

Universidad Técnica Nacional

Sede Guanacaste



Licenciatura en Ingeniería Agronómica

Énfasis en Riego y Drenaje

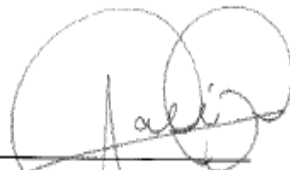
**“Modernización de los sistemas de riego mediante
introducción de tecnologías de conducción de aguas por
tubería en lugar de canales abiertos en la finca
Experimental Taboga UTN-Sede Guanacaste”**

Proyecto presentado para optar por el Grado de Licenciatura
en Ingeniería Agronómica con énfasis en Riego y Drenaje

Roberto Antonio Santana Segura

2018

HOJA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EVALUADOR



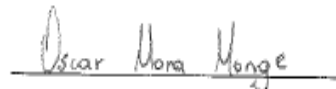
Ing. Agri. Fabricio Camacho Calvo Msc.

Tutor



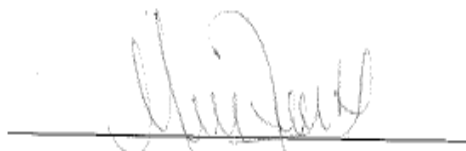
Ing. Agr. María de los Ángeles Arias Alfaro Msc.

Lector



Ing. Agri. Oscar Mora Monge

Lector



Ing. Agr. María de los Ángeles Arias Alfaro Msc.

Directora de Carrera.

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado a todas las personas que contribuyeron en mi formación como persona y profesional, desde los maestros de primaria hasta los docentes universitarios.

Así mismo a mis padres, hermanos y familiares, los cuales me han apoyado en una u otra manera en diferentes etapas de mi vida.

Roberto Antonio Santana Segura

Agradecimiento

Muy agradecido con Dios, por haberme dejado llegar a esta etapa tanto educativo como profesional, así mismo profundamente agradecido con los compañeros que me acompañaron en esta licenciatura ya que de ellos se rescatan tantas enseñanzas y aprendizajes.

Además, profundamente agradecido con los compañeros de trabajo ya que de ellos con su experiencia y sus labores diarias son una gran fuente de conocimiento para ser mejor cada día.

Un gran agradecimiento al Msc. Federico Murillo Arias, el cual me apoyo en el trascurso de esta etapa educativa con su soporte mediante asesoramiento educativo y psicológico.

Roberto Antonio Santana Segura

Índice de Contenidos

Resumen.....	xxi
CAPÍTULO I.....	22
1. Introducción.....	22
1.2 Área de estudio justificación y delimitación del problema.....	24
1.2.1 Área de estudio.....	24
1.2.2 Delimitación del problema.....	25
1.3 Situación Actual.....	26
1.4 Objetivos.....	29
1.4.1 Objetivo General.....	29
1.4.2 Objetivos Específicos.....	29
CAPÍTULO II.....	30
2. Marco Teórico.....	30
2.1 Historia del cultivo.....	30

2.2	Demanda del recurso hídrico del cultivo	31
2.3	Consumo de agua en el cultivo de caña de azúcar	32
2.4	Sistemas de riego comunes para el cultivo de caña de azúcar	33
2.4.1	Riego por gravedad	34
2.4.2	Riego por aspersión	35
2.4.3	Riego por goteo.....	36
2.6	Conceptos de los parámetros necesarios para el cálculo de requerimiento del cultivo.....	40
2.6.1	Coeficiente del cultivo.....	40
2.6.2	Evapotranspiración.....	41
2.6.3	Evapotranspiración real.....	41
2.6.4	Requerimiento hídrico	41
2.6.5	Agua útil	42
2.6.6	Balance hídrico.....	42
2.6.7	Capacidad de campo.....	42
2.6.8	Punto de marchitez permanente.....	43
2.6.9	Densidad aparente	43

2.6.10	Lamina máxima	44
2.6.11	Lamina neta.....	44
2.6.12	Lamina bruta	44
2.6.13	Frecuencias de riego.....	44
2.6.14	Numero de riego.....	45
CAPÍTULO III		45
3.	Marco Metodológico	45
3.1	Estudio hidráulico.....	45
3.2	Modificación la infraestructura hidráulica	46
3.3	Requerimiento hídrico	46
3.4	Estudio Topográfico	47
3.5	Cálculo de caudal mediante ecuación de Hanzen –William	47
3.6	Cálculo de carga mínima de la manga flexible	48
3.7	Cálculo de caudal de un canal mediante ecuación de Manning.....	48
3.8	Cálculo de lámina máxima en el suelo	49
3.9	Cálculo de lámina bruta en el suelo	49
3.10	Cálculo de frecuencias de riego	50

3.11	Cálculo de número de riegos.....	50
3.12	Cálculo de evapotranspiración del cultivo.	50
3.13	Cronograma y Presupuesto.....	51
CAPÍTULO IV.....		53
4	Presentación y análisis de los resultados.....	53
4.1	Evaluación de perfiles topográficos en zonas de cultivo.....	53
4.1.1.	Sección de UTN –TNR-1- TNR-2 TNR-3.....	54
4.1.2.	Sección UTN Lotes L-20 L-21.....	57
4.1.3.	Sección Lote L-18.....	61
4.1.4.	Sección _ Lote L-17.....	63
4.1.5.	Sección _ Lote L-4, L-5.....	67
4.1.6.	Sección Lote UTN L-14.....	71
4.2.	Calculo de láminas de lotes de Finca Experimental UTN sede Guanacaste.....	75
4.2.1.	Sección Higuerón.....	75
4.2.2.	Sección Cascante fase muy profunda.....	76
4.2.3.	Sección Cascante fase profunda (B 2.1.3).....	76

4.2.4. Sección Cascante, asociación fase muy profunda y profunda.....	77
4.2.5. Calculo de láminas máximas, lámina neta de lotes de Finca Experimental Taboga UTN.....	77
4.2.6. Requerimiento Hídrico de lotes de Finca Experimental Taboga UTN.	79
4.2.7.1 Requerimiento diario y frecuencias de riego de los lotes de Finca Experimental UTN.	79
4.2.7.2 Requerimiento mensual y número de riego por mes de los lotes de Finca Experimental Taboga UTN.	84
4.2.7.3 Volúmenes netos de agua de los lotes de Finca Experimental Taboga UTN.....	89
4.3. Infraestructuras en la finca UTN sede Guanacaste.....	90
4.3.1. Canales de la finca UTN sede Guanacaste.....	91
4.3.2. Cajas de la finca UTN sede Guanacaste.....	95
4.3.2.1 Propuestas para la modificación de cajas de la finca Experimental Taboga UTN sede Guanacaste.	98
4.3.2.2 Costo de las modificaciones de cajas de la finca UTN sede Guanacaste.	104

4.3.2.2.1 Costo de las modificaciones de caja de los lotes TNR-1, TNR-2, TNR-3.	104
4.3.2.1.2 Costo de las modificaciones de caja del lote L-17	106
4.3.2.1.3 Costo de las modificaciones de caja del lote L-14, L-18, L-20, L-21.	107
4.3.2.1.4 Costo de poli pipe y figuras en los lotes de la finca Experimental Taboga UTN Sede Guanacaste	109
4.3.2.1.5 Prospectiva económica de la implementación de riego con manga poli pipe en lotes de la finca Experimental Taboga UTN sede Guanacaste.	112
CAPÍTULO V.....	117
5 Conclusiones y Recomendaciones.....	117
Conclusiones.....	117
Recomendaciones	119
CAPÍTULO VI.....	120
6 Bibliografía.....	120
7 Anexos.....	123

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Mapa del area de estudio finca UTN Cañas, Guanacaste.	24
Ilustración 2. Sección TNR-1- TNR -2 TNR-3 finca UTN Sede Guanacaste.	54
Ilustración 3. Lotes evaluados L-20-L-21 finca UTN Sede Guanacaste.	57
Ilustración 4. Lote evaluado L-18 finca Universidad Técnica Nacional, finca Sede Guanacaste	61
Ilustración 5. Lote evaluado L-17 finca Universidad Técnica Nacional, finca Guanacaste	64
Ilustración 6 Lote evaluado L-4 L-5 finca Universidad Técnica Nacional, Sede Guanacaste	68
Ilustración 7. Lote evaluado L-14 finca Universidad Técnica Nacional, finca Guanacaste.	71
Ilustración 8 . Toma de la sección TNR-1 TNR-2 TNR-3 finca UTN Sede Guanacaste.	91
Ilustración 9. Canal rectangular para los lotes UTN L4_L-5 finca UTN Sede Guanacaste	92
Ilustración 10. Canal principal del lote L-17 B finca UTN Sede Guanacaste.	93
Ilustración 11. Canal principal del lote L-14 finca UTN Sede Guanacaste.	93
Ilustración 12. Canal principal del lote UTN L-18 L-20 L-21 finca UTN Sede Guanacaste.	94
Ilustración 13. Caja del lote L-17 B, finca UTN Sede Guanacaste.	95

Ilustración 14. Toma de los lotes L-20 L-21 finca UTN Sede Guanacaste.....	96
Ilustración 15. Toma de TNR-1 TRN-2 TNR 3 finca UTN Sede Guanacaste.....	96
Ilustración 16. Toma del lote L-18 finca UTN Sede Guanacaste.....	97
Ilustración 17 Vista de planta de toma para TNR-1, TNR-2, TNR3 finca UTN Sede Guanacaste	98
Ilustración 18 Vista isométrica de toma para TNR-1, TNR-2, TNR3 finca UTN Sede Guanacaste	99
Ilustración 19 Vista isométrica de toma para L-17 B finca UTN Sede Guanacaste	100
Ilustración 20 Vista de planta de toma para L-17 B finca UTN Sede Guanacaste	100
Ilustración 21 Vista frontal de toma para L-17 B finca UTN Sede Guanacaste...	101
Ilustración 22 Vista isométrica de toma para los Lotes L-18, L-14, L-20, L-21 finca UTN Sede Guanacaste.....	102
Ilustración 23 Vista frontal de toma para los lotes L-18, L-14, L-20, L-21 finca UTN Sede Guanacaste.....	102
Ilustración 24 Vista de planta de toma para los lotes L-18, L-14, L-20, L-21 finca UTN Sede Guanacaste.....	103
Ilustración 25 Mapa de lotes propuestos para poli pipe, finca experimental Taboga UTN Sede Guanacaste.....	126
Ilustración 26 Mapa de lotes óptimos para poli pipe, finca experimental Taboga UTN Sede Guanacaste.....	127

Ilustración 27 Mapa de lotes óptimos y las distancias para poli pipe, finca experimental Taboga UTN Sede Guanacaste.....	128
Ilustración 28 Punto georreferenciado para la toma de puntos en los lotes del UTN Sede Guanacaste.....	129
Ilustración 29 Caja del lote L-17 A, finca experimental Taboga UTN Sede Guanacaste.....	129
Ilustración 30 Caja de los lotes L-4, L-5 finca experimental Taboga UTN Sede Guanacaste.....	130
Ilustración 31 Caja de los lotes TNR-1, TNR-2, TNR-3 finca experimental Taboga UTN Sede Guanacaste.....	130

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Ventajas y desventajas de riego a gravedad.....	35
Cuadro 2.Ventajas y desventajas de riego a presión.....	35
Cuadro 3. Ventajas y desventajas de riego a goteo.....	36
Cuadro 4.Coeficientes del cultivo de caña de azúcar óptimos.....	40
Cuadro 5.Cronograma de actividades del proyecto.....	51
Cuadro 6.Presupuesto establecido para la elaboración del estudio de riego con manga flexible en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste	52
Cuadro 7. Lotes evaluados en la finca de la UTN sede Guanacaste.....	53
Cuadro 8.Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en los lotes TNR-1 TNR-2 TNR-3 Finca UTN sede Guanacaste.	56
Cuadro 9. Tirante mínimo de acuerdo a la diferencia de altura de la caja con respecto a la cabecera de lote UTN-L-21 en la finca de la Universidad Técnica Nacional.....	59
Cuadro 10. Tirante mínimo de acuerdo a la diferencia de altura de la caja con respecto a la cabecera de lote L-20 en la finca de la Universidad Técnica Nacional.....	60

Cuadro 11 Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en el lote L-18 en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste.	63
Cuadro 12 Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en el lote UTN L-17 A.	65
Cuadro 13 Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en el lote UTN-L-17 B.	67
Cuadro 14. Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en el lote UTN-L-5	70
Cuadro 15 Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en el lote UTN-L-4	70
Cuadro 16. Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en el lote UTN-L-14	73
Cuadro 17. Cuadro resumen de lotes óptimos para poli pipe en la finca de la UTN sede Guanacaste	74
Cuadro 18. Áreas y porcentajes de los lotes óptimos para poli pipe.....	75
Cuadro 19. Calculo de láminas en la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste.	78
Cuadro 20. Comparativo de caudales óptimos para poli pipe según formula de Hazen –Williams y formula manning para la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste.	78

Cuadro 21 Requerimiento diario de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y frecuencias de riego pertenecientes al mes de enero.....	80
Cuadro 22 Requerimiento diario de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y frecuencias de riego pertenecientes al mes de febrero.	81
Cuadro 23 Requerimiento diario de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y frecuencias de riego pertenecientes al mes de marzo.....	82
Cuadro 24 Requerimiento diario de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y frecuencias de riego pertenecientes al mes de abril.....	83
Cuadro 25 Requerimiento mensual de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y cantidad de riegos para el mes de enero.	85
Cuadro 26 Requerimiento mensual de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y cantidad de riegos para el mes de febrero.	86
Cuadro 27 Requerimiento mensual de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y cantidad de riegos para el mes de marzo.....	87

Cuadro 28 Requerimiento mensual de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y cantidad de riegos para el mes de abril.....	88
Cuadro 29 Requerimiento del volumen de agua para los lotes de la finca UTN sede Guanacaste.	89
Cuadro 30. Caudales máximos de los canales de la finca UTN sede Guanacaste.	90
Cuadro 31 Costo de materiales para la caja de los lotes TNR-1, TNR-2, TNR-3 finca UTN sede Guanacaste.....	104
Cuadro 32 Costos generales para la caja de los lotes TNR-1, TNR-2, TNR-3 finca UTN sede Guanacaste.	105
cuadro 33 Costos de materiales para la caja del lote L-17 B, finca UTN sede Guanacaste.	106
Cuadro 34 Costos generales para la caja del lote L-17 B, finca UTN sede Guanacaste.	106
Cuadro 35 Costos de materiales para la caja de los lotes L-14, L-18, L-20, L-21 finca UTN sede Guanacaste.....	107
Cuadro 36 Costos generales para la caja de los lotes L-14, L-18, L-20, L-21, finca UTN sede Guanacaste.	108
Cuadro 37 Costos de poli pipe para los lotes, finca UTN sede Guanacaste.....	109
Cuadro 38 Costos de figuras para poli pipe para los lotes, finca UTN sede Guanacaste.	109

Cuadro 39 Costos de tubos enrolladores para poli pipe para los lotes, finca UTN sede Guanacaste.	110
Cuadro 40 Costos totales del proyecto para los lotes óptimos, finca UTN sede Guanacaste.	111
Cuadro 41 Plan de riego de los lotes óptimos para la modalidad de poli pipe en la finca de la UTN sede Guanacaste.....	112
Cuadro 42 Inversión en riego con sifones en los lotes de la finca del UTN sede Guanacaste.	113
Cuadro 43 Inversión en riego con poli pipe en los lotes de la finca del UTN sede Guanacaste.	114
Cuadro 44. Análisis financiero del proyecto de e riego con poli pipe en los lotes de la finca del UTN sede Guanacaste.	115
Cuadro 45. Series taxonómicas de la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste.	123
Cuadro 46 Pruebas físicas del suelo sección higuerón de la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste.....	124
Cuadro 47. Pruebas físicas del suelo sección cascante fase muy profunda de la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste	124
Cuadro 48. Pruebas físicas del suelo sección cascante fase profunda (b 2.1.2) de la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste	124

cuadro 49. Pruebas físicas del suelo sección cascante fase profunda (b 2.1.3) de la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste	125
Cuadro 50. Pruebas físicas del suelo sección cascante fase profunda y muy profunda de la zona de estudio en la Finca De La Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste.....	125

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Perfil longitudinal de las cabeceras de los lotes TNR -1 TNR-2 TNR-3 Finca UTN Sede Guanacaste.....	55
Gráfico 2. Perfil longitudinal del lote UTN-L-21 en la finca de la Universidad Técnica Nacional.....	58
Gráfico 3. Perfil longitudinal lote UTN-L-20 en la finca de la Universidad Técnica Nacional.....	59
Gráfico 4. Perfil longitudinal lote L-18 en la finca de la Universidad Técnica Nacional Sede Guanacaste.....	62
Gráfico 5. Perfil longitudinal Lote UTN-L-17 A en la finca de la Universidad Técnica Nacional.....	64
Gráfico 6. Perfil longitudinal lote Utn-L-17 B en la finca de la Universidad Técnica Nacional.....	66
Gráfico 7. Perfil longitudinal lote UTN-L-5 en la finca de la Universidad Técnica Nacional.....	68
Gráfico 8 Perfil longitudinal lote Utn-L-4 en la finca de la Universidad Técnica Nacional.....	69
Gráfico 9. Perfil longitudinal lote UTN-L-14 en la finca de la Universidad Técnica Nacional Sede Guanacaste.....	72

Índice de Formulas

Ecuación de Hanzen-William 1	47
Ecuación de carga de la manga...2	48
ecuación de Manning ...3	48
Ecuación de lamina maxima ...4.....	49
Ecuación de lamina bruta ...5.....	49
Ecuación de frecuencias de riego ...6.....	50
Ecuación de numero de riegos... 7	50
Ecuación de evapotranspiracion...8.....	50

Resumen

En este trabajo de investigación enfocado a modernizar la conducción de las aguas para riego, y a su vez generar un mayor control con respecto al uso del recurso hídrico.

Se encontró que los sistemas de riego actuales en la Finca Experimental Taboga de la Universidad Técnica Nacional, sede Guanacaste, no poseen una funcionalidad acorde con la tecnología existente y la modernización para que exista un uso adecuado del recurso hídrico, por consiguiente, no existe un control adecuado del agua utilizada en las zonas cultivadas y que son objeto de la investigación del proyecto.

Se analizaron 66,9 hectáreas, identificándose 53,21 hectáreas de forma viable, de ellas se dividieron en siete lotes de forma total y la octava solo de forma parcial; determinándose las áreas adecuadas para el poli pipe, y tomando en cuenta las dificultades topográficas como el contrapendiente para que no genere en el futuro rupturas en las mangas plásticas,

Otros aspectos a considerar son los requerimientos hídricos de los lotes considerados en el proyecto, así mismo las frecuencias y las cantidades de riegos que se deberían de ejecutar desde enero hasta abril, época de mayor demanda de la planta, las infraestructuras presentes en las zonas del proyecto están bastante afectadas, por la edad o por accidentes con vehículos agrícolas, lo cual dificulta la

ejecución de riego con poli pipe, esto si no se realiza la modernización a corto o mediano plazo.

La aplicación de riego mediante el uso de mangas plásticas es viable y rentable comparada con la modalidad tradicional de canal abierto, encontrándose una diferencia hasta de un 36.4% del costo en solo la aplicación del riego.

Igualmente, los lotes que no clasificaron en la modernización con mangas flexibles se tendrían que contemplar a largo plazo, con el uso de mangas plásticas, esto por medio de la adecuación de terrenos con la maquinaria agrícola.

Esta investigación nos insita a planificar en diversos campos: en presupuestos, análisis infraestructurales y requerimiento hídricos vitales para incrementar la productividad y rentabilidad, y el manejo del agua en el sector agrícola. Por esa razón es importante llevar registros para la mejora continúa de este proceso, de esta manera no comprometer el cultivo ni la productividad de este.

CAPÍTULO I

1. Introducción

La provincia de Guanacaste es reconocida por su gran fertilidad y de excelentes condiciones para la preparación de suelos, los cuales fueron muy usados para la actividad ganadera con la introducción de pasturas, como el pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*) pero al pasar el tiempo el mercado ganadero tendió a la baja ya que las exportaciones bajaron considerablemente y se debió afrontar un declive productivo en la zona, por ende se destinaron las zonas ganaderas en sectores arroceros y cañeros principalmente los cuales vinieron a generar una gran ayuda económica para los estratos sociales que se vieron afectados. En el periodo de los años 80” se planea un proyecto de gran envergadura en la provincia, el cual consistía en la canalización en las aguas sobrantes de la generación de energía hidroeléctrica del embalse Arenal las cuales, proporcionarían riego a gravedad a las zonas productivas agrícolas de los cantones de Cañas, Bagaces y una parte de Liberia, lo cual fortalecería e incrementaría el sector productivo agrícola. Una vez establecido el Distrito de Riego Arenal-Tempisque, el cual abarca 15 mil hectáreas para la época de los noventas. Con dicho distrito de riego se establecieron compañías las cuales son las principales fuentes de empleo en la zona de los cantones que integran al distrito de riego.

