

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE SUELOS CON FINES DE MANEJO DE RIEGO, EN
FINCA LA CANOA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS INGENIO PALO GORDO S.A.,
CHIQUMULILLA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.**

JUAN PABLO MONROY MORALES

GUATEMALA, JULIO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE SUELOS CON FINES DE MANEJO DE RIEGO, EN
FINCA LA CANOA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS INGENIO PALO GORDO S.A.,
CHIQUIMULILLA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

POR

JUAN PABLO MONROY MORALES

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, JULIO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

ING. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MA. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.Sc. Erberto Raul Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Elec. Carlos Waldemar de León Samayoa
VOCAL QUINTO	Perito Cont. Neydi Yassmine Juracán Morales
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, JULIO DE 2018

Guatemala, julio de 2018

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorable miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado como:

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE SUELOS CON FINES DE MANEJO DE RIEGO, EN
FINCA LA CANOA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS INGENIO PALO GORDO S.A,
CHIQUMULILLA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.**

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistema de Producción Agrícola, en el grado de académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los aspectos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

JUAN PABLO MONROY MORALES

ACTO QUE DEDICO

A DIOS:

Mi padre celestial por fortalecerme en todos los momentos de mi vida y por permitirme terminar este logro, por darme esos hermosos padres que me enseñaron el camino verdadero para ser un hombre de bien. Gracias por ser mi salvador y padre en mi vida.

A MIS PADRES

Q.E.P.D. (†) Mario Alfredo Monroy Velásquez mi amigo, mi guía y mentor que me formó con principios de bien y dedicó su vida a enseñarme que el trabajo es la mejor forma de santificación. Ana María Morales la mujer más bella y amorosa que he conocido gracias por brindarme su apoyo incondicional en todo momento

A MIS HERMANAS

Ana María, Silvia Regina y Carmen Lucia, mis tres lindas hermanas cada quien con sus peculiaridades por ser parte de mi vida y darme el apoyo necesario

A MIS AMIGOS

Compañeros universitarios que me dieron lecciones de vida unas buenas y otras no tanto, pero que permanecieron al final de mi carrera dando apoyo consejos y cariño se los agradezco de corazón.

TRABAJO DE GRADUCACIÓN QUE DEDICO

A DIOS:

Por darme la sabiduría en mi vida.

A GUATEMALA

Mi Patria, el país de la eterna primavera.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Mi casa de estudio, alma mater.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por los conocimientos y formación académica.

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Agr. David Juárez:

por su apoyo brindado a lo largo de todo el proceso, su paciencia dedicación apoyo incondicional y sus acertadas aportaciones para poder haber culminado exitosamente el trabajo de graduación.

Ing. Agr. Nelson Madrigales:

Al jefe del Departamento de Diseño Agrícola, por su colaboración, apoyo y confianza brindada a lo largo del proceso de EPS.

A los colaboradores del departamento de Ingeniería Agrícola por sus conocimientos aportados y colaboración.

A mis Catedráticos **Ing. Agr. Juan Herrera, Ing. Agr. Waldemar Nufio, Ing. Agr. José Luis Alvarado, Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López Lic. Mamerto Reyes** por compartir sus experiencias y conocimientos adquiridos, brindándome las bases para mi carrera profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE CUADROS	VII
RESUMEN	VII

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, INGENIO PALO GORDO S.A, SUCHITEPÉQUEZ

1.1. PRESENTACIÓN	1
1.2. MARCO REFERENCIAL	2
1.2.1. Historia.....	2
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivo Específicos	4
1.4. METODOLOGÍA.....	5
1.4.1. Fase de gabinete	5
1.4.2. Fase de campo	5
1.4.3. Entrevistas	6
1.4.4. Análisis FODA	6
1.5. RESULTADOS	8
1.5.1. Analizar la estructura organizativa del Departamento de Ingeniería Agrícola y las áreas que la comprenden	8
1.5.1.A. Departamento de Ingeniería Agrícola.....	8
1.5.1.B División de diseño de campo y topografía.....	9
1.5.1.C División de mecanización agrícola.....	9
1.5.1.D. División de riego y drenaje bordas.....	10
1.5.1.E División medio ambiente	11
1.5.2. Conocer las metas esperadas por el Departamento de Ingeniería Agrícola a corto, mediano y largo plazo.....	11

1.5.3. Análisis FODA aplicado a la operación que desempeña el Departamento de Ingeniería Agrícola dentro del Ingenio Palo Gordo S.A.	13
1.6. CONCLUSIONES.....	16
1.7. RECOMENDACIONES	17
1.8. BIBLIOGRAFÍA	18

CAPÍTULO II

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE SUELOS CON FINES DE MANEJO DE RIEGO, EN FINCA LA CANOA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS INGENIO PALO GORDO S.A, CHIQUMULILLA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.

2.1. INTRODUCCIÓN	20
2.2. MARCO TEÓRICO	22
2.2.1. Marco Teórico Conceptual.....	22
2.2.2. Relaciones agua, suelo planta.....	22
2.2.3. Características y propiedades físicas del suelo relacionadas con el riego y drenaje	22
2.2.4. Textura del suelo	23
2.2.5. Estructura del suelo	26
2.2.6. Densidad aparente del suelo (Da)	27
2.2.7. Capacidad de campo (CC)	28
2.2.8. Punto de marchitez permanente (PMP).....	29
2.2.9. Capacidad del suelo para retener agua.....	30
2.2.10. Lámina de agua aprovechable.....	31
2.2.11. Lámina de agua rápidamente aprovechable.....	31
2.2.12. Infiltración	32
2.2.13. Velocidad de Infiltración.....	33
2.2.14. Infiltración básica	34
2.2.15. Operación del sistema de riego	34
2.3. MARCO REFERENCIAL	36
2.3.1. Ubicación geográfica	36
2.3.2. Clima	36

	Página
2.3.3. Zonas de Vida.....	37
2.3.4. Suelos.....	37
2.4. OBJETIVOS.....	39
2.4.1. Objetivos Generales	39
2.4.2. Objetivos Específicos	39
2.5. METODOLOGÍA.....	40
2.5.1. Reconocimiento	40
2.5.2. Entrevista a personal de la finca	40
2.5.3. Visitas a finca.....	41
2.5.4. Diseño de investigación.....	42
2.5.5. Ubicación de puntos para evaluación de infiltración básica.....	44
2.5.6. Ejecución de la investigación.....	45
2.5.7. Toma de muestras.....	45
2.5.8. Pruebas de infiltración básica	47
2.5.9. Análisis de la información	49
2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
2.6.1. Análisis de texturas y determinación de constantes físicas de retención de agua para el cálculo de láminas de riego.....	51
2.6.2. Análisis de constantes físicas de retención de agua para el cálculo de LHRA ..	54
2.6.3. Determinación de la ecuación de infiltración básica	56
2.6.5. Comparativa de intensidad de aspersion con infiltración de agua en el suelo	57
2.6.6. Tiempo de aplicación de lámina de riego según la infiltración de agua en el suelo	58
2.6.7. Manejo de riego.....	60
2.6.7.1. Determinación de los parámetros actuales de riego.....	60
2.6.8. Comparativa de lámina de riego aplicada con LHRA	62
2.6.9. Determinación de la Eto, E _{tmax} y su comparativa con la lámina de riego aplicada.....	63
2.7. CONCLUSIONES.....	66
2.8. RECOMENDACIONES	68

	Página
2.9. BIBLIOGRAFÍA	69
2.10. ANEXOS	70

CAPÍTULO III

SERVICIOS PROFESIONALES EJECUTADOS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, INGENIO PALO GORDO S.A, SUCHITEPÉQUEZ

3.1 PRESENTACIÓN	90
3.2. SERVICIO 1. CAPACITACIÓN AL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRÍCOLA EN EL INGENIO PALO GORDO S.A.....	94
3.2.1. OBJETIVO	91
3.2.2. METODOLOGÍA	91
3.2.3. RESULTADOS	92
3.2.4. EVALUACIÓN.....	95
3.3. SERVICIOS 2. CONOCER EL NIVEL DE CAPACIDAD DEL PERSONAL PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS TRACTORES DE LOS OPERADORES DEL INGENIO PALO GORDO S.A.....	96
3.3.1. Antecedentes	96
3.3.2. OBJETIVO	96
3.3.2.1. Objetivo General.....	96
3.3.2.2. Objetivos Específicos	97
3.3.3. METODOLOGÍA	97
3.3.3.1. Preparación del material teórico y práctico para la estandarización sobre el manejo y mantenimiento correcto del tractor.	97
3.3.3.2. Realización de la evaluación diagnóstica para conocer las habilidades y conocimientos de los tractoristas.	98
3.3.4. RESULTADOS	98
3.3.5. EVALUACIÓN.....	100
3.3.6. BIBLIOGRAFÍA	101

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa del Ingenio Palo Gordo.....	2
Figura 2. Organigrama correspondiente al departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Palo Gordo S.A.....	8
Figura 3. Triángulo de formación composición de clases texturales.	23
Figura 4. Infiltración respecto al tiempo, tomando en cuenta el estado del suelo.	32
Figura 5. Ubicación de finca La Canoa, Santa Rosa, Chiquimulilla.....	36
Figura 6. Plano de ubicación de finca La Canoa los seis lotes que conforman 378.26 ha.....	41
Figura 7. Mapa textural de finca La Canoa para la determinación de puntos a evaluar...	43
Figura 8. Mapa textural de finca La Canoa con ubicación de puntos representativos para las pruebas de infiltración.....	44
Figura 9. Instalación de infiltrómetro de doble cilindro dentro del surco.....	47
Figura 10. Recubrimiento de cilindro inferior para el inicio de la prueba.	48
Figura 11. Perfiles de suelo a 120 cm profundidad clasificando los estratos texturales utilizando el método del tacto.....	51
Figura 12. Texturas encontradas en 57 muestras de suelos extraídos y analizados en laboratorio.	53
Figura 13. Déficit permitido de manejo de acuerdo a suelo con predominio de textura arcillosa con menor capacidad de almacenamiento (punto crítico)	55
Figura 14. Comportamiento de la infiltración básica para las texturas “A” y “B” relacionándolo con la intensidad del sistema de riego.	58
Figura 15. Comportamiento de la infiltración básica para las texturas “A” y “B” relacionándolo con la intensidad del sistema de riego respecto a tiempo acumulado.	59
Figura 16. Determinación de la evapotranspiración potencial (ET _o) por medio de software CROPWAT tomando datos históricos climáticos de tres años (2013-2015).....	64
Figura 17A. Curva de infiltración básica uno correspondiente al lote I textura “A” Arcillo Limoso.....	81

Figura 18A. Curva de infiltración básica dos correspondiente al lote IV textura "A"	
Arcillo Limoso.	82
Figura 19A. Curva de infiltración básica tres correspondiente al lote VI textura "B"	
Arcilloso.	83
Figura 20A. Curva de infiltración básica cuatro correspondiente al lote IV	
textura "B" Arcilloso.	84
Figura 21A. Cartilla de miniaspersor VYR-36 utilizado a un distanciamiento 12x18 m.	89
Figura 22. Capacitación de caporales	93
Figura 23. Capacitación de monitores	95
Figura 24. Resultados de evaluaciones teóricas y prácticas.	99
Figura 25. Prueba práctica operador de tractor.	100

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Metas esperadas del Departamento de Ingeniería Agrícola	12
Cuadro 2. Análisis FODA aplicado al Departamento de Ingeniería Agrícola.....	14
Cuadro 3. Max- Min del análisis FODA aplicada al Departamento de Ingeniería Agrícola	15
Cuadro 4. Diámetro número de partículas por gramo de suelo y superficie específica de los separados o fracciones del suelo.....	24
Cuadro 5. Rangos de capacidad de campo % según la textura de suelo.	29
Cuadro 6. Rangos de punto de marchitez permanente % según la textura de suelo.....	30
Cuadro 7. Valores teóricos de infiltración básica según la textura de suelo.....	34
Cuadro 8. Factores meteorológicos correspondientes a la estación Trinidad Magdalena (1990-2010, promedio de 20 años).....	37
Cuadro 9. Constantes físicas de humedad y variables estadísticas correspondiente a texturas predominantes (anexo; análisis físico)	54
Cuadro 10. Lámina de humedad rápidamente aprovechable según etapa fenológica del cultivo.....	55
Cuadro 11. Valores de ecuación de Kostiakov-Lewis para la determinación de infiltración básica.	56
Cuadro 12. Especificaciones de aspersor VYR36 utilizado en la operación del sistema mini-aspersión.	57
Cuadro 13. Condicionantes para determinación de problemas con la intensidad del emisor.....	58
Cuadro 14. Parámetros físicos utilizados para la determinación de tiempo de riego para cada textura “A” y “B”.	59
Cuadro 15. Parámetros de diseño y operación de los seis módulos de mini-aspersión en finca La Canoa.	61
Cuadro 16. Valores de láminas de riego aplicables a textura arcillosa (menos capacidad de almacenamiento).....	62
Cuadro 17. Comparación entre lamina actual y lamina estimada.	65

Cuadro 18 A. Coordenadas GTM de los 19 puntos muestreados en finca La Canoa.	70
Cuadro 19 A. Resultado de análisis químico correspondiente a la textura “A” y “B”	71
Cuadro 20 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra uno del lote 01-02.....	71
Cuadro 21 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra dos del lote 02-01.....	72
Cuadro 22 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra tres del lote 02-02.....	72
Cuadro 23 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra cuatro del lote 02-03.....	73
Cuadro 24 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra cinco del lote 02-04.	73
Cuadro 25 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra seis del lote 03-02.	74
Cuadro 26 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra siete del lote 03-03.	74
Cuadro 27 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra ocho del lote 03-05.	75
Cuadro 28 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra nueve del lote 03-05.	75
Cuadro 29 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra diez del lote 03-03.	76
Cuadro 30 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 11 del lote 04-06.....	76
Cuadro 31 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 12 del lote 04-04.....	77
Cuadro 32 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 13 del lote 04-03.....	77
Cuadro 33 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 14 del lote 04-03.....	78
Cuadro 34 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra	

15 del lote 04-06.....	78
Cuadro 35 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 16 del lote 04-06.....	79
Cuadro 36 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 17 del lote 03-06.....	79
Cuadro 37 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 18 del lote 06-02.....	80
Cuadro 38 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 19 del lote 06-01.....	80
Cuadro 39 A. Tabla de lecturas para el cálculo de infiltración básica por método de Kostiakov- Lewis, correspondiente al lote I textura “A” Arcillo Limoso.	81
Cuadro 40 A. Tabla de lecturas para el cálculo de infiltración básica por método de Kostiakov- Lewis, correspondiente al lote IV textura “A” Arcillo Limoso.....	82
Cuadro 41 A. Tabla de lecturas para el cálculo de infiltración básica por método de Kostiakov- Lewis, correspondiente al lote VI textura “B” Arcilloso.	83
Cuadro 42 A. Tabla de lecturas para el cálculo de infiltración básica por método de Kostiakov- Lewis, correspondiente al lote IV textura “B” Arcilloso.	84
Cuadro 43 A. Temperatura mínima C° de la estación meteorológica Los Esclavos departamento de Santa Rosa.....	85
Cuadro 44 A. Temperatura máxima C° de la estación meteorológica Los Esclavos departamento de Santa Rosa.....	86
Cuadro 45 A. Promedios mensuales de humedad relativa de la estación meteorológica Los Esclavos departamento de Santa Rosa.	87
Cuadro 46 A. Promedios mensuales de velocidad de viento, estación meteorológica Los Esclavos departamento de Santa Rosa.	88
Cuadro 47. Cronograma de formación de caporales para el Ingenio Palo Gordo S.A.	92
Cuadro 48. Cronograma de formación de Monitor para el Ingenio Palo Gordo S.A.	94

RESUMEN

El Ingenio Palo Gordo, es una compañía agrícola que se dedica a la agroindustria azucarera encargada de transformar los recursos en energía. Es una empresa competitiva y eficiente, con responsabilidad social y empresarial que la hacen ser sustentable.

El departamento de Ingeniería Agrícola está compuesto por las sub-divisiones de: Riegos, Diseño de campo, Mecanización Agrícola y Medio Ambiente, que tienen a cargo diversas funciones y que en conjunto plantean problemáticas que son priorizadas para buscar soluciones y hacer eficiente el departamento. Cumpliendo el objetivo de adecuar los campos a condiciones favorables para el cultivo, maximizándose así la producción de caña de azúcar (toneladas por hectárea) en cada periodo de zafra.

Es necesario realizar una evaluación periódica de los logros del departamento y analizar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, con la finalidad de evaluar el cumplimiento de plan estratégico y operativo planificado por la unidad de agronomía, con el fin de hacer un uso eficiente de los recursos económicos, materiales y personal.

El rendimiento de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) se vió incrementado por la adaptación de sistemas de riego que permiten compensar condiciones ambientales adversas al desarrollo del cultivo, mejorando la estructura de los suelos previo a la siembra por medio de la mecanización agrícola o la incorporación de restos de cosecha mecanizada y por supuesto la implementación de variedades genéticamente mejoradas con la capacidad de adaptarse a distintas altitudes (m snm).

El estudio comprendió las fases de identificación de las texturas del suelo siendo estas la arcillo limosa y arcillosa, además se determinaron sus propiedades físicas, con esto se re ajusto la operación del sistema de riego, donde se obtuvo una Lamina de humedad rápidamente aprovechable (LHRA) en su etapa de macollamiento (arcillo limosa 33.43 mm, y arcilloso 23.97 mm); para la etapa de elongación (arcillo limoso 52.47 mm y arcilloso 39.42 mm). La intensidad de riego se estableció en 4.62 mm/h, siendo mayor a la infiltración básica de los suelos por lo que existen problemas de infiltración. De acuerdo con la caracterización

de los suelos de la finca es necesario el manejo del riego dada la baja retención de humedad ya que requiere una frecuencia de riego de ocho días para la textura arcillosa y 11 arcillo limosa. Esto se realizó con la finalidad de hacer eficiente el uso del equipo de riego, recurso hídrico e incrementar la producción; por lo que se recomienda la utilización de sistemas de riego con bajas intensidades de aplicación de agua de acuerdo a la demanda de agua en las etapas de macollamiento y elongación.

Los servicios que se brindaron al Departamento de Ingeniería Agrícola, fueron los siguientes: 1) realizar un cronograma de actividades para dar inducción a los nuevos colaboradores, sobre procedimientos y normativas del Ingenio Palo Gordo, para poderles brindar la información adecuada para elevar nivel de confianza de los caporales y los monitores; 2) realizar una evaluación diagnóstica teórica para medir el nivel de conocimientos y práctica para medir las habilidades.



CAPÍTULO I

**DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA, INGENIO PALO GORDO S.A, SUCHITEPÉQUEZ**

1.1. PRESENTACIÓN

La agroindustria azucarera guatemalteca ha venido creciendo hasta llegar a ubicarla como el quinto lugar exportador de azúcar a nivel mundial, el segundo en Latinoamérica y el tercer lugar en productividad (toneladas métricas de azúcar/hectárea) a nivel mundial. El azúcar es el segundo producto agrícola en Guatemala en generación de divisas, constituyéndose en una importante contribución a la economía nacional (CENGICAÑA, 2012).

El Ingenio Palo Gordo, es una compañía agrícola que se dedica a la agroindustria azucarera encargada de transformar los recursos en energía. Es una empresa competitiva y eficiente, con responsabilidad social y empresarial que la hacen ser sustentable.

El Ingenio Palo Gordo reportó para el año 2013 más de 14,000 hectáreas en producción de caña de azúcar, distribuidas en cuatro regiones: Alta, media, baja y litoral. Para hacer más eficiente la producción el ingenio cuenta con la división de agronomía conformada por tres departamentos: Investigación, Fertilización e Ingeniería Agrícola. Dicho diagnóstico es enfatizado en el último departamento mencionado.

El departamento Ingeniería Agrícola está compuesto por las sub-divisiones de: Riegos, Diseño de campo, Mecanización Agrícola y Medio Ambiente, que tienen a cargo diversas funciones y que en conjunto plantean problemáticas que son priorizadas para buscar soluciones y hacer eficiente el departamento. Cumpliendo el objetivo de adecuar los campos a condiciones favorables para el cultivo, maximizándose así la producción de caña de azúcar (toneladas por hectárea) en cada periodo zafra.

Es necesario realizar una evaluación periódica de los logros del departamento y analizar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, con la finalidad de evaluar el cumplimiento de plan estratégico y operativo planificado por la unidad de agronomía, con el fin de hacer un uso eficiente de los recursos económicos, materiales y personal.

1.2. MARCO REFERENCIAL

El Ingenio Palo Gordo (IPG) se encuentra ubicado en el km 142.5 Carretera al Pacífico (CA2), San Antonio Suchitepéquez, las coordenadas con una latitud de 14.5° y una longitud de $91^{\circ} 41' 67''$. Dentro de las cuales se encuentra ubicado el departamento de Ingeniería Agrícola en la figura 1.



Fuente: google mapas, 2013.

Figura 1. Mapa del Ingenio Palo Gordo

1.2.1. Historia

El ingenio Palo Gordo dio inicios en una hacienda conformada de 17 caballerías en el municipio de San Antonio Suchitepéquez, en 1929 paso a formar parte de la Central Plantations Corporation fue intervenida por el estado. En 1962 el crédito Hipotecario Nacional declaró una subasta pública siendo adquirida por un grupo de 186 agricultores

cañeros y empresarios, organizado por el Ingenio Palo Gordo, S.A., que entregaban su caña al ingenio.

