dos operaciones de riego planteadas para Sección Los Estanques FET-UTN.*

	<b>Operación 1</b>	<b>Operación 2</b>
Área regable (ha)	1,77	1,99
Q <sub>diseño</sub> (m <sup>3</sup> /s)	0,01	0,01
Q <sub>em</sub> (L/hr)	1,57	1,40
LB (mm/día)	9,55	9,55
IR (días)	1,00	1,00
e (emisores/m <sup>2</sup> )	1,03	1,03
T (horas)	5,92	6,65

**Anexo 23**

*Presión y caudal de operación para lotificación (una válvula de control por lote) de Sección*

*Los Estanques FET-UTN.*

Lote	Q (L/s)	PO (bar)
A-1-2	7,07	2,87
B-1-2	4,84	2,30
C-1	1,36	2,13
C-2	1,75	3,08

**Anexo 24**

*Accesorios requeridos para operaciones de riego planteada en Sección Los Estanques FET-UTN.*

	<b>Operación 1</b>	<b>Operación 2</b>
Área regable (ha)	1,77	1,50
Rollo cinta (3000 m)	3,19	2,70
Rollo poli (400 m)	0,41	0,34
Acoples PVC/poli	95,78	81,08
Uniones poli/poli	20,00	20,00
Uniones cinta/cinta		
Uniones poli/cinta	95,78	81,08
Codos 45° 1,50"	0,00	7,00
Codos 90° 1,50"	0,00	14,00
Codos 45° 3"	7,00	0,00
Codos 90° 3"	8,00	8,00
Codos 45° 4"	6,00	0,00
Codos 90° 4"	0,00	0,00

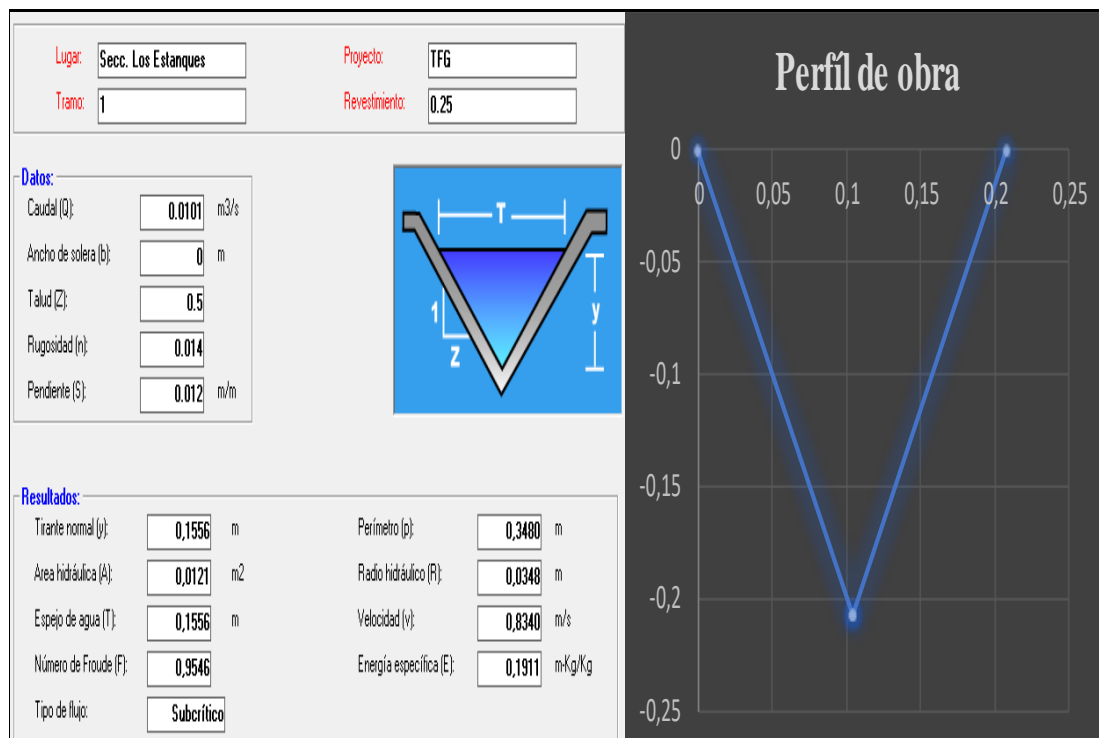
## Anexo 25

*Tuberías requeridas para operaciones de riego planteada en Sección Los Estanques FET-UTN.*