Así mismo las áreas productivas cañeras han cambiado radicalmente mediante la utilización de riego en los lotes, utilización de variedades adecuadas al lugar y un paquete tecnológico para producir; generando producciones entre las 80-90 toneladas de caña por hectárea, lo cual hace que la actividad sea rentable para el productor.

A mediados del nuevo milenio se fueron afinando los paquetes tecnológicos en el cultivo, y uno de los puntos en que mejoro fue el método de aplicación de riego el cual se idóneo en hacerlo más localizado y de más eficiencia, a su vez con materiales más resistentes a grandes volúmenes de agua.

Uno de los sistemas que se ha adecuado a las zonas cañeras tropicales de la región, es la modalidad poli pipe el cual es una manga de polietileno flexible, la cual pude asumir grandes cargas de agua y su gran eficiencia de conducción y la menor cantidad de perdidas ya sea por infiltración o escorrentía en comparación con un sistema convencional de riego con canal abierto.

Mediante la utilización de esta modalidad en la mayor parte las zonas cañeras de los ingenios de la provincia de Guanacaste y en específico del Ingenio Taboga el cual se encuentra en los alrededores de la finca experimental, el cual presenta un 90% de áreas regadas con poli pipe por lo cual indica una gran aceptación además de que su costo de inversión comparado con otras tecnológicas de riego es más adecuado ya que es baja la inversión y de fácil manejo. Mediante este proyecto de graduación se trató de actualizar el sistema de riego que presenta las zonas cultivadas con caña de azúcar en la Universidad Técnica Nacional sede

Guanacaste y de la posibilidad de modificar el sistema actual por uno más moderno y eficiente.

1.2 Área de estudio justificación y delimitación del problema

1.2.1 Área de estudio

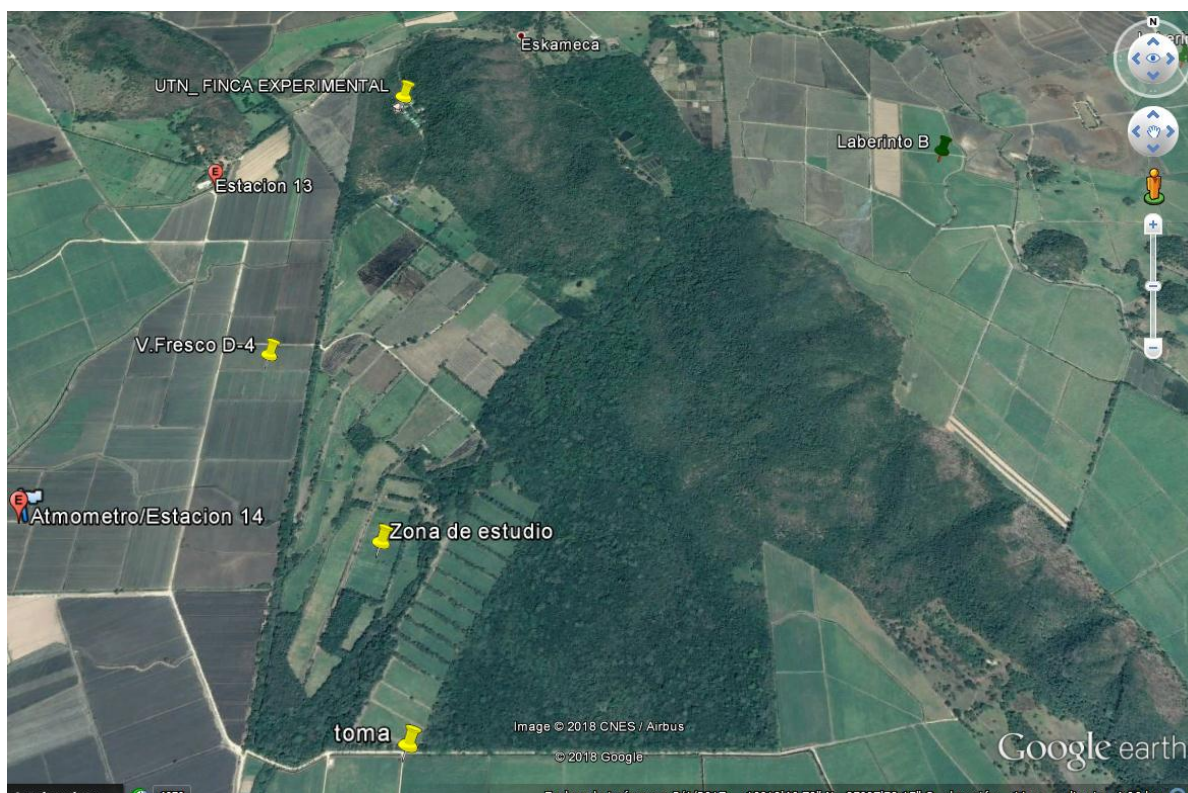


Ilustración 1. Mapa del area de estudio finca UTN Cañas, Guanacaste.

Fuente: Google earth ,2018

El estudio se realizó en la finca Experimental de la UTN, zona sembradas con 86 hectáreas en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), las cuales son trabajadas por mismos funcionarios del campus universitario. Para la realización

de este proyecto de investigación es en la provincia de Guanacaste, en el cantón de Cañas, el distrito de San Miguel, donde se encuentra ubicada la finca Experimental Taboga de dicha universidad. Cuyas coordenadas latitud $10^{\circ}18'55.92''\text{N}$, longitud $85^{\circ} 8'58.28''\text{O}$.

Dicha zona cuenta con las zonas de vida bosque húmedo tropical a transición seca y bosque húmedo premontano transición basal, los cuales presentan temperaturas que oscilan entre los 18-30 grados Celsius y con precipitaciones que van desde los 1000-2000 ms. (Holdridge, 2000)

1.2.2 Delimitación del problema

De las 86 hectáreas cultivadas con caña de azúcar, se priorizaron 66.9 hectáreas con las cuales se logró extraer los datos necesarios para realizar el proyecto,

Estas zonas que se priorizaron tienen un sistema de riego con más de dos décadas de haberse construido. Por tal motivo la estructuras de los mismos está muy comprometida y la funcionalidad de ellos no es la óptima; a raíz de esta situación existen perdidas hidráulicas considerables entre los problemas que tiene en la actualidad son:

- a) Averías en lozas o paños.
- b) La infraestructura en muy pequeña para caudal disponible.
- c) Falta de mantenimiento de las obras.

d) Plan preventivo.

Al hacer un análisis de los lotes que se pueden pasar de canal abierto a riego con manga plástica se podrá reducir las pérdidas por escorrentía y percolación, un manejo más adecuado de las labores de riego como tal y facilitando el libre tránsito de maquinaria dentro del lote.

Esas áreas del proyecto son lugares con gran potencial productivo, pero son limitadas al acceso de la cantidad de agua por consecuencia sus producciones son altamente afectadas por el estrés hídrico al que son sometidas.

La prioridad de esta investigación es la mejora la utilización del recurso hídrico que posee la universidad mediante la implementación de una generando un impacto ambiental positivo ya que se utilizará la cantidad adecuada de agua en el cultivo y reducirá el despilfarro.

1.3 Situación Actual

Según las experiencias a nivel internacional, en Uruguay específicamente en el cultivo del arroz, en donde existe un sistema deficiente de riego y además no se han podido establecer sistemas más presurizados. La implementación de riego con mangas flexibles ha si la mejor opción bajo esas condiciones. Según (Moran, Varillas, & Hilborn, 2008), la experiencia demostró un ahorro del 10 %, utilizándolo en riego para la soja (*Glycine max*). Así mismo en dicho país se demostró de un ahorro económico en su vida útil prolongándose por más de 2 años.

Según (Duran, España, & Gaidos, 2008), En Venezuela, en el estado de Portuguesa, realizaron una evaluación entre el sistema de riego con mangas plásticas flexibles versus canal abierto, el cual expuso que la eficiencia de 99.9 l/s contra un 88.48 l/s. Con la utilización de las mangas flexibles se aumenta la eficiencia en un 12% en comparación con un canal convencional teniendo un ahorro considerable en el recurso hídrico.

El área de influencia cultivada en caña de azúcar en el pacifico norte costarricense cuenta con 38.317,2 ha de las cuales un 72,6 % presentan riego.

Los cantones con mayor área con riego son:

1. Liberia.
2. Bagaces.
3. Cañas.
4. Filadelfia.

Con mayor área de secano encontramos a:

1. Puntarenas.
2. Filadelfia.
3. Liberia.
4. Santa Cruz.

Lo que equivale un 27,4% del área total de la zona pacifico norte.

El método por gravedad o superficial es la modalidad más usada entre los productores con 79,8% respecto al total del área con riego, la técnica de aplicación por gravedad el uso del "Poli pipe" es la más utilizada en las fincas cañeras, ya que permite un mayor rendimiento de avance y eficiencia en el uso del agua a un costo relativamente bajo, asimismo es la técnica con mayor índice en la calidad del riego. La técnica del poli pipe ha sustituido en gran medida al riego por tubería de ventanas principalmente por el alto costo energético del bombeo, tubería enterrada y mucha mano de obra en su instalación. En la zona de Cañas 5.795,93 hectáreas con riego de las cuales 3.724.29 hectáreas son regadas con poli pipe, lo que equivalen a un 64.25 % de la superficie regada.

El apoyo que dan esas técnicas de riego en caña de azúcar es sorprendentes, ya que hace incrementos importantes en materia de productividad por ende aumenta la rentabilidad económica. (Angulo,A. 2017)

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- a) Modernizar los sistemas de riego mediante un estudio de uso de tecnologías de conducción mediante poli pipe, para el avance en el manejo del recurso hídrico.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar un estudio hidráulico de los lotes productivos de caña a través de mediciones de las pendientes de estos para la identificación de las áreas aptas para el riego con poli pipe.
- b) Elaborar un balance hídrico del cultivo de caña de azúcar mediante los parámetros de riego para la identificación del requerimiento de las láminas de consumo diario del cultivo.
- c) Revisar las infraestructuras hidráulicas de los lotes aptos con la modalidad de riego con mangas flexibles mediante visitas de campo para la clasificación de las instalaciones y sus debidas modificaciones.

CAPITULO II

2. Marco Teórico.

2.1 Historia del cultivo

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una planta que se originó en la zona de tropical asiática de India y Nueva Guinea.

La planta se caracteriza por tener tallos largos, gruesos y pesados con cierto contenido de fibra con entrenudos cortos, cuando la planta está en etapa de maduración sus tallos convierten los almidones en azúcares los cuales son extraídos mediante método mecánicos para luego efectuar un proceso industrializado para la obtención del azúcar en sus diversas presentaciones (moreno, blanca, entre otras) (Subiros Ruiz, 2000)

Las primeras plantas que introdujeron a Costa Rica fueron en el periodo de 1530 con los primeros viajes de los españoles de las islas de Cuba y Puerto Rico, conocidas como variedades criollas, de las cuales mediante procesos artesanales se podía extraer el dulce en cual era muy utilizado en la vida cotidiano del costarricense llegando así hasta ser comercializado para exportación en principios del siglo XX. (Saenz Leon, 2012)

En la época de los treinta se empieza incrementar al diversificar las variedades mediante la importación de variedades de Java, Hawái, India entre

otros países lo cual fue un gran aporte para la industria cañera incipiente, en 1940 se establece la ley 359 la junta de protección de la agricultura de la caña, cuya función fue de tratar de regular el mercado y de disminuir las diferencias entre las partes industriales y los productores. Las zonas de cultivo se fueron desplazando desde le Valle Central hacia las llanuras del pacifico seco, las cuales presentan una excelente topografía, buen suelo y condiciones medio ambientales favorables para dicho cultivo. (Chavez, 2014)

2.2 Demanda del recurso hídrico del cultivo

Los cultivos agrícolas requieren el agua para realizar una serie de funciones fundamentales como lo es la fotosíntesis, creación de azúcares, la maduración de los frutos y almacenamiento de energías y la caña de azúcar no es la excepción. (Saenz Leon, 2012)

Mediante dos maneras el cultivo de caña de azúcar se le sule el agua que requiere para cumplir con su desempeño, una se da mediante la precipitación que cae en los periodos lluviosos que abarcan desde abril hasta octubre.

El otro método de cumplir con la demanda hídrica del cultivo es mediante la proporción de riegos a la planta, esta labor es muy común en la zona pacifica del país ya que por la facilidad del agua (Distrito de riego Arenal Tempisque) se puede hacer llegar el recurso en el momento más indicado. (Angulo, 1999)

Con base en el estado fenológico del cultivo, así será el uso o consumo del agua además el factor climático de evapotranspiración (perdida de agua por evaporación, transpiración) es un indicador de cuanto se le debe de suministrar a la planta para que esta no entre en retardo o estrés lo cual repercute en la parte productiva y directamente en el factor económico (Subiros Ruiz, 2000)

El etapa de germinación el requerimiento es mínimo, es más que todo utilizado para incitar la germinación y establecimiento de la plantación, este no presenta gran área foliar, ya en la fase de macollamiento y rápido crecimiento se incrementa en gran manera por la alta demanda de energía, la generación de tallos y de área foliar para poder estar en óptimas condiciones, si en esta etapa se establece cierto grado de estrés en el cultivo perjudica negativamente el crecimiento de los tallos, afectación de la fotosíntesis y la reservas de azúcares serán notoriamente afectados. Ya en la etapa de final de maduración es importante el manejo del recurso ya que se debe de reducir para incitar a la maduración y acumulación de azúcares en los tallos, así facilitaría la extracción en la industria azucarera. (Subiros Ruiz, 2000)

2.3 Consumo de agua en el cultivo de caña de azúcar

En diversas partes del mundo se analizado en consumo de agua de la planta en forma diaria, los cuales ha indicado un consumo de 4 mm los cuales equivalen aproximadamente 40 metros cúbicos por hectárea esto en un día.

Comparando países latinoamericanos con las zonas agroclimáticas muy similares a las nuestras ya ha llegado a evidenciar de consumos de 2.7 mm en sus primeras etapas y llegando hasta 4 mm en etapas donde hay mayor demanda de recursos (incremento de la población de tallos).

Este consumo se ve muy influenciado de las condiciones climáticas en donde se establece el cultivo por ejemplo al estar expuesta la planta a más horas luz esta incrementa sus funciones de crecimiento y por ende requiere agua para dicha función (Subiros Ruiz, 2000)

El manejo del suelo establece la eficiencia del uso del agua en el cultivo, suelos con alta compactación dificulta la adsorción del agua a falta de poros o más bien suelos con demasiada preparación mal hecha, hace que las pérdidas de agua por percolación e infiltración sean muy elevadas y afecte de forma negativa en la parte productiva. (Diaz Motejo & Portocarrero Rivera, 2002)

2.4 Sistemas de riego comunes para el cultivo de caña de azúcar

Según (Subiros Ruiz, 2000) El riego tiene la intención de proporcionar el agua que requiera la planta en el momento indicado según sea su estadio o etapa fenológica. Este se debe de ser lo más beneficioso posible ya que si se ejecuta mal traerá grandes consecuencias tanto en la planta.

Hay que tener en cuenta factores como la topografía (si es plano u ondulado) la disposición del agua al lugar del cultivo (ya sea mediante ríos, lagos o reservorios), si se cuenta con infraestructura hidráulica, sistemas de operación en caso de ser agua bombeada.

En nuestro país existen diversas formas de ejecutar el riego, dentro de las cuales están:

2.4.1 Riego por gravedad

Este se establece en zonas con topografía bastante plana o es adecuado topográficamente de esta forma, se desvía el agua de riego del canal primario a un canal secundario, el cual está dentro del lote y esta es encausada en el lote mediante los surcos los cuales ya están previamente sembrados los más rectos posibles así mismo con cierto grado de inclinación o pendiente para el agua se mueva de una forma adecuada y a su vez no genere problemas de erosión. En los riegos a gravedad se requiere de sifones plásticos y lonas. (Subiros Ruiz, 2000)

En la zona de Guanacaste es muy común esta modalidad por la facilidad de agua de parte del DRA-T (Distrito de Riego Arenal-Tempisque) el cual es administrado por SENARA.

Cuadro 1 Ventajas y desventajas de riego a gravedad

Ventajas	Desventajas
Bajo costo de instalación	Baja eficiencia (50%-60% inclusive mas)
Fácil de trabajar	Requiere adecuación topográfica
Menores costos de energía (electricidad o gasolina/diésel)	Puede provocar encharcamientos

Fuente: Subiros, F.2000

2.4.2 Riego por aspersión

Es el método de conducir el agua de riego mediante presión, la cual es ejercida por una bomba. Esta modalidad se usa en terrenos con cierta pendiente, con alta infiltración lo cual hace que la humedad se retenga en poco tiempo.

Al aplicar este riego se asemeja mucho a la precipitación por lo cual se deben efectuar constantes periodos de riego para suplir la lámina óptima para el cultivo.

Cuadro 2.Ventajas y desventajas de riego a presión

Ventajas	Desventajas
Mejor lamina aplicada al cultivo	Elevado costo de instalación
Muy buena uniformidad y eficiencia (85%-80%)	Limitado a ciertos lugares (lugares con vientos muy fuertes)
Disminuye la erosión y la escorrentía por ende la infiltración es más óptima.	Se requiere establecer un diseño elaborado por personal capacitado

Fuente: Subiros, F.2000.

2.4.3 Riego por goteo.

Es una de las formas más efectivas para la aplicación de riego en zonas escasas de agua (con eficiencias de 85%-95%) además de su gran durabilidad en el campo.

Esta modalidad se trata de distribuir el agua en pequeñas gotas que salen de una manguera perforada la cual emite caudales entre 1 -2 lts /hora lo cual hace que sea un constante riego con láminas bajas. Lo cual mantiene la humedad permanente en el sistema radical.

Cuadro 3. Ventajas y desventajas de riego a goteo

Ventajas	Desventajas
Alta eficiencia en el uso y aplicación del recurso	Costo muy elevado
Se puede realizar labores de fertilización	Alto costo de operación
Permite la automatización de las labores de riego.	Requiere personal calificado

Fuente: Subiros, F.2000.

2.5 Nuevas tecnologías de riego en caña de azúcar

Al avanzar de las épocas así se va incrementando la tecnología en todos los ámbitos y la agricultura no es la excepción, por los altos costos y escasos recursos hace que sea muy importante esta herramienta que está a disposición de nosotros.

Una de esas tecnologías es el uso de mangas de riego, las cuales son confeccionadas a base de polietileno (uno de los plásticos más común debido a su bajo precio y simplicidad en su fabricación) lo cual permite la flexibilidad lo que es la colocación de la manga en el campo y entro otras cosas.

Las mangas de riego flexibles son comúnmente llamadas como poli pipe, es un tubo plástico flexible y espesores de pared muy reducida (entre los 0,2 mm hasta los 0,6 mm) y que distribuir agua a muy baja presión (nunca debe superar 1 mca) y con un precio bastante cómodo al cliente lo cual lo hace accesible a los medianos y pequeños productores. (Periodico El Observador, 2014)

Mediante la utilización de un canal abierto no se sabe la cantidad de agua y cómo regularlo. En una manga es muy sencillo saber cuánta agua tengo, cómo manejarla y permite que sea mucho más sencillo regar para los operadores de riego que están en el campo. El objetivo inicial fue mejorar el riego, lo cual disminuye el gasto de agua y aumentar la eficiencia del encargado de riego (Duran Roberto, 2008).

Dentro de los problemas del uso de las mangas de riego es cuando se utiliza una bomba ya que el llenado de la manga se puede tornar violento y el llenado aumente el caudal o también cuando se incrementa la presión de la bomba la cual hace que los puntos más débiles o más exigidos cedan.

Para reducir estos problemas dentro de un sistema de riego poli pipe usando una bomba con menor caudal la cual no exceda la capacidad en presión y caudal optimo y la otra opción es la utilización de un recipiente de aproximadamente 200 litros en el cual tenga un orifico en la parte superior en donde entrada el agua y en la parte inferior tendrá una apertura de salida donde se conectará la manga de poli pipe.