En 1975 la empresa Agrícola Industrial Ingenio Palo Gordo adquirió un nuevo tándem de cinco molinos con mazas de 72 pulgadas, 2000-2002 se instala un sistema de clarificación de meladura Tate & Lyle para producir mejor calidad de azúcar en la actualidad Ingenio Palo Gordo en su proceso de mejora continua supera sus expectativas en la producción de azúcar a 2,773,000 qq, mejorando inclusive en un a 40 % la producción de Alcohol de primera obteniendo una producción record de 12,000,000 de lts. Obteniendo una mejora integral en los departamentos que son el engranaje que mueve a Ingenio Palo Gordo (IPG) en sus retos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Conocer la situación actual del departamento de Ingeniería Agrícola, del Ingenio Palo Gordo S.A.

1.3.2. Objetivo específicos

2. Analizar la estructura organizativa del departamento de Ingeniería Agrícola y las áreas que la comprenden.
3. Conocer las metas esperadas por el departamento de Ingeniería Agrícola a corto, mediano y largo plazo.
4. Elaborar un análisis FODA aplicado a la operación que desempeña el departamento de Ingeniería Agrícola dentro del Ingenio Palo Gordo S.A.
5. Proponer soluciones de mejora continua a las debilidades encontradas por medio de la metodología FODA.

1.4. METODOLOGÍA

Para la recopilación de la información que será empleada para el cumplimiento de los objetivos se emplearon las siguientes fases:

- Fase de gabinete
- Fase de campo
- Entrevistas a personal
- Tabulación y análisis de información recopilada
- Elaboración de análisis FODA

1.4.1. Fase de gabinete

Se recopiló información bibliográfica para conocer los procesos y actividades del departamento de Ingeniería Agrícola, para lo cual se consultaron los instructivos de los procesos elaborados en el Ingenio Palo Gordo.

Además, se consultaron tesis y libros para conocer el procedimiento de elaboración del análisis FODA.

1.4.2. Fase de campo

Esta fase consistió en visitar cada una de las cinco regiones de producción que conforman al Ingenio Palo Gordo, con el fin de observar la intervención del departamento dentro del campo productivo.

- Las labores supervisadas en campo fueron las siguientes:

- Mecanización Agrícola (En áreas nuevas y renovación)
- Diseño de fincas (Levantamientos topográficos)
- Aplicación de riego
- Incorporaciones de subproductos Cachaza y Vinaza en suelos a recuperación

1.4.3. Entrevistas

Esta fase consistió en la realización de entrevistas a los jefes de cada una de las cuatro subdivisiones que conforman al departamento de Ingeniería Agrícola con el fin de conocer sus funciones dentro de dicho departamento.

Donde se hicieron mención de las principales fortalezas y debilidades competentes al departamento, además de su estructura organizacional.

1.4.4. Análisis FODA

Para conocer la situación actual del departamento de Ingeniería Agrícola, se realizó un análisis FODA, el cual fue desarrollado tomando en cuenta y conociendo las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Las cuales se obtuvieron por medio de charlas con la jefatura de cada subdivisión, siendo así una herramienta que nos permitió conocer las diferentes las oportunidades y fortalezas del departamento.

A. Fortalezas

Las fortalezas que se observaron en el Departamento de Ingeniería Agrícola es que se tiene metas establecidas anualmente. Esta es la parte positiva de una organización, están referidas a todas aquellas variables dentro de la empresa que tienen un control, las

podrían llegarse a convertir en grandes ventajas para el departamento de Ingeniería Agrícola. (Natareno. J. 2008).

B. Oportunidades

La mayor oportunidad que el Departamento de Ingeniería Agrícola tiene es tener capacitaciones de asesores técnicos para generar nuevos conocimientos en el cultivo de la caña. Se generan en un ambiente externo donde la organización no tiene un control directo de las variables, sin embargo, son elementos que por su relación directa o indirecta pueden afectar positivamente a su desempeño. (Natareno. J. 2008).

C. Debilidades

Una de las debilidades que tiene el Departamento de Ingeniería Agrícola es el bajo presupuesto para realizar los labores. Son aquellos factores que provocan una situación desfavorable en comparación a otros departamentos. (Natareno. J. 2008).

D. Amenazas

Según el Departamento de Ingeniería Agrícola su mayor amenaza alto riesgo de pérdidas en la producción. Estas provienen prácticamente del entorno del departamento de Ingeniería Agrícola y que puedan llegar a perjudicar y atentar contra la permanencia del mismo. (Natareno. J. 2008).

1.5. RESULTADOS

1.5.1. Analizar la estructura organizativa del departamento de Ingeniería Agrícola y las áreas que la comprenden

A continuación, se presentan la estructura organizacional del Departamento de Ingeniería Agrícola en la figura 2.



Fuente: Elaboración propia, 2013

Figura 2. Organigrama correspondiente al departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Palo Gordo S.A.

1.5.1.A. Departamento de Ingeniería Agrícola

Su principal función es mejorar y adaptar las condiciones de suelo ambiente a favor del desarrollo cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), por medio de proyectos de inversión de corto a mediano plazo, para maximizar la producción (toneladas por hectárea).

Dicho departamento propone y presupuesta los proyectos a ejecutarse en cada año velando por la ejecución y el manejo adecuado del dinero, personal, maquinaria y materiales.

1.5.1.B División de Diseño de Campo y Topografía

Consiste la recopilación de información por medio de estación total y GPS, para la delimitación de fincas, trazo de calles y trazo de drenajes.

Con dicha información obtenida en campo se procede al diseño de fincas utilizando como herramienta el ArcGis y AutoCad en dicho diseño se ubican las principales rutas cañeras el tamaño de pantes y lotes además de geo referenciar y medir las longitudes canales de drenaje. Su objetivo es acondicionar un diseño ideal donde todas las labores de transporte de caña de azúcar y labores agrícolas dentro de las fincas sean más eficientes.

1.5.1.C División de Mecanización Agrícola

La división de mecanización agrícola se encarga de la preparación de suelos previo a la siembra nueva y renovaciones con labranza mecánica (tractores de llanta), acondicionando los campos para un mejor desarrollo en la germinación de la semilla.

Para dicha labor se utilizan tractores de tipo agrícola de 100 hp a 264 hp (dependiendo del implemento) utilizando implementos como subsolador, surqueador, descarnador, rastra pulidora, arado de cincel, cultivadoras y ferticultivadoras.

La secuencia estándar utilizada en preparación de suelos es la siguiente:

- Rastro Arado
- Arado de Cinceles
- Rastro Arado
- Pulido
- Subsuelo
- Pulida

➤ Surqueo

El tipo de labranza se encuentra sujeta a las condiciones de terreno.

1.5.1.D. División de Riego y Drenaje Bordas

Esta división es la encargada de proponer, programar, ejecutar, asesorar los proyectos de riego y drenaje, determinando si la necesidad del campo es la falta o excesos de agua.

Para el caso de riego se llevan a cabo proyectos en su mayoría aspersion y miniaspersion dichos sistemas son sujetos a las fuentes de abastecimiento que pueden ser de tipo superficiales (ríos, lagunas, norias, etc.) y subterráneas (pozos mecánicos).

Los sistemas de riego son diseñados bajo condiciones edafo -climáticas de la zona con el fin de adaptar el sistema a la demanda diaria del cultivo, llevándose acabo diseño de tipo agronómico para determinar la lámina de riego, tiempo de riego y frecuencia seguido del diseño hidráulico para determinar los diámetros de tubería pvc y aluminio a utilizarse, además del bombeo que puede ser un motor de 98 hp a 267 hp y una bomba tipo turbina y centrifugas que puede generar un caudal de 1,200 gal/min a 2,200 gal/min con capacidades de cubrir desde 10 ha a 150 ha bajo riego.

Para los proyectos de drenaje su objetivo principal es la evacuación de excesos de humedad sobre los campos para lo cual se trabaja en conjunto con el departamento de topografía ya que promedio de altimetría se generan las curvas a nivel determinándose los puntos críticos, sobre este plano se diseñan las ubicaciones de los drenajes y debido al caudal a drenar se pueden determinar cómo primarios (2.5 m a 2 m de profundidad) secundarios (2 m a 1.5 m de profundidad) y terciarios (1.5 m 0.90 de profundidad), esto en función del tipo de suelo y el agua que se quiera drenar. Dichos drenajes son trabajados por excavadoras y mini excavadoras contratadas por hora o por metro cubico.

Y por último la ejecución de proyectos de protección de bordas consiste en elaborar estructuras de suelo con el fin de evitar las entradas de agua por inundaciones y crecientes de ríos.

1.5.1.E División Medio Ambiente

Los residuos de la industrialización del azúcar y alcohol son de suma importancia ya que estos son generados en grandes cantidades diarias, desafortunadamente estos residuos si no son manejados de manera adecuada pueden afectar considerablemente al ambiente.

Por lo que la función principal de esta división es el manejo de estos residuos cachaza y vinaza.

La cachaza se genera de la producción de azúcar esta es un lodillo sólido que contiene tierra, jugo y bagazo, este en algunos casos es pasado por el proceso del compostaje y es incorporado en suelos en recuperación de fincas que poseen alto contenido de vetas arenosas, puede ser incorporada como cachaza compostada o pura aportando NPK, en dosificaciones de 300 t/ha.

La vinaza es un residuo generado por la destilación del alcohol debido a sus grandes cantidades generadas al día es de suma importancia la ejecución de proyectos para su evacuación y manejo. Esta conducida por canales de drenaje a tuberías centrales para ser distribuidas en los sistemas de miniaspersión aplicándola como un fertilizante foliar sobre el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) a una dosificación de 170 m³/ha. La vinaza se caracteriza por tener un alto contenido en Potasio (K).

Adicional a estos manejos residuales, la división tiene bajo su ejecución el proyecto de reforestación incorporando especies como teca (*Tectona grandis*), guachipilín (*Diphusa robinoides*), madre cacao (*Gliricidia sepium*) y sauce (*Salix sp.*)

1.5.2. Conocer las metas esperadas por el departamento de Ingeniería Agrícola a corto, mediano y largo plazo.

En el siguiente cuadro 1 son presentadas las metas a corto, mediano y largo plazo por cada uno de los sub departamentos que componen a Ingeniería Agrícola:

Cuadro 1. Metas esperadas del Departamento de Ingeniería Agrícola

Proceso	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo	Beneficios
	Zafra 2012-2013	Zafra 2013-2014	Zafra >2014	
Administración de Ingeniería Agrícola	Observar, organizar y estructurar el departamento de ingeniería agrícola.	Continuar la estructuración del departamento. Implementar nuevas tecnologías y lineamientos para la optimización de recursos.	Contar con un departamento altamente eficiente y organizado. Usos de nuevas tecnologías para optimizar recursos.	Aumento en la productividad utilizando los recursos del departamento. Reducción de costos en la operación del departamento de ingeniería agrícola.
Riego y Drenajes	Analizar la información sobre la eficiencia de operación de los sistemas de riego y drenaje. Contar con una herramienta para calcular el balance hídrico	Establecer y definir la estrategia para mejorar las horas efectivas de riego e implementar un plan para ejecutar el balance hídrico	Contar con el equipo suficiente y necesario para ejecutar la planificación de los sistemas de riego.	Aumento en la productividad al tener un riego eficiente y a bajo costo de operación.
Mecanización Agrícola	Analizar la información sobre la eficiencia de los tractores e identificar principales problemáticas.	Contar con apoyo mecánico y de suministro por unidad empleada. Disponer de un stock de repuestos adecuado para el buen funcionamiento de la maquinaria.	Evaluar la posibilidad de contar con tecnología , satelital debido a las buenas eficiencias que los tractores presentan con dicha tecnología	Aumento de la productividad y eficiencia en la mecanización del suelo.

Medio Ambiente.	Mitigar el daño del medio ambiente mediante la implementación de buenas prácticas agrícolas.	Disminuir drásticamente el impacto ambiental que genera la industria.	Ingreso al sistema de gestión ISO 9001:2000	Utilización de los recursos naturales renovables para el aumento en la producción de azúcar.
Diseño de campo	Entrega de diseños de campo en el tiempo estipulado.	Contar con información necesaria de todas las fincas a renovar en zafra 2013-2014.	Implementar equipos de última tecnología para topógrafos y dibujantes para optimizar resultados	Base de datos confiable. Eficiencia en la realización de planos y diseños de campo.

Fuente: Elaboración propia, 2013.

1.5.3. Análisis FODA aplicado a la operación que desempeña el departamento de Ingeniería Agrícola dentro del Ingenio Palo Gordo S.A.

Por medio de esta metodología se determinó las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del departamento de Ingeniería Agrícola de una forma objetiva con el sentido de aprovechar las fortalezas a través de las oportunidades y disminuir las debilidades evitando las amenazas.

Cuadro 2. Análisis FODA aplicado al departamento de Ingeniería Agrícola

	Fortalezas	Debilidades
Análisis Interno	<p>F1. Personal capacitado y experto en el departamento de Ingeniería Agrícola.</p> <p>F2. Se tienen metas establecidas anualmente.</p> <p>F3. Departamento con muchas líneas de trabajo a desarrollar.</p>	<p>D1. Poco personal técnico y profesional en relación a la demanda de las labores agrícolas.</p> <p>D2. Bajo presupuesto para realizar labores para el buen funcionamiento del departamento.</p> <p>D3. No hay capacitación del personal profesional para ser competitivos con otros ingenios.</p> <p>D4. Desorganización interna.</p> <p>D5. Falta de compañerismo y armonía laboral.</p>
	Oportunidades	Amenazas
Análisis Externo	<p>O1. Capacidad de contar con asesores nacionales e internacionales.</p> <p>O2. Establecimiento de relaciones con investigadores especialista en la materia (CENGICAÑA).</p> <p>O3. Capacidad de generar convenios con otros ingenios del país.</p>	<p>A1. Sujetos a recortes de presupuesto debido a los precios del azúcar.</p> <p>A2. Altos riesgo de pérdidas en la producción debido a factores externos (quemadas accidentales, factores climáticos, etc.)</p>

Cuadro 3. Max- Min del análisis FODA aplicada al departamento de Ingeniería Agrícola

	FO (Maxi-Maxi)	DO (Mini-Maxi)
Maximizar las oportunidades y fortalezas	<p>El personal del departamento de Ingeniería Agrícola debe ser capacitado constantemente.</p> <p>Generar investigaciones a través de instituciones como CENGICAÑA ya que es un recurso disponible para el Ingenio</p> <p>Desarrollar nuevas tecnología y paquetes tecnológicos e implementarlos para optimizar los resultados.</p> <p>Crear plazas para estudiantes de EPS.</p> <p>Estructurar metas por cada año de tal forma que se establezca la carga de trabajo adecuada para el personal existente.</p>	<p>Aumentar personal técnico para minimizar las debilidades del departamento.</p> <p>Aumentar el presupuesto para realizar labores del departamento así como resultados.</p> <p>Aumentar capacitaciones al personal.</p>
	FA (Maxi-Mini)	DA (Mini-Mini)
Minimizar las amenazas y debilidades	<p>Aprovechar el personal capacitado generando tecnologías sostenibles en el tiempo, para tomar alternativas dentro de las metas planteadas.</p> <p>Logrando así evitar cortes de personal y un aumentó en la producción de caña de azúcar</p>	<p>Al disminuir las amenazas y debilidades se maximizaran las fortalezas y oportunidades</p>

1.6. CONCLUSIONES

1. El Departamento de Ingeniería Agrícola tiene 4 divisiones donde se ejecutan los proyectos de inversión de tipo técnicos con el fin de adaptar de mejor forma los factores de medio ambiente a favor del desarrollo del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp*) obteniéndose así mayor incremento en la producción y además la recuperación de área que se encontraba como no aprovechable y el manejo de residuos industriales
2. Las metas esperadas por del Departamento de Ingeniería Agrícola a corto, mediano y largo plazo consisten el realizar un mejor manejo de los recursos económicos, materiales y de personal administrándolos de manera eficiente, por medio de la implementación de nuevas tecnologías.
3. Se realizó un análisis FODA donde se destacaron las principales problemáticas que afectan al departamento, para lo cual se presentaron soluciones específicas para cubrir cada una de las deficiencias encontradas por la matriz.

1.7. RECOMENDACIONES

1. Capacitación constante a personal involucrado dentro de cada una de las labores agrícolas que se ejecutan diariamente.
2. Elaboración de estudios de suelo con el fin de diseñar los sistemas de riego bajo parámetros específicos de cada finca.

1.8. BIBLIOGRAFÍA

1. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar, Guatemala) 1996. Estudio semi-detallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. 216 p.
2. _____. 2008. Memoria: presentación de resultados de investigación, zafra 2,007-2,008. Guatemala. 288 p.
3. Ingenio Palo Gordo, Guatemala. 2013. Paquete tecnológico para el cultivo de la caña de azúcar. Guatemala.
4. Natareno, J. 2008. Diagnóstico del Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Pantaleón Concepción, S. A., Escuintla. Diagnóstico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 46 p.
5. Orozco, H *et al.* 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de la caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en Guatemala con fines de investigación en variedades. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar CENGICAÑA-. 33 p. (Documento Técnico no. 6).
6. Pálala, M. 2007. Diagnóstico del Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Pantaleón Concepción, S. A., Escuintla. EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 56 p.
7. Rivera, M. 2010. Diagnóstico del Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Pantaleón Concepción, S. A., Escuintla. EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 36 p.
8. Rivera, C. 2014. Diagnóstico actual del Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Magdalena, S. A, La Democracia, Escuintla. EPSA Diagnostico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 26 p.






CAPÍTULO II

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE SUELOS CON FINES DE MANEJO DE RIEGO, EN
FINCA LA CANOA, INGENIO PALO GORDO S.A, CHIQUIMULILLA, SANTA ROSA,
GUATEMALA, C.A.**

2.1. INTRODUCCIÓN

El rendimiento de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) se vió incrementado por la adaptación de sistemas de riego que permiten compensar condiciones ambientales adversas al desarrollo del cultivo, mejorando la estructura de los suelos previo a la siembra por medio de la mecanización agrícola o la incorporación de restos de cosecha mecanizada y por supuesto la implementación de variedades genéticamente mejoradas con la capacidad de adaptarse a distintas altitudes (m s.n.m.).

Ingenio Palo Gordo en la zafra 2,013 – 2,014 obtuvo un rendimiento promedio de 110 T/Ha de caña de azúcar en verde, esto se debió a las inversiones en la implementación de sistemas de riego de tipo móviles y semi-fijos.

Un sistema de riego es una inversión que la mayoría de veces se paga a largo plazo en periodos de 7 a 15 años independiente del tamaño de la finca y la maximización en el rendimiento por hectárea producida. Por esa razón un sistema de riego tiene que ser diseñado bajo parámetros reales de la finca donde se tome el valor real de evapotranspiración diaria (mm/día) y las características físicas del suelo tales como textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente para determinar una lámina de riego acorde a estas características haciendo un uso eficiente del equipo como también del recurso hídrico.

Cabe mencionar que las fincas bajo riego que presentaron problemas con incremento en el tonelaje con rendimientos de 30 a 40 T/ha, por debajo de otras fincas y siendo fincas que poseen un sistema de riego ya establecido.

Generalmente estas fincas que están por debajo del promedio de producción de la mayoría de fincas del ingenio (115 T/ha) se encuentran ubicadas en la región oriental del municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa, que se caracteriza por tener suelos pesados laminares con

alto contenido de arcillas y en algunos casos con transición a talpetate y con baja permeabilidad.

El presente estudio consistió en hacer un diagnóstico de las propiedades físicas relacionadas con la infiltración y retención de agua en el suelo, por esa razón se eligió un área representativa de la zona oriental finca La Canoa (378.26 ha) la que presenta características de suelo pesado. Además, que cuenta con un sistema de riego de tipo semi-fijo mini-aspersión y se encuentra reflejada por un rendimiento promedio de 69.74 T/ha por debajo del estimado (115 T/ha).

El estudio comprendió las fases de identificación de las texturas del suelo siendo estas la arcillo limosa y arcillosa, además se determinaron sus propiedades físicas, con esto se re ajusto la operación del sistema de riego, donde se obtuvo una lamina de humedad relativamente aprovechable (LHRA) en su etapa de macollamiento (arcillo limosa 33.43 mm, y arcilloso 23.97 mm); para la etapa de elongación (arcillo limoso 52.47 mm y arcilloso 39.42 mm). La intensidad de riego se estableció en 4.62 mm/h, siendo mayor a la infiltración básica de los suelos por lo que existen problemas de infiltración. De acuerdo con la caracterización de los suelos de la finca es necesario el manejo del riego dada la baja retención de humedad ya que requiere una frecuencia de riego de 8 días para la textura arcillosa y 11 arcillo limosa. Esto se realizó con la finalidad de eficientizar el uso del equipo de riego, recurso hídrico e incrementar la producción; Por lo que se recomienda la utilización de sistemas de riego con bajas intensidades de aplicación de agua de acuerdo a la demanda de agua en las etapas de macollamiento y elongación.

2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. Marco Teórico Conceptual

2.2.2. Relaciones agua suelo planta

El suelo está formado por partículas, que a su vez forman agregados. Entre estas partículas y los agregados se encuentran espacios que tienen agua y aire. Las características de estas partículas y agregados influyen de modo notable en el movimiento y retención de agua en los suelos y en el consiguiente efecto sobre el crecimiento y producción de los cultivos, dado que tanto el agua como el aire son elementos esenciales para el desarrollo de la planta (Sandoval, 2,007).