	Cinta	A-1-2	B-1-2	C-1	C-2	Primaria
Área (ha)		1,77	1,21	0,34	0,44	1,99
Q (m <sup>3</sup> /s)		7,07E-03	4,84E-03	1,36E-03	1,75E-03	7,95E-03
V (m/s)		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
A <sub>hidr</sub> (m <sup>2</sup> )	2,01E-04	4,71E-03	3,23E-03	9,06E-04	1,16E-03	5,30E-03
d <sub>int</sub> (m)		0,04	0,04	0,02	0,02	0,05
d <sub>int. mercado</sub> (m)	0,02	0,08	0,08	0,04	0,04	0,10
d <sub>int. mercado</sub> (plg)	0,63"	3,00"	3,00"	1,50"	1,50"	4,00"

## Anexo 26


*Diseño y costo de canal de ingreso en Sección Los Estanques FET-UTN, parte 1.*






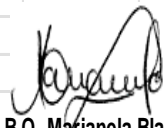
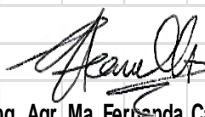

## Anexo 28

## Análisis químico de agua para riego en Sección Los Estanques FET-UTN.

CIUDAD DE LA INVESTIGACIÓN																
LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES																
REPORTE DE ENSAYO																
RE-R01 (V3)																
Nº DE REPORTE:		91276														
USUARIO:		LUIS ALIRIO MENDEZ RODRIGUEZ														
RESPONSABLE:		LUIS ALIRIO MENDEZ RODRIGUEZ														
CORREO:		aliriomr159@gmail.com														
TELÉFONO:		7118-9537														
										ANÁLISIS:		QC				
PROVINCIA:		GUANACASTE					FECHA RECEPCIÓN:		10/07/2024							
CANTÓN:		CAÑAS					EMISIÓN DE REPORTE:		12/07/2024							
LOCALIDAD:		CAÑAS					Nº DE MUESTRAS TOTAL:		1							
CULTIVO:		SIN CULTIVO					PÁGINA:		1/1							
ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUAS																
ID USUARIO	ID LAB	pH	mg/L													mS/cm
			N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-UREICO	Ca	Mg	K	P	Fe	Zn	Cu	Mn	Na	S	
CANAL REVESTIDO	A-24-00461	7,5	ND	<1,0	ND	32,6	9,3	3,3	0,1	0,3	ND	ND	ND	37,7	8,4	0,4
-----ÚLTIMA LÍNEA-----																
 <b>UNIVERSIDAD DE COSTA RICA</b>		 <b>B.Q. Mariadela Blanco M.</b> N.I. 2468 Gestoría de Calidad					 <b>Ing. Agr. Ma. Fernanda Campos G.</b> N.I. 9447 Gestoría Técnica					<b>CIA</b> Centro de Investigaciones Agronómicas				
<p>1.Procedimiento: pH por determinación directa en la muestra. Nitrógeno amoniacal, nítrico, ureico y cloro por Colorimetría con el Analizador de Inyección de Flujo (FIA). Carbonatos y bicarbonatos por titulación con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02 N. Resto de los elementos por Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma (ICP). 2. El muestreo es responsabilidad del usuario. 3. Los resultados se refieren únicamente a las muestras ensayadas. 4. El tiempo de custodia de las muestras es de 15 días a partir del ingreso de la muestra. 4. El Reporte de Ensayo con validez legal es el original firmado; cuando el usuario solicita el envío del reporte por correo electrónico libera al Laboratorio de resguardar la integridad y confidencialidad de sus resultados.</p>																




