


	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

Neiva, 16 de marzo de 2015

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Víctor Félix Alarcón Trujillo _____, con C.C. No. 1075253485 _____,
 _____, con C.C. No. _____,
 _____, con C.C. No. _____,
 _____, con C.C. No. _____,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado “Diseño e Instalación de Vivero de Palma de Aceite con Modalidad de Riego por Goteo,

Municipio del Retén Departamento del Magdalena” _____





presentado y aprobado en el año 2015 como requisito para optar al título de

Ingeniero Agrícola _____;

autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

VÍCTOR FELIX ALARCÓN TRUJILLO

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

• Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Victoria Félix Alarcón T.
EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: *[Handwritten Signature]*

EL AUTOR/ESTUDIANTE:





Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 4

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Diseño e Instalación de Vivero de Palma de Aceite con Modalidad de Riego por Goteo, Municipio del Retén Departamento del Magdalena

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Alarcón Trujillo	Víctor Félix

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Cifuentes Perdomo	Miguel German

ASESOR (ES):






Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Pachón Bejarano	Rodrigo Alberto
Gonzales Leiva	Fernando

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2015 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 91

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						   
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 4

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías_X_ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general_X_ Grabados___ Láminas___
 Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos_X_ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o Cuadros_X

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Microsoft Word ó Adobe Reader, AutoCAD

MATERIAL ANEXO: Plano General del Vivero





PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

- | <u>Español</u> | <u>Inglés</u> |
|----------------------------------|-------------------------|
| 1. Producción Agrícola | Agricultural Production |
| 2. Transferencias de Tecnologías | Technology Transfer |
| 3. Cambio Climático | Climate Change |
| 4. Recurso Hídrico | Water Resources |
| 5. Fertirriego | Fertigation |
| 6. Goteo | Drip |

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

En el departamento del Magdalena las actividades agrícolas constituyen uno de los sectores más importantes en la dinámica económica, por ende, el desarrollo de los pueblos está unido a una serie de factores económicos, que indudablemente requieren de una buena producción agrícola; lo que hace imperativo la constante transferencia de tecnologías. Dada la escasez del agua en algunas zonas del departamento del Magdalena, debido al cambio climático y al existir hoy una mayor demanda del recurso hídrico; el uso eficiente y racional de las aguas subterráneas y superficiales empieza a ser un tema crucial.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					  	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 4

El proyecto “Diseño e Instalación de Vivero de Palma de Aceite con Modalidad de Riego por Goteo, Municipio del Retén Departamento del Magdalena” que se realizó en la modalidad de pasantía, tuvo como objetivo realizar apoyo técnico a los productores y surge como una excelente alternativa de riego para suplir las necesidades hídricas y nutricionales del cultivo mediante el fertirriego, teniendo como factor vital el uso eficiente del recurso hídrico.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

In the Department of Magdalena, agricultural activities constitute one of the most important sectors in the economy. The development of towns is linked to a series of economic factors that are based on agricultural production; making it imperative constant technology transfer. Given the water shortage in some areas of the department of Magdalena due to climate change and the existence of high demand for water resources, the rational and efficient use of the groundwater and surface water is a crucial issue.

This project, “Design and installation of palm oil nursery with drip irrigation, El Reten Department of Magdalena” was performed as an internship. The project aimed to carry out technical support to producers. Also, drip irrigation emerged as an efficient alternative method of irrigation for supplying crops with water and nutrients by fertigation.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Esp. Miguel Germán Cifuentes Perdomo

Firma:

Nombre Jurado: MsC. Fernando Gonzales Leiva

Firma:

Nombre Jurado: MsC. Rodrigo Alberto Pachón Bejarano

Firma:



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

4 de 4



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

El proyecto "Diseño e Instalación de Vivero de Palma de Aceite con Modalidad de Riego por Goteo, Municipio del Retén Departamento del Magdalena" que se realizó en la modalidad de pasantía, tuvo como objetivo realizar apoyo técnico a los productores y surge como una excelente alternativa de riego para suplir las necesidades hídricas y nutricionales del cultivo mediante el fertirriego, teniendo como factor vital el uso eficiente del recurso hídrico.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

In the Department of Magdalena, agricultural activities constitute one of the most important sectors in the economy. The development of towns is linked to a series of economic factors that are based on agricultural production; making it imperative constant technology transfer. Given the water shortage in some areas of the department of Magdalena due to climate change and the existence of high demand for water resources, the rational and efficient use of the groundwater and surface water is a crucial issue.

This project, "Design and installation of palm oil nursery with drip irrigation, El Reten Department of Magdalena" was performed as an internship. The project aimed to carry out technical support to producers. Also, drip irrigation emerged as an efficient alternative method of irrigation for supplying crops with water and nutrients by fertigation.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Esp. Miguel Germán Cifuentes Perdomo

Firma:

Nombre Jurado: MSc. Fernando Gonzales Leiva

Firma:

Nombre Jurado: MSc. Rodrigo Alberto Pachón Bejarano

Firma:

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE VIVERO DE PALMA DE ACEITE CON
MODALIDAD DE RIEGO POR GOTEO, MUNICIPIO DEL RETÉN
DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA**

Autor

VÍCTOR FÉLIX ALARCÓN TRUJILLO

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRÍCOLA
NEIVA-HUILA
2015**



**DISEÑO E INSTALACIÓN DE VIVERO DE PALMA DE ACEITE CON
MODALIDAD DE RIEGO POR GOTEO, MUNICIPIO DEL RETÉN
DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA**

Autor

VÍCTOR FÉLIX ALARCÓN TRUJILLO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Ingeniero Agrícola


Director:

Esp. Ing. MIGUEL GERMAN CIFUENTES


**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRÍCOLA
NEIVA-HUILA
2015**




Nota de Aceptación



MsC Ing Rodrigo Alberto Pachón Bejarano
Docente Universidad Surcolombiana
Jurado



MsC Ing Fernando Gonzales Leiva
Docente Universidad Surcolombiana
Jurado



Esp Ing Miguel German Cifuentes Perdomo
Docente Universidad Surcolombiana
Director

Neiva, Marzo de 2015



DEDICATORIA

Este trabajo de grado se lo dedico a Dios, quién iluminó mi camino y bendijo mis pasos, por darme fuerzas para levantarme triunfante después de cualquier adversidad y dotarme de valor para hacerle frente a los diferentes problemas y calamidades que se presentan en la vida.