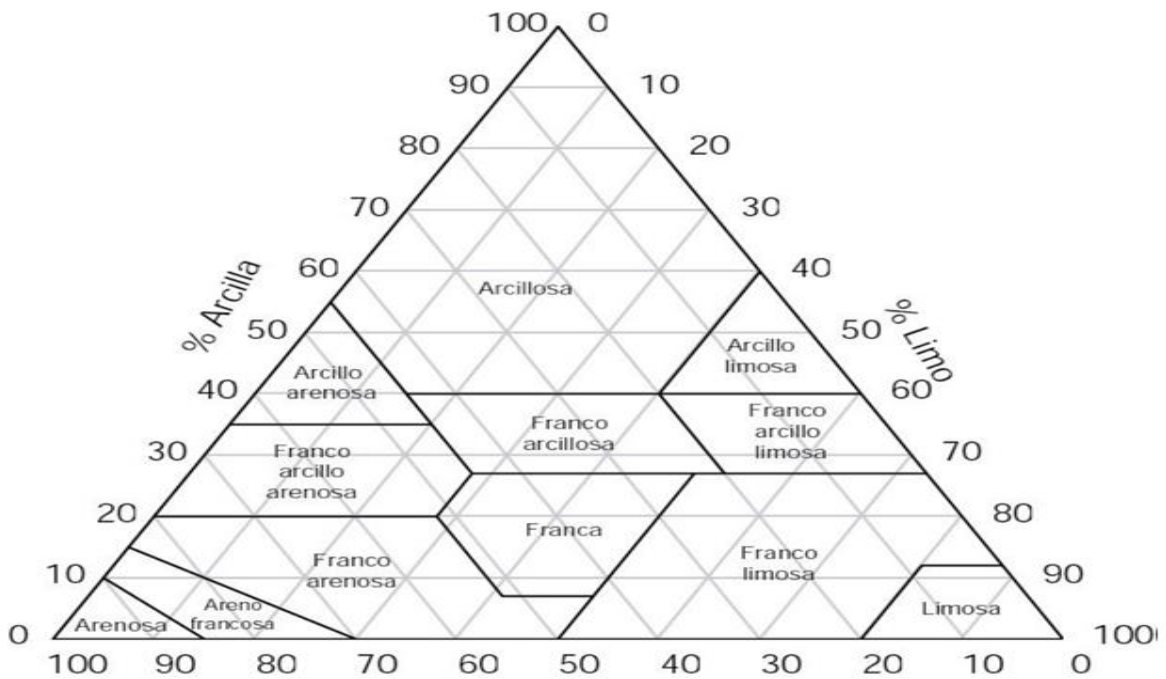
En general, un suelo normal está compuesto básicamente de minerales, material orgánico, fase líquida y gaseosa. Las cantidades de cada uno de estos compuestos varían para cada suelo y con el contenido de humedad, pero generalizado, los sólidos representan el 50 % del total siendo el contenido de materia orgánica en la mayoría de suelos cultivados del 1 a 5 %. Del 15 al 35 % corresponde a la fase líquida y el 15 al 35 % a la gaseosa, dependiendo esta variación de la humedad del suelo (Sandoval, 2,007).

2.2.3. Características y propiedades físicas del suelo relacionadas con el riego y drenaje

A continuación, se discuten las características de los suelos que más directamente se relacionan y afectan el diseño y operación de un sistema de riego o drenaje. La profundidad con que se trata cada característica en esta sección dependerá de su grado de importancia con relación al riego o drenaje y además considerando algunas características de los suelos y métodos para determinarlas son motivo de estudio detallado de otras áreas de la ciencia del suelo (Sandoval, 2,007).

2.2.4. Textura del suelo

La textura del suelo, se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla del mismo en la figura 3. La importancia de discutirla en este documento radica en que determina en gran parte la capacidad de retención de agua, el movimiento de agua en el suelo y la cantidad de agua disponible para las plantas. Todo lo anterior a su vez, determina considerablemente la cantidad de agua a ser aplicada en un riego, la frecuencia o intervalo de riego, el tiempo de riego y también contribuye a decidir que método de riego es el más adecuado a usar y algunas especificaciones del sistema tales como la longitud del surco (Sandoval, 2,007).



Fuente: Sandoval, 2,007.

Figura 3. Triángulo de formación composición de clases texturales.

Las partículas del suelo han sido divididas en grupos basándose en su tamaño, a estos grupos se les conoce como separados o fracciones de suelo. En el cuadro 4, se muestran los nombres de los separados y los diámetros de partículas, número de partículas por gramo de suelo y la superficie específica, es decir la superficie de la partícula expuesta en centímetros cuadrados, por gramo de suelo (Sandoval, 2,007).

Cuadro 4. Diámetro número de partículas por gramo de suelo y superficie específica de los separados o fracciones del suelo.

Fracción Separada	Diámetro de las partículas (mm)		No. partículas por gramo	Superficie específica (cm)
	Clasificación U.S.D.A	Clasificación Internacional		
Arena muy gruesa	2-1	-	90	11
Arena gruesa	1-0.5	2-0.20	720	23
Arena media	0.5-0.25	-	5700	45
Arena fina	0.25-0.10	0.20-0.02	46000	91
Arena muy fina	0.10-0.05	-	722000	227
Limo	0.05-0.002	0.02-0.002	5,776,000	454
Arcilla	Menor de 0.002	Menor de 0.002	9,026,085,300,000	8,000,000

Fuente: Israelsen y Hansen (1979).

Una manera de demostrar que un suelo de textura gruesa tiene mayor superficie expuesta que uno de textura fina es asumiendo que las partículas del suelo tienen forma esférica y tomando un cubo de suelo de un cm (10 mm) por lado, o sea un 1 cm³ de suelo se puede calcular que este bloque contendrá 5 x 5 x 5= 125 partículas esféricas de suelo arenoso cuyo diámetro de partículas sea de 2 mm. La superficie de una partícula esférica es igual a πd^2 , entonces la superficie de cada partícula de arena será de $\pi (0.2 \text{ cm})^2 = 0.1256 \text{ cm}^2$ y la superficie de todas las partículas en 1 cm³ de suelo arenoso será 125 x 0.1256 (cm²), o sea 15.70 cm². Esta superficie expuesta total se conoce como superficie interna del bloque (Sandoval, 2,007).

Las partículas de arena presentan una superficie específica o interna del bloque, pequeña comparada con las partículas de limo y arcilla, debido a esto retienen mucho menos humedad ya que tienen poca área en donde el agua pueda adherirse. La arena sirve como

almazón del suelo aumentando el tamaño de los poros, por lo que contribuye a un drenaje rápido del agua (Sandoval, 2,007).

La arcilla, por otra parte, tiene miles de veces más superficie específica o interna que el limo y la arena lo que le da la característica de poder retener una gran cantidad de agua adherida en su superficie actuando en el suelo como un almacén de reservas de agua contra las fuerzas de la gravedad (Sandoval, 2,007).

En promedio un suelo arenoso tiene capacidad para retener un 8 % de su volumen en forma de humedad aprovechable por las plantas (o sea 8 mm de agua/10 cm de suelo o bien 80 m³ de agua por un área de 1 ha y un suelo de 10 cm de profundidad) mientras un suelo arcilloso puede retener un 23 % de humedad aprovechable (23 mm/10 cm o bien 230 m³ de agua por 1 ha de 10 cm de profundidad) (Sandoval, 2,007).

Con base en lo anteriormente expuesto se puede inferir que el intervalo o frecuencia de riego es más largo en suelos arcilloso ya que pueden almacenar aproximadamente 3 veces más agua disponible a las plantas que los arenosos; así también la cantidad de agua que se aplica en cada riego es mayor en un suelo arcilloso porque puede retener más y se regará con intervalo de tiempo más largo. Lo anterior afecta también el tiempo de riego ya que, si se aplica más agua en cada riego, se requerirá más tiempo para hacerlo (Sandoval, 2,007).

La textura define algunas otras características en el diseño de los sistemas de riego. Por ejemplo, la longitud de surcos es en gran medida determinada por la textura del suelo, existiendo condiciones en algunas regiones que permiten hacer surcos hasta de 500 o 600 m de largo cuando la textura es arcillosa y el suelo uniforme en toda la longitud del surco. Por otra parte, existen suelos que son tan arenosos que los surcos deben diseñarse para que la distribución del agua, sea eficiente, extremadamente cortos, hasta 30 metros, longitudes que de manera general ya no es aconsejable usar porque implica demasiado fraccionamiento de los terrenos y formación de muchos canales o regaderas. Esto último determina muchas veces que no es adecuado utilizar el método de riego como el de surcos

y el diseñador deba decidirse por otro método de riego como aspersión o goteo en los cuales el agua no debe correr sobre la superficie del terreno (Sandoval, 2,007).

Para determinar la textura existen varios métodos, estos son: el de la pipeta, el del hidrómetro y el método al tacto. El método de la pipeta es uno de los más difundidos y exactos, el del hidrómetro es más rápido, pero menos confiable que el de la pipeta y debe usarse cuando se necesiten resultados aproximados (Sandoval, 2,007).

La textura puede estimarse por la sensación que da el suelo a nuestros sentidos principalmente el del tacto y la vista, este método debe usarse cuando ninguno de los anteriores es posible por no contarse con el tiempo y los recursos necesarios (Sandoval, 2,007).

2.2.5. Estructura del suelo

La estructura es el término que se utiliza para referirse a la agregación de partículas de suelo (arena, limo y arcilla) en grupos de partículas primarias, las cuales están separadas de los agregados adyacentes por superficies de ruptura (Sandoval, 2,007).

La importancia que tiene el conocimiento de la estructura del suelo en riego, es porque afecta básicamente la velocidad de infiltración del agua, característica que es determinante en el cálculo del tiempo necesario para aplicar una lámina de riego. El movimiento del agua dentro del suelo es afectado también por la estructura, siendo esto importante en el drenaje agrícola. Otro aspecto agronómico afectado es la profundidad de penetración de raíces la cual tiene relación con la profundidad a regar o drenar (Sandoval, 2,007).

La estructura laminar tiene un movimiento del agua muy lento y puede llegar a limitar el uso de métodos de riego como el de aspersión por producir encharcamiento, la prismática tiene un movimiento del agua moderado, mientras que la granular tiene un movimiento rápido, no

presentando normalmente problemas para riego ni drenaje y siendo estos tres tipos de estructuras las más favorables para la relación agua-suelo-planta (Sandoval, 2,007).

A diferencia de la textura, la estructura de la superficie del suelo puede ser cambiada. El agua de riego conteniendo cantidades grandes de sodio dispersa los agregados del suelo dando un tipo de estructura indeseable. Cultivar un suelo de textura fina o media cuando su contenido de humedad es alto, tiende a destruir su estructura. Por otra parte, una estructura excelente se desarrolla en la superficie del suelo con un alto contenido de materia orgánica y con pasto perenne creciendo (Sandoval, 2,007).

2.2.6. Densidad aparente del suelo (Da)

La densidad aparente de un suelo es el peso de suelo seco por unidad de volumen de suelo, incluyendo los poros, se expresa en g/cm³.

$$Densidad\ Aparente = \frac{P_{ss}}{V_t}$$

Donde:

Da: densidad aparente (g/cm³)

Pss: peso de suelo seco (g)

Vt: volumen total del suelo (cm³)

Generalmente la densidad aparente de los suelos no cultivados varía entre 1 a 1.6 g/cm³, aunque los suelos compactados pueden tener mayores densidades. Los suelos arcillosos tienen mayor cantidad de poros que los arenosos, lo cual hace que su densidad aparente sea menor. La materia orgánica tiene densidad aparente pequeña. Como valores medios los suelos arcillosos tienen una densidad aparente de 1 a 1.30 g/cm³ (promedio 1.20 g/cm³), los francos de 1.30 a 1.50 g/cm³ (promedio 1.35 a 1.40 g/cm³), los arenosos de 1.55 a 1.80 g/cm³ (promedio 1.65 g/cm³) y los suelos orgánicos de 0.7 a 1 g/cm³. Estos valores son

promedio pudiendo variar fuera de estos límites, los suelos de origen volcánico, por ejemplo, tienen densidades menores a las anteriores (Sandoval, 2,007).

La densidad aparente depende básicamente de la textura del suelo, pero puede ser modificada por la compactación, cuando se compacta un suelo aumenta la densidad aparente porque se reduce el espacio entre las partículas del suelo disminuyendo el volumen del espacio poroso (Sandoval, 2,007).

La densidad aparente es una propiedad del suelo de gran importancia para el diseño y operación de sistemas de riego debido a que es necesaria para calcular la cantidad de agua (lámina o volumen) a aplicar en un riego.

2.2.7. Capacidad de campo (CC)

Se define capacidad de campo como el contenido de humedad que tiene el suelo inmediatamente después de que el agua gravitacional ha drenado. Que es la máxima cantidad del agua que el suelo puede retener en contra de la fuerza de gravedad. El concepto de capacidad de campo es de gran utilidad por ser el límite superior de agua aprovechable o disponible para el desarrollo de las plantas y además por es el % de humedad que la zona radicular debe regarse para que no existan desperdicios ni falta de agua en la planta. (Sandoval, 2,007).

Cuadro 5. Rangos de capacidad de campo % según la textura de suelo.

Textura de suelo	Capacidad de campo %	
	Media	Rango
Arenoso	9	(6 a 12)
Franco- arenoso	14	(10 a 18)
Franco	22	(18 a 26)
Franco- arcilloso	27	(23 a 31)
Arcilloso- arenoso	31	(27 a 35)
Arcilloso	35	(31 a 39)

Fuente: Israelsen y Hansen (1979).

2.2.8. Punto de marchitez permanente (PMP)

Se define como el porcentaje o contenido de humedad en el suelo al cual las plantas no pueden obtener suficiente humedad para satisfacer sus requerimientos de transpiración. Al alcanzar el suelo valores de PMP las plantas se marchitan y no son capaces de recuperarse aun cuando se coloquen durante una noche en una atmosfera saturada en la que casi no se produce consumo de agua. Al medio día muchas veces las plantas se marchitan, pero luego al enfriarse al día se recuperan este es solo marchitamiento temporal en cuadro 6 (Sandoval, 2,007).

Cuadro 6. Rangos de punto de marchitez permanente % según la textura de suelo.

Textura de suelo	Punto de marchitez permanente %	
	Media	Rango
Arenoso	4	2 a 6
Franco- arenoso	6	4 a 8
Franco	10	8 a 12
Franco- arcilloso	13	11 a 15
Arcilloso- arenoso	15	13 a 17
Arcilloso	17	15 a 19

Fuente: Israelsen y Hansen (1979).

2.2.9. Capacidad del suelo para retener agua

La capacidad del suelo de retener agua es muy variable en la zona cañera guatemalteca y es dependiente de la clase textural. Los suelos con altos contenidos de arena tienen una baja capacidad de retención de agua, mientras que las clases texturales con predominio de limo tienen una alta capacidad de retención. La capacidad del suelo de retener agua es igual a lámina de humedad aprovechable (LHA) el cual, se calcula con las constantes de humedad gravimétrica del suelo: Capacidad de campo y Porcentaje de marchitez permanente, ambas constantes definidas a nivel de laboratorio a 0.3 y 15 atmósferas respectivamente, además con el valor de densidad aparente y profundidad del suelo. Las LHA en cada una de las clases texturales (Castro, 2,012).

2.2.10. Lámina de agua aprovechable

Para facilitar los trabajos de diseño es conveniente expresar la humedad del suelo en lámina de agua (cm o mm) entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente (Sandoval, 2,007).

$$\text{Lamina de humedad aprovechable} = \frac{CC - PMP}{100} * (Dap * Zr)$$

Donde:

LHA: lámina de humedad aprovechable (cm)

CC: capacidad de campo (%)

PMP: punto de marchitez permanente (%)

Dap: densidad aparente (g/m³)

Zr: espesor de suelo evaluado (20 cm)

2.2.11. Lámina de agua rápidamente aprovechable

La lámina de humedad rápidamente aprovechable está en función del cultivo y la etapa fenológica en la que se encuentre, para fines de diseño se utilizó 0.6 mm como valor de déficit permitido de manejo, dicho parámetro indica que el cultivo consumirá el 60 % de agua disponible en el suelo y luego se deberá regar para evitar el punto de marchitez permanente (PMP), este valor es establecido por CENGICAÑA para la zona cañera de Guatemala (Sandoval, 2,007).

$$\text{Lamina de humedad rapidamente aprovechable} = (LHA * DPM)$$

Donde:

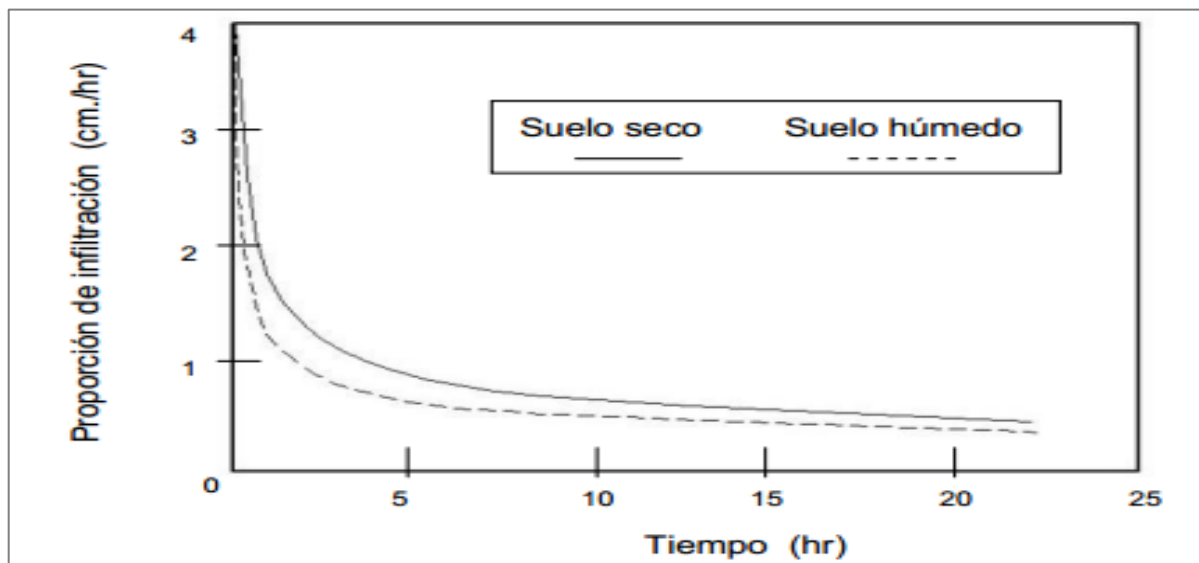
LHRA: lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm)

LHA: lámina de humedad aprovechable (cm)

DPM: déficit permitido de manejo (60 %)

2.2.12. Infiltración

Es el proceso a través del cual el agua que está en la superficie del suelo entra en él, esto hace relación más que todo al movimiento vertical del agua, se expresa como infiltración acumulada (Sandoval, 2,007).



Fuente: Fuente: Israelsen y Hansen (1979).

Figura 4. Infiltración respecto al tiempo, tomando en cuenta el estado del suelo.

Donde el eje X representa el tiempo y el eje Y la infiltración, si se grafican estos datos en un papel logarítmico, la curva parecería como una línea recta. Cuando se pretende diseñar sistemas de riego es importante conocer el comportamiento del suelo, respecto a la infiltración del agua, conociendo este dato se puede calcular la lámina de agua adecuada para cada tipo de suelo, lo cual es una información valiosa para seleccionar aspersores y para calcular tiempos de riego (Sandoval, 2,007).

2.2.13. Velocidad de Infiltración

La velocidad de infiltración es la entrada vertical del agua a través de los poros por unidad de tiempo. La velocidad con que el agua penetra en el suelo depende de varios factores, entre los que destacan principalmente la estructura y textura del suelo, el contenido de humedad del suelo, la compactación, la estratificación, la lámina empleada para la prueba de riego, la temperatura del agua y suelo y el estado físico-químico del suelo (Sandoval, 2,007).

La velocidad de infiltración es una de las características del suelo más importantes para el diseño, operación y evaluación de sistemas de riego por aspersión y superficiales, es por esto que se hace necesario obtener información confiable de esta propiedad. Su determinación puede efectuarse en el laboratorio usando muestras alteradas, pero se considera conveniente efectuarla con métodos de campo que no alteran el estado natural de suelo, dando resultados más confiables (Sandoval, 2,007).

Para el cálculo de la velocidad de infiltración se han elaborado varios modelos empíricos, pero el más utilizado es el modelo de Kostiakov-Lewis por ajustarse muy bien a la mayoría de las condiciones de las prácticas de riego. El modelo se basa en que la velocidad de infiltración decrece con el tiempo siendo representada por la siguiente expresión:

$$\text{Velocidad de infiltración} = (k * t)^n$$

Donde:

I: velocidad de infiltración (cm/hr)

T: tiempo acumulado de Infiltración (min)

K: parámetro que representa la velocidad de infiltración cuando el tiempo es un minuto

n: parámetro que indica la forma en que a velocidad de infiltración se reduce con el tiempo.

Tiene valores entre -1.0 y 0, siendo su valor más común -0.5. (11).

2.2.14. Infiltración básica

Se le llama infiltración básica a la velocidad de infiltración que permanece más o menos constante, es decir cuando la variación de la lámina de infiltrada con respecto al tiempo es muy pequeña. Otra manera de definirla es el valor instantáneo cuando la velocidad de cambio de la infiltración para un período estándar es de 10% o menos de su valor, de esto puede deducirse que:

$$\text{Infiltración Básica} = k * (-600n)^n$$

Ib: infiltración básica (cm/h)

K y n: parámetros obtenidos de la ecuación de Kostiakov-Lewis

Cuadro 7. Valores teóricos de infiltración básica según la textura de suelo.

Clase	Textura de suelo	Denominación	Rango (mm/h)
1	Arenoso	Muy rápida	> 250
2	Arena Franca	Rápida	127 – 250
3	Franco Arenoso	Moderadamente rápida	63 – 127
4	Franco	Moderadamente	20 – 63
5	Franco Arcilloso	Moderadamente lenta	5 – 20
6	Arcillo Arenoso	Lenta	1 – 5
7	Arcilloso	Muy lenta	< 1

Fuente: Sandoval (2007).