Con referencia a las distancias del poli pipe, es un tema de importancia ya que hay establecer un equilibrio entre los costos y las necesidades de riego (de la caña de azúcar). A mayor longitud se deberá hacer mayor cantidad de salidas de agua, se incrementa en cierta medida el costo del proyecto.

En cuanto a los benéficos:

1. Este sistema de riego permite obtener una eficiencia de aplicación de agua al suelo comparada con métodos de riego tradicionales, al sustituir las acequias de conducción y distribución.
2. Por utilizar una conducción cerrada, reduce el crecimiento de malezas.
3. Evita pérdidas por infiltración, evaporación directa y evapotranspiración de plantas acuáticas y malezas.
4. Permite un aumento de la superficie cultivada, debido a que prácticamente no ocupa sitio en el terreno a regar.
5. Facilita el movimiento de maquinaria agrícola y el tránsito, debido a la eliminación de acequias y de sectores anegabas.

6. Se necesita poco personal requerido por los procedimientos de riego más tradicionales (sifones, acequias con tubos a nivel, mangas, etc.), ahorrándose tiempo y mano de obra.
7. Las tuberías flexibles son muy livianas y, por lo tanto, de fácil almacenaje, transporte e instalación en la implementación del sistema.
8. Las tuberías más utilizadas en este sistema tienen paredes lisas que facilitan el flujo del agua y son flexibles (tuberías de PVC, polietileno y mangas de polietileno).
9. Es un sistema de riego de bajo costo, debido a que es gravitacional y a baja presión, y además utiliza tuberías de bajo espesor y cargas hidráulicas pequeñas.

Las limitaciones de este sistema de riego son las siguientes:

1. No es un sistema de riego tecnificado como los sistemas de riego por goteo, aspersión y microaspersión.
2. No es posible aplicar fertilizantes y pesticidas con el agua de riego.

Tipos de Sistemas

- a) Los sistemas de riego californiano pueden ser de dos tipos atendiendo a su movilidad. (Cabas & Varas, 1993)
- b) Sistema móvil:
- c) El sistema de riego californiano móvil o portátil permite la sustitución de las acequias de riego y a la vez, el traslado de las tuberías de un lugar a otro,

disminuyendo considerablemente el costo por superficie instalada. (Cabas & Varas, 1993).

Sistema Fijo

En los sistemas de riego californiano fijo todos los componentes quedan inmóviles o fijos en el terreno y Las tuberías de conducción y distribución se colocan enterradas. (Cabas & Varas, 1993).

2.6 Conceptos de los parámetros necesarios para el cálculo de requerimiento del cultivo

2.6.1 Coeficiente del cultivo

Es un valor que depende muy estrechamente del estado fisiológico y morfológico del cultivo que está analizando. (Valverde Conejo, 2000). De acuerdo con este proyecto se trabajaran con los siguientes coeficientes.

Cuadro 4. Coeficientes del cultivo de caña de azúcar óptimos

Edad	Coeficiente -Kc
Menos de 60 dias	0.3
Entre 60 -120 dias	0.5
Entre 120 -300 dias	0.7
mas de 300 dias	0.25

Fuente: Valverde, J, 2000.

2.6.2. Evapotranspiración

Un parámetro para el cálculo de las necesidades del cultivo con respecto al agua que demanda la planta. En este caso esta información sale directamente de las estaciones meteorológicas disponibles en el mercado.

En este proyecto se va a usar los datos dados por la estación meteorológica de la UTN.

2.6.3. Evapotranspiración real

Consiste en la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo. En nuestro balance, sale de la multiplicación de evapotranspiración por coeficiente del cultivo.

2.6.4. Requerimiento hídrico

Consiste en el consumo diario o por periodo, del agua que ocupa una planta en un determinado momento. Este dato surge de la multiplicación de la evapotranspiración real por el ciclo a analizar (diario, semanal o mensual) (Valverde Conejo, 2000).

2.6.5. Agua útil

Consiste en la suma de los ingresos o aporte de humedad al suelo, estos aportes son: precipitación (una precipitación efectiva del 75%) aporte de riego y una humedad antecedente en el suelo.

2.6.6 Balance hídrico

Consiste en el cálculo de las entradas y salidas de humedad en una lamina analizada, el resultado es en milímetros (mm). Las entradas son la precipitación, riegos y humedad antecedente y como salida esta el requerimiento hídrico, y con respecto a la lamina es el resultado de la división entre balance hídrico en mm entre la lamina máxima, este resultado se multiplica por 100 para obtener el porcentaje de dicha lamina.

2.6.7 Capacidad de campo

Se refiere al contenido de humedad retenida en el suelo en contra de las fuerzas de gravedad, de dos a cuatro días después de una lluvia fuerte o riego. Una vez drenada el agua gravitacional, la humedad retenida depende de la textura, contenido de materia orgánica y compactación del suelo. Este concepto se conoce como capacidad de campo en el suelo.

2.6.8 Punto de marchitez permanente

Es el valor mínimo permisible de humedad del suelo que este puede alcanzar, sin tener un efecto muerte en la planta, y puede ser estimado por medio de 18 plantas indicadoras mantenidas en macetas bajo condiciones similares al cultivo de interés.

Para obtener el porcentaje de humedad a punto de marchitez permanente se utiliza el mismo procedimiento que para capacidad de campo, con la diferencia que la presión que se aplica a las muestras es de $15 \text{ MPa} \times 10^{-1}$.

2.6.9 Densidad aparente

Es el peso del suelo seco al horno, a $105 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, entre volumen total de la muestra de suelo incluyendo el espacio poroso. (Valverde Conejo, 2000).

En suelos sueltos, granulados, porosos, tienen densidad aparente baja, los suelos arenosos valores altos, y los arcillosos con baja densidad por la alta porosidad.

A mayor contenido de materia orgánica, menor es la densidad aparente y también varía con la profundidad debido a la compactación y menor contenido de materia orgánica.

2.6.10 Lamina máxima

Es la máxima lámina de agua que un suelo puede retener, se hace con base a la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y la profundidad radicular del cultivo.

2.6.11 Lamina neta

La lámina neta o dosis neta de riego, se toma en cuenta una condición de manejo de vital importancia, y este es el porcentaje de agotamiento permisible o en términos de tensión. (Valverde Conejo, 2000)

2.6.12 Lamina bruta

En un sistema de riego siempre se van a dar pérdidas de agua en diversas formas (por evaporación, percolación profunda, escorrentía y otros), por lo que si aplicamos la lámina neta; en el perfil del suelo va a quedar una lámina inferior. Para evitar esto, se debe aplicar una lámina mayor en el suelo. Lo que se pretende es garantizar el agua para satisfacer la demanda del cultivo (Valverde Conejo, 2000).

2.6.13 Frecuencias de riego

El intervalo con que se deba de reponer esa lámina depende de la magnitud de ésta y de la evapotranspiración real del cultivo. La frecuencia de riego permite estimar el número de días transcurridos entre dos riegos consecutivos (Valverde Conejo, 2000).

2.6.14 Numero de riego

Es el número de riegos que se ejecutan en un periodo de un mes, se confecciona en base a los requerimientos mensuales y la lámina neta.

CAPITULO III

3. Marco Metodológico

Dentro del estudio se contempló las siguientes evaluaciones:

3.1 Estudio hidráulico

Se identificaron las diferentes tomas de agua del sistema de riego mediante la observación en campo o zona de cultivo.

Se tomaron los puntos de las cabeceras de los lotes evaluados usando un bastón el cual se toma la elevación en dicho punto así mismo se hizo lectura topográfica en el fondo del canal, el nivel del agua del canal y el borde del canal con la información capturada del campo se inició a delimitar los puntos mediante el programa Qgis 2.14.3.

Con los puntos procesados en Qgis se identificó las elevaciones de cada punto del lugar. Ya se pudo comenzar a hacer la selección de los lotes óptimos para usar la modalidad de riego con mangas flexibles.

3.2 Modificación de la infraestructura hidráulica

Dentro de las inspecciones ejecutadas en las zonas cañeras de la UTN, se ubicaron las cajas o tomas de los lotes esto a través de visitas a cada una de las infraestructuras existentes.

Una vez seleccionados los lotes adecuados para el riego usando manga flexible, se hace una minuciosa inspección de las infraestructuras, se tomaron las medidas para identificar la capacidad de ellas.

Ya con esta información se estimó la modificación que se le debe de hacerse la caja o la toma. Además de estableció la cantidad de materiales que se requerirán.

3.3 Requerimiento hídrico

Para el cumplimiento de esta acción, se requieren los datos de los estudios de campo realizados por anteriores investigaciones en la zona de ejecución del proyecto esta información se encuentra en los cuadros numero 45 hasta el 49 ubicados en la parte anexos de este documento. Ya con esta información tabulada se procedió a hacer el cálculo del consumo del cultivo de acuerdo con su edad, condiciones de precipitación o de riego, esto con la finalidad de aportar la dosis adecuada de agua al cultivo dependiendo de su fase de desarrollo.

3.4 Estudio Topográfico

Todos estos estudios del proyecto van enlazados con los estudios topográficos los cuales nos indican mediante perfiles longitudinales tomados en los inicios de los lotes que se seleccionaron para esta modalidad, los lotes indicados o que tengan la carga óptima para su conversión a poli pipe continúan con los siguientes estudios y los lotes que no presentan la carga adecuada se descartan. El estudio topográfico es el inicio de la selección de las zonas de trabajo.

3.5 Cálculo de caudal mediante ecuación de Hanzen –William

Mediante esta ecuación de Hanzen –William se utiliza para la determinación del caudal o la velocidad de aguas en tuberías circulares llenas o conductos cerrados que están bajo cierta presión.

Ecuación de Hanzen-William

$$hf: (10.679 \div C^{1.852}) \times (L \times D^{4.87}) \times Q^{1.852} \quad 1$$

Dónde:

Hf: pérdidas de carga en metros por Hanzen-William

L: longitud de tubería en metros

D: Diámetro interno en metros

Q: Caudal en m³/seg

3.6 Cálculo de carga mínima de la manga flexible

Carga min de poli pipe:

Carga mínima de manga flexible

N.A – CC. ...2

Dónde:

N.A: Nivel del Agua de la infraestructura en centímetros o metros

CC: elevación de un punto dentro del inicio de un lote.

Quando en esta relación, esta diferencia da más de 0.40 mts o 40 cm, existe carga hidráulica.

3.7 Cálculo de caudal de un canal mediante ecuación de Manning.

Ecuación de Manning.

$$Q: \frac{1}{n} \times A \times r^{\frac{3}{2}} \times s^{\frac{1}{2}} \quad \dots 3$$

Dónde:

Q: Caudal m³/seg

n: coeficiente de rugosidad de Manning

A: Área del canal m²

R: radio hidráulico de la infraestructura

s: Pendiente m/m.

3.8 Cálculo de lámina máxima en el suelo

Ecuación de Lamina Máxima

$$L_{maxima} = \frac{(CC - PMP)}{100} * P.Ap * Prof \quad \dots 4$$

Dónde:

Lmaxima: Lamina Máxima

CC.: capacidad de campo en cm

PMP: Punto de marchitez permanente en %

P. Ap: densidad aparente en g/cm³

Prof: profundidad radicular del cultivo.

3.9 Cálculo de lámina bruta en el suelo

Ecuación de Lamina Bruta

$$LB = \frac{LN \times 100}{Ef.} \quad \dots 5$$

Dónde:

LN: Lamina Neta en cm.

Ef.: Eficiencia del sistema en décimas.

3.10 Cálculo de frecuencias de riego

Ecuación de frecuencias de riego

$$Fr: \frac{LN}{Etr \text{ día}} \dots 6$$

Fr: Frecuencia de riego en días.

Dónde:

LN: Lamina Neta

ETr día: uso consultivo de la planta diario.

3.11 Cálculo de número de riegos.

Ecuación de número de riegos.

$$NRiegos: \frac{\text{Requerimiento mensual}}{LN} \dots 7$$

Dónde:

N Riegos: cantidad de riegos al mes

Requerimiento del mes en mm

LN: Lamina neta en mm

3.12 Cálculo de evapotranspiración del cultivo.

Calculo de Evapotranspiración del cultivo.

$$ETR: Etc p \times Kc \dots 8$$

Dónde:

ETc es la evapotranspiración del cultivo en mm/día o mm/mes

ETp es la evapotranspiración del cultivo de referencia en mm/día o mm/mes

Kc es el coeficiente de cultivo para determinada fase de desarrollo de la planta.

3.13 Cronograma y Presupuesto.

De acuerdo con las actividades de este proyecto se planteó el siguiente plan de cronograma para la ejecución del proyecto.

Cuadro 5. Cronograma de actividades del proyecto.

Objetivo/Actividad	Meses					
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Recopilacion de informacion para la ejecucion del proyecto	x	x	x	x		
Toma de puntos de elevacion en los lotes de caña de azucar	x	x	x	x		
Evaluacion de lotes optimos para poli pipe		x	x	x		
Inspecciones a las tomas y cajas en la UTN		x	x	x	x	
Toma de medidas y modificaciones delas infraestructuras			x	x	x	
Calculos hidraulicos de las zonas aptas		x	x	x		
Confeccion del documento final del proyecto	x	x	x	x	x	x

Cuadro 6. Presupuesto establecido para la elaboración del estudio de riego con manga flexible en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste

Material	Cantidad	medida	Valor Unitario	Valor Total
Papel	1000	Unidad	₡ 15,00	₡ 15.000,00
Lapiz	3	Unidad	₡ 150,00	₡ 450,00
Gps	2	Unidad	₡ 85.000,00	₡ 170.000,00
Cinta metrica	2	Unidad	₡ 1.500,00	₡ 3.000,00
Libretas de apuntes	2	Unidad	₡ 350,00	₡ 700,00
Vehiculo	1	Unidad	₡ 3.000.000,00	₡ 3.000.000,00
Estacas	10	Unidad	₡ 300,00	₡ 3.000,00
Asistencia tecnica	20	Horas	₡ 2.500,00	₡ 50.000,00
Digitacion	150	Horas	₡ 1.350,00	₡ 202.500,00
Calculadora	1	Unidad	₡ 6.500,00	₡ 6.500,00
Libros	2	Unidad	₡ 30.000,00	₡ 60.000,00
Equipo delevantamiento	1	Unidad	₡12.000.000,00	₡12.000.000,00
Table y software	1	Unidad	₡ 2.400.000,00	₡ 2.400.000,00
Revision por filologo	1	Unidad	₡ 60.000,00	₡ 60.000,00
Encuadernado	1	Unidad	₡ 1.000,00	₡ 1.000,00
Empastado	1	Unidad	₡ 20.000,00	₡ 20.000,00

Total ₡17.992.150,00

CAPITULO IV

4 Presentación y análisis de los resultados

4.1 Evaluación de perfiles topográficos en zonas de cultivo

En las visitas realizadas en las zonas cultivadas de caña de azúcar de la UTN sede Guanacaste se valoraron alrededor del 78 % del área total.

Cuadro 7. Lotes evaluados en la finca de la UTN sede Guanacaste.

Nombre Seccion	Nombre Lote	Area Total	Variedad	Textura	Nombre Textura	Espacio Entre Surcos	Corte
UTN	UTN TNR-1	7.00	NA851602	Fr	Franco	1.5	CORTE 3
UTN	UTN TNR-2	10.00	NA851602	Fr	Franco	1.5	CORTE 3
UTN	UTN TNR-3	8.00	NA851602	Fr	Franco	1.5	CORTE 3
UTN	UTN L-4	4.00	CP722086	Fr	Franco	1.5	CORTE 3
UTN	UTN L-5	9.69	NA851602	Fr	Franco	1.5	CORTE 2
UTN	UTN L-14	7.03	NA851602	Fr	Franco	1.5	CORTE 3
UTN	UTN L-17	9.44	NA851602	Fr	Franco	1.5	CORTE 3
UTN	UTN L-18	3.99	NA851602	Fr	Franco	1.5	CORTE 3
UTN	UTN L-20	2.35	NA851602	Fr	Franco	1.5	CORTE 3
UTN	UTN L-21	5.40	NA851602	Fr	Franco	1.5	CORTE 3

Fuente: Área Agrícola Ingenio Taboga, 2018

En el cuadro anterior se determinó los lotes candidatos para la utilización de riego con mangas flexibles, se hizo mediante el cálculo de las diferencias entre el nivel del agua del canal y el punto de la cabecera o inicio del lote.

1. Carga min de poli pipe: N.A – cota de cabecera

Cuando en esta relación, esta diferencia da más de 0.40 mts o 40 cm, existe carga hidráulica.

4.1.1. Sección de UTN –TNR-1- TNR-2 TNR-3

El área cuenta con 25 hectáreas sembradas de caña de azúcar, presenta suelos de textura franca. Está dividida en tres lotes, los cuales solamente posee toma de agua para regar esta zona. La variedad establecida es la NA851602.



Ilustración 2. Sección TNR-1- TNR -2 TNR-3 Finca UTN sede Guanacaste.

Fuente: Google earth, 2018

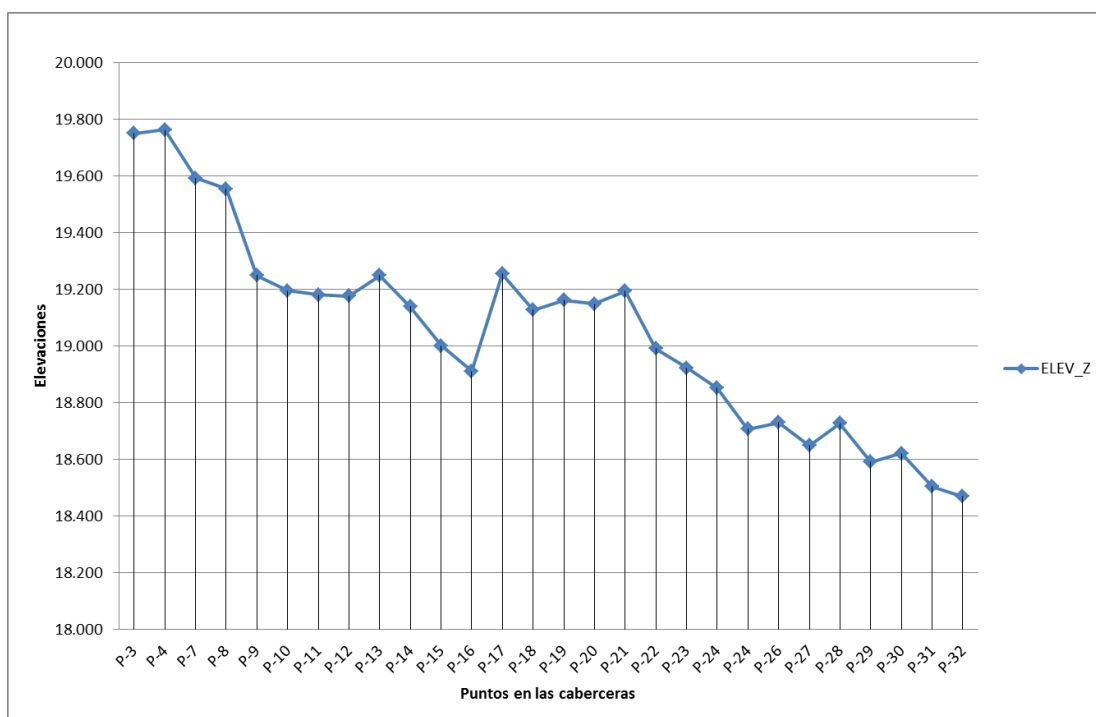


Grafico 1. Perfil longitudinal de las cabeceras de los lotes TNR -1 TNR-2 TNR-3
Finca UTN Sede Guanacaste.

De acuerdo con gráfico anterior se determinó que las elevaciones de las cabeceras de los lotes TNR-1 TNR-2 TNR2, son las indicadas ya que desde el punto inicial (punto 3) en el cual está la caja distribuidora hasta el punto final (punto 32) he indica un diferencial de alturas óptimo para establecer el sistema de riego por mangas flexibles en los lotes. Este perfil longitudinal mide aproximadamente 121 metros.

Ya que existe un diferencial entre el punto más alto al más bajo del lote.

Cuadro 8.Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en los lotes TNR-1 TNR-2 TNR-3 Finca UTN sede Guanacaste.