“(...) Y en ese constante esfuerzo por liberarse de la posición desventajosa en que las contingencias de la vida los han colocado, fortalecen su carácter y apuran su ingenio, y logran en muchos casos adquirir una preparación que les permita seguir una trayectoria siempre ascendente.”

Álvaro Obregón

“No olvides tu historia ni tu destino.”

Bob Marley



AGRADECIMIENTOS

A mis padres Víctor e Iliá, por su infinito amor, su ayuda en los momentos difíciles, por sus consejos y comprensión; a ellos agradezco todo lo que soy, mi autodisciplina, mis principios, mi responsabilidad, mi honestidad, mi perseverancia, empeño y coraje para continuar consiguiendo metas; gracias por todos los momentos que hemos vivido juntos, por lo regaños y las enseñanzas, gracias por concederme la vida, ¡Los amo, serán mi compañía, resguardo y aliento por siempre!

A mis hermanas Johana y María Fernanda, a mis hermanos Milton y Josué y a mis hermosas sobrinas Valerie y Luciana; ustedes son motor de vida, gracias por su paciencia, gracias por ser motivación, inspiración y felicidad, gracias por acompañarme en esta nueva etapa y sobre todo, gracias por permitirme ser parte de sus vidas

A Gloria, Gracias por entrar en nuestras vidas y corazones, por estar con nosotros y apoyarnos, gracias por compartir esta etapa tan importante de mi vida, mil gracias por todo lo que hace por mí

A mis tías Patricia, Jesusita, Esperanza, María, Edith, Esai, Emilsen, Marisol y a mi tío Rubén, gracias por su amor, compañía y apoyo incondicional

A todos mis primos, en las buenas y en las malas

A mis amigos y compañeros, Pipe, Juan Carlos, Milena, Nini, Cristian, Andrés “el soclo”, Javier Eduardo, Oskar y todos los que me acompañaron en esta etapa de formación profesional.

Y por supuesto, al fastuoso profesor Rodrigo Pachón Bejarano, incondicional amigo y guía en este proceso.



CONTENIDO

RESUMEN.....	11
Abstract.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo General.....	13
2.2. Objetivos Específicos	13
3. ESTADO DEL ARTE	14
4. MARCO TEÓRICO	16
4.1. Importancia del riego	16
4.2. Concepto de riego agrícola.....	16
4.3. Estudios necesarios para el desarrollo de un proyecto de riego	17
4.3.1. Estudio topográfico.....	17
4.3.2. Estudio edafológico	18
4.3.3. Estudio Climatológico	18
4.3.4. Relación Agua-Suelo-Planta.....	18
4.3.5. Consumo de agua por los cultivos.....	19
4.3.6. Calidad del agua para riego.....	19
4.4. Riego localizado	20
4.4.1. Ventajas e inconvenientes del riego localizado.....	20
4.5. Riego por goteo	21
4.5.1. Goteros.....	21
4.6. Fertirrigación.....	22
4.6.1. Ventajas de la fertirrigación	22
4.6.2. Limitaciones de la fertirrigación	23
4.6.3. Componentes del sistema de fertirrigación	24
4.6.4. Análisis de suelos.....	24
4.6.5. Método para aplicar la solución concentrada al sistema.....	25

4.7.	Diseño agronómico.....	25
4.7.1.	Densidad aparente	26
4.7.2.	Textura	26
4.7.3.	Capacidad de campo.....	27
4.7.4.	Humedad en el punto de marchitamiento	27
4.7.5.	Agotamiento del agua disponible	28
4.7.6.	Dosis, intervalo entre riegos y duración del riego.....	28
4.8.	Generalidades del cultivo de palma de aceite.....	29
4.8.1.	Clasificación	29
4.8.2.	Fisiología	31
4.8.3.	Clima	32
4.8.4.	Suelo	32
4.9.	Establecimiento de un vivero de palma de aceite	33
4.9.1.	Viveros de dos fases	33
4.9.2.	Viveros de una fase	34
4.9.3.	Adecuación del sitio seleccionado para el vivero	35
4.9.4.	Requerimientos nutritivos de palma de aceite en etapa de vivero.....	35
5.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	37
5.1.	Ubicación del proyecto	37
5.2.	Características climáticas de la zona	38
6.	METODOLOGÍA	41
6.1.	Reconocimiento de campo	41
6.2.	Recolección de Información.....	41
6.2.1.	Precipitación y Evaporación de la Zona.....	41
6.2.2.	Tipo de Suelo	41
6.2.3.	Disponibilidad del Recurso Hídrico	41
6.3.	Topografía	42
6.4.	Diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego	42
6.4.1.	Distanciamiento entre emisores (De).....	43
6.4.2.	Unidad de riego a utilizar	43
6.4.3.	Trazado del sistema de riego y cultivo	43

6.5.	Instalación del sistema de riego.....	44
6.6.	Prueba Hidráulica	44
7.	RESULTADOS	45
7.1.	Planimetría y altimetría	45
7.2.	Diseño agronómico.....	45
7.2.1.	Prueba físico-química del sustrato.....	45
7.2.2.	Caudal disponible para el diseño	45
7.2.3.	Cálculo de requerimientos hídricos para palma de aceite <i>Eliais guinensis</i> en etapa de vivero	47
7.3.	Selección de unidad de Fertirrigación.....	50
7.3.1.	Selección del inyector Venturi.....	50
7.4.	Diseño hidráulico	51
7.4.1.	Cálculo de lateral de riego	51
7.4.2.	Cálculo de tubería múltiple	51
7.4.3.	Cálculo de tubería principal	51
7.4.4.	Selección de unidad de filtrado y pérdidas de presión	52
7.4.5.	Selección de unidad de bombeo.....	53
8.	CANTIDADES DE OBRA.....	54
9.	PRESUPUESTO.....	56
10.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE BOMBEO Y FERTIRRIGACIÓN	58
10.1.	Funcionamiento de electrobomba	58
10.2.	Funcionamiento del inyector.....	59
11.	CONCLUSIONES	61
12.	RECOMENDACIONES	62
	BIBLIOGRAFÍA.....	63
	ANEXOS.....	65