2.2.15. Operación del sistema de riego

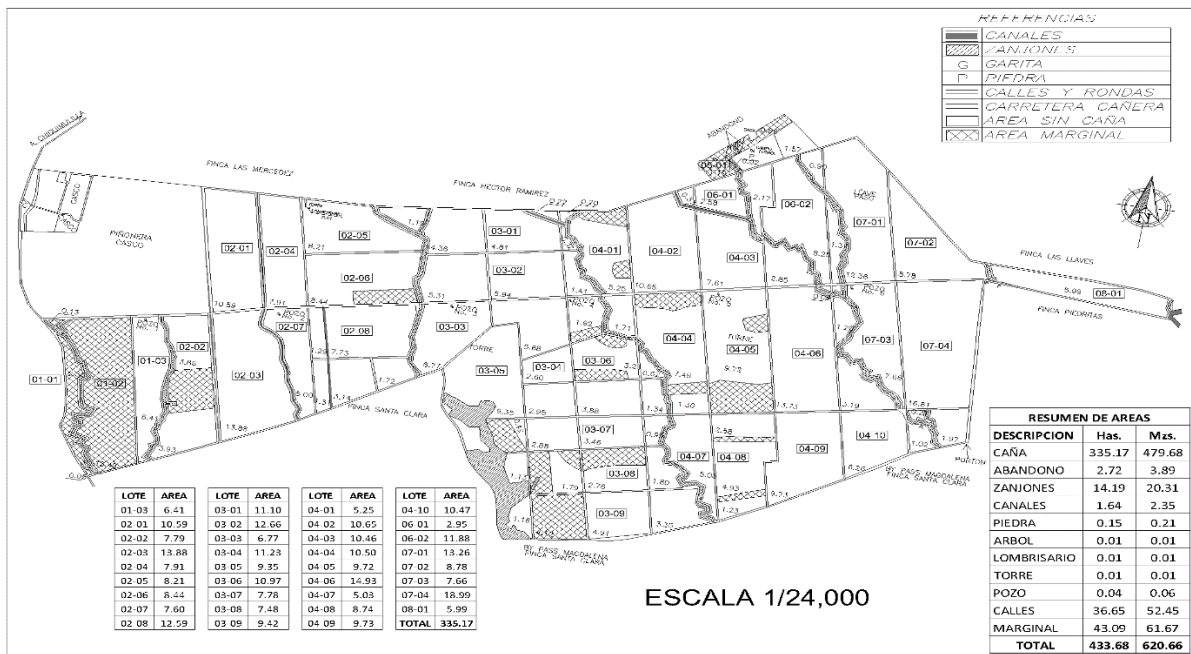
Este factor es importante considerarlo en la planificación para la selección del sistema de riego a utilizar y define ¿El cómo regar? La selección estará determinada en utilizar sistemas de riego móviles que por sus características de traslado o movilidad tienen que operar con frecuencias o intervalos fijos [aspersores tipo cañón (presión alta) y miniaspersión (presión

media), móviles o semifijos, desplazamiento frontal (uno o dos laterales) y surcos continuos o alternos con uso de mangas y compuertas, entre los más comunes]. La otra decisión es la selección de sistemas de riego que se pueden operar con frecuencias o intervalos libres [aspersión estacionario fijo permanente (cobertura total enterrada), aspersión estacionario temporales (cobertura total aérea), pivote fijo y goteo (cobertura total enterrada, sin turnos)]. El uso de frecuencias o intervalos fijos es la forma común de operación del riego en la zona cañera guatemalteca. En el futuro inmediato los sistemas con frecuencias o intervalos libres tomarán relevancia, principalmente, cuando se hable de agricultura de precisión (Castro 2,012).

2.3. MARCO REFERENCIAL

2.3.1. Ubicación geográfica

La finca La Canoa se encuentra ubicada en el departamento de Santa Rosa, Chiquimulilla, aldea San Rafael en las coordenadas geográficas latitud Norte 13° 55' 12", con una altitud promedio de 28 m.snm. Se encuentra ubicada en la zona del litoral este cuenta con una extensión de 433.68 ha de las cuales 378.26 ha están dedicadas al cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp*) en la figura 5.



Fuente: Ingenio Palo Gordo (2013)

Figura 5. Ubicación de finca La Canoa, Santa Rosa, Chiquimulilla.

2.3.2. Clima

Según la información del departamento meteorológico del Instituto del Cambio Climático de CENGICAÑA (ICC), la estación meteorológica de San Rafael registra los siguientes factores climáticos que abarcan a la zona donde se encuentra ubicada finca La Canoa en el cuadro 8.

Cuadro 8. Factores meteorológicos correspondientes a la estación Trinidad Magdalena (1990-2010, promedio de 20 años).

Factor	Parámetro
Código	10
Coordenadas	13.93, -90.26
Altitud	19
Estrato	Litoral
Temperatura	24.60 C°
Radiación solar	1.37 w/m ²
Humedad relativa	100%
Velocidad del viento	0.06 km/hr
Dirección del viento	337.54 °az

Fuente: Instituto del Cambio Climático (2010).

2.3.3. Zonas de Vida

Según el sistema de clasificación de Holdrige, las fincas que integran los cuatro estratos anteriormente mencionados, se encuentran bajo la siguiente clasificación.

Bosque Húmedo sub-tropical (bh-S): Con límites climáticos a una temperatura media anual de 18 a 24 C° y un promedio anual de lluvias entre 1,00 y 2,000 mm.

2.3.4. Suelos

Según al estudio semi detallado de suelo de la zona cañera de Guatemala (CENGICAÑA, 1995), los suelos de la finca La Canoa pertenecen al orden de los vertisoles. Estos suelos ocupan una máxima extensión 0.5 % de la zona cañera y se caracterizan por su alto

contenido de arcilla especialmente montmorillonita, lo cual hace que los suelos se agrieten fuertemente en la época seca y se hinchen en la estación lluviosa (CENGICAÑA 2,008).

2.4. OBJETIVOS

2.4.1. Objetivos Generales

Caracterizar las propiedades físicas de los suelos en finca La Canoa con fines de diseño y operación de riego por mini-aspersión.

2.4.2. Objetivos Específicos

1. Calcular la lámina de humedad rápidamente aprovechable (mm) para las texturas de suelo con mayor predominio dentro de la finca.
2. Determinar problemas con la infiltración de lámina de riego aplicado.
3. Identificar los parámetros de operación de riego por mini-aspersión actual, tales como el ajuste de las láminas y tiempos de riego.

2.5. METODOLOGIA

Para hacer posible el estudio de caracterización de suelos con fines de manejo del riego, fue necesaria la implementación de una metodología sistematizada, donde se integraron fases de campo, gabinete y análisis.

A continuación, se describe y se desglosa cada uno de los pasos utilizados para la obtención de la información y ejecución de la investigación:

2.5.1. Reconocimiento

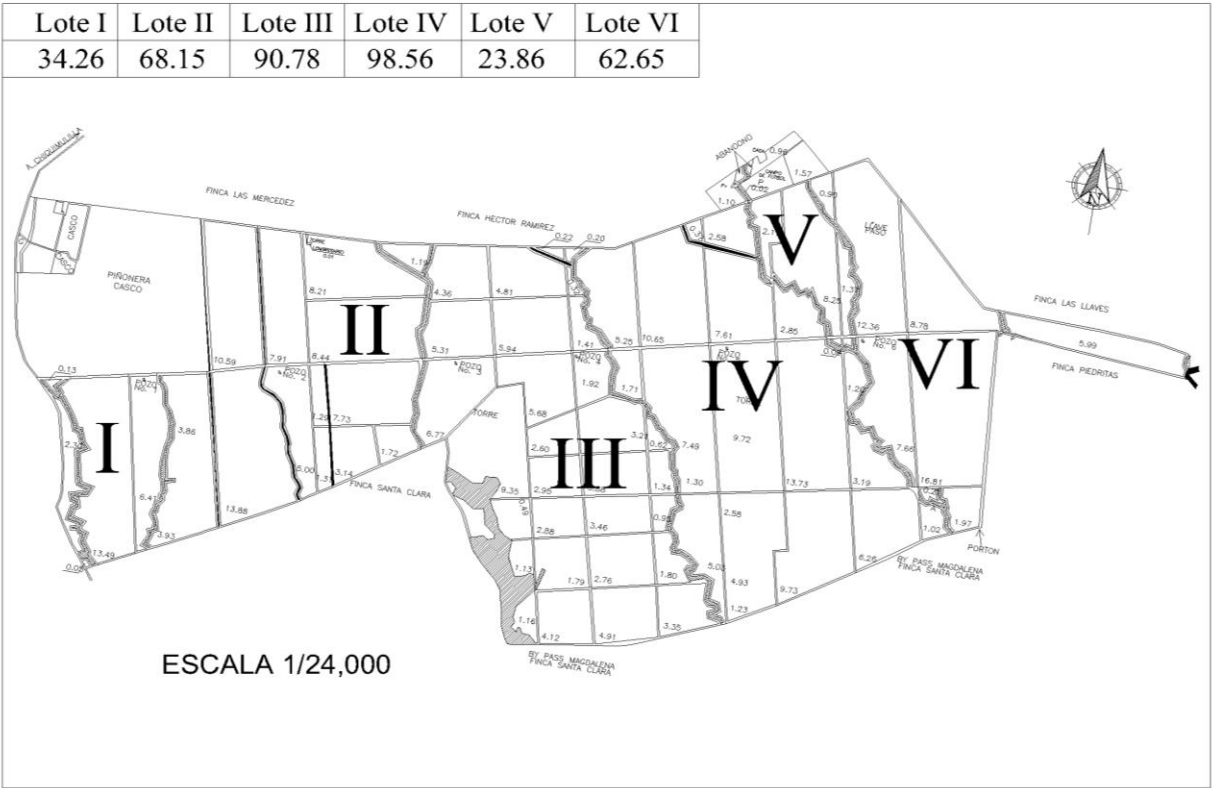
La fase de reconocimiento estuvo compuesta el conocer y determinar la problemática que afecta a la finca, por esa razón fue necesario el enriquecimiento de información para conocer el potencial de la investigación. Se enumeran los componentes que conformaron esta fase,

2.5.2. Entrevista a personal de la finca

Para tener un panorama más amplio de la problemática fue necesario abocarse con el personal (administrador, supervisor y operadores de riego) que laboran en finca, los cuales expusieron los principales problemas y la forma en que ellos han tratado de darles solución, además resaltaron que existieron zonas críticas, las cuales fueron tomadas en cuenta para el diseño de la investigación.

2.5.3. Visitas a finca

Después de tener una idea general del comportamiento y problemática de la finca La Canoa fueron de vital importancia numerosos caminamientos, se recorrieron cada uno de sus lotes productivos donde se observaron aspectos como, desarrollo de la caña, textura de suelo predominante, estado del suelo previo y después del riego y la operación del sistema de riego, validando la información que se nos fue dada por el personal de la finca.



Fuente: Elaboración propia. 2013.

Figura 6. Plano de ubicación de finca La Canoa los seis lotes que conforman 378.26 ha.

De esa forma se obtuvo el plano general de la finca, el que consiste de 6 lotes de producción, estos lotes están separados por cada uno de los 4 zanjones naturales que se encuentran dentro de la finca en la figura 6.

2.5.4. Diseño de investigación

Este consistió en integrar la información obtenida en la fase del reconocimiento y enriquecerla con información teórica válida obtenida de estudios de suelos y riegos de esa forma se pudieron obtener los criterios necesarios para esquematizar la investigación de una manera técnica y apropiada.

Esta fase estuvo formada por tres componentes los cuales se describen a continuación,

A. Identificación y mapeo de texturas predominantes

De los caminamientos realizados en la visita de la finca La Canoa se lograron encontrar únicamente dos texturas de suelo las cuales fueron:

- a. Arcillo Limoso
- b. Arcilloso;

En la figura 2.5 se presenta la distribución espacial de los suelos mencionados

B. Determinación y ubicación de puntos texturales a muestrear

Los suelos presentaron ser homogéneos ya que solo se encontraron dos texturas;

- a. Arcillo Limoso
- b. Arcilloso como predominantes,

de esa manera se realizó un plano de distribución textural donde se ubica la distribución de cada una de las dos texturas encontradas el cual se utilizó para la selección de los puntos.

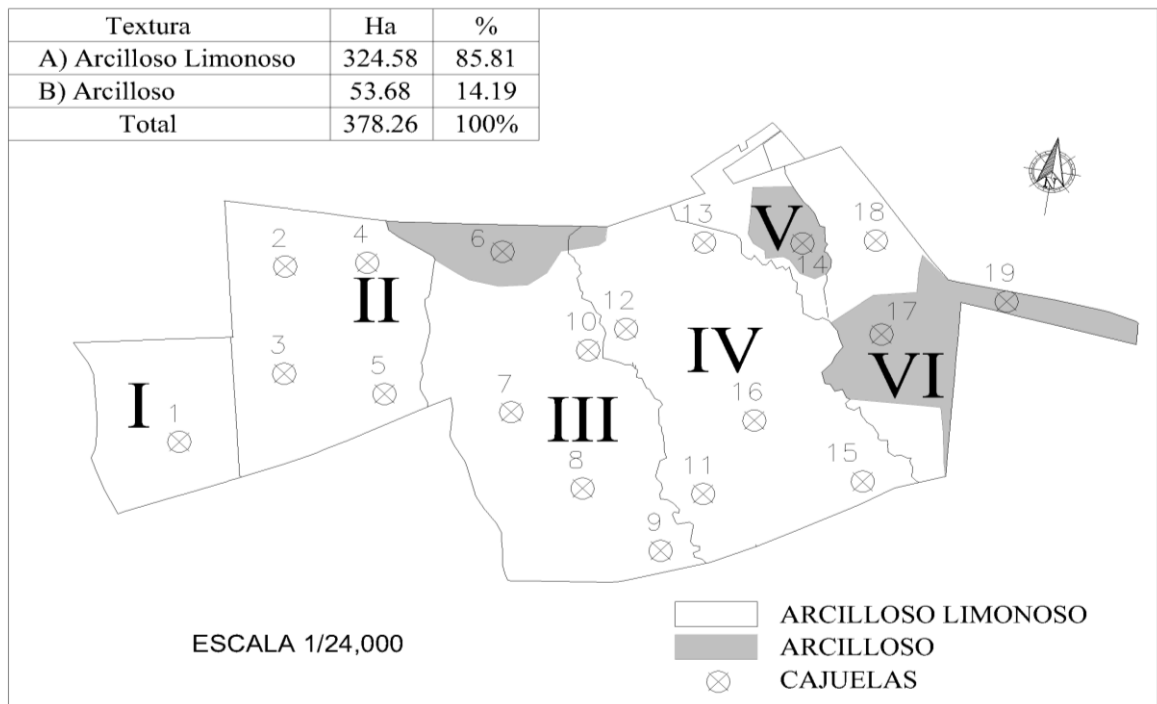
A. Según el mapa de textura, se pudo determinar que la textura

- a. Arcillo Limoso corresponde al 85.81 % y la

b. Arcilloso corresponde únicamente a un 14.19 %.

En la figura 7 se muestra la distribución de puntos de muestreo de 20 hectáreas por punto de muestreo entre cada muestra, de esa forma se obtuvieron un total de 19 puntos.

Se utilizó dicho factor de muestreo ya que no se contó con mayor disponibilidad de tiempo y recursos económicos para los análisis físico-químico tiene costos elevados.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

Figura 7. Mapa textural de finca La Canoa para la determinación de puntos a evaluar.

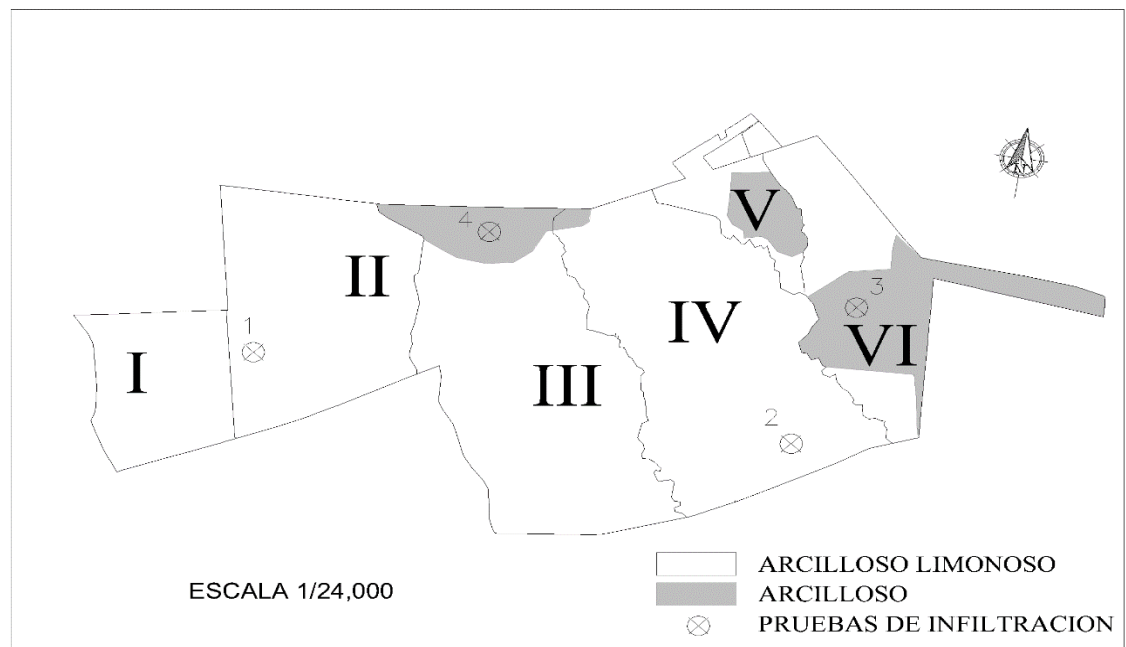
Cada uno de los 19 puntos fueron ubicados y referenciados en áreas representativas para cada uno de los 6 lotes. En el cuadro 16 del apéndice se indica el posicionamiento de los puntos de muestreo y la ubicación georeferenciada apoyándose en campo por mapa textural realizado.

De esa manera se obtuvieron la siguiente distribución de puntos a muestrear, 14 puntos de muestreo para la textura "A" y 5 puntos de muestreo para la textura "B"

2.5.5. Ubicación de puntos para evaluación de infiltración básica

Debido a la homogeneidad textural que presenta la finca y apoyándose del mapa textural se procedió con ubicar tres puntos para realizar las pruebas de infiltración utilizando la metodología de Kostiakov-Lewis en la figura 8.

Debido a que los lotes I, III, IV y VI son los que poseen la mayor cantidad de Caña de Azúcar (*Saccharum spp*) afectada con raquitismo por los efectos de la compactación y permeabilidad del suelo, se realizó una prueba representativa en cada uno de los tres puntos críticos a pesar de la homogeneidad mencionada.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

Figura 8. Mapa textural de finca La Canoa con ubicación de puntos representativos para las pruebas de infiltración.

Bajo el criterio anteriormente mencionado se ubicaron los 4 puntos teniendo así,

2 pruebas en la textura "A" Arcillo Limoso (lotes I, IV)

2 pruebas en la textura "B" Arcilloso (lote III, VI)

2.5.6. Ejecución de la investigación

Esta fase consistió en llevar a cabo toda la fase de diseño de la investigación a campo utilizando criterios técnicos y metodologías ya establecidas, a continuación, se describen los pasos realizados en campo para la obtención de los datos.

2.5.7. Toma de muestras

A) Criterios tomados para las tomas de muestras en campo

Bajo estos criterios se tomaron las muestras en la finca, con la finalidad de que no sean muestras alteradas

- El punto a considerar no debió estar a menos de 20 m de una calle o ronda, para evitar compactación.
- El punto se localizó en áreas de cultivo, evitar áreas no cultivadas.
- Se evitaron puntos donde se encuentre algún tipo de erosión.
- Tomar en cuenta los puntos críticos o problemáticas del estudio.

B) Método de toma de muestras

Para esta fase se utilizaron dos métodos para la observación del perfil textural y la extracción del material.

El primer método fue la denominada cajuela donde se conformaron 19 calicatas o cajas de 50 cm x 50 cm x 60 cm, en estas se tomaron muestras de dos libras de suelo por cada estrato de 20 cm hasta llegar a 60 cm. Por esa razón se obtuvieron 57 muestras simples de suelo, las cuales fueron almacenadas en bolsas plásticas etiquetadas y enviadas a laboratorio para la realización del análisis físico-químico.

Además, en el fondo de cada cajuela se utilizó el método de barreno tipo holandés de donde se profundizaron 60 centímetros adicionales a cada una de las cajuelas extrayendo material de suelo a las profundidades de 60 a 80, 80 a 100 y 100 a 120 cm. Cabe mencionar que estas muestras de suelo únicamente fueron utilizadas para la determinación de la textura al tacto, pero no para el análisis físico-químico ya que con fines de riego los estudios fueron realizados de 0 a 60 centímetros de profundidad.

C) Lecturas de cajuelas

C.1) Determinación de la textura

Para la determinación de la textura en campo se utilizó el método del tacto para cada una de las cajuelas realizadas de 0 a 120 cm; en cada estrato de 20 cm se muestreo el suelo para determinar la textura con el tacto.

C.2) Elaboración de perfiles de suelo

Con la información obtenida por el método tacto se procedió a realizar los perfiles texturales para cada uno de los 19 puntos, en las profundidades de 0 a 120 cm, tabulándolos y observando su transición. De esa forma se obtuvieron 19 perfiles con 114 clases texturales.

C.3) Análisis de muestras de laboratorio

Como se mencionó anteriormente se enviaron a laboratorio 57 muestras extraídas y almacenadas para su preparación, secado y posterior tamizado, para la realización del

análisis de las constantes físicas; pmp (%), cc (%), dap (gr/cm^3), y químicas, N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Fe, Mn y otras como pH y CIC.