Punto	Coord_X	Coord_Y	ELEV_Z	Observacion	metros	centrimetros
3	374568.388	1141204.849	19.751		0.28	27.80
4	374560.644	1141200.414	19.763		0.27	26.60
5	374584.309	1141234.220	19.585		0.44	44.40
6	374593.432	1141243.382	19.556		0.47	47.30
7	374463.880	1141135.159	19.593		0.44	43.60
8	374466.379	1141141.685	19.554		0.48	47.50
9	374426.065	1141046.713	19.248		0.78	78.10
10	374421.511	1141038.568	19.195		0.83	83.40
11	374390.773	1140977.119	19.181		0.85	84.80
12	374385.963	1140967.373	19.176		0.85	85.30
13	374349.593	1140895.537	19.248		0.78	78.10
14	374345.406	1140882.893	19.139		0.89	89.00
15	374314.064	1140806.817	19.001		1.03	102.80
16	374308.925	1140795.529	18.911		1.12	111.80
17	374283.609	1140735.642	19.255		0.77	77.40
18	374278.680	1140725.769	19.127		0.90	90.20
19	374248.643	1140673.927	19.162		0.87	86.70
20	374209.120	1140596.114	19.149		0.88	88.00
21	374211.908	1140600.599	19.194		0.84	83.50
22	374184.218	1140526.959	18.991		1.04	103.80
23	374184.220	1140531.309	18.923		1.11	110.60
24	374188.276	1140520.720	18.851		1.18	117.80
25	374160.469	1140375.983	18.706		1.32	132.30
26	374162.853	1140381.776	18.729		1.30	130.00
27	374125.410	1140298.551	18.649		1.38	138.00
28	374129.945	1140308.858	18.727		1.30	130.20
29	374094.835	1140227.613	18.590		1.44	143.90
30	374091.872	1140220.473	18.621		1.41	140.80
31	374070.769	1140170.490	18.503		1.53	152.60
32	374066.888	1140163.106	18.469		1.56	156.00

De acuerdo con el cuadro anterior solamente los puntos 3 y punto 4, no presentan carga mínima recomendada (faltarían un promedio de 14.5 cm para la carga mínima), pero en este caso se tendría que hacer una pequeña modificación en la infraestructura distribuidora de agua la cual permitiría poder establecer carga, en los demás puntos en el trayecto evaluado presentan tirantes óptimos e inclusive hay cargas muy elevadas las cuales en dadas situaciones podrían generar algunos inconvenientes (ruptura de la manga). Esta sección es una excelente candidata para para usar mangas plásticas para riego.

4.1.2. Sección UTN Lotes L-20 L-21

Este lote cuenta con 7.75 hectáreas sembradas de caña de azúcar, presenta suelos de textura franca. Con tres cortes y con la variedad NA851602.



Ilustración 3. Lotes evaluados L-20-L-21 Finca UTN sede Guanacaste.

Fuente: Google earth, 2018.

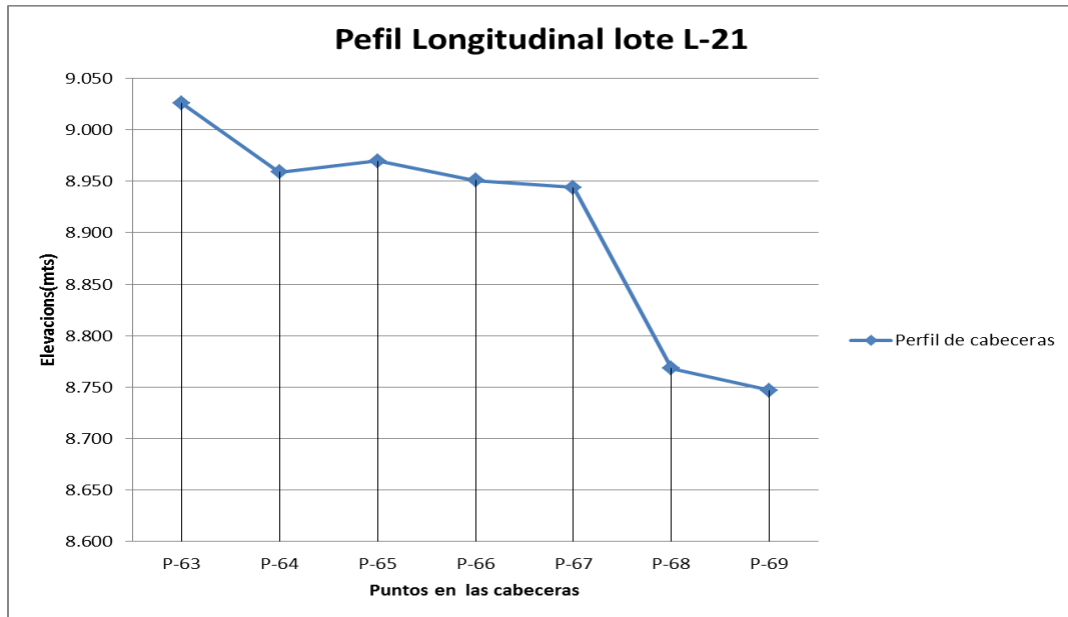


Gráfico 2. Perfil longitudinal del lote UTN-L-21 en la finca de la Universidad Técnica Nacional.

Se demuestra con este gráfico, que desde el punto más alto (la toma de la caja) hasta el final del lote, existe potencial para usar poli pipe en lugar de canal abierto e inclusive llega al máximo permitido. La distancia aproximada de este perfil es de 131 metros.

Cuadro 9. Tirante mínimo de acuerdo a la diferencia de altura de la caja con respecto a la cabecera de lote UTN-L-21 en la finca de la Universidad Técnica Nacional.

Punto	Coord_X	Coord_Y	ELEV_Z	Observacion	metros	centrimetros
P-63	374475.632	1141375.476	9.026	I	0.618	61.80
P-64	374468.760	1141359.613	8.959	I	0.685	68.50
P-65	374453.751	1141337.672	8.970	I	0.674	67.40
P-66	374437.743	1141327.346	8.951	I	0.693	69.30
P-67	374478.756	1141395.968	8.944	I	0.700	70.00
P-68	374479.725	1141416.893	8.768	I	0.876	87.60
P-69	374466.015	1141437.226	8.747	I	0.897	89.70

Desde el punto inicial del lote hasta el final de este se demostró que si existe el tirante mínimo permitido para estar usando la modalidad poli pipe. Lo cual facilita la labor de riego con mangas.

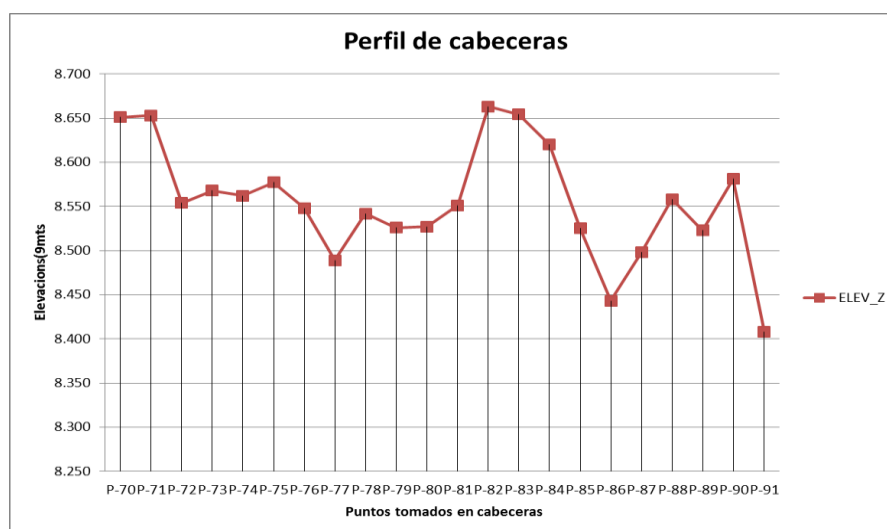


Gráfico 3. Perfil longitudinal lote UTN-L-20 en la finca de la Universidad Técnica Nacional.

Se demuestra con este gráfico del perfil longitudinal, que desde el punto más elevado que es la toma de la caja hasta el final del lote, existe mucho potencial para usar poli pipe, solamente hay tres puntos en las elevaciones específicamente los puntos 82-83-84 las cuales son puntos más sobresalientes en el perfil, pero en dichos puntos no hay limitante para el poli pipe ya que el tirante de esos puntos si da el mínimo requerido. La distancia aproximada de este perfil es de 228 metros.

Cuadro 10. Tirante mínimo de acuerdo con la diferencia de altura de la caja con respecto a la cabecera de lote L-20 en la finca de la Universidad Técnica Nacional.

Punto	Coord_X	Coord_Y	ELEV_Z	Observacion	metros	centrimetros
P-70	374446.520	1141459.366	8.651	I	0.576	57.60
P-71	374439.490	1141451.605	8.653	I	0.574	57.40
P-72	374432.317	1141444.084	8.554	I	0.673	67.30
P-73	374425.860	1141436.352	8.568	I	0.659	65.90
P-74	374419.005	1141428.549	8.562	I	0.665	66.50
P-75	374412.223	1141420.646	8.577	I	0.650	65.00
P-76	374405.129	1141413.449	8.548	I	0.679	67.90
P-77	374397.818	1141406.103	8.489	I	0.738	73.80
P-78	374390.712	1141398.866	8.542	I	0.685	68.50
P-79	374383.690	1141391.476	8.526	I	0.701	70.10
P-80	374377.346	1141383.602	8.527	I	0.700	70.00
P-81	374370.285	1141375.989	8.551	I	0.676	67.60
P-82	374363.181	1141368.940	8.663	I	0.564	56.40
P-83	374356.690	1141360.740	8.654	I	0.573	57.30
P-84	374349.243	1141353.687	8.620	I	0.607	60.70
P-85	374340.966	1141347.591	8.525	I	0.702	70.20
P-86	374333.925	1141340.083	8.443	I	0.784	78.40
P-87	374325.630	1141334.221	8.498	I	0.729	72.90
P-88	374317.731	1141326.138	8.558	I	0.669	66.90
P-89	374310.222	1141319.336	8.523	I	0.704	70.40
P-90	374300.074	1141319.313	8.581	I	0.646	64.60
P-91	374281.466	1141320.024	8.408	I	0.819	81.90

En este lote cumple con el tirante mínimo para optar por riego con mangas en todos los puntos, lo cual facilita la colocación sin tener ningunos inconvenientes.

Este lote cumple con las normas mínimas para la colocación de mangas para riego, pero existen la presencia de irregularidades en diversos puntos de las cabeceras del lote, las cuales a largo plazo podrían afectar la labor de riego como tal. Para poder corregir esta situación se tendría que hacer labores de nivelación en el lote para poder uniformar a un mismo nivel las cabeceras.

4.1.3. Sección Lote L-18

Este lote posee con 3.99 hectáreas sembradas de caña de azúcar, presenta suelos de textura franca con tres cortes y con la variedad NA851602.



Ilustración 4. Lote evaluado L-18 Finca Universidad Técnica Nacional, finca sede Guanacaste

Fuente: Google earth, 2018.

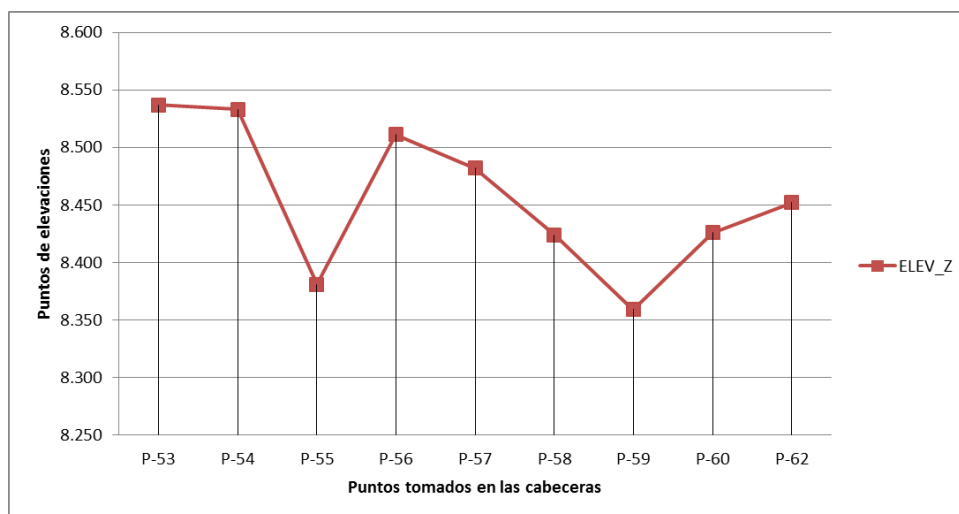


Gráfico 4. Perfil longitudinal lote L-18 en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste.

Se demuestra con este gráfico del perfil longitudinal, que, desde el punto más elevado hasta el final del lote, existe mucho potencial para usar poli pipe, solamente hay dos puntos en las elevaciones específicamente los puntos 55-59 las cuales son puntos más bajos en el perfil los cuales de cierta forma limitan el movimiento de agua en dichos puntos o puedan generar encharcamiento en dichos lugares.

No hay limitantes para el poli pipe ya que el tirante de esos puntos si da el mínimo requerido. La distancia aproximada de este perfil es de 333 metros.

Cuadro 11 Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en el lote L-18 en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste.

Punto	Coord_X	Coord_Y	ELEV_Z	Observacion	metros	centrimetros
P-53	374132.322	1141769.094	8.537		0.614	61.40
P-54	374108.654	1141745.227	8.533		0.618	61.80
P-55	374089.680	1141719.535	8.381		0.770	77.00
P-56	374071.084	1141692.228	8.511		0.640	64.00
P-57	374045.812	1141656.174	8.482		0.669	66.90
P-58	374021.323	1141622.479	8.424		0.727	72.70
P-59	373999.124	1141588.732	8.359		0.792	79.20
P-60	373976.480	1141554.904	8.426		0.725	72.50
P-62	373941.849	1141500.565	8.452		0.699	69.90

4.1.4. Sección _ Lote L-17

En esta zona cuenta con 9.44 hectáreas sembradas de caña de azúcar, presenta suelos de textura franca con tres cortes y con la variedad NA 851602. Este lote está dividido en dos bloques cada uno con su respectiva toma de agua.



Ilustración 5. Lote evaluado L-17 Finca Universidad Técnica Nacional, finca Guanacaste

Fuente: Google earth, 2018.

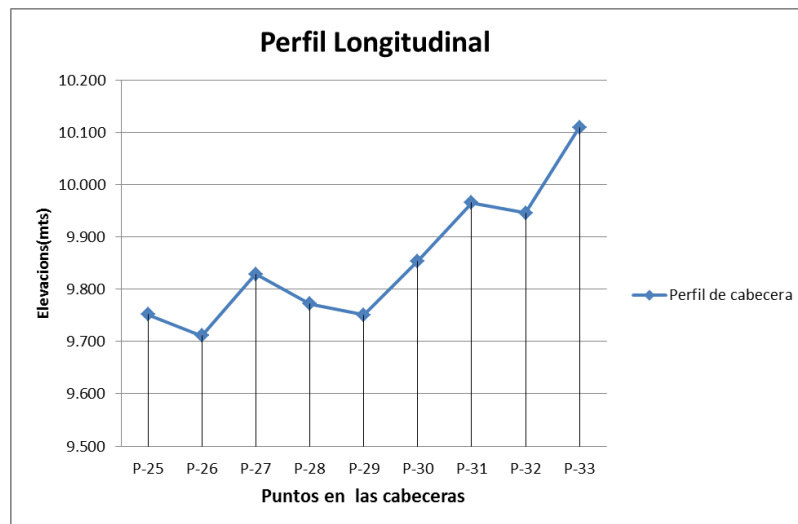


Gráfico 5. Perfil longitudinal lote UTN-L-17 A en la finca de la Universidad Técnica Nacional.

Este gráfico muestra al perfil longitudinal, que desde el punto más elevado que es la toma de la caja hasta el final del lote, no posee potencial para usar poli pipe, este bloque todo el perfil está en contra pendiente lo cual dificulta, La distancia aproximada de este perfil es de 203 metros.

Cuadro 12 Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en el lote UTN L-17 A.

Punto	Coord_X	Coord_Y	ELEV_Z	Observacion	metros	centrimetros
P-25	374291.329	1142391.230	9.752		0.338	33.8
P-26	374311.996	1142377.084	9.711		0.379	37.9
P-27	374333.476	1142359.666	9.829		0.261	26.1
P-28	374350.840	1142345.426	9.772		0.318	31.8
P-29	374377.981	1142323.985	9.751		0.339	33.9
P-30	374398.322	1142307.237	9.854		0.236	23.6
P-31	374421.060	1142289.418	9.966		0.124	12.4
P-32	374431.203	1142281.962	9.946		0.144	14.4
P-33	374448.032	1142267.617	10.110		-0.020	-2

Este bloque no es viable la utilización de mangas de riego flexibles ya que los tirantes no son los óptimos además que el sistema no soportaría la presión.

En esta situación existe una contra pendiente en los puntos más lejanos a la caja repartidora de agua, lo cual podría generar un excedente de presión en los puntos más bajos, los cuales las mangas no podrían soportar y ocasionarían una ruptura.

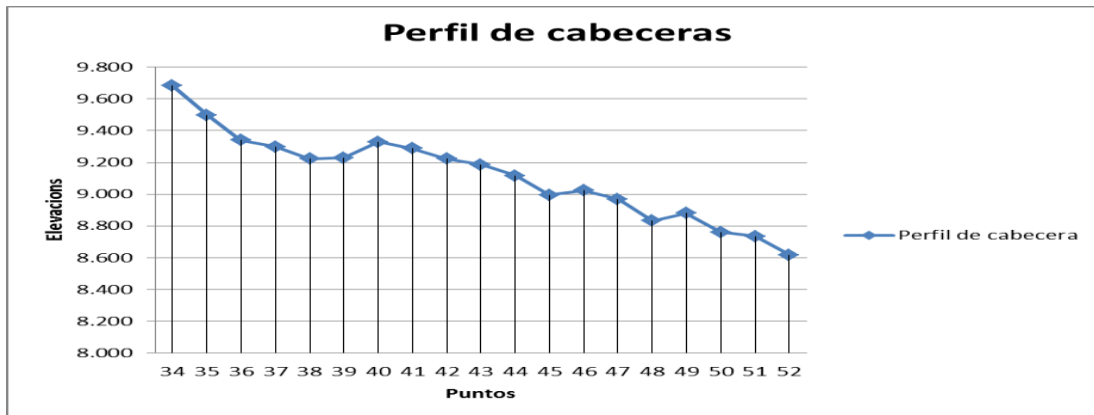


Gráfico 6. Perfil longitudinal lote UTN-L-17 B en la finca de la Universidad Técnica Nacional.

El gráfico muestra al perfil longitudinal que, desde el punto más elevado hasta el final del perfil realizado en las cabeceras del lote, existe mucho potencial para usar poli pipe lo cual mejoraría mucho el uso del recurso

No hay limitantes para el poli pipe ya que el tirante de esos puntos si da el mínimo requerido. La distancia aproximada de este perfil es de 567 metros.

Cuadro 13 Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en el lote UTN-L-17 B

Punto	Coord_X	Coord_Y	ELEV_Z	Observacion	metros	centrimetros
P-34	374409.509	1142214.252	9.683		0.367	36.70
P-35	374388.061	1142190.035	9.498		0.552	55.20
P-36	374362.421	1142158.459	9.340		0.710	71.00
P-37	374339.493	1142130.363	9.299		0.751	75.10
P-38	374316.390	1142103.436	9.223		0.827	82.70
P-39	374313.035	1142099.807	9.230		0.820	82.00
P-40	374294.270	1142078.973	9.329		0.721	72.10
P-41	374268.120	1142052.319	9.287		0.763	76.30
P-42	374239.524	1142023.988	9.222		0.828	82.80
P-43	374215.404	1142002.034	9.185		0.865	86.50
P-44	374189.892	1141984.421	9.117		0.933	93.30
P-45	374164.632	1141970.860	8.995		1.055	105.50
P-46	374135.893	1141958.915	9.024		1.026	102.60
P-47	374105.144	1141945.993	8.969		1.081	108.10
P-48	374071.720	1141933.016	8.832		1.218	121.80
P-49	374042.014	1141923.304	8.881		1.169	116.90
P-50	374017.725	1141920.350	8.761		1.289	128.90
P-51	373994.342	1141929.603	8.735		1.315	131.50
P-52	373969.746	1141946.114	8.618		1.432	143.20

4.1.5. Sección _ Lote L-4, L-5

En esta zona cuenta con 13.69 hectáreas sembradas de caña de azúcar, presenta suelos de textura franca con tres cortes y con la variedad NA 851602 y CP722086.