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Partes del fruto y características de las variedades del fruto de palma aceitera (http://www.angelfire.com/biz2/palmaaceitera/infotecnica)	30
Imagen 2. Ubicación del predio.....	37
Imagen 3. Tanque evaporímetro tipo A y pluviómetro - Palmares de Zacapa S.A.S	38
Imagen 4: Sistema de riego instalado; de un gotero de 8 l/h se abastecen 4 bolsas de vivero, cada una con un caudal de descarga de 2 l/h.....	42
Imagen 5. Gotero auto-compensado 8 L/h NaanDanJain	43
Imagen 6. Distribución de palmas, laterales de riego y goteros	44
Imagen 7. Cárcamo para el suministro de agua.....	46
Imagen 8. Inyector Venturi Mazzei REF. 1078-02-PVDF	50
Imagen 9. Filtro tagline 2”	52
Imagen 10. Pérdidas de carga filtro tagline 2” T-S	52
Imagen 11. Electrobomba centrífuga pedrollo CPm 680C.....	53
Imagen 12. Curva de rendimiento electrobomba Pedrollo CPm 680C	59
Imagen 13. Panorámica de las plántulas en etapa de pre-vivero	65
Imagen 14. Estacado y alineación de vivero	65
Imagen 15. Construcción de la caseta de bombeo	66
Imagen 16. Instalación de bombeo	66
Imagen 17. Cabezal de campo, unidad de fertirrigación	67
Imagen 18. Piscina – cárcamo.....	67
Imagen 19. Excavación de zanja para tubería principal y múltiple a pala.....	68
Imagen 20. Instalación de manguera lateral, conexión a tubería múltiple	68
Imagen 21. Instalación de manguera lateral	69
Imagen 22. Paso de bolsas al sitio definitivo.....	69
Imagen 23. Panorámica del vivero con las bolsas establecidas.....	69
Imagen 24. Sistema de riego instalado y operando	69
Imagen 25. Paso de las plántulas a las bolsas de vivero	70
Imagen 26. Plama de vivero durante su primer mes	70
Imagen 27. Sistema de riego por goteo	70
Imagen 28. Panorámica del vivero durante su primer mes	70
Imagen 29. Panorámica del vivero durante su tercer mes después el trasplante	71
Imagen 30. Panorámica del vivero durante su quinto mes después el trasplante	71
Imagen 31. Panorámica del vivero durante su séptimo mes después el trasplante.....	71
Imagen 32. Panorámica del vivero durante su décimo mes después el trasplante.....	72
Imagen 33. Palmas de 10 meses con excelente desarrollo fisiológico, listas para el trasplante al sitio definitivo en campo	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de la palma aceitera en etapa de vivero	36
Tabla 2. Registro de precipitación mensual acumulada (mm) 2007 - 2012	39
Tabla 3. Registro de evaporación mensual acumulada (mm) año 2012	40
Tabla 4. Sistema de georreferenciación.....	42
Tabla 5. Resultados de análisis de suelos	45
Tabla 6. Referencia inyector Venturi	51
Tabla 7. Listado de materiales	54
Tabla 8. Presupuesto del proyecto.....	56
Tabla 9. Información de campo recolectada durante la prueba.....	58
Tabla 10: Información de campo recolectada al momento de la fertirrigación	60
Tabla 11. Tasa de succión del inyector Venturi.....	60
Tabla 12. Plan general de fertilización para vivero de palma de aceite Zacapa	76

RESUMEN

En el Departamento del Magdalena las actividades agrícolas constituyen uno de los sectores más importantes en la dinámica económica, por ende, el desarrollo de los pueblos está unido a una serie de factores económicos, que indudablemente requieren de una buena producción agrícola; lo que hace imperativo la constante transferencia de tecnologías.

Dada la escasez del agua en algunas zonas del Departamento del Magdalena, debido al cambio climático y al existir hoy una mayor demanda del recurso hídrico; el uso eficiente y racional de las aguas subterráneas y superficiales empieza a ser un tema crucial.

El proyecto “Diseño e Instalación de Vivero de Palma de Aceite con Modalidad de Riego por Goteo, Municipio del Retén Departamento del Magdalena” que se realizó en la modalidad de pasantía, tuvo como objetivo realizar apoyo técnico a los productores y surge como una excelente alternativa de riego para suplir las necesidades hídricas y nutricionales del cultivo, teniendo como factor vital el uso eficiente del recurso hídrico.

Abstract

In the Department of Magdalena, agricultural activities constitute one of the most important sectors in the economy. The development of towns is linked to a series of economic factors that are based on agricultural production.

Given the water shortage in some areas of the Department of Magdalena due to climate change and the existence of high demand for water resources, the rational and efficient use of the groundwater and surface water is a crucial issue.

This project, “Design and installation of palm oil nursery with drip irrigation, El Reten Department of Magdalena” was performed as an internship. The project aimed to carry out technical support to producers. Also, drip irrigation emerged as an efficient alternative method of irrigation for supplying crops with water and nutrients.



1. INTRODUCCIÓN

Para tener rendimientos óptimos de los cultivos es importante considerar una serie de factores influyentes en la relación Agua-Suelo-Planta. Dentro de estos se mencionan los siguientes: variedades, fertilizaciones, control de plagas y enfermedades, clima, riego, drenaje, etc. De todos los mencionados, el agua juega un papel indispensable para el desarrollo de los cultivos.

PALMARES DE ZACAPA S.A.S. decidió desarrollar el proyecto de vivero de palma de aceite en el predio la Sarita, ubicado en la zona rural del municipio del retén departamento del Magdalena, a 3 km del casco urbano. Las condiciones climatológicas de la zona están caracterizadas por un régimen seco, con precipitaciones convectivas aisladas, es decir, precipitación de gran intensidad y corta duración, concentradas en pequeñas áreas, además de presentar fenómenos naturales muy pronunciados (fenómeno de la niña y el niño).