## Anexo 29

## Análisis químico de suelo en Sección Los Estanques FET-UTN, parte 1.

CIUDAD DE LA INVESTIGACIÓN															
LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES															
REPORTE DE ENSAYO															
RE-R01 (V3)															
Nº DE REPORTE:		<b>91277</b>													
USUARIO:		LUIS ALIRIO MENDEZ RODRIGUEZ													
RESPONSABLE:		LUIS ALIRIO MENDEZ RODRIGUEZ													
CORREO:		aliriomr159@gmail.com													
TELÉFONO:		7118-9537													
PROVINCIA:		GUANACASTE				ANÁLISIS:		QC,CN							
CANTÓN:		CAÑAS				FECHA RECEPCIÓN:		10/07/2024							
LOCALIDAD:		CAÑAS				EMISIÓN DE REPORTE:		19/07/2024							
CULTIVO:		PASTO				Nº DE MUESTRAS TOTAL:		1							
						PÁGINA:		1/2							
ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS															
Solución Extractora:		pH	cmol(+)/L					%	mg/L						
<b>KCl-Olsen Modificado</b>		H <sub>2</sub> O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn		
ID USUARIO	ID LAB	5,5	0,5	4	1	0,2	5		10	3	1	10	5		
SECCION LOS ESTANQUES - FETUTN		S-24-06129	6,7	0,10	24,97	9,36	0,41	34,84	0,3	22	2,4	11	45	14	
-----ÚLTIMA LÍNEA-----															
Los valores debajo de cada elemento corresponden con los Niveles Críticos generales para la solución extractora usada															
CICE=Capacidad de intercambio de Cationes Efectiva=Acidez+Ca+Mg+K						SA=Porcentaje de Saturación de Acidez=(Acidez/CICE)*100									
		UNIVERSIDAD DE COSTA RICA				B.Q. Mariana Blanco M.				Ing. Agr. Ma. Fernanda Campos G.				CIA Centro de Investigaciones Agronómicas	
		N.I. 2468		N.I. 9447											
		Gestoría de Calidad		Gestoría Técnica											
1. Las unidades están expresadas en base seca, en masa/volumen. 2. Procedimiento: pH y CE en agua 10:25; Acidez, Al, Ca y Mg con KCl 1M 1:10; P,K,Zn,Fe,Mn y Cu con Olsen Modificado pH 8,5 (NaHCO <sub>3</sub> 0,5 N, EDTA 0.01M, Superfloc 127) 1:10; B y S con Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O 0,008M 10:25. Acidez determinada por valoración con NaOH y Al por valoración con HCl; P y S por Colorimetría con el Analizador de Inyección de Flujo (FIA) y el resto de los elementos por Espectrofotometría de Absorción Atómica. C y N totales por combustión seca en Autoanalizador. 3. El muestreo es responsabilidad del usuario. 4. Los resultados se refieren únicamente a las muestras ensayadas. 5. El tiempo de custodia de las muestras es de 45 días a partir del ingreso de la muestra. 6. El Reporte de Ensayo con validez legal es el original firmado; cuando el usuario solicita el envío del reporte por correo electrónico libera al Laboratorio de resguardar la integridad y confidencialidad de sus resultados.															

## Anexo 30

Análisis químico de suelo en Sección Los Estanques FET-UTN, parte 2.