Ilustración 6 Lote evaluado L-4 L-5 Finca Universidad Técnica Nacional, sede Guanacaste

Fuente: Google earth, 2018.

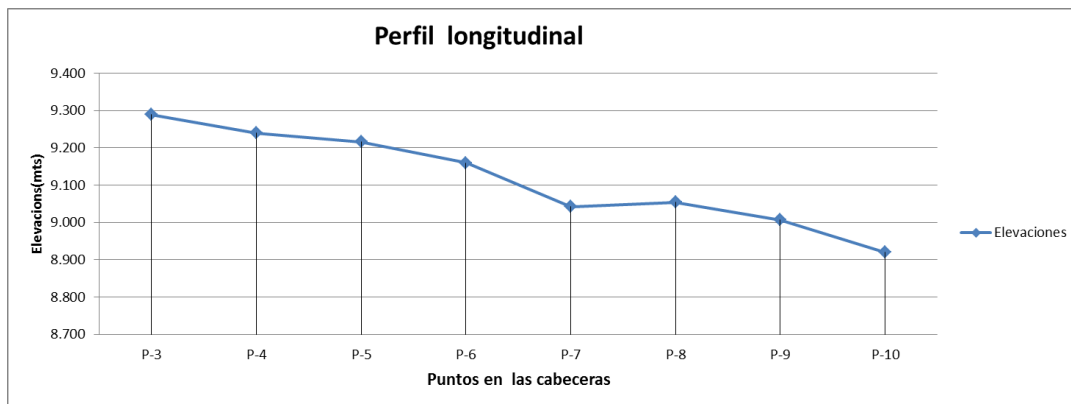


Gráfico 7. Perfil longitudinal lote UTN-L-5 en la finca de la Universidad Técnica Nacional.

El gráfico muestra que desde el punto más alto del lote la caja hasta el final de este no presenta potencial para usar poli pipe en lugar de canal abierto ya que está en contra pendiente lo cual dificulta la ejecución del riego. La distancia aproximada de este perfil es de 220 metros

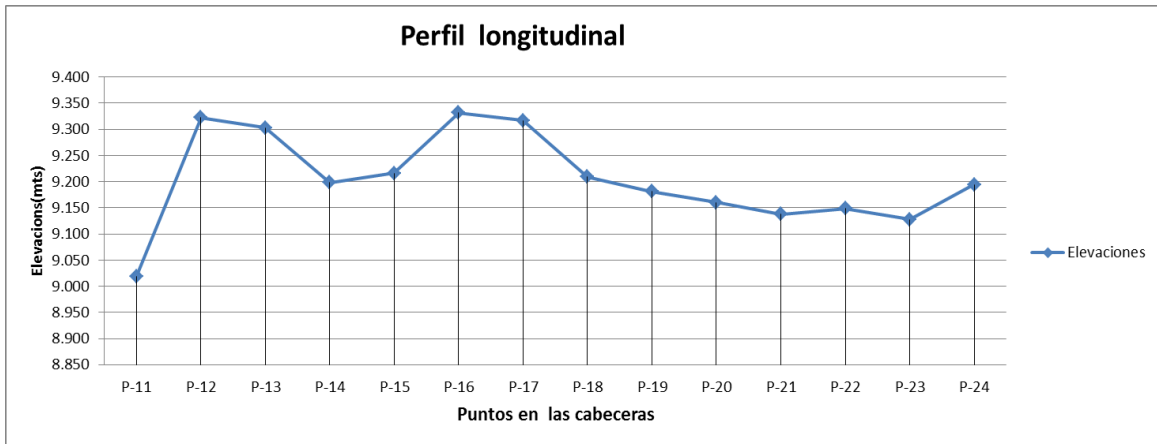


Gráfico 8 Perfil longitudinal lote UTN-L-4 en la finca de la Universidad Técnica Nacional.

El gráfico muestra que desde el punto más alto del lote la caja hasta el final de este no presenta potencial para usar poli pipe en lugar de canal abierto ya que está en contra pendiente lo cual dificulta la ejecución del riego. La distancia aproximada de este perfil es de 129 metros.

Cuadro 14. Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en el lote UTN-L-5

Punto	Coord_X	Coord_Y	ELEV_Z	Observacion	mts	cm
P-3	374027.074	1142615.462	9.289		0.12	11.7
P-4	374023.830	1142631.006	9.240		0.17	16.6
P-5	373996.593	1142658.638	9.216		0.19	19.0
P-6	373959.293	1142688.924	9.160		0.25	24.6
P-7	373934.431	1142706.085	9.043		0.36	36.3
P-8	373908.855	1142721.742	9.054		0.35	35.2
P-9	373880.064	1142742.014	9.007		0.40	39.9
P-10	373864.588	1142753.631	8.920		0.49	48.6

Cuadro 15 Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en el lote UTN-L-4

Punto	Coord_X	Coord_Y	ELEV_Z	Observacion	mts	cm
P-11	374046.727	1142614.309	9.018		0.39	38.8
P-12	374049.804	1142611.609	9.322		0.08	8.4
P-13	374058.247	1142606.232	9.303		0.10	10.3
P-14	374066.981	1142600.664	9.198		0.21	20.8
P-15	374074.837	1142594.273	9.216		0.19	19.0
P-16	374082.388	1142587.388	9.332		0.07	7.4
P-17	374090.880	1142580.476	9.317		0.09	8.9
P-18	374098.982	1142573.894	9.209		0.20	19.7
P-19	374106.544	1142566.797	9.181		0.23	22.5
P-20	374114.271	1142560.241	9.160		0.25	24.6
P-21	374121.487	1142552.655	9.138		0.27	26.8
P-22	374126.775	1142544.044	9.149		0.26	25.7
P-23	374126.957	1142533.820	9.128		0.28	27.8
P-24	374124.951	1142523.675	9.194		0.21	21.2

En ambos lotes se demuestra mediante los cuadros anteriores, de que no hay potencial alguno, en este caso existe una contra pendiente en los puntos más lejanos a la caja repartidora de agua que comparten ambos lotes, lo cual podría generar un excedente de presión en los puntos más bajos y ocasionarían una ruptura en las mangas.

4.1.6. Sección Lote UTN L-14

En esta zona cuenta con 7.03 hectáreas sembradas de caña de azúcar, presenta suelos de textura franca con tres cortes y con la variedad NA851602.



Ilustración 7. Lote evaluado L-14 Finca Universidad Técnica Nacional, finca Guanacaste.

Fuente: Google earth, 2018.

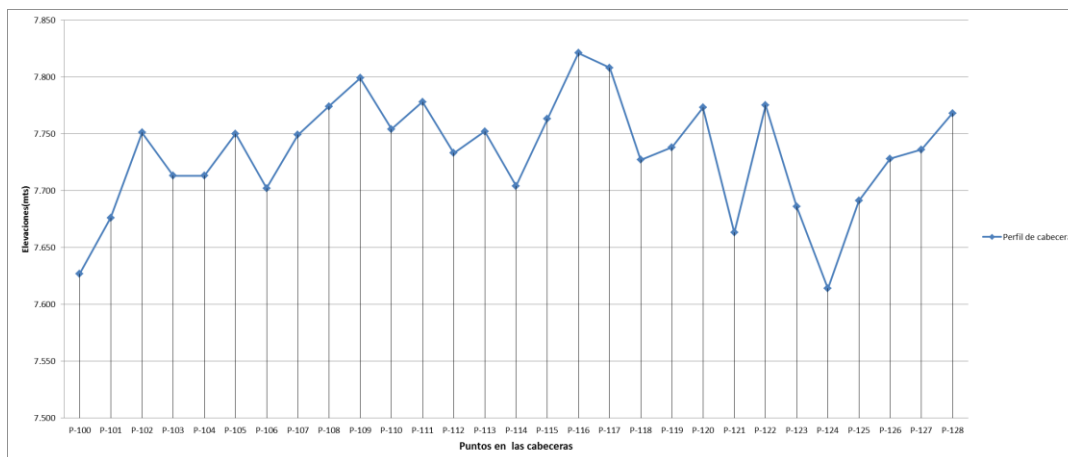


Gráfico 9. Perfil longitudinal lote UTN-L-14 en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste.

El gráfico muestra que con la rasante que presenta este lote tiene potencial para usar poli pipe en lugar de canal abierto de acuerdo con el tirante mínimo sin embargo no hay uniformidad topográfica en las cabeceras por lo cual pueden repercutir o dificultar la labor de riego.

El punto 124 es el punto más bajo del lote y este se encuentra al final del perfil; el punto 116 es el más alto en el perfil en donde se podría presentar dificultades para que el agua llegue con mayor facilidad dicho tramo. La distancia aproximada de este perfil es de 738 metros.

Cuadro 16. Cálculo de la diferencia de alturas entre las cabeceras de los lotes y la toma de agua en el lote UTN-L-14

Punto	Coord_X	Coord_Y	ELEV_Z	Observacion	metros	centrimetros
P-100	373843.940	1140359.141	7.627	I	0.608	60.80
P-101	373847.795	1140377.691	7.676	I	0.559	55.90
P-102	373853.637	1140404.775	7.751	I	0.484	48.40
P-103	373860.745	1140433.858	7.713	I	0.522	52.20
P-104	373867.912	1140461.987	7.713	I	0.522	52.20
P-105	373876.887	1140495.388	7.750	I	0.485	48.50
P-106	373883.994	1140525.814	7.702	I	0.533	53.30
P-107	373889.904	1140549.852	7.749	I	0.486	48.60
P-108	373896.406	1140576.111	7.774	I	0.461	46.10
P-109	373906.000	1140610.363	7.799	I	0.436	43.60
P-110	373912.462	1140638.932	7.754	I	0.481	48.10
P-111	373918.413	1140662.771	7.778	I	0.457	45.70
P-112	373922.901	1140683.086	7.733	I	0.502	50.20
P-113	373928.641	1140706.127	7.752	I	0.483	48.30
P-114	373936.029	1140731.112	7.704	I	0.531	53.10
P-115	373940.568	1140755.025	7.763	I	0.472	47.20
P-116	373947.036	1140784.246	7.821	I	0.414	41.40
P-117	373953.075	1140810.796	7.808	I	0.427	42.70
P-118	373959.128	1140842.894	7.727	I	0.508	50.80
P-119	373968.758	1140875.551	7.738	I	0.497	49.70
P-120	373975.838	1140904.536	7.773	I	0.462	46.20
P-121	373980.921	1140929.447	7.663	I	0.572	57.20
P-122	373986.938	1140962.385	7.775	I	0.460	46.00
P-123	373993.176	1140977.472	7.686	I	0.549	54.90
P-124	373999.263	1141002.430	7.614	I	0.621	62.10
P-125	374005.124	1141021.435	7.691	I	0.544	54.40
P-126	374009.866	1141038.449	7.728	I	0.507	50.70
P-127	374013.693	1141055.386	7.736	I	0.499	49.90
P-128	374015.958	1141069.396	7.768	I	0.467	46.7

Cuadro 17. Cuadro resumen de lotes óptimos para poli pipe en la finca de la UTN sede Guanacaste

Nombre Seccion	Lote	Nombre Lote	Area Total	Optimo para poli pipe
UTN	05504	UTN TNR-1	7.00	Optimo
UTN	05505	UTN TNR-2	10.00	Optimo
UTN	05506	UTN TNR-3	8.00	Optimo
UTN	05507	UTN L-4	4.00	No Optimo
UTN	05508	UTN L-5	9.69	No Optimo
UTN	05512	UTN L-14	7.03	Optimo
UTN	05515	UTN L-17	9.44	Solo el bloque B es optimo
UTN	05516	UTN L-18	3.99	Optimo
UTN	05518	UTN L-20	2.35	Optimo
UTN	05519	UTN L-21	5.40	Optimo

De los 10 lotes en estudio para la modernización del sistema de riego mediante la introducción de tecnologías de conducción mediante la modalidad de poli pipe, 7 lotes cumplieron las condiciones óptimas (TNR-1 TNR-2 TNR-3, L-14, L-8, L-20, L-21). Y los lotes no optaron con las condiciones mínimas para la instalación de poli pipe son L-5-L-4.

El lote L-17 está dividido en dos secciones (A y B); en esta situación la sección A, no presento el tirante mínimo permisible para colocar poli pipe. Por otro lado, la sección B dio las condiciones óptimas para dicha modalidad de riego con mangas flexibles.

Cuadro 18. Áreas y porcentajes de los lotes óptimos para poli pipe

	Area	Porcentaje
Area optima	53.21 ha	79.50%
Total del area	66.9 ha	100%

De las 66.90 hectáreas que se estudiaron para cambiar la modalidad de riego con mangas flexibles, 53.2 hectáreas fueron las óptimas para la modernización lo que equivale un 79.5 % de la zona de evaluación. Dichos resultados son basados por estudios topográficos.

4.2. Calculo de láminas de lotes de Finca Experimental UTN sede Guanacaste.

Según (Araya Araya, 2009) que realizó en su informe final de graduación en el cual categorizó los suelos de la finca Experimental Taboga de la UTN sede Guanacaste, y los definió en 6 series o secciones los cuales son:

4.2.1. Sección Higuerón

Según lo investigado por (Araya Araya, 2009) este tipo de seccion son suelos de origen nuevos o incipientes, con algunos comportamientos de suelos verticos (en situaciones de sequia se agrietan y suelos saturados existe mucha adhesion) y fisicamente son muy similares.

Los lotes que están dentro de esta clasificación taxonomica encontramos a UTN L-5 y UTN L-4.

4.2.2. Sección Cascante fase muy profunda

Suelos con estratos arenosos bien definidos, en la zona cultivada presenta poca o baja presencia de materia orgánica, además de que presenta cierta compactación ya por el constante paso de maquinaria para labores agrícolas atinentes al cultivo.

4.2.2 Sección Cascante fase profunda (B 2.1.2)

Según (Araya Araya, 2009) dice “Esta subdivisión de la serie Cascante es la que más área bajo riego abarca, por lo anterior se ubicaron en ella tres puntos de muestreo. Se denomina según Vásquez (1977) fase profunda por poseer el estrato arenoso entre los 90 y 150 centímetros de profundidad. “

En las muestras tomadas por (Araya Araya, 2009) encontró alta presencia de compactación en los lotes con esta clasificación, los lotes que están dentro de esta clasificación están los UTN L-18 y UTN L-17

4.2.3. Sección Cascante fase profunda (B 2.1.3)

Su principal característica de esta fase es poseer un estrato arenoso entre los 50 y 90 centímetros de profundidad, según lo recopilado por (Araya Araya, 2009). Al igual que en las demás secciones analizadas, se encontró altos índices de compactación. En esta sección encontramos los lotes UTN L-20_21 y TNR-2.

4.2.4. Sección Cascante, asociación fase muy profunda y profunda

Según (Araya Araya, 2009) esta sección consiste en una relación o asociación entre la fase muy profunda y profunda de la sección de Cascante, la cual presenta características de ambas. En esta categoría están UTN –TNR-1 y TNR-3.

4.2.5. Calculo de láminas máximas, lámina neta de lotes de Finca Experimental Taboga UTN

Con los lotes previamente clasificados de acuerdo con su sección taxonómica se realizó el cálculo de las láminas para identificar la cantidad de caudal se requiere cuando se aplica riegos.

Para el cálculo de lámina máxima, se tomó en cuenta el sistema radical a una profundidad de 40 cm (zona donde está la mayoría de los radicales de la planta) así mismo un agotamiento del 50% dela lamina neta, la cual varía dependiendo de las características del lugar de estudio.

Cuadro 19. Calculo de láminas en la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste.

Lote UTN	Hectareas	Lamina Maxima cm	Lamina Bruta cm	Lamina Bruta mm	Lamina Neta mm	Lamina Neta cm
4	4	4.93	2.90	29	24.7	2.465
5	9.69	4.93	2.90	29	24.7	2.465
17	9.44	5.22	3.07	30.71	26.1	2.61
18	3.99	5.22	3.07	30.71	26.1	2.61
14	7.03	6.55	3.85	38.53	32.8	3.275
20	2.35	3.53	2.08	20.76	17.7	1.765
21	5.4	3.53	2.08	20.76	17.7	1.765
TNR-1	7	6.58	3.87	38.71	32.9	3.29
TNR-2	10	3.53	2.08	20.76	17.7	1.765
TNR-3	8	6.58	3.87	38.71	32.9	3.29

Mediante la fórmula de Hazen –Williams en función de caudal, determino los caudales óptimos, esto en base a las distancias de las cabeceras de los lotes evaluados.

Cuadro 20. Comparativo de caudales óptimos para poli pipe según fórmula de Hazen –Williams y fórmula Manning para la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste.

Lote	Formula	Formula
	Hanzel-williams	Manning
	Q (lps)	Q (lps)
L-14	34.88	293.71
L-18	34.88	91.35
L-17 A	107	347.00
L-17 B	110.79	112.71
L-5	15.112	347.00
L-4	95.854	347.00
L-20	78.592	91.35
L-21	117.653	91.35
TNR_1_2_3	78.592	760.00

De acuerdo con el cuadro anterior, el cual me indica cuales son los valores óptimos o permisivos para que el poli pipe pueda trabajar de manera correcta en los lotes analizados, esto mediante la fórmula de Hanzel-Williams además por medio de la ecuación de Manning la cual me indica cual es el caudal máximo de una infraestructura, de los lotes analizados solamente un lote, en específico el L-21, la infraestructura no cumple con el abastecimiento de agua, ya que el lote requiere aproximadamente 117.3 lps y la infraestructura solo puede soportar 91.3 lps.

4.2.6. Requerimiento Hídrico de lotes de Finca Experimental Taboga UTN.

4.2.7.1 Requerimiento diario y frecuencias de riego de los lotes de Finca Experimental UTN.

Con referencia a los cuadros 27 hasta el 30, los cuales indican los requerimientos diarios del cultivo de caña de azúcar en el periodo del mes de enero hasta abril, ya que en el resto de los meses del año este requerimiento es suplido por las precipitaciones de la época lluviosa, conforme pasa de estado fenológico el coeficiente del cultivo varia ya sea incrementado o descendiendo el consumo diario de agua.

Además, en dichos cuadros se indican las frecuencias de riego que se le deben ejecutar en el número de días, esto con respecto al estado fenológico de la caña de azúcar. En la etapa desde los 2 meses hasta los 10 meses el

coeficiente aumenta y así incrementara la cantidad de frecuencias de riegos en el periodo de máximo de consumo de agua para la planta ocasionando la mayor cantidad de tallos y concentración de almidones y azucares.

Cuadro 21 Requerimiento diario de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y frecuencias de riego pertenecientes al mes de enero.

Lote UTN	Mes_Enero	Etr diario				Frecuencias de riego/Dias			
		0.3	0.5	0.7	0.25	0.3	0.5	0.7	0.25
		kc				Etr			
4	3.96	1.19	1.98	2.77	0.99	21	12	9	25
5	3.96	1.19	1.98	2.77	0.99	21	12	9	25
17	3.96	1.19	1.98	2.77	0.99	22	13	9	26
18	3.96	1.19	1.98	2.77	0.99	22	13	9	26
14	3.96	1.19	1.98	2.77	0.99	28	17	12	33
20	3.96	1.19	1.98	2.77	0.99	15	9	6	18
21	3.96	1.19	1.98	2.77	0.99	15	9	6	18
TNR-1	3.96	1.19	1.98	2.77	0.99	28	17	12	33
TNR-2	3.96	1.19	1.98	2.77	0.99	15	9	6	18
TNR-3	3.96	1.19	1.98	2.77	0.99	28	17	12	33

En el mes de enero, el requerimiento diario de acuerdo con el coeficiente no se excede de 3 mm/diarios como punto más elevado y este sería en la edad de 4 a 10 meses donde la planta exige más ya que está en su máxima expresión de crecimiento y creación de tallos, por consecuencia las frecuencias de riego en días son más constantes hasta de cada 9 días

Cuadro 22 Requerimiento diario de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y frecuencias de riego pertenecientes al mes de febrero.