Con el ánimo de instalar un vivero ambientalmente amigable, la empresa optó por implementar el riego por goteo, el cual se caracteriza por minimizar las pérdidas por infiltración profunda, reducir considerablemente el escurrimiento y la aplicación práctica de fertilizantes mediante el sistema de fertirrigación; Así, el agua aplicada es solamente la que el cultivo requiere para su crecimiento. Estas características del sistema de riego dan una serie de ventajas tanto agronómicas como económicas.

El vivero instalado está destinado para cubrir la demanda de las primeras 22 ha del proyecto de renovación que busca reemplazar palma de aceite con más de 25 años por material elite que garantice una excelente producción futura.

De esta forma, en el presente trabajo fueron desarrollados los estudios topográficos, climáticos, edafológicos e hidráulicos para el diseño de un sistema de riego por goteo utilizando como fuente abastecedora principal el agua del canal Patía II (distrito de riego USOARACATACA).



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Diseñar, Instalar y verificar la correcta operación de un sistema de riego por goteo para un vivero de 6.000 plántulas de palma de aceite *Eliais guinensis* variedad IRHO 0731 e IRHO 7001.

2.2. Objetivos Específicos

- Obtener materiales elite requeridos en el plan de renovación de la plantación que garanticen alta producción futura.
- Calcular tiempos y frecuencias de riego para la palma en etapa de vivero.
- Instalar un sistema de fertirrigación que supla las necesidades nutricionales a cada una de las plántulas del vivero.

3. ESTADO DEL ARTE

En Colombia se desarrolló un proyecto que involucra el sistema de riego por goteo en viveros de palma de aceite; dicho proyecto fue llevado a cabo por la empresa Aceites Manuelita S.A. en el Departamento de Casanare, municipio de Orocué, muy cerca al Río Meta (Manuelita, 2010).

Aceites Manuelita S.A. seleccionó dicha zona debido a sus características climatológicas con precipitación anual de 1.723 mm, (Manuelita, 2008), tendencia pluviométrica monomodal y déficit hídrico durante seis meses (que puede inclusive ser de 154 mm). A esto se suman vientos que en el periodo de verano alcanzan velocidades de 25 km/h con ráfagas hasta de 48 km/h que pueden durar inclusive 10 horas diarias, lo que imposibilita usar por ejemplo un sistema de riego por aspersión.

Al igual que el proyecto Zacapa, el vivero de Aceites Manuelita tuvo dos fases. La primera (pre-vivero) se situó muy cerca de la zona de bosque de galería, para evitar inconvenientes generados por los fuertes vientos. Se utilizó un área total de 7.000 m² y una bomba de 6.5 Hp, un motor diésel, para poder asperjar 2,5 L/s sobre las eras, que son de 0,8 x 25 m de largo.

El sistema de riego del proyecto Manuelita fue diseñado por la empresa Netafim, el cual incluyó un motor diésel Perkins de 59 Hp con una bomba de presión con capacidad de 22 litros por segundo. La tubería desde el río es de 6 pulg; después de la caseta de filtros y fertilizantes se redujo a 4 pulg, y a 2 pulg en la cabecera de los surcos, donde se instalaron los conectores a cada lateral de riego, que es una manguera de polietileno de 16 mm.

El sistema de fertilización fue diseñado independiente para cada fuente. Las fuentes de fertilizantes utilizadas en dicho proyecto fueron: sulfato de amonio, FosKfer, cloruro de potasio, nitrofer magnesio y Boroliq, las cuales son muy similares a las recomendadas por Abocol S.A. para el proyecto Zacapa. Sin embargo, En el proyecto Manuelita fue instalado un controlador totalmente computarizado, que dosifica la cantidad de agua inicial o mezcla madre de fertilizantes al agua que proviene de la bomba.

Se utilizaron goteros auto-compensados que trabajan a 30 PSI, cuyo caudal de diseño es 1,2 litros por hora. El equipo de filtros, es muy importante. En el caso de Aceites Manuelita S.A., se utilizó una unidad de filtros de 3 pulg de diámetro, modelo Arkal.



El agua de riego en el proyecto Manuelita fue captada del río Cravo Sur. La cual no presentó problemas con el contenido de hierro, pero sí con los sólidos totales durante el periodo de invierno. Ello obligó el rebombear de aguas, para lo cual se construyó una piscina de sedimentación de 1.500 m³ que evitara el taponamiento de mangueras.

Con respecto al consumo de agua, Aceites Manuelita S.A. afirma lo siguiente: En la primera semana de vivero se inició con una aplicación de una hora, o sea 1,2 litros de agua por bolsa, equivalente a una lámina de 1,7 mm; ello se hizo en cuatro ciclos de 15 minutos para evitar el desbordamiento o derrame del agua de la bolsa.

En la semana número 24, por desarrollo del cultivo, se aumentó el tiempo de riego al doble, es decir, a 2 horas, con lo cual llegaron a aplicar 2,4 litros de agua por bolsa en 8 ciclos de riego de 15 minutos. En total, en una palma de 9,25 meses se aplicaron 250 litros y fue regada 173 días.

Debido a lo anterior Aceites Manuelita precisara una primera conclusión: el riego por goteo permite, comparado con un sistema de riego por aspersión y en un área de una unidad de una parcela de 7.380 palmas, economizar hasta el 37% del agua y, por ende, minimizar costos en la operación de los equipos.

Además, teniendo en cuenta los resultados del proyecto, Aceites Manuelita concluyó lo siguiente (Manuelita 2010):

- La aplicación oportuna y exacta de las dosis de fertilizantes y agua a cada palma en el tiempo, adicional a la buena calidad de los materiales genéticos utilizados, permiten obtener un cultivo con excelente uniformidad en el desarrollo.
- La disminución de tiempo en vivero y la eficiencia del fertirriego permitió reducir en 36% el consumo de agua y de 7,5 a 34,7% la cantidad de nutrientes aplicados (N, P, K, Mg y B).
- El riego por goteo es recomendable para proyectos de viveros de varios años consecutivos, debido a que todo el conjunto se reutiliza (10 años). El costo total de los equipos por palma es de \$597,46 COP (US \$0,26), amortizando el equipo de riego en cinco temporadas.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Importancia del riego

La actividad del regadío ha estado asociada a un objetivo fundamental: la sobrevivencia del ser humano, que ha sido en parte, responsable del auge y caída de florecientes civilizaciones. (Valdeverde, 1988).