2.5.8. Pruebas de infiltración básica

A) Instalación de cilindros doble anillo

- Se removió todo tipo de cobertura vegetal del área donde se realizará la prueba.
- Se instala el cilindro exterior dentro del surco evitándose áreas donde se encuentra compactación es decir cerca de calles principales y rondas, utilizando un martillo o piedra en la figura 9.



Fuente: Elaboración propia, 2014.

Figura 9. Instalación de infiltrómetro de doble cilindro dentro del surco.

- Luego se procedió a instalar el cilindro inferior dejando un espacio de 15 cm entre cilindros.

- La profundidad a la que se instalan los dos cilindros es a 15 cm para tener un mejor anclaje.
- Ya instalados los dos cilindros se coloca un plástico o nylon dentro del cilindro inferior (ver figura 8) y se procede a llenar de agua el cilindro exterior hasta que se llene en un 90 %, se pueda ver que el nivel de agua empezará a disminuir considerablemente esto se debe a que el suelo se encuentra seco. La finalidad de llenar de primero este cilindro es para crear un bulbo de humedad de tipo horizontal ya que el cilindro interior que es el que nos dará las lecturas distribuya el agua de forma vertical.



Fuente: Elaboración propia, 2014.

Figura 10. Recubrimiento de cilindro inferior para el inicio de la prueba.

- Luego se quitó el nylon o plástico y se aplicó el agua dentro del cilindro interior, cabe mencionar que dentro de este cilindro se colocó una regla de 25 cm, esta nos indicara la infiltración respecto al tiempo.
- Los tiempos utilizados durante la prueba son intervalos de 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30 y 60 min, si los suelos poseen alto contenido de arena es necesaria la realización de intervalos cortos para tener un comportamiento completo en la infiltración, si en caso el suelo es arcilloso se pueden realizar tomas de intervalos más largos de tiempo.

- La prueba de infiltración se dio por terminada cuando el cambio entre lecturas no superó el 10% de variación, es decir que la velocidad fuera constante.

2.5.9. Análisis de la información

A. Cálculo de lámina de humedad aprovechable (LHA)

De la obtención de las constantes físicas de humedad %CC, %PMP y DAP g/cm³ para cada una de las 19 muestras de suelo se clasificaron y promediaron acorde a la textura de suelo que las conformo siguiendo siempre el criterio de textura predominante A) Arcillo Limoso y B) Arcilloso.

De esa manera se calculó la lámina de humedad aprovechable para la textura "A" y "B", según la relación siguiente

$$\text{Lámina de humedad aprovechable} = \frac{CC - PMP}{100} * (Dap * Zr)$$

B. Cálculo de lámina de humedad rápidamente aprovechable (LHRA)

Al determinarse la LHA se procedió al cálculo de LHRA para la textura A) Arcillo Limoso y B) Arcilloso, multiplicándose por el déficit permitido de manejo para la caña de azúcar (DPM) en este caso se consideró 0.60, esto quiere decir que al consumirse el 60% de la humedad aprovechable en el suelo es necesario aplicar el riego nuevamente.

$$\text{Lámina de humedad rapidamente aprovechable} = (LHA * DPM)$$

C. Evaluación de infiltración

En los datos generados de la prueba de infiltración se ajustó a cada prueba la ecuación de kostiakov Lewis según la siguiente ecuación,

$$\text{Velocidad de infiltración} = (k * t)^n$$

Donde:

I = infiltración (cm/h)

K y n = constantes

T = variable de tiempo (h)

A partir de la ecuación anterior se calculó los valores de infiltración básica según la ecuación siguiente;

$$\text{Infiltración Básica} = k * (-600n)^n$$

Para ello calcularon los valores de infiltración básica correspondientes a las texturas evaluadas "A" Arcillo Limoso y "B" Arcilloso.

D. Análisis de la operación de riego

Para realizar el análisis de la operación y calidad de riego se solicitó la información de diseño y parámetros de operación al personal de ingeniería agrícola como también al personal de la finca. De esa forma se obtuvo la siguiente información:

Lamina de riego aplicada (mm), tiempo de riego (h), intensidad de riego (mm/h), frecuencia de riego (días), caudales (m³/h), presiones de operación (psi), fuentes de agua, etc.

Algunos parámetros no fueron encontrados en los diseños por lo que fue necesario recalcularlos utilizando como base la información recopilada anteriormente.

2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1. Análisis de texturas y determinación de constantes físicas de retención de agua para el cálculo de láminas de riego

Lectura e interpretación de perfiles texturales se realizaron 19 calicatas para determinación de las texturas de suelo al tacto, a 120 cm de profundidad. Los resultados que se obtuvieron en cada punto de muestreo se resumen en la figura 11.

Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	
A	A	A	A	A	B	A	A	A	20
A	A	A	A	A	B	A	A	A	40
A	A	B	B	A	B	A	A	A	60
C	C	D	D	C	F	C	C	E	80
D	E	D	D	D	F	D	D	D	100
D	D	D	D	E	F	D	D	D	120

Perfil 10	Perfil 11	Perfil 12	Perfil 13	Perfil 14	Perfil 15	Perfil 16	Perfil 17	Perfil 18	Perfil 19
A	A	A	A	B	A	A	B	A	B
A	A	A	A	B	A	A	B	A	B
B	A	A	A	B	A	A	B	A	B
E	D	D	D	G	C	D	G	C	F
D	E	D	D	D	G	D	D	D	D
D	E	D	E	E	D	E	E	D	E

Leyenda	Textura
A	Arcillo limos
B	Arcillosa
C	Transición Arcillo limosa
D	Arena Café marrón con pómez
E	Arena blanca con pómez
F	Arcillas rojas con sedimento y transición
G	Arcillas de transición

Figura 11. Perfiles de suelo a 120 cm profundidad clasificando los estratos texturales utilizando el método del tacto.

Según los perfiles mostrados es común encontrar las siguientes texturas en función del perfil del suelo.

A. Textura Arcillo Limoso

Como su nombre lo indica poseen limo debido al contacto de material orgánico y minerales (piedras), su coloración es gris oscuro se caracteriza por tener un mediano grado de permeabilidad según la influencia de la arcilla, 15/19 perfiles de suelo presentaron esta textura en las profundidades de 0 a 40 cm, con una velocidad de infiltración lenta.

B. Textura Arcilloso

La arcilla compacta se caracteriza por su coloración café muy oscura y su alto grado de plasticidad y permeabilidad, ya que al tener contacto con el agua las partículas se expanden absorbiendo la mayor cantidad de agua, pero su disponibilidad a la zona radicular es baja. Los perfiles 6, 14, 17 y 19 presentaron este tipo de textura a profundidades de 0 a 60 cm lo que indica un problema crítico de la entrada vertical del agua debido a la estructura tipo masivo que se conforma en forma horizontal. En época seca estos suelos se agrietan y se rompen.

C. Transición Arcillo Limoso

Se le puede denominar como una mezcla de texturas que no se logra definir como tal, este comportamiento fue encontrado en las profundidades de 60 a 80 cm, esta se vio influenciada por el estrato 4 de 80 a 100 cm de profundidad (cementado).

D. Arena marrón con pómez

Se debe a la meteorización de roca madre además de su posible relación con corrientes de agua subterráneas que transportan minerales y arena. Su coloración se le podría atribuir al cuarzo, con apariencia cementada tipo talpetate.

E. Arena blanca con pómez

Se debe a la meteorización de roca madre además de su posible relación con corrientes de agua salada subterránea.

F. Arcillas rojas con sedimento en transición

Su coloración se debe a la oxidación del hierro además esta se encontró mezclada con las texturas anteriores y posteriores a ella, poseen alto grado de permeabilidad y compactación muchas veces se pueden comportar como el cemento. Únicamente se encontró en los perfiles 6 y 19.

G. Arcillas de transición

Compuestas por roca madre y arcilla se les puede conocer como talpetate debido a su alto grado de compactación.

En la Figura 12 se presenta la distribución del terreno de texturas en 57 muestras del suelo analizado.

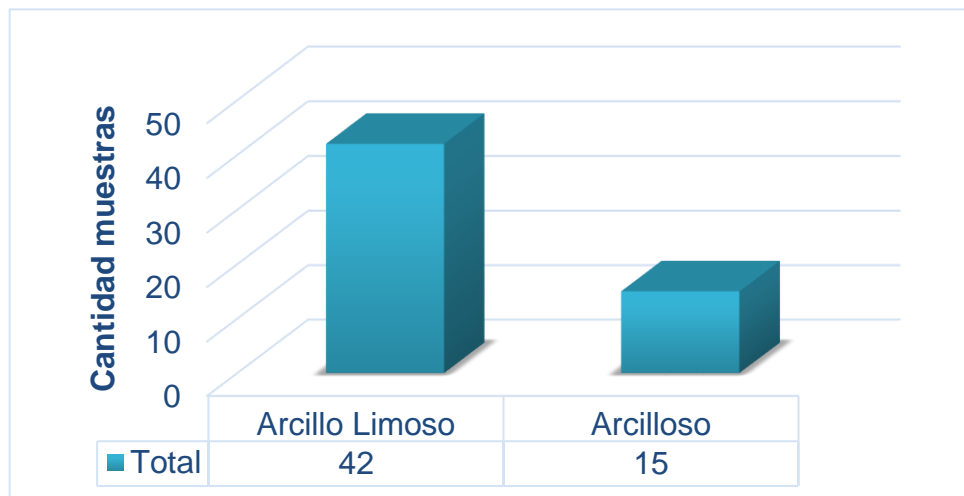


Figura 12. Texturas encontradas en 57 muestras de suelos extraídos y analizados en laboratorio.

Según los perfiles de suelo realizados el 74 % (42 muestras) correspondió a la textura Arcillo Limoso y el 26 % (15 muestras) a la Arcilloso. Dichas texturas se caracterizaron por poseer una estructura de tipo masivo teniendo dentro de ellas un movimiento lento del agua y al tener contacto con la sobresaturación de humedad tienden a plastificarse. Se puede decir que son texturas pesadas con alta capacidad de retención de humedad, pero con problemas de permeabilidad y aireación (Arcilla).

2.6.2. Análisis de constantes físicas de retención de agua para el cálculo de LHRA

En el cuadro 9 se presentan los valores de constantes física promedio correspondientes a la textura "A" tales como % CC, % PMP, DAP gr/cm³, LHA y LHRA.

Cuadro 9. Constantes físicas de humedad y variables estadísticas correspondiente a texturas predominantes (anexo; análisis físico)

	Estrato (cm)	% CC	% PMP	DAP(gr/cm ³)	LHA(mm)	DPM (%)	LHRA(mm)
Textura "A"- Arcilloso limoso	0-20	22.31	11.65	1.20	25.58	60	15.35
	20-40	28.75	16.09	1.19	30.13		18.08
	40-60	33.58	19.78	1.15	31.74		19.04
Textura "B"- Arcilloso	0-20	26.12	16.95	1.15	21.09	60	12.65
	20-40	31.65	22.58	1.04	18.87		11.32
	40-60	35.26	24.07	1.15	25.74		15.44

El cuadro 9, muestra resultados promedios del análisis físico de laboratorio a cada veinte centímetros de profundidad, de la misma manera se realiza el cálculo de lámina de agua

aprovechable y el cálculo de lámina de humedad rápidamente aprovechable con un déficit permitido de manejo del 60%.

Cuadro 10. Lámina de humedad rápidamente aprovechable según etapa fenológica del cultivo.

Lámina neta (mm)- Según etapa fenológica y textura de suelo			
Etapa Fenológica	Profundidad radicular(cm)	LHRA(mm)	
		Arcilloso limoso	Arcilloso
Iniciación	30	24.39	18.31
Macollamiento	40	33.43	23.97
Elongación	60	52.47	39.42
Maduración	60	52.47	39.42

En el cuadro 10 se muestran las láminas de humedad rápidamente aprovechable según etapa fenológica y textura de suelo, donde se puede observar que el suelo con predominio de textura arcilloso limoso dentro del perfil del suelo retiene mayor humedad en comparación de suelo con textura arcillosa. Por lo es necesario realizar la planificación de acuerdo al suelo con menor retención de humedad denominándose a esta textura como crítica en la figura 13.

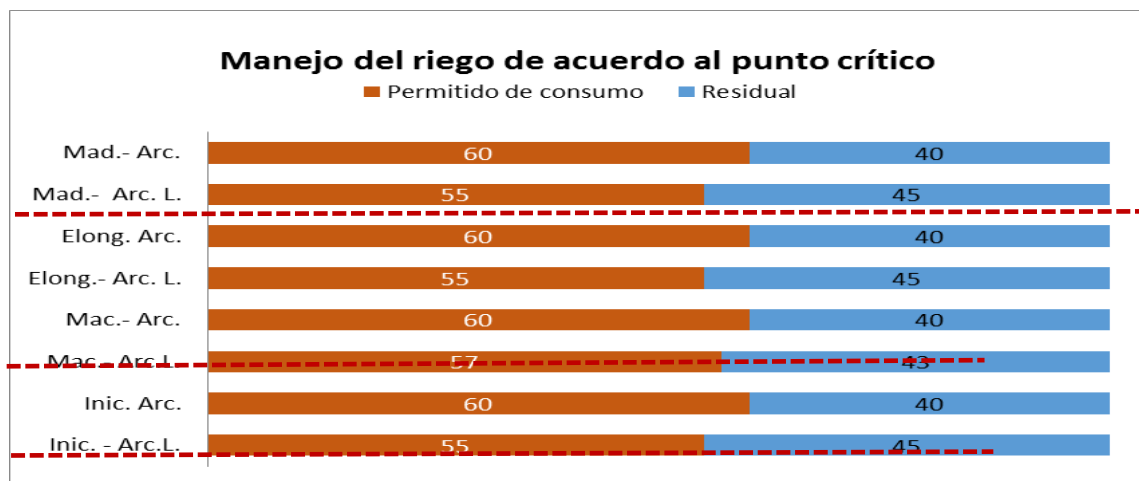


Figura 13. Déficit permitido de manejo de acuerdo a suelo con predominio de textura arcillosa con menor capacidad de almacenamiento (punto crítico)

Según figura 13, de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo y textura de suelo muestra que para el suelo con predominio arcillosa considerándose punto crítico y manejándose al déficit permitido de manejo del 60 % y en función a este suelo realizar la programación de láminas netas aplicar, tiempo de riego y frecuencia, se puede observar que suelos con predominio de textura arcilloso limoso, el déficit permitido a manejar es alrededor del 55 y 57 % menor al máximo permitido (60 %), por lo que no existiría efecto en cuanto a estrés a la planta por falta de humedad.

2.6.3. Determinación de la ecuación de infiltración básica

Obtención de valores de la ecuación de Kostiakov-Lewis para infiltración básica

En el cuadro 11 se presentan los valores de la ecuación de Kostiakov-Lewis para la determinar la lámina infiltrada respecto al tiempo.

Cuadro 11. Valores de ecuación de Kostiakov-Lewis para la determinación de Infiltración básica.

e.c Kostiakov-Lewis $I_b = K(-660)^n$			
Textura	Valor "n"	Valor "K"	Ib mm/h
A) Arcillo Limoso	-1.33	69.72	4.23
B) Arcilloso	-1.11	21.94	1.94

Los valores "n" y "K" se ven influenciados a la tasa de filtración ya que mientras mayor sean estos valores la velocidad de infiltración será mayor.

Teniendo en suelo A) Arcillo Limoso un promedio de infiltración básica de 4.23 mm/h y en suelo B) 1.94 mm/h. Según el cuadro 4 de la infiltración básica según la textura del suelo

puede calificarse cómo: lenta a muy lenta, estas denominaciones se les atribuyen a suelos arcillosos.

2.6.5. Comparativa de intensidad de aspersor con infiltración de agua en el suelo

En el cuadro 12 se presentan las especificaciones del aspersor utilizado para el sistema de miniaspersión y en la figura 14 se muestra el comportamiento de la infiltración básica para dos clases texturales.

Cuadro 12. Especificaciones de aspersor VYR36 utilizado en la operación del sistema mini-aspersión.

Modelo del aspersor	VYRSA VYR36
Caudal aspersor	1 m ³ /hr
Presión operación	45 psi
Distanciamiento entre aspersor	12 m
Distanciamiento entre lateral	18 m
Intensidad de riego	4.62 mm/hr

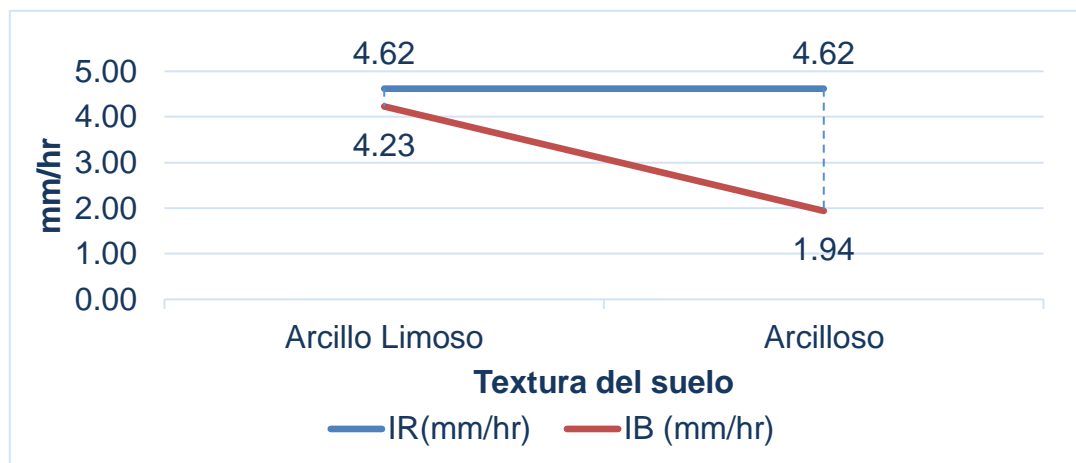


Figura 14. Comportamiento de la infiltración básica para las texturas “A” y “B” relacionándolo con la intensidad del sistema de riego.

En la figura 14, muestra el comportamiento de la intensidad del emisor con respecto a la capacidad de infiltración básica.

Cuadro 13. Condicionantes para determinación de problemas con la intensidad del emisor.

Textura de suelo	Infiltración básica(mm/h)		Intensidad de riego(mm/h)	Observación
A) Arcillo Limoso	4.23	≤	4.62	Posible problema de absorción
B) Arcilloso	1.94	≤	4.62	Problema critico de absorción

La intensidad del emisor supero considerablemente a la textura “B” Arcilloso es necesario disminuir el tiempo de riego para favorecer la absorción del agua debido al alto grado de permeabilidad que presento este suelo si es necesario hay que cambiar el aspersor. Para la textura “A” se puede utilizar el mismo aspersor y si sería recomendable reducir el tiempo de riego.

2.6.6. Tiempo de aplicación de lámina de riego según la infiltración de agua en el suelo

En el cuadro 14 se presenta el tiempo de riego (h) para aplicar la LHRA, difiere por la etapa fenológica del cultivo y la velocidad de infiltración básica del suelo.

Cuadro 14. Parámetros físicos utilizados para la determinación de tiempo de riego para cada textura "A" y "B".

Determinación del tiempo en función de la infiltración básica (mm/h)				
Textura	A) Arcillo Limoso		B) Arcilloso	
	Macollamiento	Elongación	Macollamiento	Elongación
LHRA mm	33.43	52.47	23.97	39.42
lb mm/h	4.32	4.32	1.94	1.94
Tiempo de riego(h)	7.90	12.14	12.35	20.32

Se observa que para los suelos de textura arcillo limosa con una infiltración básica de 4.32 mm/h, se estima 7.90 h y 12.14 h de riego para la etapa de macollamiento y elongación respectivamente. Para suelo de textura arcillosa con una infiltración básica de 1.94 mm/h se estiman 12.35 h y 20.32 h de riego para la etapa de macollamiento y elongación respectivamente

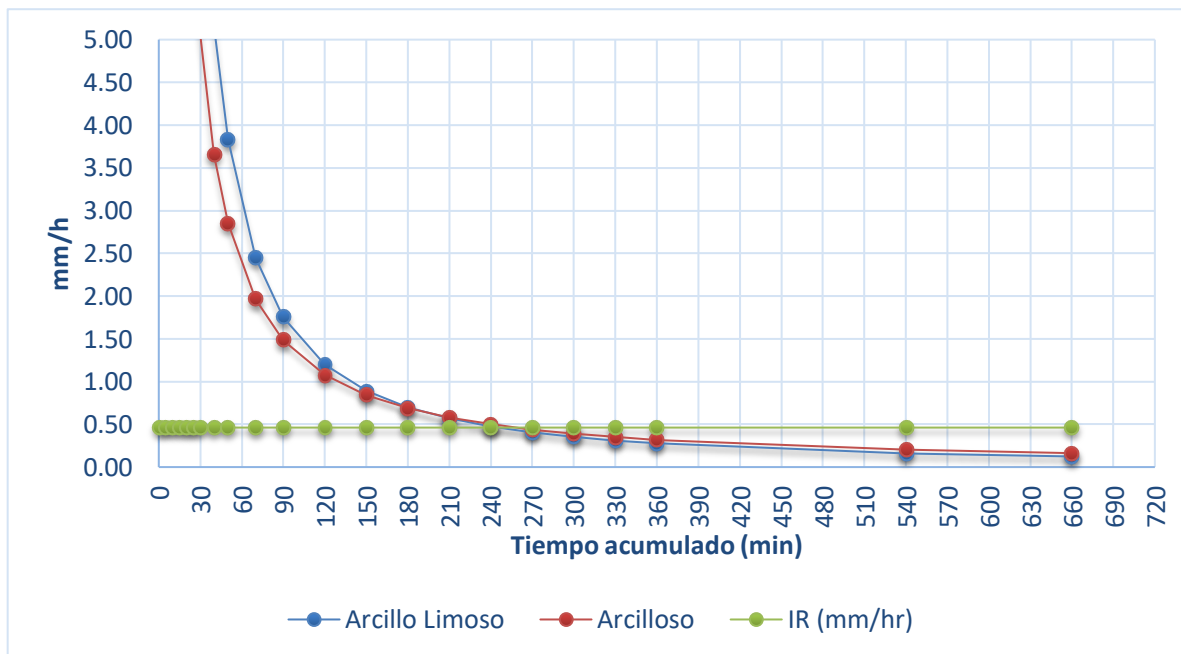


Figura 15. Comportamiento de la infiltración básica para las texturas "A" y "B" relacionándolo con la intensidad del sistema de riego respecto a tiempo acumulado.