CIUDAD DE LA INVESTIGACIÓN					
LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES					
REPORTE DE ENSAYO					
RE-R01 (V3)					
Nº DE REPORTE:	<b>91277</b>				
USUARIO:	LUIS ALIRIO MENDEZ RODRIGUEZ				
RESPONSABLE:	LUIS ALIRIO MENDEZ RODRIGUEZ				
CORREO	aliriomr159@gmail.com				
TELÉFONO:	7118-9537				
PROVINCIA:	GUANACASTE	ANÁLISIS:	QC, CN		
CANTÓN:	CAÑAS	FECHA RECEPCIÓN:	10/07/2024		
LOCALIDAD	CAÑAS	EMISIÓN DE REPORTE:	19/07/2024		
CULTIVO:	PASTO	Nº DE MUESTRAS TOTAL:	1		
		PÁGINA:	2/2		
ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS					
		mS/cm	%		Relación
		CE	C	N	C/N
ID USUARIO	ID LAB	1,5			
SECCION LOS ESTANQUES - FETUTN	S-24-06129	0,1	1,44	0,16	9,0
-----ÚLTIMA LÍNEA-----					
OBSERVACIÓN: El % C y N totales se determinaron con el Autoanalizador de C/N por combustión seca.					
 <b>UNIVERSIDAD DE COSTA RICA</b>		 <b>B.Q. Marianela Blanco M.</b> N.I. 2468 <b>Gestoría de Calidad</b>	 <b>Ing. Agr. Ma. Fernanda Campos G.</b> N.I. 9447 <b>Gestoría Técnica</b>		
1. El muestreo es responsabilidad del usuario. 2. Los resultados se refieren únicamente a las muestras ensayadas. 3. El tiempo de custodia de las muestras es de 45 días a partir del ingreso de la muestra. 4. El Reporte de Ensayo con validez legal es el original firmado; cuando el usuario solicita el envío del reporte por correo electrónico libera al Laboratorio de resguardar la integridad y confidencialidad de sus resultados.					

### Anexo 31

Contenido nutricional y solubilidad de fertilizantes en modelo de producción.

	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO	(kg/L- 20°C)
KNO <sub>3</sub>	13,00%		46,00%					0,32
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	12,00%	61,00%						0,10
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	15,50%			27,00%				1,34
Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	11,10%						26,90%	0,54
MgSO <sub>4</sub>					16,00%			0,85
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>						17,00%		0,10
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	46,00%							1,08


### Anexo 32

Compatibilidad de fertilizantes en modelo de producción

Fertilizante	Urea	Nitrato de amonio	Sulfato de Amonio	Nitrato de Calcio	Nitrato de Potasio	Cloruro de Potasio	Sulfato de Potasio	Fosfato de Amonio	Sulfatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Sulfato de Magnesio	Acido Fosforico	Acido Sulfurico	Acido nitrico
Urea	C													
Nitrato de amonio	C	C							C	Compatibles				
Sulfato de Amonio	C	C	C						CR	No se deben mezclar en altas concentraciones				
Nitrato de Calcio	C	C	I	C					I	Incompatibles				
Nitrato de Potasio	C	C	C	C	C									
Cloruro de Potasio	C	C	C	C	C	C								
Sulfato de Potasio	C	C	CR	I	C	CR	C							
Fosfato de Amonio	C	C	C	I	C	C	C	C						
Sulfatos de Fe, Zn, Cu, Mn	C	C	C	I	C	C	CR	I	C					
Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	C	C	C	CR	C	C	C	CR	C	C				
Sulfato de Magnesio	C	C	C	I	C	C	CR	I	C	C	C			
Acido Fosforico	C	C	C	I	C	C	C	C	C	CR	C	C		
Acido Sulfurico	C	C	C	I	C	C	CR	C	C	C	C	C	C	
Acido nitrico	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	C	C	C	C


## Anexo 33

Calculo costeo de tractor agrícola en modelo de producción.