El riego agrícola se ha desarrollado más intensamente en las regiones áridas del mundo, en las cuales la precipitación es tan escasa que ningún cultivo puede producirse sino se tiene riego. Cuando el riego ha sido implementado en estas regiones, la agricultura que se desarrolla es altamente productiva ya que el agua puede aplicarse al cultivo en el momento y la cantidad que este lo requiere y no como sucede en caso de otros. La agricultura bajo riego también permite hacer un mejor manejo de otras técnicas como la fertilización, mayores densidades de plantas, uso de variedades más productivas, menos uso de agroquímicos y además la inversión hecha en un cultivo es más asegurada que con la agricultura supeditada a la lluvia. (Sandoval, 1989).

Pero el riego no solamente es necesario en regiones áridas. También se justifica en zonas tropicales que acusan una prolongada época seca que varía de uno a varios meses. En estas condiciones se aplica el riego suplementario. (Valdeverde, 1988).

4.2. Concepto de riego agrícola

Según Gurovich (1985), el agricultor debe formularse cuatro preguntas fundamentales; las respuestas permiten el uso eficiente y racional del agua. Esas preguntas son:

1. ¿Por qué regar?, es decir, cual es el beneficio que se espera obtener aplicando riego a un suelo de secano.
2. ¿Cuándo regar?, es decir, con qué frecuencia se debe repetir riegos consecutivos y cuál es el criterio para determinar esa frecuencia.
3. ¿Cuánto regar?, es decir, durante cuánto tiempo o con cuánta agua debe regarse una superficie agrícola.
4. ¿Cómo regar?, es decir, de qué forma aplicar el agua al suelo, lo que constituye el método de riego.

El aumento de la eficiencia en el uso del agua debe basarse en la aplicación de principios racionales y modernos al suelo que se está regando. El riego agrícola puede definirse como una técnica o práctica de producción; el riego es la aplicación oportuna y uniforme a un perfil del suelo para reponer en este el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos. (Gurovich,1985).

Para Gurovich (1985), los principales problemas que pueden surgir de un riego deficiente son:

- a. Pérdidas de agua, o sea una baja deficiencia en el aprovechamiento del recurso. Pueden deberse a dos procesos fundamentales: perdidas por escurrimiento superficial al final del área que se riega, cuya causa principal es el uso de grande caudales de agua; o por el procesos de percolación profunda bajo las raíces de las plantas, y esto se debe al uso de unidades de riego por superficie muy grandes.
- b. Lavado de nutrientes bajo la zona donde se desarrollan raíces, derivado principalmente de problemas de percolación profunda, asociada a esto se puede producir una concentración de sales en donde se desarrollan las raíces.
- c. Bajo rendimiento de los cultivos, por falta o exceso de agua en diferentes lugares de la misma unidad de riego.

4.3. Estudios necesarios para el desarrollo de un proyecto de riego

El desarrollo de un proyecto de irrigación, según Valdeverde (1988), está fundamentado en una serie de estudios, los cuales requieren de diferentes grados de información básica:

4.3.1. Estudio topográfico

Según Rojas (1982), los levantamientos planimétricos, suministran la información para:

- A. Proyectar la red de riego y de drenaje en el área.
- B. Subdividir la propiedad en diferentes parcelas o cuarteles.
- C. Seleccionar y proyectar los métodos de riego.
- D. Acondicionar las tierras para riego.



El aspecto planimétrico del estudio topográfico debe fijar claramente los límites de la propiedad y las parcelas existentes. Así mismo, el aspecto altimétrico debe garantizar una correcta representación del relieve del campo, que permita la subdivisión del mismo y planear el desarrollo físico de las tierras.

4.3.2. Estudio edafológico

El suelo constituye la base donde se va a establecer el proyecto de riego y el reservorio donde las plantas van a obtener el agua y los nutrientes necesario para su desarrollo, por lo que un conocimiento detallado de las características físicas y químicas del perfil de suelo, así como las externas, es de gran importancia para definir el plan preliminar de los cultivos, la cantidad de agua por aplicar y su frecuencia. (Valdeverde, 1988).

Andrade (1974), menciona que en base a la interacción del suelo son otros caracteres físicos como la disponibilidad de agua, la calidad de la misma y sus caracteres topográficos, se deben evaluar estas características del suelo para conocer su importancia local.

4.3.3. Estudio Climatológico

El clima es fundamental para establecer las posibilidades de producción agrícola en un lugar específico, por lo que se debe disponer de la información básica necesaria en cuanto a los elementos meteorológicos prevalecientes de la zona, con datos de varios años. Esto va a permitir la aplicación de una serie de fórmulas empíricas para determinar las necesidades de agua de los cultivos a establecer en el proyecto. (Valdeverde, 1988).

4.3.4. Relación Agua-Suelo-Planta

De acuerdo a estudios edafológicos se puede derivar una serie de datos que permiten calificar su capacidad como reservorio de agua, la energía con que el agua está retenida a diferentes niveles, la velocidad de penetración de agua desde la superficie y de transmisión a través del mismo. (Rojas, 1982).

Grassi (1975), establece que el vegetal es, en la naturaleza, un organismo poco favorecido, en el sentido de que es tributario del lugar sobre el cual está fijado, no puede,



como los animales, desplazarse donde necesita para buscar el agua y el alimento; como máximo puede dirigir su sistema radicular a la búsqueda de agua contenida en los horizontes del suelo más húmedo y más rico en minerales.

4.3.5. Consumo de agua por los cultivos

El consumo de agua de los cultivos, llamado uso-consumo, se define como la cantidad de agua usada por cada cultivo o vegetación natural y que se utiliza en la formación de tejidos, se pierde por las hojas y se reintegra a la atmosfera debido a la intercepción de la lluvia o del sistema conductor del agua de riego; se utiliza también para este fenómeno la denominación “evapotranspiración”. (Gurovich, 1985).