Lote UTN	Mes_Febrero	Etr diario				Frecuencias de riego/Dias			
		0.3	0.5	0.7	0.25	0.3	0.5	0.7	0.25
		kc				Etr			
4	5.20	1.56	2.60	3.64	1.30	16	9	7	19
5	5.20	1.56	2.60	3.64	1.30	16	9	7	19
17	5.20	1.56	2.60	3.64	1.30	17	10	7	20
18	5.20	1.56	2.60	3.64	1.30	17	10	7	20
14	5.20	1.56	2.60	3.64	1.30	21	13	9	25
20	5.20	1.56	2.60	3.64	1.30	11	7	5	14
21	5.20	1.56	2.60	3.64	1.30	11	7	5	14
TNR-1	5.20	1.56	2.60	3.64	1.30	21	13	9	25
TNR-2	5.20	1.56	2.60	3.64	1.30	11	7	5	14
TNR-3	5.20	1.56	2.60	3.64	1.30	21	13	9	25

En el período de febrero el requerimiento diario de acuerdo con el coeficiente más elevado no se excede de 3.8 mm/diarios como punto más elevado y este sería en la edad de 4 a 10 meses y el consumo más bajo no sobrepasa de 1.30 mm/diario donde la planta exige menos ya que está en sus primeros estadios de germinación y crecimiento, las frecuencias en estas situaciones rondan entre cada 21 días en estados de germinación hasta cada 9 días en estados más avanzados. Este fue el mes más crítico en el periodo analizado.

Cuadro 23 Requerimiento diario de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y frecuencias de riego pertenecientes al mes de marzo.

Lote UTN	Mes_Marzo	Etr diario				Frecuencias de riego/Dias			
		0.3	0.5	0.7	0.25	0.3	0.5	0.7	0.25
		kc				Etr			
4	4.86	1.46	2.43	3.40	1.21	17	10	7	14
5	4.86	1.46	2.43	3.40	1.21	17	10	7	14
17	4.86	1.46	2.43	3.40	1.21	18	11	8	15
18	4.86	1.46	2.43	3.40	1.21	18	11	8	15
14	4.86	1.46	2.43	3.40	1.21	22	13	10	18
20	4.86	1.46	2.43	3.40	1.21	12	7	5	10
21	4.86	1.46	2.43	3.40	1.21	12	7	5	10
TNR-1	4.86	1.46	2.43	3.40	1.21	23	14	10	19
TNR-2	4.86	1.46	2.43	3.40	1.21	12	7	5	10
TNR-3	4.86	1.46	2.43	3.40	1.21	23	14	10	19

En el período de marzo el requerimiento diario de acuerdo al coeficiente más elevado no se exceden de 3.5 mm/diarios como punto más elevado y el consumo más bajo no sobrepasa de 1.50 mm/diario donde la planta exige menos ya que está en sus primeros estadios de germinación y crecimiento, las frecuencias en estas situación rondan entre cada 17 días en estados de germinación hasta cada 7 días en estados más avanzados llegando a la madurez en el cual los requerimiento son mínimos para generación de azúcares.

Cuadro 24 Requerimiento diario de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y frecuencias de riego pertenecientes al mes de abril.

Lote UTN	Mes_Abril	Etr diario				Frecuencias de riego/Dias			
		0.3	0.5	0.7	0.25	0.3	0.5	0.7	0.25
		kc				kc			
4	4.66	1.40	2.33	3.26	1.17	18	11	8	21
5	4.66	1.40	2.33	3.26	1.17	18	11	8	21
17	4.66	1.40	2.33	3.26	1.17	19	11	8	22
18	4.66	1.40	2.33	3.26	1.17	19	11	8	22
14	4.66	1.40	2.33	3.26	1.17	23	14	10	28
20	4.66	1.40	2.33	3.26	1.17	13	8	5	15
21	4.66	1.40	2.33	3.26	1.17	13	8	5	15
TNR-1	4.66	1.40	2.33	3.26	1.17	24	14	10	28
TNR-2	4.66	1.40	2.33	3.26	1.17	13	8	5	15
TNR-3	4.66	1.40	2.33	3.26	1.17	24	14	10	28

En el período de abril el requerimiento diario de acuerdo con el coeficiente más elevado no se excede de 3.3 mm/diarios como el más elevado y el consumo más bajo no sobrepasa de 1.20 mm/diario donde la planta exige menos ya que está en sus primeros estadios de germinación y crecimiento, las frecuencias en estas situaciones rondan entre cada 18 días en estados de germinación hasta cada 8 días en estados más avanzados llegando a la madurez.

4.2.7.2 Requerimiento mensual y número de riego por mes de los lotes de Finca Experimental Taboga UTN.

Con referencia a los cuadros 25 hasta el 28, los cuales indican los requerimientos mensuales del cultivo de caña de azúcar desde el periodo de enero hasta abril, en el resto de los meses del año este requerimiento es suplido por las precipitaciones, conforme pasa de estado fenológico del cultivo varia ya sea bajando o incrementado el consumo por mes de la planta también varía en este periodo. Así mismo conforme al mes de análisis así será incrementado el consumo ya que hay meses más críticos que otros (en este caso febrero y marzo fueron los más críticos)

Además, en dichos cuadros estos indicadas la cantidad de riego que se le deben ejecutar de acuerdo con el estado fenológico de la caña de azúcar. En la etapa desde los 2 meses hasta los 10 meses el coeficiente incrementa por ende la cantidad de riegos en el periodo de máximo uso o consumo de la planta para la generación de mayor cantidad de tallos y la concentración de azúcares. Ya en el último periodo del cultivo cuando la caña empieza a madurar el consumo descende lo cual es oportuno para la concentración de sacarosa en los tallos molederos.

Cuadro 25 Requerimiento mensual de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y cantidad de riegos para el mes de enero.

Req. Mes Enero				N riegos por mes			
0-2 meses	2-4 meses	4-10 meses	10-12 meses	0-2 meses	2-4 meses	4-10 meses	10-12 meses
36.828	61.38	85.932	30.69	1	2	3	1
36.828	61.38	85.932	30.69	1	2	3	1
36.828	61.38	85.932	30.69	1	2	3	1
36.828	61.38	85.932	30.69	1	2	3	1
36.828	61.38	85.932	30.69	1	2	3	1
36.828	61.38	85.932	30.69	2	3	5	2
36.828	61.38	85.932	30.69	2	3	5	2
36.828	61.38	85.932	30.69	1	2	3	1
36.828	61.38	85.932	30.69	2	3	5	2
36.828	61.38	85.932	30.69	1	2	3	1

En el período de enero el requerimiento mensual de acuerdo al coeficiente no se excede de 90 mm/mes como punto más elevado y el consumo más bajo no sobrepasa de 30.1 mm/mes donde la planta exige menos ya que está en el periodo de germinación y crecimiento, la cantidad de riegos por mes rondan entre las 4 a 1 veces por mes eso dependiendo de la edad y el consumo de la planta.

En edades más avanzadas llegando a la madurez en el cual los requerimientos de riego son mínimos.

Cuadro 26 Requerimiento mensual de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y cantidad de riegos para el mes de febrero.

Req. Mes Febrero				N riegos por mes			
0-2 meses	2-4 meses	4-10 meses	10-12 meses	0-2 meses	2-4 meses	4-10 meses	10-12 meses
43.677	72.795	101.913	36.398	2	3	4	1
43.677	72.795	101.913	36.398	2	3	4	1
43.677	72.795	101.913	36.398	2	3	4	1
43.677	72.795	101.913	36.398	2	3	4	1
43.677	72.795	101.913	36.398	1	2	3	1
43.677	72.795	101.913	36.398	2	4	6	2
43.677	72.795	101.913	36.398	2	4	6	2
43.677	72.795	101.913	36.398	1	2	3	1
43.677	72.795	101.913	36.398	2	4	6	2
43.677	72.795	101.913	36.398	1	2	3	1

En el período de febrero el requerimiento mensual de acuerdo al coeficiente no se excede de 103 mm/mes como punto más elevado y el consumo más bajo no sobrepasa de 36 mm/mes donde la planta exige menos ya que está en el periodo de germinación y crecimiento, la cantidad de riegos por mes rondan entre las 4 -1 veces por mes eso dependiendo de la edad y el consumo de la planta.

En edades más avanzadas llegando a la madurez en el cual los requerimientos de riego son mínimos.

Cuadro 27 Requerimiento mensual de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y cantidad de riegos para el mes de marzo.

Req. Mes Marzo				N riegos por mes			
0-2 meses	2-4 meses	4-10 meses	10-12 meses	0-2 meses	2-4 meses	4-10 meses	10-12 meses
45.186	75	105.434	37.655	2	3	4	2
45.186	75	105.434	37.655	2	3	4	2
45.186	75	105.434	37.655	2	3	4	1
45.186	75	105.434	37.655	2	3	4	1
45.186	75	105.434	37.655	1	2	3	1
45.186	75	105.434	37.655	3	4	6	2
45.186	75	105.434	37.655	3	4	6	2
45.186	75	105.434	37.655	1	2	3	1
45.186	75	105.434	37.655	3	4	6	2
45.186	75	105.434	37.655	1	2	3	1

En el período de marzo el requerimiento mensual de acuerdo con el coeficiente no se excede de 103 mm/mes como punto más elevado y el consumo más bajo no sobrepasa de 36 mm/mes donde la planta exige menos ya que está en el periodo de germinación y crecimiento, la cantidad de riegos por mes rondan entre las 1- 4 veces por mes eso dependiendo de la edad y el consumo de la planta.

En edades más avanzadas llegando a la madurez en el cual los requerimientos de riego son mínimos.

Cuadro 28 Requerimiento mensual de los lotes de la finca UTN sede Guanacaste con su respectivo coeficiente del cultivo y cantidad de riegos para el mes de abril.

Req. Mes Abril				N riegos por mes			
0-2 meses	2-4 meses	4-10 meses	10-12 meses	0-2 meses	2-4 meses	4-10 meses	10-12 meses
41.94	69.9	97.86	34.95	2	3	4	1
41.94	69.9	97.86	34.95	2	3	4	1
41.94	69.9	97.86	34.95	2	3	4	1
41.94	69.9	97.86	34.95	2	3	4	1
41.94	69.9	97.86	34.95	1	2	3	1
41.94	69.9	97.86	34.95	2	4	6	2
41.94	69.9	97.86	34.95	2	4	6	2
41.94	69.9	97.86	34.95	1	2	3	1
41.94	69.9	97.86	34.95	2	4	6	2
41.94	69.9	97.86	34.95	1	2	3	1

En el período de abril el requerimiento mensual de acuerdo con el coeficiente no se excede de 98 mm/mes como punto más elevado y el consumo más bajo no sobrepasa de 35 mm/mes donde la planta exige menos ya que está en el periodo de germinación y crecimiento, la cantidad de riegos por mes rondan entre las 1- 4 veces por mes eso dependiendo de la edad y el consumo de la planta.

En edades más avanzadas llegando a la madurez en el cual los requerimientos de riego son mínimos.

4.2.7.3 Volúmenes netos de agua de los lotes de Finca Experimental Taboga UTN

Cuadro 29 Requerimiento del volumen de agua para los lotes de la finca UTN Sede Guanacaste.

Lote UTN	Hectareas	Vol. Agua m ³ /ha	Vol. Agua m ³ /total
4	4	290	1,160
5	9.69	290	2,810
17	9.44	307.1	2,899
18	3.99	307.1	1,225
14	7.03	385.3	2,709
20	2.35	207.6	488
21	5.4	207.6	1,121
TNR-1	7	387.1	2,709
TNR-2	10	207.6	2,076
TNR-3	8	387.1	3,096

Con referencia al cuadro 29 indica los volúmenes de agua en metros cúbicos que se requieren del cultivo de caña de azúcar ya sea el volumen por hectárea o volumen total del lote.

Desde enero hasta abril, será en tiempo donde se va a requerir la aplicación de riego para suplir la demanda que se ocupa. El resto de los meses del año este requerimiento es suplido por las precipitaciones de la estación lluviosa. De acuerdo con las frecuencias de riegos y a la cantidad de riego por mes, así será el volumen que se tendrá que aplicar en las zonas de cultivo.

4.3. Infraestructuras en la finca UTN sede Guanacaste.

Dentro la finca Experimental Taboga de la UTN, existe una red hidráulica la cual alimenta a las distintas zonas productivas (arroz, caña, pasturas).

Cada infraestructura fue evaluada tanto en el aspecto físico e hidráulico, para analizar las posibles modificaciones que se le deben hacer.

En el cuadro 17 resume los lotes que son los candidatos óptimos para usar la modalidad de riego con poli pipe. Así mismo se evaluó la capacidad hidráulica mediante la ecuación de Manning de los canales principales que alimentan los lotes.

Cuadro 30. Caudales máximos de los canales de la finca UTN sede Guanacaste.

Lote	Q (lps)	Q m ³ /seg
L-3	347.00	0.347
L-4	347.00	0.347
L-17 A	347.00	0.347
L-17 B	112.71	0.113
L-14	293.71	0.294
L-20	91.35	0.091
L-21	91.35	0.091
L-18	91.35	0.091
TNR-1	760.00	0.761
TNR-2	760.00	0.761
TNR-3	760.00	0.761

4.3.1. Canales de la finca UTN sede Guanacaste.

En la evaluación de la sección de TNR-1 TRN-2 TNR-3, se cuenta con un canal de tierra por el cual se conduce el agua a los lotes en el campo, en cada lote se le hizo un piquete al canal principal y de esa manera se ingresaba el agua.



Ilustración 8 . Toma de la sección TNR-1 TNR-2 TNR-3 finca UTN sede Guanacaste.

Dicha infraestructura se observó lo bastante deteriorada que se encuentra, lo que hace de que esta se tenga que construir nueva para establecer la modalidad de poli pipe.



Ilustración 9. Canal rectangular para los lotes UTN L4_L-5 finca UTN sede Guanacaste

Aunque los lotes L-4 L-5 no son candidatos para la modalidad de riego con mangas flexibles, se hizo un estudio hidráulico pensando a futuro cuando los lotes se puedan renovar por lo que se sugiere hacer el movimiento pertinente de tierra para poder el diferencial de nivel óptimo. En este canal se obtuvo un caudal máximo de $0.347 \text{ m}^3/\text{segundo}$, lo que equivalen a 347 litros por segundo (lps).



Ilustración 10. Canal principal del lote L-17 B finca UTN sede Guanacaste.

En este canal se obtuvo un caudal máximo de 0.113 m³ /segundo, lo que equivalen a 112.71 litros por segundo (lps), este es el único de forma trapezoidal dentro de la red hidráulica de los lotes para poli pipe. Esta canal abastece a la zona que está sembrada con arroz y también al lote UTN L-17 B.



Ilustración 11. Canal principal del lote L-14 finca UTN sede Guanacaste.

En este canal se obtuvo un caudal máximo de 0.294 m³ /segundo, lo que equivalen a 293.71 litros por segundo (lps), es de forma rectangular dentro de la red hidráulica de los lotes para poli pipe. Esta canal abastece a la zona que está sembrada con arroz como al lote L-14.



Ilustración 12. Canal principal del lote UTN L-18 L-20 L-21 finca UTN sede Guanacaste.

En este canal se obtuvo un caudal máximo de 0.091m³ /segundo, lo que equivalen a 91.35 litros por segundo (lps), es de forma rectangular dentro de la red hidráulica de los lotes para poli pipe. Este canal abastece a la zona que está sembrada con caña a los lotes L-18, L-20, L-21.

4.3.2. Cajas de la finca UTN sede Guanacaste.

En este caso hay distintas cajas las cuales deben ser modificadas para poder optar por esa modalidad, en estas ilustraciones que se adjuntan serán de los lotes que son los óptimos para poli pipe, esto tomando en cuenta el cuadro 17.

En el caso de la caja del lote L-14, está completamente dañada esta no cuenta con una compuerta o algún elemento que la cierre o regule el caudal



Ilustración 13. Caja del lote L-17 B, finca UTN sede Guanacaste.

La caja del lote L-17 B está bastante deteriorada por la antigüedad de esta e invadida por árboles y maleza, además de algunos incidentes con la maquinaria pesada que circula cerca del lote.



Ilustración 14. Toma de los lotes L-20 L-21 finca UTN sede Guanacaste.

La toma de los lotes L-20 y L-21 están bastante deteriorada además de habría que hacer una caja nueva ya que el lote está pegado directamente al canal principal. La compuerta metálica esta prensada con sacos de tierra para evitar la infiltración de agua excedente del canal.



Ilustración 15. Toma de TNR-1 TRN-2 TNR 3 finca UTN sede Guanacaste

La toma de los lotes TNR-1, TRN-2, TNR-3 está bastante dañada y en completo desuso, lo cual sería lo más conveniente es hacerla de nuevo para poder

acoplar el poli pipe. Ya que esta tendría que soportar la carga del agua en el canal para elevar el nivel para poder ejecutar el riego, por consiguiente, la caja en su estado actual no soportaría.



Ilustración 16. Toma del lote L-18 finca UTN sede Guanacaste.

La toma del lote L-18 está bastante deteriorada ya que esta no cuenta con una compuerta o algún elemento que la cierre o regule el caudal.

4.3.2.1 Propuestas para la modificación de cajas de la finca

Experimental Taboga UTN sede Guanacaste.

Para el estableciendo de la modalidad riego con mangas flexibles, es de suma importancia la realización una serie de modificaciones a las infraestructuras hidráulicas.

Con la finalidad de ejecutar adecuadamente la labor de riego, mejorando el acople de las mangas con las cajas, facilitándole al cultivo la demanda hídrica requerida.

4.3.2.1.1 Toma de lotes TNR 1, TNR-2 TNR-3 finca UTN sede Guanacaste.

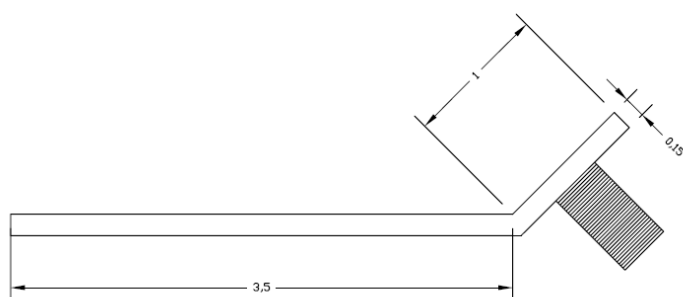


Ilustración 17 Vista de planta de toma para TNR-1, TNR-2, TNR3 finca UTN sede Guanacaste

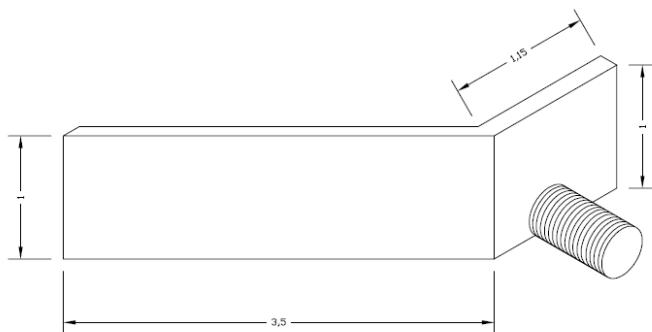


Ilustración 18 Vista Isométrica de toma para TNR-1, TNR-2, TNR3 finca UTN sede Guanacaste

En el caso de la figura propuesta para los lotes TNR-1, TNR-2, TNR-3 establece una toma con acople de poli pipe dirigido hacia los lotes de dicha sección, en la parte del frente posee una longitud de 3.5 mts, con un 1 mts de altura y 0.15 mts de espesor. En el costado dirigida hacia los lotes cuenta con 0.15 mts de espesor, un 1 mts de altura y una longitud de 1mts. El tubo que se utiliza para el acople es de una longitud de 0.50 mts y de un diámetro de 15 pulgadas.