Costeo fijo hora tractor		Costeo variable hora tractor				Costeo total hora tractor	
Marca	Massey Ferguson	<b>Combustible</b>		<b>Filtro de aceite</b>		Costo fijo/hr	₺ 2 575,76
Modelo	MF 4709	Diesel/hr/tractor	8,00	Int. cambio (hrs)	200,00	Costo variable/hr	₺ 8 718,16
Potencia	95 HP	Costo litro diesel	₺ 750,00	Hrs/tractor/año	1000,00	<b>Costo por hora</b>	<b>₺ 11 293,92</b>
Tracción	4x2/4x4	Hrs/tractor/año	1000,00	Filtros por año	5,00		
Condición	Nuevo	Costo diesel/hr	₺ 6 000,00	Costo por filtro	₺ 13 366,23	Rendimiento (ha/hr)	1,50
Precio	₺ 27 946 790,70	Costo año/tractor	₺ 6 000 000,00	Costo año/tractor	₺ 66 831,17		
Hrs/tractor/año	1000,00			Costo hr/tractor	₺ 66,83		
Vida útil (años)	15,00	<b>Aceite de motor</b>					
Valor residual (Vr)	₺ 8 384 037,21	Int. cambio (hrs)	200,00	<b>Filtro de combustible</b>			
<b>Costo de depreciación</b>		lts/cambio aceite	8,00	Int. cambio (hrs)	600,00		
Anual	₺ 1 304 183,57	lts/relleno y lavado	2,00	Hrs/tractor/año	1000,00		
Hora tractor	₺ 1 304,18	Gasto aceite (lts)	10,00	Filtros por año	1,67		
<b>Interés al capital (IC)</b>		Costo litro aceite	₺ 2 004,94	Costo por filtro	₺ 80 197,43		
Anual	₺ 635 789,49	Costo cambio aceite	₺ 20 049,39	Costo año/tractor	₺ 133 662,38		
Hora tractor	₺ 635,79	Costo hora/tractor	₺ 100,25	Costo hr/tractor	₺ 133,66		
<b>Almacenamiento y riesgo (AR)</b>		Hrs/tractor/año	1000,00				
Anual	₺ 635 789,49	Costo año/tractor	₺ 100 246,94	<b>Salario de operario</b>			
Hora tractor	₺ 635,79			Salario por hora	₺ 2 339,09		
<b>Costo fijo tractor</b>		<b>Aceite caja cambios y diferencial</b>		Hrs/tractor/año	1000,00		
Anual	₺ 2 575 762,54	lts/1000 hrs trabajo	28,00	Salario anual	₺ 2 339 088,90		
<b>Hora tractor</b>	<b>₺ 2 575,76</b>	Costo litro aceite	₺ 2 339,09				
		Costo/1000 hrs	₺ 65 494,49	<b>Costo variable tractor</b>			
		Hrs/tractor/año	1000,00	Total var./anual	₺ 8 718 155,43		
		Costo hora/tractor	₺ 65,49	Total var./hora	<b>₺ 8 718,16</b>		
		Costo año/tractor	₺ 65 494,49				
		<b>Grasa</b>					
		kg/1000 hrs	5,00				
		Costo kilo	₺ 2 566,31				
		Costo/1000 hrs	₺ 12 831,56				
		Hrs/tractor/año	₺ 1 000,00				
		Costo hora/tractor	₺ 12,83				
	Costo año/tractor	₺ 12 831,56					

## Anexo 34

Calculo costeo de back hoe en modelo de producción.