Según Gurovich (1985), los principales métodos directos para la determinación del uso-consumo son:

- A. Tanques y lisímetros
- B. Estudios de humedad del suelo
- C. Método de integración
- D. Método del balance de agua
- E. Método de equilibrio de energía
- F. Método aerodinámico o de flujo de vapor

La evapotranspiración, se refiere a la cantidad de agua que necesitan las plantas para poder suplir sus necesidades de transpiración, así como las de evaporación del medio en que se desarrollan. La evapotranspiración afectada por varios elementos, siendo estos los siguientes: climáticos; tipo de cultivo, características físicas del suelo y contenido de humedad del suelo. (Valdeverde, 1988).

4.3.6. Calidad del agua para riego

La calidad del agua para riego se determina por la composición y concentración de los constituyentes que pueda contener en solución o suspensión, adquiridos durante su transporte desde los puntos de precipitación e infiltración hasta donde es utilizada. Esa calidad es determinante en el comportamiento de los suelos y los cultivos en los aspectos relacionados con la salinización, la dispersión o destrucción de la estructura, la acumulación de sedimentos y la diseminación de plagas y enfermedades fungosas. (Gurovich, 1985).

Peña (1976), establece que las características que determinan la calidad del agua de riego son

- A. La concentración total de sólidos en suspensión (sedimentos de origen erosivo).
- B. La concentración total de sales solubles.
- C. La concentración relativa de sodio con relación a otros cationes.
- D. La concentración de boro u otros elementos tóxicos.
- E. La dureza del agua, es decir, la concentración de bicarbonatos con relación a los cationes divalentes.
- F. La presencia de semillas de malezas, esporas de hongos patógenos y huevos o larvas de insectos.

4.4. Riego localizado

El riego localizado se empezó a ensayar en Alemania en 1860 y en Estados Unidos en 1918, mediante tuberías porosas o perforadas enterradas. El sistema resulto caro por el tipo de tuberías que se empleaban y presentaba problemas de obstrucción, porque las raíces de las plantas acababan taponando las salidas. (Megh, 2007).

Israel fue uno de los países pioneros de la investigación y desarrollo de este tipo de riegos para sus zonas áridas, semiáridas y desérticas. Simultáneamente se investigó en Italia, Inglaterra, Francia y Estados Unidos, llegándose a buenos resultados, saltando de la etapa experimental a la fase de expansión agrícola. (Claude, 1993).

4.4.1. Ventajas e inconvenientes del riego localizado

Según Pizarro (1996), el riego localizado ofrece una serie de ventajas e inconvenientes que son precisos conocer y evaluar para tomar una decisión razonable a la hora de elegir o no su implantación. Las ventajas con respecto a los sistemas de riego tradicionales son las siguientes:

- a. Mejor aprovechamiento de agua.
- b. Posibilidad de utilizar aguas con un índice de salinidad más alto.
- c. Mayor uniformidad de riego.
- d. Mejor aprovechamiento de los fertilizantes.
- e. Aumento de la cantidad y calidad de las cosechas.
- f. Menor infestación por malas hierbas, debido a la menor superficie de suelo humedecida.

- g. Posibilidad de aplicación de fertilización, correctores y pesticidas con el agua de riego.
- h. Facilidad de ejecución de las labores agrícolas, al permanecer seca una buena parte de la superficie del suelo.
- i. Se necesita un personal más calificado.
- j. Hay que hacer un análisis inicial del agua.
- k. Cuando se maneja mal el riego existe riesgo de salinización del bulbo húmedo.
- l. Hay que revisar periódicamente el funcionamiento del cabezal y de los emisores, con el fin de prevenir las obstrucciones.
- m. Es preciso hacer un control de la dosis de agua, fertilizante y demás productos aplicados al agua de riego.

4.5. Riego por goteo

Un sistema de riego por goteo consiste de líneas principales, líneas secundarias y laterales. Las líneas laterales pueden ser de tubo plástico pequeño combinado con goteros, o simplemente de tubo plástico de baja presión con orificios; las cuales están diseñadas para distribuir agua al campo con un grado aceptable de uniformidad. La línea secundaria actúa como un sistema de control, la cual puede ajustar la presión de agua de tal forma que suministre la cantidad de flujo requerido en cada lateral. También se utiliza para controlar el tiempo de riego en campos individuales.

La línea principal sirve como un sistema de transporte para suministrar la cantidad total de agua requerida en el sistema de riego. Los goteros, líneas laterales, líneas secundarias y principales se consideran partes principales del sistema. Hay otros componentes importantes tales como filtros, reguladores de presión, indicadores de presión, válvulas, inyectores de fertilizante, y otros, los cuales sirven de diferentes propósitos en un sistema de riego. (Megh, 2007).

Si está correctamente montado, instalado, y controlado, el riego por goteo puede ayudar a realizar importantes economías de agua por la reducción de la evaporación. Por otro lado, el riego gota a gota puede eliminar muchas enfermedades que nacen del contacto del agua con las hojas (Claude, 1993).

4.5.1. Goteros

Los goteros son otra de las partes fundamentales del sistema, ya que son los encargados de aplicar el agua a las plantas. Las dos características principales que deben reunir



todos los goteros son: regular el caudal adecuado de agua, y tener un orificio de salida de un tamaño apropiado que evite posibles obstrucciones (uno de los principales problemas de los sistemas de riego por goteo). Para evitar esto se debe colocar un pequeño filtro en la toma del agua que retenga y limpie las pequeñas impurezas que pueda contener el agua.