Según la velocidad de infiltración básica de ambas texturas de suelo y la intensidad de riego del aspersor VYRSA VYR36 de 4.62 mm/h, después de 300 min (5 h de operación), supera la velocidad de infiltración básica del suelo por lo que se produciría pérdida de agua por escorrentía, por lo que se recomienda para la aplicación de láminas de riego, no planificar tiempos mayores a 5 h, en otro caso se podría pensar otra alternativa como utilizar aspersores de menor intensidad, modificar marco de riego, etc.

2.6.7. Manejo de riego.

2.6.7.1. Determinación de los parámetros actuales de riego.

En el cuadro 15, se detallan todos los parámetros de diseño y operación del sistema de riego por mini-aspersión de finca La Canoa.

Como se observa en el cuadro 15, en el diseño del sistema se debe considerar la lámina neta del riego aplicada en un tiempo de 11 o, con una eficiencia del sistema del 85 % para sistema de mediana presión, se considera que aplica una lámina neta por riego de 43.19 mm, por lo que se considera la reposición de 3.60 mm/día.

Esto se debe de considerar al momento del cálculo de frecuencias, tiempo de riego y la máxima cantidad de lámina que puede reponer el sistema de riego como tal, esto es muy importante a considerar debido a que etapas iniciales de crecimiento de la caña de azúcar el sistema si podría compensar la demanda climática del cultivo (ET_c), pero en meses de mayor demanda de agua (ET_o) y una etapa fenológica del cultivo de rápido crecimiento (elongación) incrementa la ET_c , el cuál en estas condiciones el sistema no lo pueda compensar por lo que habría que realizar un ajuste en cuanto a tiempo y frecuencias de riego.

Cuadro 15. Parámetros de diseño y operación de los seis módulos de mini-aspersión en finca La Canoa.

	Descripción	Parámetros
A) Información del sistema	Área bajo irrigación	378.26 ha
	Numero de módulos de riego	6
	Método de riego	mini-aspersión
	Tipo de sistema	semi-fijo
	Fuente	pozo mecánico
	Caudal total requerido	690 Gpm
	Numero de pozos	6
	Caudal por pozo	115 Gpm
	Presión de sistema	80 psi
	B) Diseño del sistema de riego	Descripción
Tipo de emisor		mini-aspersor
Modelo del emisor		VYRSA VYR-36
Caudal del emisor		4.4 Gpm
Descripción		Parámetros
Presión del emisor		45 psi
Intensidad del emisor		4.62 mm/h
Numero de emisores		156
Separación entre emisor		12 m
Separación entre lateral		18 m
Numero de laterales		35
Aspersores por lateral		20
Eficiencia de riego		85 %
Lamina diaria de aplicación		3.6 mm/día
Lamina bruta por riego		50.82 mm
Lámina neta de riego		43.19 mm
Lámina neta de riego /día		3.60 mm/día
Numero de turnos por día		2
Tiempo de riego por turnos		11 h
Frecuencia de riego		12 días
Área regada por turno	14.90 ha	
Área regada por día	29.80 ha	

2.6.8. Comparativa de lámina de riego aplicada con LHRA

En el cuadro se realiza la comparación de la lámina neta de riego actual 43.19 mm/turno con LHA y LHRA de las “B” Arcilloso, para identificar las causas que están afectando la aplicación del riego.

Cuadro 16. Valores de láminas de riego aplicables a textura arcillosa (menos capacidad de almacenamiento).

Textura	Arcilloso	
	Macollamiento 40 cm	Elongación 60 cm
LHA (100%)	39.96 mm	65.69 mm
LHRA (60%)	23.97 mm	39.42 mm
Lamina bruta Requerida (85%)	28.20 mm	43.67 mm

Para el manejo del riego en ambas texturas del suelo se está aplicando una lámina mayor de riego de acuerdo a la profundidad de desarrollo de raíces y capacidad de retención de almacenamiento, principalmente en la etapa de macollamiento, donde la lámina neta de diseño está aplicando con una eficiencia del 85 % una lámina de 43.19 mm/riego en tiempo de 11 h, comparándose con la lámina neta de riego en textura arcillosa, valores de 23.97 mm/riego, con diferenciales de + 19.2 mm/riego. Esta diferencia nos indica que en la práctica se está aplicando mayor cantidad de agua de acuerdo a la capacidad de almacenamiento del suelo lo que son equivalentes a 192 m³ de agua por hectárea.

Para la etapa de elongación, donde lámina de diseño neta es de 43.19 mm, comparándose con la lámina neta de riego de acuerdo a la capacidad de almacenamiento del suelo arcillosa, valor de 39.42 mm/riego, con diferenciales de + 3.75 mm. Equivalente a 37.5 m³ de agua por hectárea, lo que se podría variar el tiempo de riego y la frecuencia de acuerdo a la demanda climática del sitio (ET_o).

2.6.9. Determinación de la Eto, E_{tmax} y su comparativa con la lámina de riego aplicada

Para determinar si se están cumpliendo las necesidades hídricas para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp*) es necesaria la determinación de variables como Evapotranspiración de referencia (E_{To}); esta se obtiene de variables climáticas tales como temperatura (°C), humedad relativa (%), velocidad del viento (km/día) e insolación (h). De esta forma se logró determinar la evapotranspiración de referencia (E_{To}) diaria que se ve influenciada por los factores anteriormente mencionados.

Para complementar se debe conocer el requerimiento del cultivo (E_{Tc}), que resulta de tener en cuenta la evapotranspiración de referencia (E_{To}), que presenta en la fase de crecimiento y así mismo relacionarla con su K_c, valor adimensional que indica el valor de consumo por transpiración de la planta, que varía de acuerdo cultivo, etapa fenológica, etc. Para fines de planificación de riego se recomienda para la etapa de macollamiento utilizar un K_c del cultivo de 0.4 y para la fase de rápido crecimiento o elongación donde la caña de azúcar desarrolla su mayor cantidad de biomasa, un k_c de 0.9 (CENGICAÑA).

Por medio del software CROPWAT (FAO), se determinó la evapotranspiración de referencia (E_{To}), utilizando las variables climáticas temperatura (°C), humedad relativa (%), velocidad del viento (km/día) e insolación (h), las mismas fueron promediada en el histórico de 3 años de la estación Trinidad-MG, base de datos administradas por el Instituto privado sobre el de cambio climático (ICC) ver figura 16.

Monthly ETo Penman-Monteith - untitled								
Country	Guatemala			Station	Trinidad-MG			
Altitude	19	m.	Latitude	13.93	°N	Longitude	90.26	°W
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo	
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day	
January	19.8	34.9	70	218	8.1	18.4	4.81	
February	19.9	34.9	77	168	8.1	19.8	4.62	
March	22.1	35.2	71	206	7.7	20.7	5.30	
April	23.9	34.4	78	168	6.6	19.7	4.78	
May	23.9	33.7	85	146	5.9	18.6	4.27	
June	23.6	33.5	89	126	5.6	17.9	3.98	
July	22.9	34.3	85	120	6.6	19.4	4.37	
August	22.9	33.8	86	132	6.6	19.6	4.37	
September	23.0	32.9	88	121	5.5	17.5	3.83	
October	22.8	32.9	88	113	5.9	16.9	3.64	
November	21.6	34.2	85	133	7.3	17.5	3.84	
December	20.1	34.7	80	145	8.0	17.6	3.99	
Average	22.2	34.1	82	150	6.8	18.6	4.32	

Figura 16. Determinación de la evapotranspiración potencial (ETo) por medio de software CROPWAT tomando datos históricos climáticos de 3 años (2013-2015).

Para determinar las pérdidas máximas diarias que tendrá el cultivo fue necesaria la determinación de E_{Tmax} , para este caso se realizó lo siguiente:

$$ET\ max = ETo * Kc$$

Para ello fue necesario encontrar el valor máximo de evapotranspiración de referencia ETo (en mm/día), principalmente para los meses de la época seca, que varía de acuerdo al estrato altitudinal (zona cañera de Guatemala). Para esta zona donde se ubica la finca Canoas, estrato bajo (0- 40 m s.n.m.), el periodo sin lluvias es de noviembre a mayo, por lo que deben de considerarse los valores de estos meses para realizar la planificación del riego, obteniendo una frecuencia de riego, de acuerdo a LHRA aplicada en el riego y la demanda del cultivo (ETc), de acuerdo a la etapa fenológica. Para fines de planificación del riego se consideró una ETo, para el mes de marzo de 5.30 mm/día para las condiciones de la finca Canoas.

Cuadro 17. Comparación entre lamina actual y lamina estimada.

Manejo del riego	Condicionante (fase desarrollo del cultivo)	ETc = ETo máx X Kc) (mm/día)	Frecuencia de riego (días)	Lamina neta por riego(mm)	Lamina bruta (mm) Efc. 85%	Tiempo riego (h) IR= 4.62mm/h
Tradicional, sin considerar ETc	Riego actual(sin considerar ETc)	3.60	12	43.19	50.82	11.0
Suelo con textura arcillosa	Macollamiento (Kc 0.4)	2.12	11	23.97	28.2	6.1
	Elongación (Kc 0.9)	4.77	8	39.42	46.38	9.4

El sistema actualmente aplica una lámina de riego reponiendo un consumo del cultivo de 3.60 mm/día, indicando la evapotranspiración diaria con la que se diseñó y considerando una frecuencia de riego de 12 días, aplicándose una lámina de neta de riego por turno de 43.19 mm, que el suelo no puede absorber a la profundidad indicada

Como se puede observar en el cuadro 17, el suelo con predominio de textura arcillosa, requiere frecuencias de 11 y 8 días para reponer las láminas netas de 23.97 y 39.42 mm/riego, para las etapas de macollamiento y elongación, respectivamente. Es necesario determinar el manejo para estos suelos, debido a la compactación por el paso de maquinaria pueden disminuir la velocidad de infiltración y afectar el manejo del riego.

2.7. CONCLUSIONES

1. Se caracterizaron los suelos de finca La Canoa por medio de la extracción de 57 submuestras que fueron analizadas en laboratorio por medio de un estudio físico, de las cuales se obtuvieron constantes de textura, densidad aparente (g/cm^3), capacidad de campo (%), punto de marchitez permanente (%). Debido a que se encontraron dos texturas de suelo predominantes, se mapearon fundamentalmente 2 texturas clasificadas como A) Arcillo Limoso y B) Arcilloso sobre ellas se enfocó el estudio para fines de operación de riego.
2. El horizonte A de los suelos mapeados como Arcillo limosos consisten en texturas arcillo limosas con profundidad de los 0 a 40 cm descansando sobre superficies de textura de transición con pómez y arena blanca. El horizonte A de los suelos mapeados como arcillosos consisten en texturas arcillosas con profundidad de 0 a 60 cm descansando sobre superficies de arcillas rojas con sedimentos y transición.
3. Se calculó la lámina neta de riego o lámina de humedad rápidamente aprovechable (LHRA) bajo un déficit permitido de manejo del 60%, en ambas texturas de suelo predominantes de la finca; para ello se consideró una profundidad radicular de 40 y 60 cm para la etapa de macollamiento y elongación respectivamente. Las LHRA obtenidas para macollamiento son: A) Textura Arcillo Limoso (33.43 mm) y B) Arcilloso (23.97 mm) y para la etapa de elongación fueron A) Textura Arcillo Limoso 52.47 mm y B) Arcilloso 39.42 mm.
4. La intensidad de riego es igual 4.62 mm/h, siendo mayor a la infiltración básica de los suelos por lo que existen problemas de infiltración del agua en el perfil del suelo.
5. De acuerdo a la caracterización de los suelos de la finca es necesario el manejo del riego de acuerdo a los suelos con baja retención de humedad (suelo con predominio de textura arcilloso), el que requiere una frecuencia de 11 y 8, días reponiendo

láminas netas de 23.97 mm (6.1 h operación) y 39.42 mm/riego (9.4 h de operación), para las etapas de macollamiento y elongación, respectivamente.

6. Los parámetros de operación actual del sistema de riego son las de aplicar laminas brutas de 50.82 mm/riego, equivalentes a 43.20 mm netos considerando una eficiencia del 85%, con frecuencias de 12 días, proporcionando alrededor de 3.6 mm/día en macollamiento y elongación. Los requerimientos de agua durante las etapas de macollamiento y elongación, según el clima del lugar y el nivel de desarrollo del cultivo se encuentran en 2.12 y 4.77 mm/día, respectivamente con una eficiencia de riego del 85 % equivalente a láminas de riego de 2.5 y 5.61 mm/día.

2.8. RECOMENDACIONES

1. Según el análisis realizado a finca La Canoa es recomendable la utilización de sistemas de riego con bajas intensidades de aplicación de agua.
2. Es necesario la ejecución de proyectos de drenaje para evacuar los excesos de humedad para la temporada de invierno.
3. Al realizar la preparación de suelos es importante la implementación del subsolador para romper las estructuras a profundidades de 45 a 50 centímetros, aportando mejoras a la capa arable y sub-subsuelo mejorando la absorción del agua y crecimiento de las plantas.
4. Ajustar el manejo de riego de acuerdo a la demanda de agua en las etapas de macollamiento y elongación.
5. Considerar la capacidad de retención de agua de los suelos al definir las láminas de riego a aplicar, para evitar aplicaciones en exceso que estos suelos no puedan retener.

2.9. BIBLIOGRAFÍA

1. Castro, O. 2012. El riego en el cultivo de la caña de azúcar. *In* CENGICAÑA (Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2012. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, Artemis Edinter. p. 177-201.
2. CENGICAÑA (Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). 1996a. Estudio semi-detallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala, CEDIGUAT. p. 3-214.
3. _____. 1996b. Estudio semi-detallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala: anexo I. Guatemala, CEDIGUAT. p. 1-137.
4. Rivera, C. 2014. Caracterización de suelos considerando la determinación de la velocidad de infiltración con fines de operación de los sistemas de riego aspersión y mini aspersión del Ingenio Magdalena S.A. Escuintla. EPSA Investigación. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 143 p.
5. Sandoval, JE. 2007. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Editorial Universitaria. p. 31-158.
6. Tarjuelo, J; Tarjuelo Martin-Benito, JM. 2005. El riego por aspersión y su tecnología. España, Mundi-Prensa. p. 19-377.



2.10. ANEXOS

Cuadro 18 A. Coordenadas GTM de los 19 puntos muestreados en finca La Canoa.

PUNTO	Latitud N	Longitud W
1	90° 23' 13.80"	13° 57' 41.34"
2	90° 12' 12.72"	13° 57' 22.42"
3	90° 23' 27.60"	13° 57' 24.24"
4	90° 23' 0.36"	13° 57' 36.96"
5	90° 22' 41.28"	13° 57' 25.32"
6	90° 22' 41.28"	13° 57' 37.86"
7	90° 22' 38.16"	13° 57' 21"
8	90° 22' 33.96"	13° 57' 09"
9	90° 22' 26.52"	13° 57' 59.2"
10	90° 22' 28.2"	13° 57' 17.70"
11	90° 22' 10.38"	13° 57' 5.22"
12	90° 22' 15.42"	13° 57' 26.58"
13	90° 22' 12.06"	13° 57' 36.54"
14	90° 22' 2.58"	13° 57' 43.98"
15	90° 21' 55.08"	13° 57' 8.58"
16	90° 21' 58.92"	13° 57' 15.96"
17	90° 21' 43.98"	13° 57' 28.02"
18	90° 21' 45.06"	13° 57' 31.08"
19	90° 21' 33.12"	13° 57' 29.64"

Cuadro 19 A. Resultado de análisis químico correspondiente a la textura "A" y "B"

Textura de suelo	M.O	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC
A) Arcillo Limoso	0.98	1.89	0.17	7.15	3.86	1.36	0.92	0.31	25.78	23.23	12.53
B) Arcilloso	0.96	2.21	0.17	6.38	4.17	0.89	1.15	0.26	29.82	25.72	11.59

Cuadro 20 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 1 del lote 01-02

Estrato Cm	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	9.46	18.25	1.16	2.03	1.21
20 a 40	Arcillo Limoso	13.49	20.18	1.09	1.45	0.87
40 a 60	Arcillo Limoso	17.46	24.23	1.05	1.42	0.85
Láminas de riego Totales (cm)					4.9	2.94
Láminas de riego Totales (mm)					49	29.4

Cuadro 21 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 2 del lote 02-01.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	7.47	17.29	1.3	2.54	1.52
20 a 40	Arcillo Limoso	12.84	23.53	1.15	2.44	1.46
40 a 60	Arcillo Limoso	13.53	25.16	1.38	3.21	1.92
Láminas de riego Totales (cm)					8.19	4.91
Láminas de riego Totales (mm)					81.9	49.14

Cuadro 22 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 3 del lote 02-02.

Estrato Cm	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	5.36	11.88	1.39	1.79	1.07
20 a 40	Arcillo Limoso	16.73	26.95	1.18	2.41	1.44
40 a 60	Talpetate	17.49	27.76	1.26	2.58	1.54
Láminas de riego Totales (cm)					6.78	4.06
Láminas de riego Totales (mm)					67.8	40.68

Cuadro 23 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 4 del lote 02-03.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	8.08	15.28	1.13	1.62	0.97
20 a 40	Arcillo Limoso	8.56	15.86	1.24	1.8	1.08
40 a 60	Talpetate	12.29	20.77	1.09	1.85	1.11
Láminas de riego Totales (cm)					5.27	3.16
Láminas de riego Totales (mm)					52.7	31.62

Cuadro 24 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 5 del lote 02-04.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	15.37	30.81	1.11	3.42	2.05
20 a 40	Arcillo Limoso	15.72	31.2	1.18	3.65	2.19
40 a 60	Arcillo Limoso	17.3	30.97	1.03	2.81	1.68
Láminas de riego Totales (cm)					9.88	5.92
Láminas de riego Totales (mm)					98.8	59.28

Cuadro 25 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 6 del lote 03-02.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcilloso	9.9	15.96	1.22	1.48	0.88
20 a 40	Arcilloso	18.49	26.87	1	1.67	1
40 a 60	Arcilloso	15.33	22.76	1.02	1.53	0.92
Láminas de riego Totales (cm)					4.68	2.8
Láminas de riego Totales (mm)					46.8	28.08

Cuadro 26 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 7 del lote 03-03.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	11.24	22.98	1.2	2.81	1.68
20 a 40	Arcillo Limoso	18.11	32.25	1.22	3.45	2.07
40 a 60	Arcillo Limoso	18.51	31.08	1.08	2.71	1.62
Láminas de riego Totales (cm)					8.97	5.38
Láminas de riego Totales (mm)					89.7	53.82

Cuadro 27 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 8 del lote 03-05.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	14.64	28.16	1.18	3.17	1.9
20 a 40	Arcillo Limoso	20.89	35.57	1.11	3.25	1.95
40 a 60	Arcillo Limoso	20	36.31	1.08	3.53	2.12
Láminas de riego Totales (cm)					9.95	5.97
Láminas de riego Totales (mm)					99.5	59.7

Cuadro 28 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 9 del lote 03-05.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	11.45	22.24	1.26	2.72	1.63
20 a 40	Arcillo Limoso	13.74	30.38	1.25	4.14	2.48
40 a 60	Talpetate	14.45	49.54	1.12	7.86	4.7
Láminas de riego Totales (cm)					14.72	8.83
Láminas de riego Totales (mm)					147.2	88.32

Cuadro 29 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 10 del lote 03-03.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	16.59	28.51	1.24	2.95	1.77
20 a 40	Arcillo Limoso	25.79	45.03	1.2	4.61	2.76
40 a 60	Talpetate	24.45	41.7	1.14	3.92	2.35
Láminas de riego Totales (cm)					11.48	6.88
Láminas de riego Totales (mm)					114.8	68.88

Cuadro 30 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 11 del lote 04-06.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	13.84	23.89	1.16	2.32	1.39
20 a 40	Arcillo Limoso	12.61	23.69	1.19	2.64	1.58
40 a 60	Arcillo Limoso	21.96	38.57	1.14	3.79	2.27
Láminas de riego Totales (cm)					8.75	5.25
Láminas de riego Totales (mm)					87.5	52.5

Cuadro 31 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 12 del lote 04-04.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	8.98	22.97	1.17	3.26	1.95
20 a 40	Arcillo Limoso	13.82	25.29	1.22	2.79	1.67
40 a 60	Arcillo Limoso	24.36	42.01	1.24	4.38	2.63
Láminas de riego Totales (cm)					10.43	6.25
Láminas de riego Totales (mm)					104.3	62.58

Cuadro 32 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 13 del lote 04-03.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	8.86	18.77	1.19	2.35	1.41
20 a 40	Arcillo Limoso	12.08	23.56	1.25	2.87	1.72
40 a 60	Arcillo Limoso	16.03	29.64	1.27	3.44	2.06
Láminas de riego Totales (cm)					8.66	5.19
Láminas de riego Totales (mm)					86.6	51.96

Cuadro 33 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 14 del lote 04-03.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcilloso	21.29	30.07	1.14	2	1.2
20 a 40	Arcilloso	26.16	36.65	1.02	2.14	1.28
40 a 60	Arcilloso	27.64	40.51	1.15	2.97	1.78
Láminas de riego Totales (cm)					7.11	4.26
Láminas de riego Totales (mm)					71.1	42.66

Cuadro 34 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 15 del lote 04-06.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	17.7	26.18	1.18	1.99	1.19
20 a 40	Arcillo Limoso	21.4	37.76	1.22	3.98	2.39
40 a 60	Arcillo Limoso	25.93	43.51	1.12	3.92	2.35
Láminas de riego Totales (cm)					9.89	5.93
Láminas de riego Totales (mm)					98.9	59.34

Cuadro 35 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 16 del lote 04-06.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	12.47	21.93	1.2	2.26	1.35
20 a 40	Arcillo Limoso	14.8	27.11	1.26	3.09	1.85
40 a 60	Arcillo Limoso	19.96	34.06	1.05	2.95	1.77
Láminas de riego Totales (cm)					8.3	4.98
Láminas de riego Totales (mm)					83	49.8

Cuadro 36 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 17 del lote 03-06.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcilloso	21.29	30.07	1.14	2.05	1.2
20 a 40	Arcilloso	26.16	36.65	1.02	2.14	1.28
40 a 60	Arcilloso	27.64	40.51	1.15	2.97	1.78
Láminas de riego Totales (cm)					7.16	4.29
Láminas de riego Totales (mm)					71.6	42.96

Cuadro 37 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 18 del lote 06-02.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcillo Limoso	13.36	25.53	1.19	2.9	1.74
20 a 40	Arcillo Limoso	20.72	32.84	1.11	2.7	1.62
40 a 60	Arcillo Limoso	22.59	33.82	1.16	2.6	1.56
Láminas de riego Totales (cm)					8.2	4.92
Láminas de riego Totales (mm)					82	49.2

Cuadro 38 A. Resultado de constantes físicas de humedad y láminas para muestra 19 del lote 06-01.