Costeo fijo hora backhoe		Costeo variable hora backhoe			Costeo total hora backhoe		
Marca	Caterpillar	<b>Combustible</b>	<b>Filtro de aceite</b>		Costo fijo/hr	€ 3 425,76	
Modelo	CAT 426F2	Diesel/hr/backhoe	10,64	Int. cambio (hrs)	200,00	Costo variable/hr	€ 11 528,98
Potencia	90 HP	Costo litro diesel	€ 750,00	Hrs/backhoe/año	1000,00	<b>Costo por hora</b>	<b>€ 14 954,75</b>
Tracción	4x2/4x4	Hrs/backhoe/año	1000,00	Filtros por año	5,00		
Condición	Nuevo	Costo diesel/hr	€ 7 980,00	Costo por filtro	€ 13 366,23	Rendimiento (m <sup>3</sup> /hr)	12,00
Precio	€ 37 169 231,63	Costo año/backhoe	€ 7 980 000,00	Costo año/backhoe	€ 66 831,17		
Hrs/backhoe/año	1000,00			Costo hr/backhoe	€ 66,83		
Vida útil (años)	15,00	<b>Aceite de motor</b>					
Valor residual (Vr)	€ 11 150 769,49	Int. cambio (hrs)	200,00	<b>Filtro de combustible</b>			
<b>Costo depreciacion</b>		lts/cambio aceite	10,64	Int. cambio (hrs)	600,00		
Anual	€ 1 734 564,14	lts/relleno y lavado	2,66	Hrs/backhoe/año	1000,00		
Hora backhoe	€ 1 734,56	Gasto aceite (lts)	13,30	Filtros por año	1,67		
<b>Interés al capital (IC)</b>		Costo litro aceite	€ 2 004,94	Costo por filtro	€ 80 197,43		
Anual	€ 845 600,02	Costo cambio aceite	€ 26 665,69	Costo año/backhoe	€ 133 662,38		
Hora backhoe	€ 845,60	Costo hora/backhoe	€ 133,33	Costo hr/backhoe	€ 133,66		
<b>Almacenamiento y riesgo (AR)</b>		Hrs/backhoe/año	1000,00				
Anual	€ 845 600,02	Costo año/backhoe	€ 133 328,44	<b>Salario de operario</b>			
Hora backhoe	€ 845,60			Salario por hora	€ 3 110,99		
<b>Costo fijo backhoe</b>		<b>Aceite caja cambios y diferencial</b>		Hrs/backhoe/año	1000,00		
Anual	€ 3 425 764,18	lts/1000 hrs trabajo	37,24	Salario anual	€ 3 110 988,23		
Hora backhoe	€ 3 425,76	Costo litro aceite	€ 2 339,09				
		Costo/1000 hrs	€ 87 107,67	<b>Costo variable backhoe</b>			
		Hrs/backhoe/año	1000,00	Total var./anual	€ 11 528 983,85		
		Costo hora/backhoe	€ 87,11	Total var./hora	<b>€ 11 528,98</b>		
		Costo año/backhoe	€ 87 107,67				
		<b>Grasa</b>					
		kg/1000 hrs	6,65				
		Costo kilo	€ 2 566,31				
		Costo/1000 hrs	€ 17 065,97				
		Hrs/backhoe/año	€ 1 000,00				
		Costo hora/backhoe	€ 17,07				
	Costo año/backhoe	€ 17 065,97					

## Anexo 35

Calculo costeo de pick up en modelo de producción.

Costeo fijo km pick up		Costeo variable km pick up				Costeo total km pick up		
Marca	Isuzu	<b>Combustible</b>		<b>Filtro de aceite</b>		Costo fijo/km	₺	130,12
Modelo	D-MAXI	Diesel/km/pick up	0,08	Int. cambio (km)	5000,00	Costo variable/km	₺	81,15
Potencia	190 HP	Costo litro diesel	₺ 750,00	km/pick up/año	15000,00	<b>Costo por km</b>	<b>₺</b>	<b>211,27</b>
Tracción	4x2/4x4	Km/pick up/año	15000,00	Filtros por año	3,00			
Condición	Nuevo	Costo diesel/km	₺ 57,00	Costo por filtro	₺ 13 366,23			
Precio	₺ 26 555 611,42	Costo año/pick up	₺ 855 000,00	Costo año/pick up	₺ 40 098,70			
Km/pick up/año	15000,00			Costo km/pick up	₺ 2,67			
Vida útil (años)	25,00	<b>Aceite de motor</b>						
Valor residual (Vr)	₺ 7 966 683,43	Int. cambio (km)	10000,00	<b>Filtro de combustible</b>				
<b>Costo depreciacion</b>		lts/cambio aceite	7,50	Int. cambio (km)	5000,00			
Anual	₺ 743 557,12	lts/relleno y lavado	2,00	km/pick up/año	1000,00			
km pick up	₺ 49,57	Gasto aceite (lts)	10,00	Filtros por año	0,20			
<b>Interés al capital (IC)</b>		Costo litro aceite	₺ 2 004,94	Costo por filtro	₺ 80 197,43			
Anual	₺ 604 140,16	Costo cambio aceite	₺ 20 049,39	Costo año/pick up	₺ 16 039,49			
km pick up	₺ 40,28	Costo km/pick up	₺ 2,00	Costo km/pick up	₺ 16,04			
<b>Almacenamiento y riesgo (AR)</b>		km/pick up/año	15000,00					
Anual	₺ 604 140,16	Costo año/pick up	₺ 30 074,08					
km pick up	₺ 40,28			<b>Costo variable pick up</b>				
<b>Costo fijo pick up</b>		<b>Aceite caja cambios y diferencial</b>		Total var./anual	₺ 992 672,22			
Anual	₺ 1 951 837,44	lts/10000 km trabajo	22,00	Total var./km	<b>₺ 81,15</b>			
<b>km pick up</b>	<b>₺ 130,12</b>	Costo litro aceite	₺ 2 339,09					
		Costo/10000 km	₺ 51 459,96					
		km/pick up/año	15000,00					
		Costo km/pick up	₺ 3,43					
		Costo año/pick up	₺ 51 459,96					