Según Pizarro (1996), entre los diferentes modelos de goteros que existen en el mercado los más adecuados para nuestra instalación son los goteros autocompensante, los cuales tienen la peculiaridad de aportar la misma cantidad de agua en cada gotero; además cuestan prácticamente lo mismo que un gotero normal, pero ayudan a que la presión sea igual a lo largo de todo el circuito e igualmente se conoce el caudal aproximado de agua que vierte cada uno. El inconveniente en estos goteros, como se comentaba anteriormente, es que se obstruyen fácilmente, especialmente por la cal del agua, precisando de un buen filtrado si el agua es de pozo. Atendiendo a la configuración de su conducto, los goteros se pueden clasificar de la siguiente forma:

- a. De largo conducto.
- b. Gotero de conducto helicoidal
- c. Gotero de laberinto
- d. Gotero de orificio
- e. Gotero de remolino o vortex
- f. Gotero autocompensante

4.6. Fertirrigación

La fertirrigación es el suministro de nutrientes a la planta mediante el agua de riego. Los objetivos de la fertirrigación son disminuir la pérdida de los nutrientes, incrementar la absorción de los mismos y aumentar la producción y la rentabilidad. (SCCS, 1997).

4.6.1. Ventajas de la fertirrigación

1. **Disminución de la mano de obra en la aplicación de los fertilizantes.** La aplicación manual es dispendiosa e inexacta. La aplicación mecánica es relativamente costosa y algunas veces ocasiona compactación del suelo y daños a las plantas.
2. **Mejor distribución del fertilizante.** Las soluciones nutritivas se diluyen en forma homogénea en el agua de riego, lo cual permite que se distribuya en la misma forma que el agua en la zona de raíces, mejorando la eficiencia y disminuyendo los costos.



- 3. Eficiencia en el uso y economía de los fertilizantes.** El suministro de los nutrientes en forma fraccionada aumenta la asimilación, disminuye las pérdidas por lavado y favorece un aprovechamiento más eficiente de los fertilizantes.
- 4. Control de la profundidad de aplicación.** De acuerdo con las características del suelo el fertilizante y el cultivo, algunas veces es necesario aplicar los fertilizantes al finalizar el riego para evitar la lixiviación de los nutrientes en el perfil del suelo.
- 5. Dosis de aplicación y control.** Se pueden aplicar cantidades exactas; además, el sistema de fertilización puede conectarse bajo control automatizado en forma hidráulica, eléctrica, electrónica o sistematizada, usando programas específicos de fertilización.
- 6. Aplicación precisa de microelementos.** Estos nutrientes son costosos y por lo general se aplican en pequeñas dosis; por lo tanto, es necesario tener un sistema preciso y exacto para la aplicación eficiente. (SCCS, 1997).

4.6.2. Limitaciones de la fertirrigación

- 1. Compatibilidad de los fertilizantes.** La fertirrigación está indicada para fertilizantes en solución o para aquellos que sean solubles. No es apropiada cuando se utilizan fertilizantes poco solubles e insolubles; además, algunos fertilizantes no pueden ser mezclados, pues pueden producir interacciones químicas no deseadas o precipitaciones que puedan dañar o taponar las tuberías o los goteros.
- 2. Daños en partes metálicas del sistema.** Algunas de las partes metálicas de la red pueden dañarse por acción corrosiva de los fertilizantes, especialmente el equipo de fertirrigación.
- 3. Reacción de los fertilizantes en la red.** Existen algunos fertilizantes, especialmente los sulfatados, que pueden provocar precipitados en la red como reacción a niveles altos de pH en el agua de riego.
- 4. Obstrucción de las tuberías, emisores y mangueras.** Ésta es causada por incompatibilidades químicas en las sales utilizadas para preparar las soluciones o entre las sales y la calidad del agua de riego.
- 5. Salinización o sodificación del suelo.** Aumento excesivo de la salinidad del agua de riego por uso inadecuado de altas dosis de sales nutritivas.

- 7. Bajo desarrollo del sistema radical.** El sistema radical se concentra en la superficie del terreno puesto que las raíces encuentran fácilmente el nutriente cercano, lo cual desfavorece su desarrollo. (SCCS, 1997).

4.6.3. Componentes del sistema de fertirrigación

El equipo de fertirrigación consta de varios depósitos que contienen los elementos nutritivos, los inyectoros venturi o bombas de inyección, los equipos automáticos de control, las electroválvulas y los sensores.

Según la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (1997), recomienda que para realizar una fertirrigación adecuada en palma, el técnico o el agricultor deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Realizar un análisis de suelos
2. Establecer los requerimientos nutritivos de la palma de aceite, los cuales se orientan a la elaboración de soluciones nutritivas estándar.
3. Determinar las fuentes de los fertilizantes para la preparación de las soluciones nutritivas.
4. Revisar compatibilidad química entre los fertilizantes usados en las soluciones concentradas.
5. Elaborar la solución concentrada en la fertirrigación (cálculos para determinar la cantidad del fertilizante requerido y su volumen en la solución).
6. Implementar el método para la aplicación de la solución concentrada al sistema.

4.6.4. Análisis de suelos

Se debe hacer un análisis químico del suelo para identificar los niveles de nutrientes que están disponibles en el suelo. Esto ayuda a identificar los elementos que se encuentran deficientes y que es necesario suministrar mediante la aplicación de la fertirrigación. (Freid, 1967).

Se toma una muestra representativa del área a sembrar, la cual se compone de varias submuestras tomadas en forma aleatoria. Esta muestra debe ser de por lo menos un kilogramo de suelo, la cual se lleva al laboratorio y se solicita un análisis completo (N, P, K, Ca, Mg, Fe, S, Cu, Mn, Zn, B) para determinar los macronutrientes y micronutrientes, además de la salinidad (CE) y la acidez del suelo (pH y Al).

4.6.5. Método para aplicar la solución concentrada al sistema

Una vez elaborada la solución concentrada es necesario inyectarla al sistema de riego y aplicarla al cultivo; para ello existen dos clases de métodos disponibles, sin embargo, se trabajara con los que utilizan energía hidráulica proveniente del mismo sistema de riego como fuente de energía para su propulsión, con el fin de minimizar costos. Dentro de este grupo se tienen cuatro modalidades:

- a. Inyección mediante succión de la bomba.
- b. Inyección mediante presión diferencial.
- d. Sistema Venturi.
- e. Uso de la bomba de inyección de propulsión hidráulica.