4.3.2.1.2 Toma de lote L-17 B finca UTN sede Guanacaste.

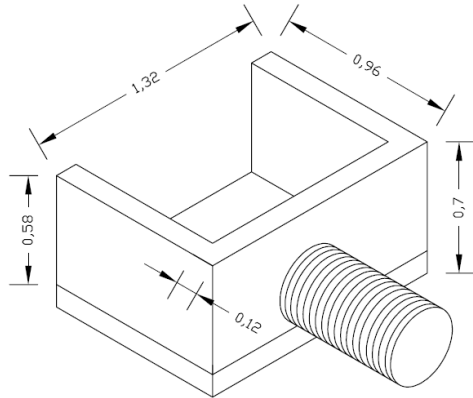


Ilustración 19 Vista Isométrica de toma para L-17 B finca UTN sede Guanacaste

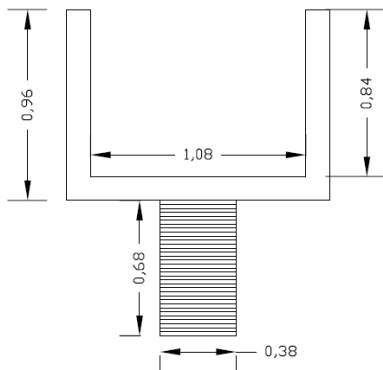


Ilustración 20 Vista de planta de toma para L-17 B finca UTN sede Guanacaste

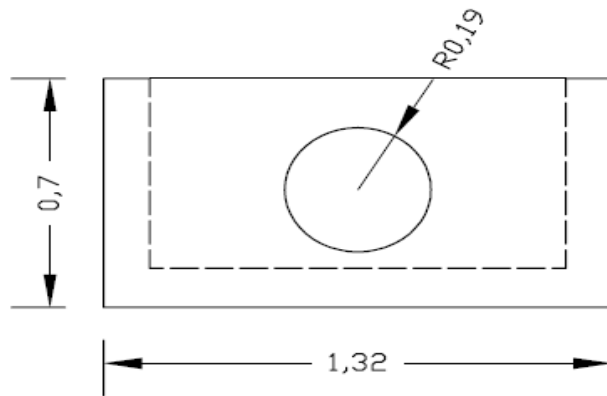


Ilustración 21 Vista frontal de toma para L-17 B finca UTN sede Guanacaste

En esta figura propuesta para el lote L-17 B, se establece una toma con acople de poli pipe dirigido hacia el lote, en la parte del frente posee una longitud de 1.3 mts, con un 0.70 mts de altura y 0.12 mts de espesor. El tubo que se utiliza para el acople es de una longitud de 0.50 mts y de un diámetro de 15 pulgadas.

4.3.2.1.3 Toma de lote L-18, L-14, L-20, L-21 finca UTN sede Guanacaste.

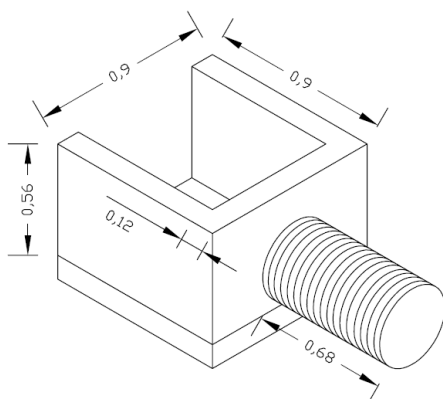


Ilustración 22 Vista Isométrica de toma para los lotes L-18, L-14, L-20, L-21 finca UTN sede Guanacaste

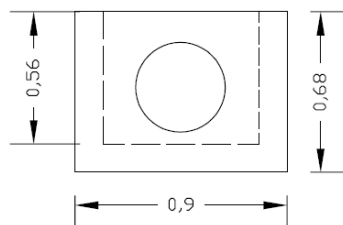


Ilustración 23 Vista frontal de toma para los lotes L-18, L-14, L-20, L-21 finca UTN sede Guanacaste

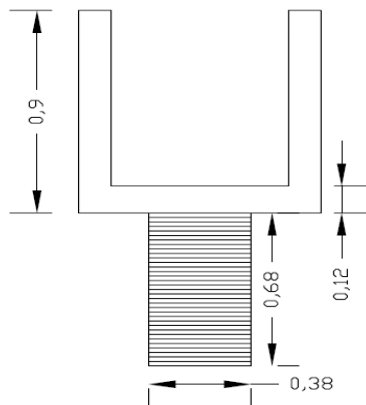


Ilustración 24 Vista de planta de toma para los lotes L-18, L-14, L-20, L-21 finca UTN sede Guanacaste

En esta figura propuesta para el lote L-18, L-14, L-20, L-21, este diseño se compartió ya que presentan grandes similitudes entre los lotes además de que se alimentan de un mismo canal de riego. Se establece una toma con acople de polipipe dirigido hacia el lote, en la parte del frente posee una longitud de 0.90 mts, con un 0.56 mts de altura y 0.12 mts de espesor. El tubo que se utiliza para el acople es de una longitud de 0.68 mts y de un diámetro de 15 pulgadas

4.3.2.2 Costo de las modificaciones de cajas de la finca UTN sede Guanacaste.

Para el estableciendo de la modalidad riego con mangas flexibles, hay que hacer serie de modificaciones a las infraestructuras para la ejecución adecuada la labor de riego, pero dichas modificaciones ocupan un presupuesto para realizar la inversión, en el siguiente apartado se estableció los presupuesto para los dichos cambios en las infraestructuras

4.3.2.2.1 Costo de las modificaciones de caja de los lotes TNR-1, TNR-2, TNR-3.

Cuadro 31 Costo de materiales para la caja de los lotes TNR-1, TNR-2, TNR-3 finca UTN sede Guanacaste.

Material	Precio/unidad(₡)	Cantidad requerida/Unidades	Costo Total(₡)	Porcentaje%
Cemento	₡ 6,159.29	4.05	₡ 24,945.12	31.43
Arena	₡ 15,929.20	0.05	₡ 774.16	0.98
Piedra	₡ 15,929.20	0.10	₡ 1,548.32	1.95
Varilla	₡ 1,935.00	18.30	₡ 35,410.50	44.62
Alambre	₡ 787.61	1.00	₡ 787.61	0.99
Tubo Novafort	₡ 15,889.32	1.00	₡ 15,889.32	20.02
Costo Total			₡ 79,355.03	100.00

En este cuadro anterior se desglosa los diversos materiales y las cantidades que se van a requerir para poder habilitar esta caja, el insumo más utilizado para la modificación será la varilla #3 En la ilustración 15, se evidencio las pésimas condiciones de dicha infraestructura, la cual se debe de hacer

completamente nueva si se desea poder regar con mangas flexibles en los lotes TNR-1, TNR-2, TNR-3, ya que la que existe está a punto de caerse o no tendrá la capacidad de soportar la carga para trabajar.

Cuadro 32 Costos generales para la caja de los lotes TNR-1, TNR-2, TNR-3 finca UTN sede Guanacaste.

Rublo	Precio/unidad(₡)	Cantidad requerida/Unidades	Costo Total(₡)	Porcentaje%
Costos Materiales	₡ 79,355.03	1	₡ 79,355.03	55.50
Costo de Mano de Obra	₡ 23,625.00	1	₡ 23,625.00	16.52
Costo de Maquinaria	₡ 20,000.00	2	₡ 40,000.00	27.98
Costo Total			142,980.03	100.00

La modificación de esta infraestructura ronda el costo de los ₡ 142,980.03. Esta infraestructura cuenta con 0.675 metros cúbicos para poder hacer completamente nueva y poder hacer el paso de regar a canal abierto a regar con poli pipe. Dentro de los costos de la modificación o confección de la infraestructura, el rubro más grande dentro del presupuesto es el material con 55.5 %, seguido por maquinaria con un 27.9% y el restante porcentaje con mano de obra.

4.3.2.1.2 Costo de las modificaciones de caja del lote L-17

Cuadro 33 Costos de materiales para la caja del lote L-17 B, finca UTN sede Guanacaste.

Material	Precio/unidad(₡)	Cantidad requerida	Costo Total(₡)	Porcentaje%
Cemento	6,159.29	1.63	10,057.87	20.96
Arena	15,929.20	0.02	312.14	0.65
Piedra	15,929.20	0.04	624.28	1.30
Varilla	1,935.00	10.50	20,317.50	42.34
Alambre	787.61	1.00	787.61	1.64
Tubo Novafort	15,889.32	1.00	15,889.32	33.11
Costo Total			₡ 47,988.73	100.00

En este cuadro anterior se desglosa los diversos materiales y las cantidades que se van a requerir para poder habilitar esta caja, el insumo más utilizado para la modificación será la varilla #3 ya que se requiere hacer una armazón metal bastante resistente, seguido por cemento y así consecuentemente.

Cuadro 34 Costos generales para la caja del lote L-17 B, finca UTN sede Guanacaste.

Rublo	Precio/unidad(₡)	Cantidad requerida	Costo Total(₡)	Porcentaje%
Costos Materiales	₡ 47,988.73	1	₡ 47,988.73	49.21
Costo de Mano de Obra	₡ 9,525.60	1	₡ 9,525.60	9.77
Costo de Maquinaria	₡ 20,000.00	2	₡ 40,000.00	41.02
Costo Total			₡ 97,514.33	100.00

La modificación de esta infraestructura ronda el costo de los ₡ 97,514.33. Esta infraestructura cuenta con 0.272 metros cúbicos, En la ilustración 13, se evidencio condiciones de dicha infraestructura, la cual está en condiciones regulares, pero se tomó la decisión de presupuestarse como una caja nueva para poder reemplazar la que está presente ya que esta cumplimiento su ciclo de vida.

4.3.2.1.3 Costo de las modificaciones de caja del lote L-14, L-18, L-20, L-21.

Cuadro 35 Costos de materiales para la caja de los lotes L-14, L-18, L-20, L-21 finca UTN sede Guanacaste.

Material	Precio/unidad(₡)	Cantidad requerida	Costo Total(₡)	Porcentaje%
Cemento	₡ 6,159.29	1.09	6,705.25	13.97
Arena	₡ 15,929.20	0.01	₡ 208.09	0.43
Piedra	₡ 15,929.20	0.03	₡ 416.19	0.87
Varilla	₡ 1,935.00	3.24	₡ 6,269.40	13.06
Alambre	₡ 787.61	1.00	₡ 787.61	1.64
Tubo Novafort	₡ 15,889.32	1.00	₡ 15,889.32	33.11
Costo Total			₡ 30,275.86	63.09

En este cuadro anterior se desglosa los diversos materiales y las cantidades que se van a requerir para poder habilitar esta caja, el insumo más utilizado para la modificación será la varilla #3 ya que se requiere hacer una

armazón metal, en todas las infraestructuras van a contar con tubo de acople para poder amarrar la manga con la infraestructura.

Cuadro 36 Costos generales para la caja de los lotes L-14, L-18, L-20, L-21, finca UTN sede Guanacaste.

Rubro	Precio/unidad(₡)	Cantidad requerida	Costo Total(₡)	Porcentaje%
Costos Materiales	₡ 30,275.86	1	₡ 30,275.86	39.51
Costo de Mano de Obra	₡ 6,350.40	1	₡ 6,350.40	8.29
Costo de Maquinaria	₡ 20,000.00	2	₡ 40,000.00	52.20
Costo Total			76,626.26	100.00

La modificación de esta infraestructura ronda el costo de los ₡ 76,626.26. Es de importancia de que este presupuesto es proyectado a una infraestructura y dicho diseño se utilizaría en cuatro de los lotes estudiados. En la ilustración 14 y 16, se evidencio condiciones de dicha infraestructura, la cual está en condiciones pésimas, lo cual opto por presupuestarse como una caja nueva. Esta infraestructura cuenta con 0.18 metros cúbicos, el rubro que abarca la mayor cantidad en el presupuesto es el de maquinarias con 52.2 % siguiéndole el rubro del costo de materiales y por último el de mano de obra.

4.3.2.1.4 Costo de poli pipe y figuras en los lotes de la finca Experimental

Taboga UTN Sede Guanacaste

Cuadro 37 Costos de poli pipe para los lotes, finca UTN sede Guanacaste.

Poli pipe	27	unidades
Poli pipe	3991	mts
Costo de poli pipe	₡ 2,860,135.41	

De acuerdo con el cuadro 37, en el cual desglosa la cantidad de rollos que se van a requerir en 53.21 hectáreas que están óptimas para la colocación de poli pipe. Este cálculo se estable mediante una métrica de que por cada 2 hectáreas se requiere un rollo de poli pipe de 150 metros de longitud, lo cual para este proyecto se van a ocupar 3991 metros lineales o 27 rollos de poli pipe de 150 metros de longitud. El costo de cada rollo ronda el ₡ 107503.68, para un costo total en rollos de ₡2860135.41.

Cuadro 38 Costos de figuras para poli pipe para los lotes, finca UTN sede Guanacaste.

Costo de figura Tee	₡	87,750.00
Costo de figura Codo	₡	67,500.00
Figura requeridas		18
Figura/ costos	₡	1,397,250.00

De acuerdo con el cuadro 38 en el cual desglosa la cantidad de figuras que se van a requerir en el lote óptimo para poli pipe. Este cálculo se estable mediante una métrica de que por cada 4 hectáreas se requiere una figura, lo cual para este proyecto se van a ocupar 18 figuras, 9 codos y 9 Tee. El costo de cada Tee ronda el ₡ 87750 y un codo cuesta ₡67500, para un costo total en figuras de ₡1397250.

Cuadro 39 Costos de tubos enrolladores para poli pipe para los lotes, finca UTN sede Guanacaste.

Tubos enrolladores requeridos	13	unidades
Costo	₡ 3,000.00	cada unidad
Costo Total	₡ 39,000.00	

De acuerdo con la cantidad de rollos ocupados en el proyecto, así será la demanda de tubos enrolladores, De acuerdo con el cuadro 39, en el cual desglosa la cantidad de tubos que se van a requerir de acuerdo a la cantidad de rollos para poli pipe. Este cálculo se estable mediante una métrica de que por cada 2 rollos se ocupa 1 tubo lo cual para este proyecto se van a ocupar tubos. El costo de cada tubo es de ₡ 3000 y para un costo total en figuras de ₡39000.

Cuadro 40 Costos totales del proyecto para los lotes óptimos, finca UTN sede Guanacaste.

		%
Infraestructuras	₡ 546,999.41	11.29
Poli pipe	₡ 2,860,135.41	59.05
Figuras de poli pipe	₡ 1,397,250.00	28.85
Enrolladores	₡ 39,000.00	0.81
Total	₡ 4,843,384.82	100.00

De acuerdo con el cuadro 40, en el cual desglosa los rubros que se requieren para poder ejecutar el proyecto para usar poli pipe en los lotes del UTN, en la compra de poli pipe es donde se va a requerir mayor monto dentro del presupuesto con 59.05%, siguiéndole las figuras de poli pipe con 28.85 % del presupuesto y los que se infraestructuras cubre solamente un 11.29%.

4.3.2.1.5 Prospectiva económica de la implementación de riego con manga poli pipe en lotes de la finca Experimental Taboga UTN sede Guanacaste.

En este apartado se analizó el factor económico de una futura modernización de sistema de riego contra lo que se está efectuando en la actualidad (uso de canal abierto).

Cuadro 41 Plan de riego de los lotes óptimos para la modalidad de poli pipe en la finca de la UTN sede Guanacaste.

Lote UTN	Diciembre	Febrero	Marzo	Abril	Pre zafra	Post zafra
17	1	1	1	2	1	4
18	1	1	1	2	1	4
14	1	1	1	2	1	4
20	1	2	2	3	1	7
21	1	2	2	3	1	7
TNR-1	1	1	1	2	1	4
TNR-2	1	2	2	3	1	7
TNR-3	1	1	1	2	1	4

De acuerdo con el cuadro 41, en el cual se muestra la cantidad de riegos se requieren para cada lote del proyecto para usar poli pipe en la finca UTN, además indica la cantidad de riegos ya sea por pre-zafra o post zafra que ocupan los lotes, obteniendo una cantidad de 6 riegos en promedio en la estación seca.

Cuadro 42 Inversión en riego con sifones en los lotes de la finca del UTN sede Guanacaste.

Lote UTN	Hectareas	Riego con sifones			
		Pre zafra	Post zafra	Total/ha	Total
17	9.44	₡ 7,794.00	₡ 44,808.00	₡ 52,602.00	₡ 496,562.88
18	3.99	₡ 7,794.00	₡ 44,808.00	₡ 52,602.00	₡ 209,881.98
14	7.03	₡ 7,794.00	₡ 44,808.00	₡ 52,602.00	₡ 369,792.06
20	2.35	₡ 7,794.00	₡ 78,414.00	₡ 86,208.00	₡ 202,588.80
21	5.4	₡ 7,794.00	₡ 78,414.00	₡ 86,208.00	₡ 465,523.20
TNR-1	7	₡ 7,794.00	₡ 44,808.00	₡ 52,602.00	₡ 368,214.00
TNR-2	10	₡ 7,794.00	₡ 78,414.00	₡ 86,208.00	₡ 862,080.00
TNR-3	8	₡ 7,794.00	₡ 44,808.00	₡ 52,602.00	₡ 420,816.00

De acuerdo con el cuadro 42, en el cual se muestra la inversión que se realiza utilizando la modalidad de riego con sifones de acuerdo a la cantidad de riegos que requiere para cada lote, generando un costo total de ₡ 3, 395,458.92.

Cabe rescatar que en este cuadro solamente se hizo el cálculo del costo de riego a las hectáreas con sifón y no se incluyó el costo del canon del agua, lo cual tendría a subir considerablemente la inversión de riego.

Cuadro 43 Inversión en riego con poli pipe en los lotes de la finca del UTN sede Guanacaste.

Lote UTN	Hectareas	Riego con poli pipe			
		Pre zafra	Post zafra	Total/ha	Total
17	9.44	₡ 4,988.00	₡ 28,468.00	₡33,456.00	₡ 315,824.64
18	3.99	₡ 4,988.00	₡ 28,468.00	₡33,456.00	₡ 133,489.44
14	7.03	₡ 4,988.00	₡ 28,468.00	₡33,456.00	₡ 235,195.68
20	2.35	₡ 4,988.00	₡ 49,819.00	₡54,807.00	₡ 128,796.45
21	5.4	₡ 4,988.00	₡ 49,819.00	₡54,807.00	₡ 295,957.80
TNR-1	7	₡ 4,988.00	₡ 28,468.00	₡33,456.00	₡ 234,192.00
TNR-2	10	₡ 4,988.00	₡ 49,819.00	₡54,807.00	₡ 548,070.00
TNR-3	8	₡ 4,988.00	₡ 28,468.00	₡33,456.00	₡ 267,648.00

De acuerdo con el cuadro 43, en el cual se muestra la inversión que se realiza utilizando la modalidad de riego con mangas flexibles de acuerdo a la cantidad de riegos que requiere para cada lote generando un costo total ₡ 2,159,174.01

Cabe rescatar que en este cuadro solamente se hizo el cálculo del costo de riego y no se incluyó el costo del canon del agua, lo cual tendría a subir considerablemente la inversión de riego.

Entre ambas modalidades de riego, la utilización de mangas flexibles es más viable ya que comparando estas modalidades existe una diferencia de ₡ 1,236,284.91, siendo un equivalente de un 36.4% del costo si se sigue utilizando el riego con sifones.

Cuadro 44. Análisis financiero del proyecto de e riego con poli pipe en los lotes de la finca del UTN sede Guanacaste.

Análisis financiero

Tasa %.	10%										
	Años										
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversion	C 4,843,384.82										
Ahorro(poli -sifon)	C 1,236,284.91	C 1,236,284.91	C 1,236,284.91	C 1,236,284.91	C 1,236,284.91	C 1,236,284.91	C 1,236,284.91	C 1,236,284.91	C 1,236,284.91	C 1,236,284.91	C 1,236,284.91
Depreciacion	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49
U antes de impuestos	C 1,112,656.42	C 1,112,656.42	C 1,112,656.42	C 1,112,656.42	C 1,112,656.42	C 1,112,656.42	C 1,112,656.42	C 1,112,656.42	C 1,112,656.42	C 1,112,656.42	C 1,112,656.42
Renta 10 %	C 111,265.64	C 111,265.64	C 111,265.64	C 111,265.64	C 111,265.64	C 111,265.64	C 111,265.64	C 111,265.64	C 111,265.64	C 111,265.64	C 111,265.64
U despues de impuestos	C 1,001,390.78	C 1,001,390.78	C 1,001,390.78	C 1,001,390.78	C 1,001,390.78	C 1,001,390.78	C 1,001,390.78	C 1,001,390.78	C 1,001,390.78	C 1,001,390.78	C 1,001,390.78
Depreciacion	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49	C 123,628.49
Reinversion en poli pipe	C 2,860,135.41										
Flujo de efectivo nominal	C (4,843,384.82)	C 1,125,019.27	C 1,125,019.27	C 1,125,019.27	C 1,125,019.27	C (1,735,116.14)	C 1,125,019.27	C 1,125,019.27	C 1,125,019.27	C 1,125,019.27	C 1,125,019.27
Flujos descontados/FD	C 1,022,744.79	C 929,767.99	C 845,243.63	C 768,403.30	C 698,548.45	C (1,077,370.61)	C 698,548.45	C 698,548.45	C 698,548.45	C 698,548.45	C 698,548.45
Acumulado de flujos descontados	C 1,022,744.79	C 1,952,512.78	C 2,797,756.41	C 3,566,159.70	C 4,264,608.15	C 2,527,237.54	C 1,234,824.77	C 1,088,129.59	C 1,018,274.75	C 2,794,193.81	C 2,794,193.81

Evaluacion Financiera	
Van	C 293,452.51
TIR	11.43%

De acuerdo con el cuadro 44, en el cual se muestra el análisis financiero que se realizó proyectándose a 10 años, si se utilizara la modalidad de riego con mangas.