Estrato (cm)	Clase Textural	15 atm % PMP	1/3 atm % CC	DAP g/cm ³	LHA cm	LHRA cm
0 a 20	Arcilloso	15.32	28.39	1.12	2.91	1.74
20 a 40	Arcilloso	19.51	26.44	1.1	1.52	0.91
40 a 60	Arcilloso	25.66	37.25	1.28	2.96	1.77
Láminas de riego Totales (cm)					7.39	4.43
Láminas de riego Totales (mm)					73.9	44.34

Cuadro 39 A. Tabla de lecturas para el cálculo de infiltración básica por método de Kostiakov- Lewis, correspondiente al lote I textura "A" Arcillo Limoso.

No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log I	Log t	Suma log I	Suma log t
1	10:20	0	0	27.5	0.0	0.0	0				
2	10:21	1	1	25.6	1.9	114.0	1	2.0569	0.0000		
3	10:22	1	2	24.3	1.3	78.0	2	1.8921	0.3010		
4	10:23	1	3	23.3	1.0	60.0	3	1.7782	0.4771		
5	10:27	4	7	22	1.3	19.5	7	1.2900	0.8451	7.0172	1.6232
6	10:33	6	13	20.6	1.4	14.0	13	1.1461	1.1139		
7	10:40	7	20	19.2	1.4	12.0	20	1.0792	1.3010		
8	11:31	51	71	17.7	1.5	1.8	71	0.2467	1.8513		
9	12:41	70	141	16.2	1.5	1.3	141	0.1091	2.1492	2.5811	6.4155

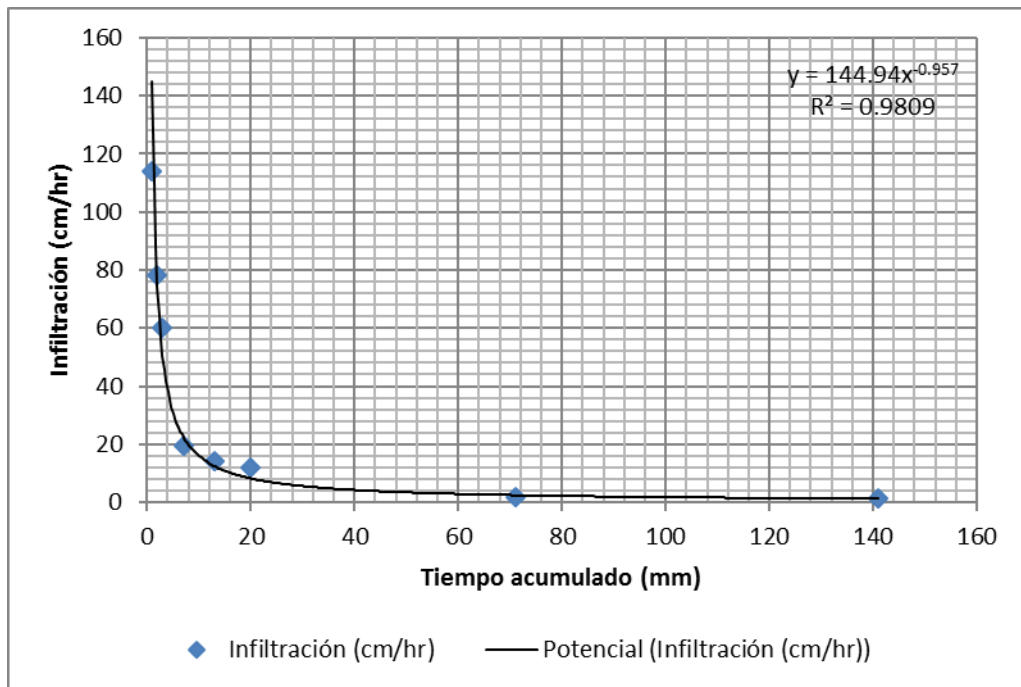


Figura 17A. Curva de infiltración básica 1 correspondiente al lote I textura "A" Arcillo Limoso.

Cuadro 40 A. Tabla de lecturas para el cálculo de infiltración básica por método de Kostiakov- Lewis, correspondiente al lote IV textura "A" Arcillo Limoso.

No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log I	Log t	Suma log I	Suma log t
1	13:15	0	0	24.0	0.0	0.0	0				
2	13:16	1	1	23.0	1.0	60.0	1	1.7782	0.0000		
3	13:17	1	2	22.3	0.7	42.0	2	1.6232	0.3010		
4	13:18	1	3	21.7	0.6	36.0	3	1.5563	0.4771		
5	13:22	4	7	20.8	0.9	13.5	7	1.1303	0.8451	6.0880	1.6232
6	13:28	6	13	19.9	0.9	9.0	13	0.9542	1.1139		
7	13:35	7	20	18.9	1.0	8.6	20	0.9331	1.3010		
8	14:26	51	71	17.6	1.3	1.5	71	0.1845	1.8513		
9	15:36	70	141	16.1	1.5	1.3	141	0.1091	2.1492	2.1810	6.4155

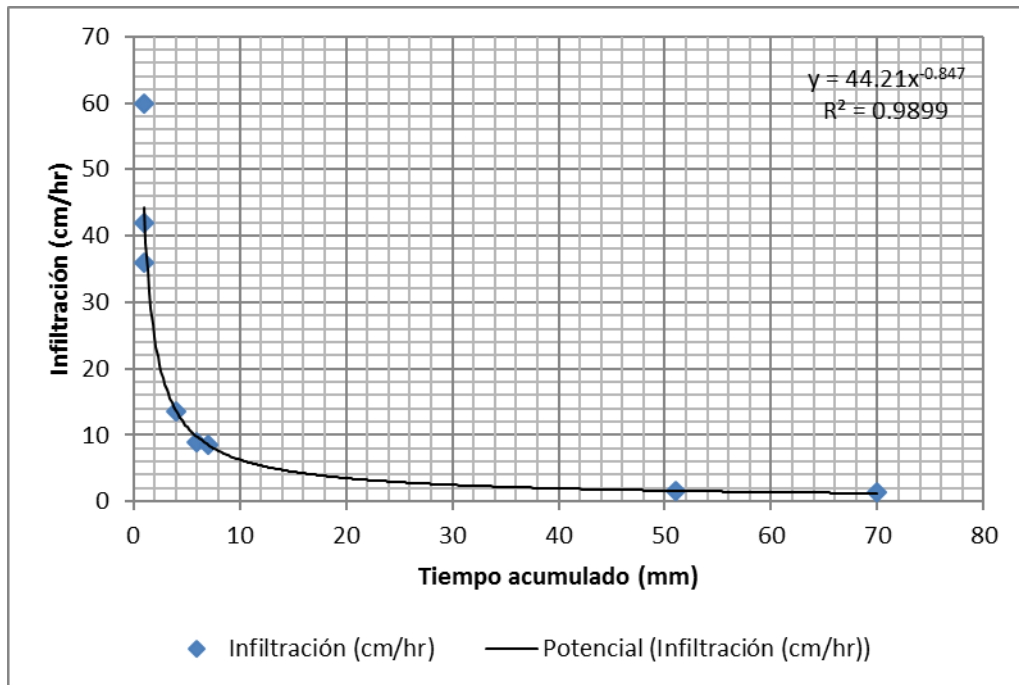


Figura 18A. Curva de infiltración básica 2 correspondiente al lote IV textura "A" Arcillo Limoso.

Cuadro 41 A. Tabla de lecturas para el cálculo de infiltración básica por método de Kostiakov- Lewis, correspondiente al lote VI textura "B" Arcilloso.

No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log I	Log t	Suma log I	Suma log t
1	07:18	0	0	25	0.0	0	0				
2	07:19	1	1	24.5	0.5	30.0	1	1.4771	0.0000		
3	07:20	1	2	24.3	0.2	12.0	2	1.0792	0.3010		
4	07:21	1	3	24.2	0.1	6.0	3	0.7782	0.4771		
5	07:25	4	7	24.1	0.1	1.5	7	0.1761	0.8451	3.5105	1.6232
6	07:31	6	13	23.9	0.2	2.0	13	0.3010	1.1139		
7	07:38	7	20	23.5	0.4	3.4	20	0.5351	1.3010		
8	08:29	51	71	23.2	0.3	0.4	71	-0.4523	1.8513		
9	09:49	70	141	22.5	0.7	0.6	141	-0.2218	2.1492	0.1620	6.4155

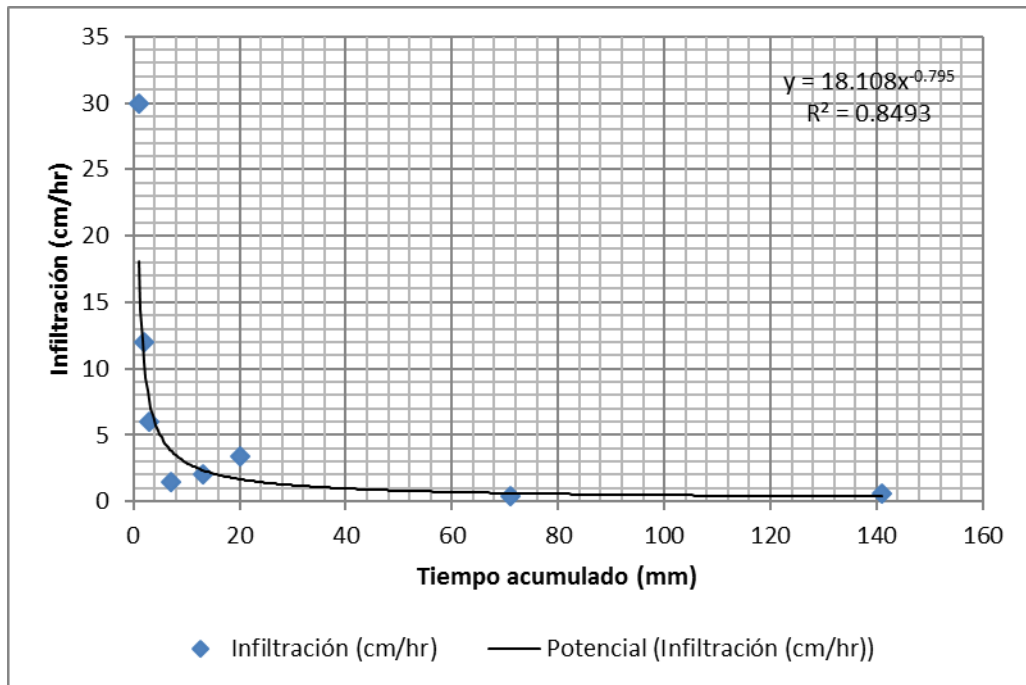


Figura 19A. Curva de infiltración básica 3 correspondiente al lote VI textura "B" Arcilloso.

Cuadro 42 A. Tabla de lecturas para el cálculo de infiltración básica por método de Kostiakov- Lewis, correspondiente al lote IV textura "B" Arcilloso.

No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log I	Log t	Suma log I	Suma log t
1	06:25	0	0	29.0	0.0	0.0	0				
2	06:26	1	1	28.5	0.5	30.0	1	1.4771	0.0000		
3	06:27	1	2	27.8	0.7	42.0	2	1.6232	0.3010		
4	06:28	1	3	27.7	0.1	6.0	3	0.7782	0.4771		
5	06:32	4	7	27.4	0.3	4.5	7	0.6532	0.8451	4.5317	1.6232
6	06:38	6	13	27.1	0.3	3.0	13	0.4771	1.1139		
7	06:45	7	20	26.9	0.2	1.7	20	0.2341	1.3010		
8	07:36	51	71	26.0	0.9	1.1	71	0.0248	1.8513		
9	08:46	70	141	25.2	0.8	0.7	141	-0.1639	2.1492	0.5722	6.4155

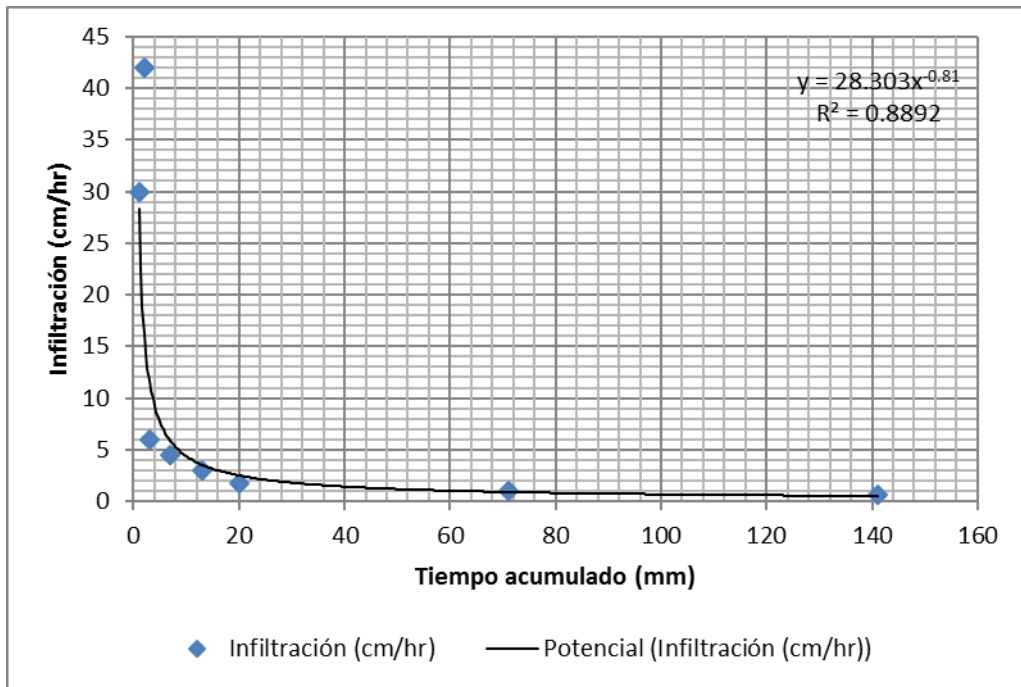


Figura 20A. Curva de infiltración básica 4 correspondiente al lote IV textura "B" Arcilloso.

Cuadro 43 A. Temperatura mínima C° de la estación meteorológica Los Esclavos departamento de Santa Rosa.

ESTACION: LOS ESCLAVOS, CUILAPA SANTA ROSA PROMEDIOS MENSUALES Y ANUALES DE TEMPERATURA MINIMA EN °C													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	14.2	15.5	16	18.3	19.9	19.4	18.4	18.7	18.8	17.8	17.2	14.7	17.4
1991	14.9	13.6	16.4	19.3	19.7	19.5	18.3	18.6	18.7	18.3	15.8	14.8	17.3
1992	14.6	15	16.9	18.2	18.9	20	18.6	18.2	18.7	17.7	17	15.2	17.4
1993	13.8	13.6	15.9	19.1	20.1	19.7	18.9	19.2	19.2	18.9	16.4	14.6	17.5
1994	14.7	14.7	16.5	18	19.9	18.9	18.8	19.5	19.8	19.6	18.3	15.8	17.9
1995	---	14	15	18.4	18.9	19.4	19	19.7	19.2	18.5	16.6	16	17.7
1996	13.1	14.4	15.2	18.8	19.5	19.6	19.2	18.8	18.7	18.8	17.7	14.3	17.3
1997	14.9	16.1	18.4	19.5	20.5	20	21	20.9	20.8	19.9	19.6	16.4	19
1998	16.8	16.2	18.3	20.9	21.1	21.1	20	20.8	20.3	20.6	18	15.5	19.1
1999	15	14.9	17.6	20.3	21.3	21	22.6	20.9	20.5	20.1	18.5	14.4	18.9
2000	13.8	14.7	17.6	19.6	20.7	20.6	20.5	21.7	23.3	20.3	18.5	15.4	18.9
2001	15	16.5	17.7	---	21.2	20.7	20.7	21.6	20.4	19.2	18.2	15.3	18.8
2002	15.2	14.3	18.7	16.7	21.9	21.6	20.6	20.7	20.9	20.5	17.7	16	18.7
2003	12.5	13	15	20.5	22.7	21.3	20.3	21	21	20.7	19	---	18.8
2004	16.8	14	19.6	20.1	20.6	21.3	16.5	20.5	20.6	20.5	---	---	19.1
2005	13.7	15.2	20	21	21.6	21.7	21.2	21.2	21	20.3	17.5	16.6	19.3
2006	16.2	16.1	17.9	19.7	20.5	19.9	20	20.7	20.2	21	18.1	17.8	19
2007	16.5	16.6	18.1	20.6	20.8	21.2	21	20.7	20.5	20.2	17.4	15.5	19.1
2008	16.2	16.8	19.1	20	22.1	20.8	---	---	20.4	20.7	16.9	15.3	18.8
2009	15.2	15.6	16.3	19.9	21.8	21.4	20.9	21	20.9	21.1	18.8	17	19.2
2010	15.6	17.8	19.2	21.6	21.8	21.8	21.1	21.1	21.1	19.6	17.6	13.9	19.8
suma	298.7	318.6	365.4	390.5	435.5	430.9	397.6	405.5	425	414.3	354.8	294.5	
x	14.22	15.17	17.40	18.60	20.74	20.52	18.93	19.31	20.24	19.73	16.90	14.02	

Cuadro 44 A. Temperatura máxima C° de la estación meteorológica Los Esclavos departamento de Santa Rosa.

ESTACION: LOS ESCLAVOS, CUILAPA SANTA ROSA PROMEDIOS MENSUALES Y ANUALES DE TEMPERATURA MAXIMA EN GRADOS CENTIGRADOS °C													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	32.6	32.8	33.8	33.3	30.7	30.3	30.6	31.1	29.9	30.4	30.9	31.9	31.5
1991	32.8	33.3	33.7	33.2	31.5	30.1	31.4	31.1	30.6	29.5	31.1	31.2	31.6
1992	32.4	33	34.5	34.1	33.8	30.4	30.4	31	29.6	31.1	31.7	32.8	32.1
1993	33.1	34.1	34	33.7	32.2	29.9	31.5	30.9	28.7	29.9	31.9	32.9	31.9
1994	32.5	32.9	33.6	33.2	31.2	30.3	31.5	30.4	30.9	29.9	31	33.3	31.7
1995	0	33.5	33.1	32.3	31.5	29	30.3	29.2	29.8	30	32.8	32.8	31.3
1996	31.8	32.7	32.9	32.6	30.1	30.2	29.9	30.2	29.8	29.9	30.8	31.5	31
1997	31.5	32.2	32.7	32.5	32.4	30	31	32.1	28.9	29.9	30.6	30.5	31.2
1998	32.2	32.3	33.4	32.7	33	30.9	30	30.2	28.4	28.9	28.8	32	31.1
1999	32	32.2	33.1	33.5	31.4	28.9	30.8	30	28	28.9	30.5	30.4	30.8
2000	31.9	32.2	33.2	31.2	30.5	30.1	31.3	30.8	29.1	30.8	31.4	31.1	31.1
2001	32	32.6	31.4	33.8	31	30.9	30.4	30.4	29.4	30.9	31.6	32.9	31.4
2002	32.4	33.6	33.5	34.2	32.3	29	31	31.6	29	30.2	30.8	34	31.8
2003	32	31.4	35.5	33.1	31.9	29	31.5	30	29.2	29.5	30.9	0	31.3
2004	31.4	34.5	33.7	33	30.5	30	11.2	29.7	29.1	29.5	0	0	29.3
2005	30.4	32.6	31.9	33.5	30.2	29.1	29.7	29.7	29.5	28.1	31.2	32.3	30.7
2006	32.2	32.6	32.5	32.6	30	29	30	30.3	29.1	29.4	29.6	31.3	30.7
2007	32.5	32.4	33.3	32	30.9	29.7	29.8	28.6	28.8	28	31.8	32.2	30.8
2008	31.6	31.4	31.8	31	29.9	29.2	29.2	34.2	29.3	28.4	30.9	31.8	30.7
2009	31.9	31.7	31.8	32.6	30.1	29.2	31.3	31.2	30.6	30.7	30.6	31.2	31.1
2010	31.6	32.8	33.7	32.9	30.7	29.3	29.2	28.8	27.8	29.8	31.1	32.4	30.7
suma	640.8	686.8	697.1	691	655.8	624.5	622	641.5	615.5	623.7	620	608.5	
x	30.51	32.70	33.20	32.90	31.23	29.74	29.62	30.55	29.31	29.70	29.52	28.98	

Cuadro 45 A. Promedios mensuales de humedad relativa de la estación meteorológica Los Esclavos departamento de Santa Rosa.