**Anexo 36**

*Calculo gasto por energía eléctrica, agua de riego y mantenimiento del sistema de riego en modelo de producción.*

<b>GASTO ENERGIA RIEGO</b>		<b>CANON AGUA</b>	
Uso diario (hrs)	12,56	Uso diario (m <sup>3</sup> )	359,40
Uso anual (hrs)	4586,15	Uso anual (m <sup>3</sup> )	131179,72
Gasto (kw/hr)	2,39		
Gasto anual (kw)	10960,89		
<b>GASTO ENERGIA FERTIRIEGO</b>		<b>MANTENIMIENTO GOTEO</b>	
Uso diario (hrs)	2,00	Reparaciones/ha	55,00
Uso anual (hrs)	730,00	Uniones/ha	110,00
Gasto (kw/hr)	0,80	Rollo cinta/ha	0,50
Gasto anual (kw)	584,00	Repar./hr	8,00
		Ciclos reparación	6,00
		Hrs/req./ha	41,25

**Anexo III**

**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO Y MANEJO DE LOS TRABAJOS FINALES  
DE GRADUACIÓN  
UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL  
(Trabajo Individual)**

Cañas, septiembre de 2024.

Señores

Vicerrectoría de Investigación

Sistema Integrado de Bibliotecas y Recursos Digitales

Estimados señores:

Yo Luis Alirio Méndez Rodríguez portador (a) de la cédula de identidad número 504290247 .  
En mi calidad de autor (a) del trabajo de graduación titulado: Diseño de un Sistema de Riego  
por Goteo Automatizado y Fertirriego para el Cultivo de Cebolla (Allium cepa L. hib. yellow  
granex) en la Finca Experimental Taboga-UTN, Cañas, Guanacaste, 2023. El cual se presenta  
bajo la modalidad de:

Proyecto de Graduación

Tesis de Graduación

Presentado en la fecha 11/09/2024, autorizo a la Universidad Técnica Nacional, sede  
Guanacaste, para que mi trabajo pueda ser manejado de la siguiente manera:

<b>Autorizo</b>	<b>SI</b>	<b>No</b>
Conservación de ejemplares para préstamo y consulta física en biblioteca	✓	
Inclusión en el catálogo digital del SIBIREDI (Cita catalográfica)	✓	

Comunicación y divulgación a través del Repositorio Institucional	✓	
Resumen (Describe en forma breve el contenido del documento)	✓	
Consulta electrónica con texto protegido	✓	
Descarga electrónica del documento en texto completo protegido	✓	
Inclusión en bases de datos y sitios web que se encuentren en convenio con la Universidad Técnica Nacional contando con las mismas condiciones y limitaciones aquí establecidas.	✓	

Por otra parte declaro que el trabajo que aquí presento es de plena autoría, es un esfuerzo realizado de forma personal, académica e intelectual con plenos elementos de originalidad y creatividad. Garantizo que no contiene citas, ni transcripciones de forma indebida que puedan devenir en plagio, pues se ha utilizado la normativa vigente de la American Psychological Association (APA). Las citas y transcripciones utilizadas se realizan en el marco de respeto a las obras de terceros. La responsabilidad directa en el diseño y presentación son de competencia exclusiva, por tanto, eximo de toda responsabilidad a la Universidad Técnica Nacional.

Consciente de que las autorizaciones no reprimen mis derechos patrimoniales como autor del trabajo. Confío en la que Universidad Técnica Nacional respete y haga respetar mis derechos de propiedad intelectual.



Firma del estudiante \_\_\_\_\_

Cédula 504290247

Día: 12/09/2024