Cabe rescatar que el valor actual neto (VAN) el cual determina mi proyección a futuro acerca de los flujos de caja en la inversión del proyecto, el valor actual neto (VAN) es de ₡ 293,452.51, lo cual es bastante ajustado para la exigencia que se le está dando al proyecto.

Según la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto es de 11.43% el cual refleja la utilidad que dejaría el proyecto, es un TIR bastante ajustado con respecto a la exigencia del proyecto que es de 10% la exigencia mínima.

CAPITULO V

5 Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

1. Mediante los estudios hidráulicos de los lotes, se logró determinar las zonas indicadas para la utilización de mangas plásticas esto como una primera etapa para ofrecer nuevas alternativas para estar acorde con el uso adecuado del recurso.
2. Los lotes que no calificaron para la su conversión a la modalidad de mangas plásticas presentan dificultades topográficas como una gradiente inversa o contra pendiente lo que comprometería las propiedades y estándares del poli pipe si se llegara a colocar ahí.
3. La ampliación y utilización de riego con mangas flexibles en las zonas que no calificaron dentro del proyecto, se pueden realizar a largo plazo mediante la adecuación de terrenos.
4. Se debe llevar un plan de seguimiento del manejo del sistema de riego con mangas flexibles para afinar detalles y contemplar problemas que puedan afectar la labor de riego en las zonas cultivadas.
5. A través del análisis de los requerimientos del cultivo en la finca Experimental Taboga UTN sede Guanacaste se determinó el consumo

mensual, las frecuencias con que se daría el riego y la cantidad de riegos en un mes, en el periodo donde se ejecuta la mayor cantidad de labores del cultivo.

6. Las condiciones infraestructurales de las cajas de distribución en la finca Experimental Taboga UTN sede Guanacaste están dañadas ya sea por factor edad o por incidentes que han tenido a causa de maquinaria agrícola que circula ahí.
7. La inversión por hectárea es de $\$ 91\,023.95$ esto para los lotes indicados (53.21 ha) para la modalidad poli pipe, esta inversión abarca desde las infraestructuras hasta los tubos para enrollar y guardar las mangas.
8. La retribución económica de la inversión del proyecto se haría en un periodo proyectado de dos años, ya que el cultivo obtendría mejores condiciones porque se aplicaría la dosis adecuada de agua y en el momento indicado.

Recomendaciones

1. Es de vital importancia establecer un plan de mantenimiento de las infraestructuras hidráulicas, ya que las existentes en la finca de la UTN sede Guanacaste están bastante deterioradas por el factor edad e incidentes con maquinaria agrícola.
2. La adecuación de terrenos en las zonas de cultivo de caña de azúcar, se les debe contemplar una serie de modificaciones dentro del lote para implantar la modalidad de riego con poli pipe.
3. Ejecutar un presupuesto para que contemple unos aspectos preventivos, de manteniendo y de posible sustitución de elementos, con el fin de mantener un funcionamiento óptimo en el sistema de riego.
4. Es importante llevar un seguimiento tipo bitácora de los proyectos que se realizan en la finca de la universidad, para contemplar futuras necesidades y temas de investigación, utilizados por los profesionales en el área, docentes, investigadores y las siguientes generaciones de pasantes, con el fin de generar una política de cambio, y mejorar cada sistema involucrado en el sistema de riego.

CAPITULO VI

6 Bibliografía.

Angulo, A. (1999). Estimacion del area bajo riego cultivada con caña de azucar en la zona de influencia del Ingenio Taboga, en Cañas, Guanacaste. San Jose/Costa Rica: Direccion de Investigacion y Extension de la Caña de Azucar.

Angulo, A. (2017). Caracterizacion y analisis del riego en cultivo de caña de azucar en la region del Pacifico Seco (Guanacaste y Puntarenas) de Costa Rica. San Jose, Costa Rica: Direccion de Investigacion y Extension de la Caña de Azucar, LAICA.

Araya Araya, A. G. (2009). Establecimiento De Un Plan De Riego Para Las Áreas De Docencia, Investigación Y Producción De La Finca De La Universidad Técnica Nacional, Sede Guanacaste. Costa Rica: UCR.

Cabas, N., & Varas, E. (Agosto de 1993). Studylib. Recuperado el 27 de setiembre de 2018, de Studylib: <http://studylib.es/doc/337468/riego-californiano>

Chavez Solera, M. (2001). Resumen del desarrollo historico de la caña de azucar en Cost Rica. San Jose Costa Rica: Direccion de Investigacion y Extencion de la Caña de Azucar.

- Chavez, S. M. (2014). Dinamica delas variedades de caña de azucar cultivadas comercialmente en la region de Guanacaste, Costa Rica. San Jose , Costa Rica: IX Congreso ATALAC.
- Diaz Motejo, L., & Portocarrero Rivera, E. (2002). Manual de produccion de Caña de azucar (*Saccharum officinarum* L.). Honduras: Zamorano.
- Duran Roberto, E. R. (2008). Evaluacion de la eficiencia Hidraulica de Mangas de Riego en el cultivo de Caña de Azucar . En E. R. Duran Roberto. Venezuela .
- Duran, R., España, R., & Gaidos, M. (2008). Evaluacion de la eficiencia hidraulica de las mangas de riego en el cultivo de caña de azucar en el estado de Portuguesa. Venezuela: UNELLEZ.
- Hernandez, S. R. (2014). Metodologia De La Investigacion Sexta Edicion. Mexico, D.F: Mcgraw-Hill/Interamericana Editores S.A De C.V.
- Holdridge, L. (2000). Ecologia basada las zonas de vida. San Jose, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperacion Para la Agricultura.
- Juarez, D., & Muñoz, E. (1998). Requerimientos de riego de la caña de azucar en la costa sur de Guatemala. Guatemala: Cengicaña.
- Moran, L., Varillas, O., & Hilborn, P. (2008). Riego con mangas bajo sistemas de gravedad. Uruguay: IICA.

Periodico El Observador. (2014). Periodico El Observador. Recuperado el 28 de Junio de 2018, de <https://www.elobservador.com.uy/riego-mangas-una-opcion-eficiente-economica-y-practica-varios-cultivos-n293458>.

Saenz Leon, J. (2012). Desarrollo Historico del Sector Agroindustrial de la Caña de azucar en el siglo XX. San Jose. CR: Universidad De Costa Rica, Instituto de Investigacion En Ciencias Economicas.

Subiros Ruiz, F. (2000). Caña de Azucar. San Jose: EUNED.

Valverde Conejo, J. (2000). Riego y drenaje . San Jose, Costa Rica: EUNED.

7 Anexos

Cuadro 45. Series taxonómicas de la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste.

Nombre	Nomenclatura	Orden
Serie Higuerón	B.1.1	Inceptisol
Serie Cascante F.m.p	B.2.1.1	Mollisol
Serie Cascante F.p	B.2.1.2	Mollisol
Serie Cascante F.mod.p	B.2.1.3	Mollisol
Serie Cascante Asociación F.m.p +F.p	B.2.1.1+B.2.1.2	Mollisol
Serie Bananal	B.2.2	Inceptisol

Fuente: Araya, A, 2009.

Cuadro 46 Pruebas físicas del suelo sección Higuerón de la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste

Lote	suelo	muestra	Estrato	Profundidad cm	cc	pmp	da	Agua util	Lmax cm
UTN L-4_3	Inceptisol	1	0-15	15	34.3	24.41	1.18	9.89	1.75
UTN L-4_3	Inceptisol	2	15-30	15	29.59	20.57	1.21	9.02	1.64
UTN L-4_3	Inceptisol	3	30-70	10	31.27	19.77	1.34	11.5	1.54

Fuente: Araya, A, 2009.

Cuadro 47. Pruebas físicas del suelo sección Cascante fase muy profunda de la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste

Lote	suelo	muestra	Estrato	Profundidad cm	cc	pmp	da	Agua util	Lmax cm
UTN -TNR 26	Mollisol	1	0-15	15	28.2	16.76	1.35	11.44	2.32
UTN -TNR 26	Mollisol	2	15-40	25	31.43	18.97	1.36	12.46	4.24
UTN -TNR 26	Mollisol	3	40-63	0	31.7	22.31	1.25	9.39	0.00

Fuente: Araya, A, 2009.

Cuadro 48. Pruebas físicas del suelo sección Cascante fase profunda (B 2.1.2) de la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste

Lote	suelo	muestra	Estrato	Profundidad cm	cc	pmp	da	Agua util	Lmax cm
UTN L-17 A_B	Mollisol	1	0-13	13	29.1	19.37	1.23	9.73	1.56
UTN L-17 A_B	Mollisol	2	13-45	27	31.53	21.1	1.3	10.43	3.66

Fuente: Araya, A, 2009.

Cuadro 49. Pruebas físicas del suelo sección Cascante fase profunda (B 2.1.3) de la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste

Lote	suelo	muestra	Estrato	Profundidad cm	cc	pmp	da	Agua util	Lmax cm
UTN L-13	Mollisol	1	0-19	19	31.65	30.77	1.25	0.88	0.21
UTN L-13	Mollisol	2	19-36	17	32.71	20.37	1.26	12.34	2.64
UTN L-13	Mollisol	3	36-65	4	33.43	18.56	1.14	14.87	0.68

Fuente: Araya, A, 2009.

Cuadro 50. Pruebas físicas del suelo sección Cascante fase profunda y muy profunda de la zona de estudio en la finca de la Universidad Técnica Nacional sede Guanacaste.

Lote	suelo	muestra	Estrato	Profundidad cm	cc	pmp	da	Agua util	Lmax cm
UTN -TNR 04	Mollisol	1	0-29	29	29.74	17.89	1.45	11.85	4.98
UTN -TNR 04	Mollisol	2	29-58	11	33.53	21.44	1.2	12.09	1.60
UTN -TNR 04	Mollisol	3	58-80	0	28.41	20.3	1.21	8.11	0.00

Fuente: Araya, A, 2009.

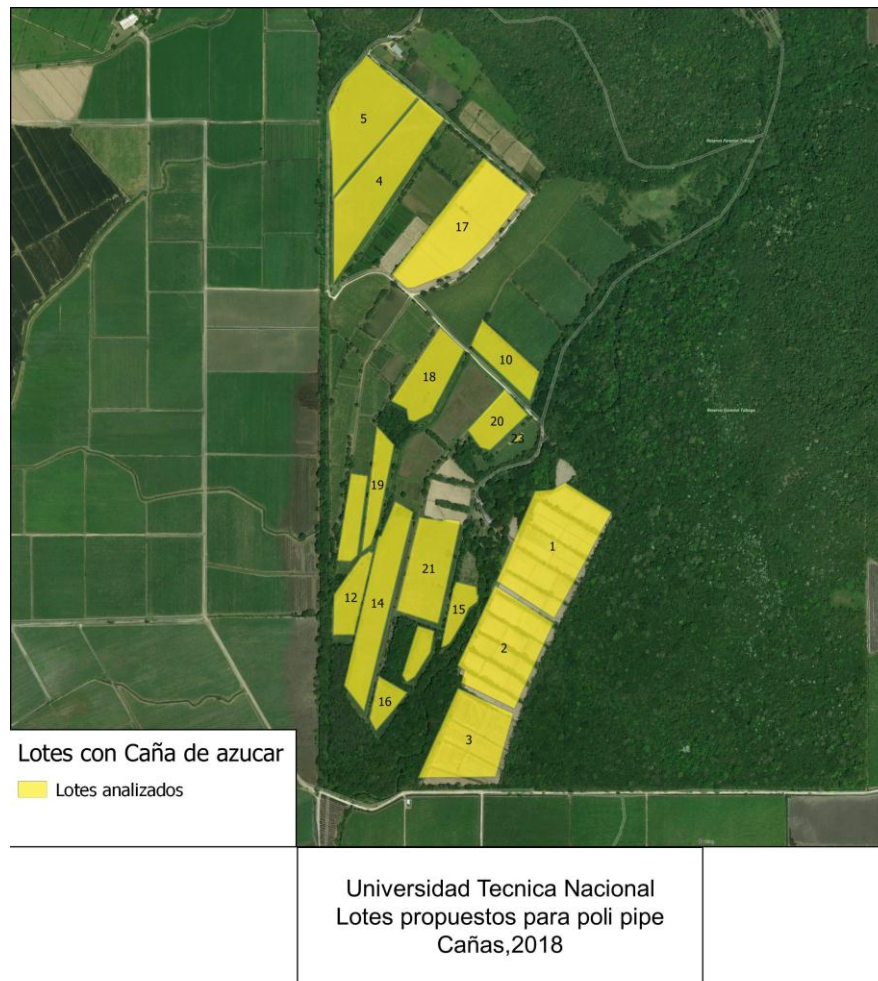


Ilustración 25 Mapa de lotes propuestos para poli pipe, finca Experimental Taboga UTN sede Guanacaste.

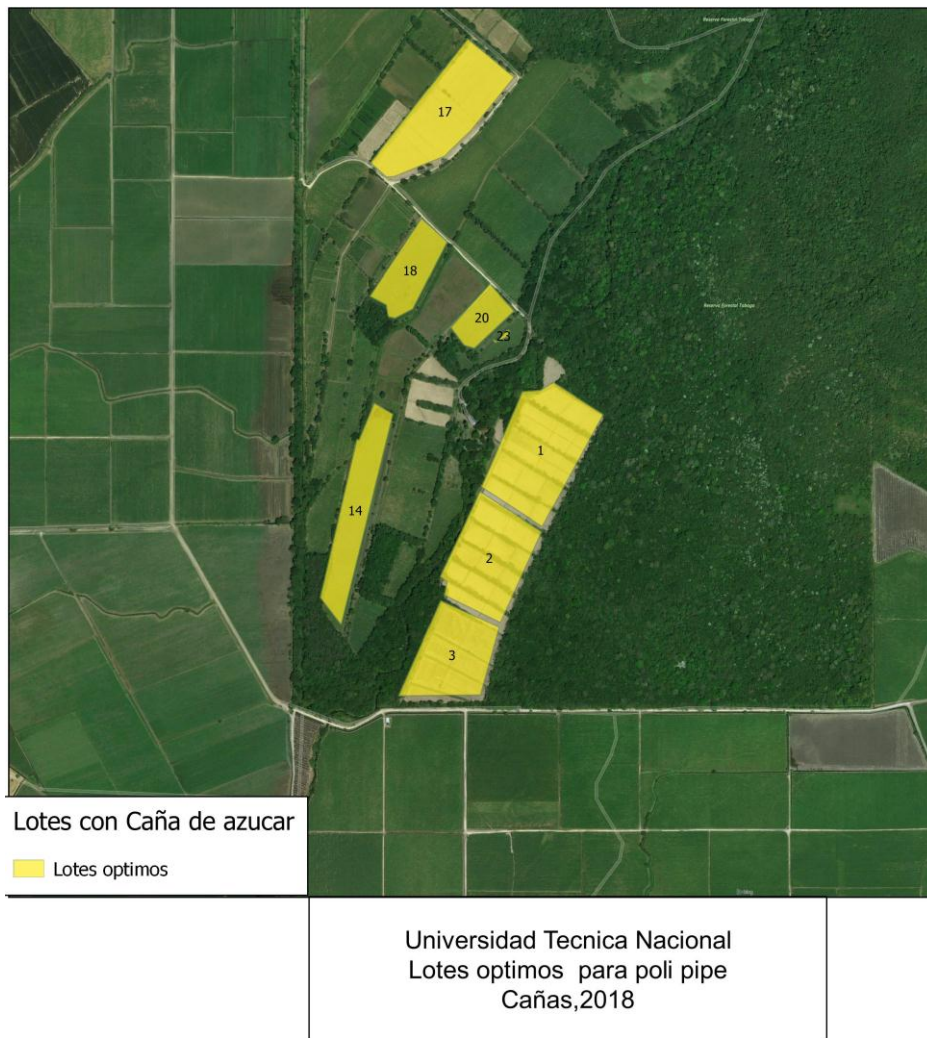


Ilustración 26 Mapa de lotes óptimos para poli pipe, finca Experimental Taboga UTN sede Guanacaste.

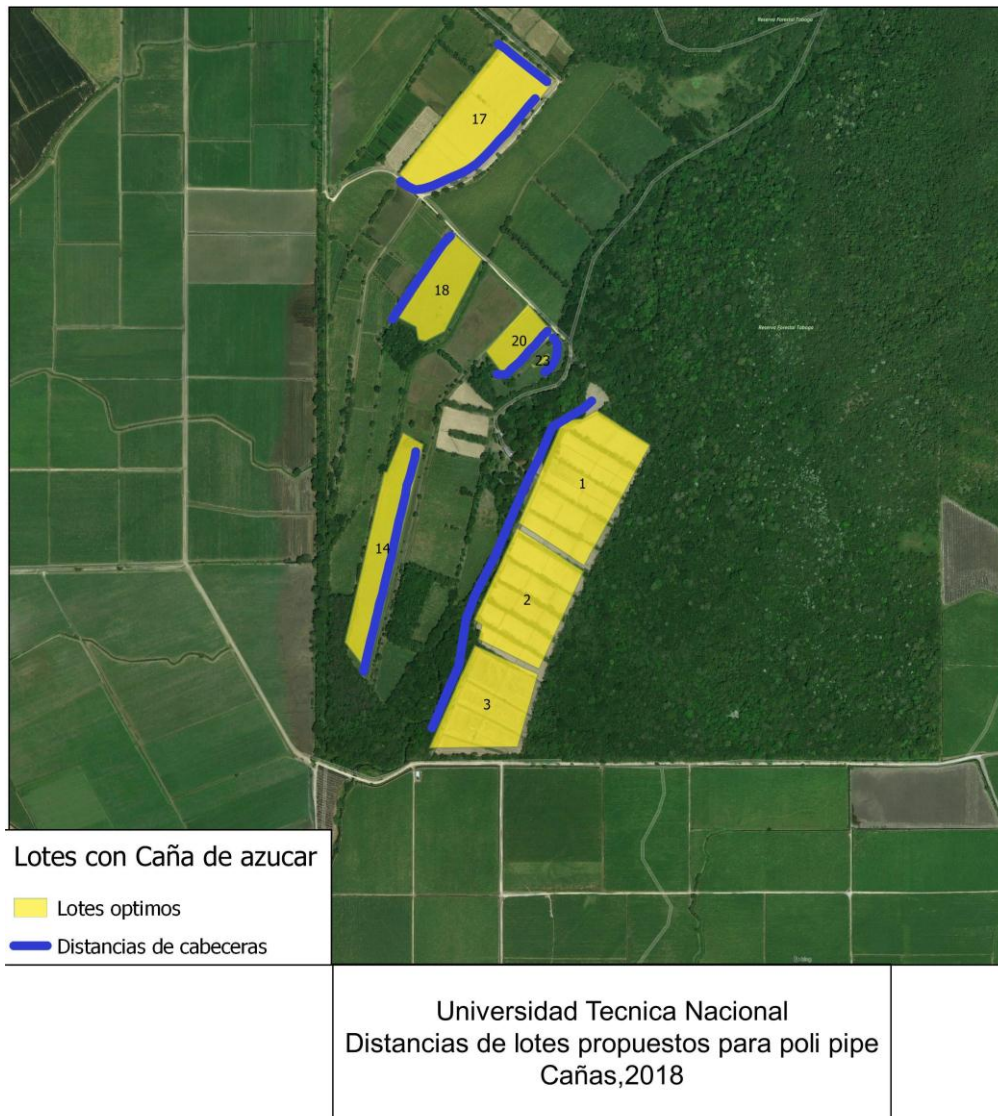


Ilustración 27 Mapa de lotes óptimos y las distancias para poli pipe, finca Experimental Taboga UTN sede Guanacaste.



Ilustración 28 Punto georreferenciado para la toma de puntos en los lotes del UTN sede Guanacaste



Ilustración 29 Caja del lote L-17 A, finca Experimental Taboga UTN sede Guanacaste.



Ilustración 30 Caja de los lotes L-4, L-5 finca Experimental Taboga UTN sede Guanacaste.



Ilustración 31 Caja de los lotes TNR-1, TNR-2, TNR-3 finca Experimental Taboga UTN sede Guanacaste.