ESTACION: LOS ESCLAVOS, Cuilapa Santa Rosa PROMEDIOS MENSUALES Y ANUALES DE HUMEDAD RELATIVA EN PORCENTAJE (%)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	68	60	63	57	83	84	74	79	81	82	77	80	74
1991	79	72	74	78	87	90	85	86	89	92	77	76	82
1992	76	73	74	74	77	85	83	82	85	83	80	76	79
1993	72	65	64	73	79	85	80	83	89	86	78	74	77
1994	67	65	64	74	83	85	79	86	87	85	83	72	78
1995	---	64	63	73	87	91	86	93	93	92	87	84	83
1996	79	76	76	78	87	88	87	86	87	87	77	74	82
1997	74	65	69	74	76	85	78	77	86	84	81	76	77
1998	75	72	65	70	73	82	83	85	86	85	79	70	77
1999	67	82	67	69	78	83	63	93	88	90	79	80	78
2000	79	72	63	61	82	86	85	84	89	56	57	50	72
2001	50	47	---	52	60	61	56	58	90	92	89	88	68
2002	88	87	87	88	93	94	92	95	95	94	91	90	91
2003	89	89	90	88	92	93	93	92	97	94	91	---	92
2004	92	93	93	92	93	94	93	94	94	95	---	---	93
2005	94	90	90	89	92	93	92	92	88	93	90	87	91
2006	83	81	78	81	85	89	90	92	92	92	89	87	87
2007	83	79	62	73	79	84	83	86	85	84	---	81	80
2008	75	68	77	79	80	84	85	85	87	84	77	77	80
2009	72	67	67	70	81	82	82	85	85	85	81	81	78
2010	74	75	76	76	82	84	84	87	91	80	77	74	80
2011	70	72											
sum	1606	1614	1462	1569	1729	1802	1733	1800	1864	1815	1540	1477	
x	73	73	66	71	79	82	79	82	85	83	70	67	

Cuadro 46 A. Promedios mensuales de velocidad de viento, estación meteorológica Los Esclavos departamento de Santa Rosa.

ESTACION: LOS ESCLAVOS, Cuilapa Santa Rosa PROMEDIOS MENSUALES Y ANUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO EN KILOMETROS POR HORA														
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
1990	3.3	3.4	3	2.8	2.6	2.6	2.6	2.8	2.6	2.6	2.6	3.3	2.9	
1991	3.1	3.6	3	2.7	2.9	2.6	2.9	2.9	2.6	2.4	2.5	3.2	2.9	
1992	3.4	3.3	3.3	3.1	2.7	2.6	2.8	2.7	2.1	2.3	1.9	1.9	2.7	
1993	2.6	2.3	2.5	2	2.2	1.3	1	1	1	1.3	2	2.1	1.8	
1994	2	3.9	3.4	3.2	2.6	2.9	2.9	2.8	2.5	2.3	2.1	---	2.8	
1995	---	1	2.7	2.6	3	2.8	3.1	4	4	1.8	2.1	1.4	2.6	
1996	2.1	2.5	2.5	3.6	2.9	3	2.4	2.9	3.6	3.6	2.3	2.5	2.8	
1997	2	2	2.1	1.7	1.3	1.4	1.8	1.7	1.3	1.3	2.5	1.8	1.7	
1998	1.6	2	2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.8	2.6	1.8	1.4	1.8	1.8	
1999	2	3.6	3.3	3	2.7	2.4	1.6	2	1.2	1.6	2.3	2.9	2.4	
2000	2	2	2	1.8	2	1.7	2	1.6	2.2	2	2	4.1	1.9	
2001	2.5	3.5	---	3.2	2.5	2.9	2.6	2.4	2.2	1.8	2.1	2.8	2.6	
2002	3.7	3	3.6	2.6	3	2.4	2.9	3	3	3	2.3	3	3	
2003	3	3	3.8	3.1	2.2	2	2.5	2.5	2.4	2	2.2	---	2.6	
2004	2.8	3.2	3.2	5.1	3.7	2.3	2.2	2.2	2.5	1.8	---	---	2.9	
2005	4.2	3.2	2.8	2.8	2.4	2	2.3	2.3	2.3	1.7	2.3	2.5	2.6	
2006	2.7	4.2	4.4	2.8	2.3	2.1	2.3	2.4	2.2	1.8	2	2.2	2.6	
2007	2.9	3.2	3	2.5	2.1	2	2.2	1.7	3.1	1.4	---	2.4	2.4	
2008	3	2.7	2.7	2.4	2	2	2	2.4	2	1.5	1.8	2.2	2.2	
2009	2.9	4	3.2	3	2.7	2.5	2.3	2.3	2.3	2.5	2.2	2.5	2.7	
2010	2.8	2.3	2.4	2.4	3	2.5	2.3	2.4	2.3	2.2	2.3	2.5	2.5	
2011	2.8	2.6												
suma	57.4	64.5	58.9	57.9	52.5	47.6	48.2	49.8	50	42.7	40.9	45.1		
hora	x	2.61	2.93	2.68	2.63	2.39	2.16	2.19	2.26	2.27	1.94	1.86	2.05	
dia	x	62.62	70.36	64.25	63.16	57.27	51.93	52.58	54.33	54.55	46.58	44.62	49.20	

VYR-36

Despiece y tablas

TABLA DE RENDIMIENTOS A MARCOS MÁS COMUNES

BOQUILLA	P (Bar)	Q (l/h)	D (m)	Espaciamiento (m) / Precipitación (mm/h)					
				12x12 Rect.	12x15 Rect.	15x15 Rect.	15x15 Triang.	15x18 Triang.	18x18 Rect.
3,6 X 2,4 mm 	3	1226	13	8,5	6,8	5,4	5,0	3,7	3,8
	3,5	1324	14	9,2	7,4	5,9	5,4	4,0	4,1
	4	1416	14	9,8	7,9	6,3	5,8	4,3	4,4
4,0 X 2,4 mm 	3	1425	14	9,9	7,9	6,3	5,9	4,3	4,4
	3,5	1540	14	10,7	8,6	6,8	6,3	4,7	4,8
	4	1646	14	11,4	9,1	7,3	6,8	5,0	5,1
4,8 X 3,2 mm 	3	2180	15	15,1	12,1	9,7	9,0	6,6	6,7
	3,5	2354	15	16,3	13,1	10,5	9,7	7,1	7,3
	4	2517	16	17,5	14,0	11,2	10,3	7,6	7,8

Color CU %	CU<85%	CU 85-88 %	CU 88-92%	CU>92%
------------	--------	------------	-----------	--------

Figura 21A. Cartilla de miniaspersor VYR-36 utilizado a un distanciamiento 12x18 m.



CAPITULO III

SERVICIOS PROFESIONALES EJECUTADOS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, INGENIO PALO GORDO S.A, SUCHITEPÉQUEZ

3.1 PRESENTACIÓN

Como producto del diagnóstico, los servicios que se describen a continuación tuvieron como objetivo una serie de actividades dentro del Ingenio Palo Gordo S.A. durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se basó en el apoyo al departamento Ingeniera Agrícola del Ingenio apoyando al desarrollo principalmente en: Conocimiento a los trabajadores de campo las actividades que se deben realizar en las fincas.

El primer servicio fue realizar un cronograma de actividades para dar inducción a los nuevos colaboradores, sobre procedimientos y normativas el Ingenio Palo Gordo, poderles brindar la información adecuada para elevar nivel de confianza de los caporales y los monitores, y como resultados que el Ingenio tenga personal calificado en todos los procesos que realiza en campo.

El segundo servicio consistió en realizar una evaluación diagnóstica teórica para medir el nivel de conocimientos y práctica para medir las habilidades, pruebas que se enfocaron en un total de 148 operadores de tractores; obteniendo como resultados que únicamente el 09 % de ellos aprobó las ambas evaluaciones con mayor a 70 puntos criterio que considera el Ingenio Palo Gordo para determinar que el operador es competente para realizar sus labores.

3.2. SERVICIO 1. CAPACITACIÓN AL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA EN EL INGENIO PALO GORDO S.A

3.2.1. OBJETIVO

Ejecutar un plan de capacitación para la formación de caporales y monitores sobre las funciones de cada perfil de trabajo en el Ingenio Palo Gordo, San Antonio Suchitepéquez.

3.2.2. METODOLOGÍA

- a) Reunir a los caporales y monitores de todos los frentes de cosecha del Ingenio Palo Gordo, con el fin de capacitar de reforzar y actualizar los conocimientos necesarios para desarrollar el perfil.
- b) Se utilizó diferente material y equipo para ampliar el conocimiento utilizando láminas pedagógicas, cañonera y material didáctico para que se le facilitara el aprendizaje a los caporales y monitores en el proceso de aprendizaje.
- c) se tiene un total de 185 grupos, cada grupo cuenta con 1 caporal y 1 monitor, siendo un total de 370 personas que requieren de capacitación, rotación en zafra de monitores y caporales 10%
- d) Los caporales y monitores tuvieron 4 capacitaciones de diferentes módulos para para llenar el perfil de dichos puestos.

3.2.3. RESULTADOS

Se realizó un cronograma para la capacitación y formación de los perfiles de caporales y monitores con el fin de reforzar y actualizar los conocimientos necesarios para desarrollar de cada perfil.

Cuadro 47. Cronograma de formación de caporales para el Ingenio Palo Gordo S.A.

MODULO	CONTENIDO	FECHA	OBJETIVO	HORARIO
RECURSOS HUMANOS	-Bienvenida -Inducción Institucional	8/11/2013	Dar inducción a los nuevos colaboradores, sobre procedimientos y normativas del Ingenio	08:00 a 09:00 am
	-Llenado de papelería -Ingresos y Reingresos pagos rezagados			09:00 a 12:00 am
ACAS	-Recibo de pago -Reporte de asistencia -Reporte de pesas -Pagos (normal, doble, feriado, asueto, séptimo)			1:00 a 5:00 pm
PRIMEROS AUXILIOS EN CAMPO	-Quemaduras -Heridas y contusiones -Insolación y deshidratación -Mordeduras de serpiente	9/11/2013	Brindar información a los colaboradores para la prevención y atención de emergencia de forma oportuna	08:00 a 12:00 am
GESTION DE LA CALIDAD	-Política Calidad -Objetivo de la política -Que es la norma ISO 9001-20008 -Llenado de registro	9/11/2013	Conocer el sistema de gestión de calidad	1:00 a 5:00 pm
RELACIONES HUMANOS	-Manejo de personal y - Resolución de problemas -Relaciones interpersonales calidad y servicios -La comunicación y liderazgo	10/11/2013	Fomentar valores y actitudes que ayuden a desarrollar competencias en el manejo de grupo	08:00 a 12:00 am
	-Don de mando y delegar -Eficiencia y eficacia -Trabajo en equipo y motivación -Planificación de recursos humanos	10/11/2013		1:00 a 5:00 pm
EL CAPORAL DE CORTE	-Quien es el caporal -Función del caporal -Informe de asistencia Identificación de tajos /agarradas de corte plano digital	11/11/2013	Brindar la información adecuada para elevar nivel de confianza de los caporales	08:00 a 12:00 am
PLANO DIGITAL	-Que es la hand held -Partes de la hand held -Funcionamiento impresora - Partes de la impresora - Funcionamiento elaboración de plano digital	11/11/2013		1:00 a 5:00 pm

Fuente: Elaboración propia, 2013.

En el cuadro 47 se puede observar todas las funciones que un caporal que está el Ingenio Palo Gordo tiene que conocer para poder ejecutar su trabajo cada día.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

Figura 22. Capacitación de caporales

Cuadro 48. Cronograma de formación de Monitor para el Ingenio Palo Gordo S.A.

MODULO	CONTENIDO	FECHA	OBJETIVO	HORARIO
RECURSOS HUMANOS	Bienvenida Inducción Institucional	14/11/2013	Dar inducción a los nuevos colaboradores, sobre procedimientos y normativas del Ingenio	08:00 a 09:00 am
	Llenado de papelería Ingresos y Reingresos pagos rezagados			09:00 a 12:00 am
ACAS	Recibo de pago Reporte de asistencia Reporte de pesas Pagos (normal, doble, feriado, asueto, séptimo)			1:00 a 5:00 pm
PRIMEROS AUXILIOS EN CAMPO	Quemaduras heridas y contusiones Insolación y deshidratación Mordeduras de serpiente	15/11/2013	Brindar información a los colaboradores para la prevención y atención de emergencia de forma oportuna	08:00 a 12:00 am
GESTION DE LA CALIDAD	Política Calidad Objetivo de la política Que es la norma ISO 9001-20008 Llenado de registro		Conocer el sistema de gestión de calidad	1:00 a 5:00 pm
RELACIONES HUMANOS	Manejo de personal y resolución de problemas relaciones interpersonales calidad y servicios La comunicación y liderazgo	16/11/2013	Fomentar valores y actitudes que ayuden a desarrollar competencias en el manejo de grupo	08:00 a 12:00 am
	Don de mando y delegar Eficiencia y eficacia Trabajo en equipo y motivación Planificación de recursos humanos			1:00 a 5:00 pm
EI MONITOR DE CORTE DE CAÑA	Quien es el monitor Función del monitor Seguridad de corte de 6 surcos Hechadura de nido Calidad en el corte de caña Ruta de la caña campo - fábrica Técnicas de corte de caña Demostración de corte de caña Evaluación	17/11/2013	Brindar la información adecuada para elevar nivel de confianza de los caporales	08:00 a 12:00 am
PLANO DIGITAL	Que es la hand held Partes de la hand held Funcionamiento impresora Partes de la impresora Funcionamiento elaboración de plano digital			1:00 a 5:00 pm

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el cuadro 48, se puede observar el cronograma de actividades que se tiene desarrollar para la capacitación de los monitores para que puedan ejecutar sus labores en campo y puedan orientar a las demás personas que tiene a su cargo.



Fuente: Elaboración propia, 2013.

Figura 23. Capacitación de monitores

3.2.4. EVALUACIÓN

El ingenio cuenta con un departamento que es el responsable que todo su personal tenga un alto conocimiento de todas las labores que se realicen dentro del ingenio, es por eso que los caporales y monitriadores se encuentren capacitados para cualquier instancia que surga dentro de sus actividades

3.3. SERVICIOS 2. CONOCER EL NIVEL DE CAPACIDAD DEL PERSONAL PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS TRACTORES DE LOS OPERADORES DEL INGENIO PALO GORDO S.A.

3.3.1. Antecedentes

Los procesos agrícolas dentro del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), involucra la utilización de maquinaria. Para estas labores Palo Gordo cuenta con maquinaria agrícola especializada además de estas utiliza recurso humano capacitado para desempeñarse correctamente.

Para abastecer al ingenio de toda maquinaria agrícola efectiva se necesitan renovaciones de los tractores cada cierto tiempo debido a que la maquinaria sufre deterioro por el uso continuo; por tal razón es importante conocer el nivel de conocimiento y capacidad del personal tanto teórica, como prácticas para la operación y mantenimiento preventivo de los tractores

El presente servicio profesional se enfoca en realizar una evaluación para identificar el nivel de conocimientos de operación de los tractores y con base a ella plantear una capacitación, de tal forma que todos tengan los conocimientos básicos para el uso eficiente de la maquinaria.

3.3.2. OBJETIVO

3.3.2.1. Objetivo General

Conocer el nivel de capacidad del personal para la operación y mantenimiento preventivo de los tractores de los operadores del Ingenio Palo Gordo.

3.3.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar el nivel de capacidad de 148 operadores de tractor.
- Determinar el nivel de habilidades de 148 operadores de tractor.
- Analizar los resultados de las evaluaciones diagnósticas y detectar temas de capacitación.

3.3.3. METODOLOGÍA

1. Conocer al personal que opera los tractores del Ingenio Palo Gordo.
2. Conocer problemas relacionados con el mal uso de los recursos, pérdida de tiempo y accidentes.
3. Realización de evaluación teórica y práctica para terminar el nivel de conocimientos y habilidades que cada uno de ellos posee.
4. Identificar las debilidades para mejorar la operación y mantenimiento preventivo de los tractores

3.3.3.1. Preparación del material teórico y práctico para la estandarización sobre el manejo y mantenimiento correcto del tractor

Las pruebas teóricas y prácticas conformaran los aspectos: mantenimiento preventivo (revisión 360°), sistema eléctrico (corrientes en la batería, indicadores eléctricos de tablero, motor de eléctrico de arranque, alternador de corriente eléctrica y luces delanteras y traseras), suspensión (neumáticos y balancines de suspensión delantera), transmisión (bloques o paquetes de cambios de velocidades, eje cardan, diferencial, embrague, puntos de lastre y funciones básicas de indicadores en el tablero).

A. Cuantificación de los operadores de tractores

El Ingenio Palo Gordo cuenta con 148 operarios los cuales participaron en prueba de nivel de capacidad del personal para la operación y mantenimiento preventivo de los tractores. Colaboradores que serán la población neta para la estandarización del manejo y mantenimiento correcto de los tractores.

B. Ubicación de los operadores de tractores

Para que la actividad se realizar de la mejor manera se ubicaron a los tractoristas, determinando las fechas y horas para realizar las pruebas teóricas y prácticas, las cuales no interfieran en sus labores, por tal motivo se evaluaron 21 operadores de tractor por semana

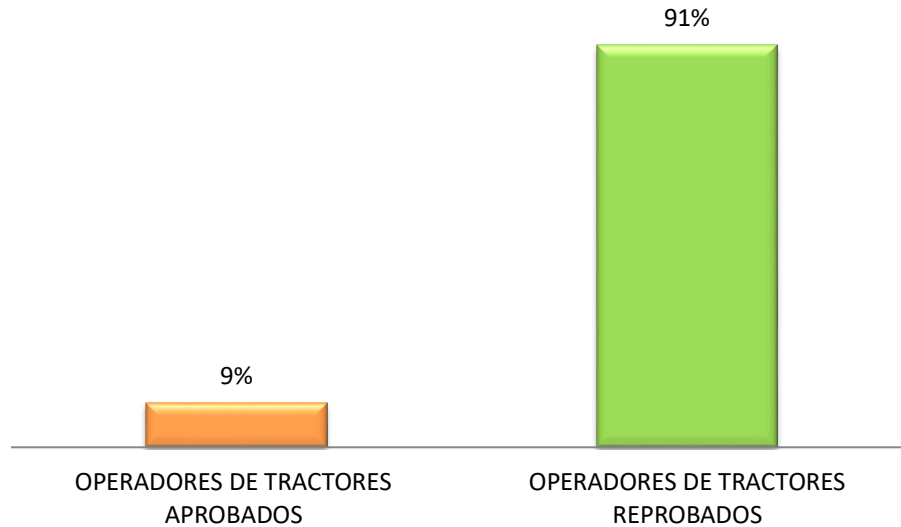
3.3.3.2. Realización de la evaluación diagnóstica para conocer las habilidades y conocimientos de los tractoristas

Después de la planificación de los servicios, se ejecutaron todas las evaluaciones a los 148 operadores de tractores de forma programada, reuniéndolos en las oficinas que estén constituidas en cada una de las áreas de trabajo. Según criterio del Ingenio Palo Gordo se consideran competentes para realizar su labor aquellos operadores que aprueben las pruebas con un puntaje mayor a 70 puntos. En caso contrario los operadores que no cumplan con este parámetro se someterán a capacitación y nuevamente serán evaluados.

3.3.4. RESULTADOS

Se realizaron las evaluaciones teóricas y prácticas a un total de 148 operadores de tractores, sobre los temas: mantenimiento preventivo, sistema eléctrico, funcionamiento del motor, capacidades del tractor, suspensión, transmisión, diferencial, embrague, punto de lastre,

funciones básicas de indicadores en el tablero y accionamiento de la doble del tractor; obteniendo los resultados que se muestran en las figuras 22.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura 24. Resultados de evaluaciones teóricas y prácticas.

En la figura 22 se puede observar que el 9% que corresponde a 14 operarios aprobaron la evaluación teórica como practica obteniendo punteos mayores de 70 puntos. Así mismo el 91% de evaluados que corresponden a 134 operarios reprobaron ambas pruebas; los temas deficientes que se observaron fueron: funcionamiento del motor, capacidades del tractor, punto de lastre y accionamiento de la doble del tractor, Examen práctico de operarios de tractor figura 23.



Fuente: Ingenio Palo Gordo, 2013.

Figura 25. Prueba práctica operador de tractor.

3.3.5. EVALUACIÓN

En conclusión, de que los 134 operadores que reprobaron las evaluaciones teóricas y prácticas reciban capacitación en los temas de funcionamiento del motor, capacidades del tractor, punto de lastre y accionamiento de la doble del tractor; y nuevamente sean sometidos al proceso de evaluaciones. Para que posteriormente se realicen a la estandarización de los 148 operadores, sobre el manejo y mantenimiento correcto del tractor, con la ejecución de los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación de experiencia y capacitación; en el trabajo diario de campo, con la finalidad de reducir costos, tiempo de operación y evitar accidentes.

3.3.6. BIBLIOGRAFÍA

1. Acan, L. 2015. Evaluación teórica y práctica para puesto operadores de tractores División Agrícola, Ingenio Palo Gordo. Trabajo Graduación Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 18-22.
2. Especificaciones de tractor John Deere serie 6155. 2012. Consultado 18 set. 2014. Disponible en www.deere.com/p115-139.pdf/



Polando Ramos