La recomendación de Abocol S.A. fue implementar el método de venturi que es un dispositivo que utiliza la misma energía hidráulica del sistema; dicha característica hace que sea un método de reducido costo y fácil instalación y manejo. A continuación se describe el proceso de fertirrigación usando este sistema.

4.7. Diseño agronómico

El diseño agronómico representa la primera fase del procedimiento de diseño de cualquier tipo de riego, con el que se determina la cantidad de agua que ha de transportar la instalación, correspondiente a las necesidades brutas de riego en las épocas de máxima necesidad. Que tiene por finalidad garantizar que la instalación sea capaz de suministrar la cantidad suficiente de agua, con un control efectivo de las sales y una buena eficiencia en la aplicación del agua. Según Fuentes (2003), este indica que el diseño se desarrolla en dos fases:

- Cálculo de las necesidades de agua.
- Determinación de los parámetros de riego: dosis, frecuencia e intervalo entre riegos, caudal necesario, duración del riego, número de emisores y disposición del mismo.

Una vez calculadas las necesidades de riego hay que determinar la dosis, frecuencia y duración del riego, así como el número de emisores por plantas y el caudal por emisor. Para finalmente decidir la disposición de los emisores calculando lo siguiente:

- Superficie mojada por emisor.
- Porcentaje de la superficie mojada.



- Número de emisores por planta.
- Profundidad del bulbo.
- Dosis de intervalo entre riego y profundidad de riego.
- Disposición de los emisores.

El mismo manifiesta, que para realizar el diseño agronómico, primero debemos tomar varios datos del suelo donde se va a instalar el sistema de riego, por lo que se procederá a ejecutar una calicata del cual se tomarán muestras para ser llevadas a laboratorio y así poder determinar los siguientes parámetros:

- Densidad Aparente.
- Textura.
- Capacidad de Campo del Suelo Seco (Cc).
- Humedad en el Punto de Marchitamiento (Pm).
- Fracción de Agotamiento del Agua Disponible (F).
- Eficiencia de Aplicación (Ea).
- Lámina Neta de Riego.
- Lamina Total o bruta de Riego.

4.7.1. Densidad aparente

Este es igual al peso del suelo seco / volumen por el peso del recipiente. (Construmática, 2011):

$$da = \frac{pps}{V * P.rec}$$

Da = densidad aparente

Pss = peso de suelo seco

V =volumen

P.rec = peso del recipiente

4.7.2. Textura

La textura del suelo es la proporción en la que se encuentra distribuidas variadas partículas elementales que pueden conformar un sustrato. Según sea el tamaño, porosidad o absorción del agua en la partícula del suelo o sustrato, puede clasificarse en 3 grupos básicos que son: la arena, el limo y las arcillas.



4.7.3. Capacidad de campo

El concepto se emplea para designar el contenido en humedad de un suelo sometido a drenaje libre (después de un riego intenso o fuertes lluvias) durante 48 horas.

La capacidad de campo se determina con mayor facilidad en los suelos de textura arenosa que en los de textura arcillosa, ya que en los primeros, con gran número de macro poros, el final del drenaje es más evidente.

La capacidad de campo se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$CC = 0.48Ac + 0.16L + 0.023 Ar + 2.62$$

CC = Capacidad de campo, expresada como humedad gravimétrica en %

Ac = Contenido de arcilla, expresada como humedad gravimétrica en %

L = Contenido de limo, expresada como humedad gravimétrica en %

Ar = Contenido de arena, expresada como humedad gravimétrica en %

4.7.4. Humedad en el punto de marchitamiento

Representa cuando el suelo se deseca a un nivel tal que el agua que queda está retenida con una fuerza de succión mayor que las de absorción de las raíces de las plantas. Es el agua que queda a una presión de 15 atmósferas. El agua contenida corresponde al agua higroscópica más el agua capilar no absorbible.

El concepto de punto de marchitez o de marchitamiento permanente ha sido definido como "el contenido de humedad en la zona de las raíces, según el cual la planta se marchita y no puede recobrar igual turgencia al colocarla en una atmósfera saturada de agua durante doce horas". Se puede determinar mediante membrana de Richard relacionándolo con el contenido en humedad a un potencial matricial de 15 bares (1.500 kpa). Pues se ha comprobado que el contenido de humedad de un suelo a una succión matricial de 1.500 kpa se encuentra dentro del intervalo en el que una gran parte de las plantas se marchitan.

$$PMP = 0.302Ac + 0.102L + 0.0147 Ar$$

Ecuación de Bridges

PMP = punto de marchitamiento, expresada como humedad gravimétrica en %

Ac = Contenido de arcilla, expresada como humedad gravimétrica en %

L = Contenido de limo, expresada como humedad gravimétrica en %

Ar = Contenido de arena, expresada como humedad gravimétrica en %

4.7.5. Agotamiento del agua disponible

Según Fuentes (2003), el método recomendable y más utilizado para calcular las pérdidas de agua por evapotranspiración (ETC) es el recomendado por la FAO, en el que la ETC se calcula como el producto de tres términos:

$$Etc = Eto * Kc * Kr$$

Etc = Evapotranspiración máxima del cultivo

Eto= Evapotranspiración potencial

Kc = Coeficiente del cultivo (FAO)

Kr = Coeficiente de desarrollo del cultivo

4.7.6. Dosis, intervalo entre riegos y duración del riego

La cantidad de agua aplicada en cada riego o dosis de riego será:

$$Dt = n * q * t$$

$$Dt = Nt * 1$$

Dt: Dosis total, en litros

n: Número de emisores

q: Caudal de cada emisor, en litros/hora

t: Tiempo de duración del riego, en horas

Nt: Necesidades totales, en litros por día

1: Intervalo entre riegos, en días

De ambas ecuaciones se deduce la siguiente:

$$n * q * t = Nt * 1$$

Surge una ecuación con dos incógnitas, intervalo y tiempo, en donde hay que fijar una de ellas. En suelos de textura arenosa, en donde se originan bulbos estrechos y profundos, se tiende a intervalos muy cortos (uno o dos riegos diarios), tiempos breves y número

elevado de emisores. En suelos de textura arcillosa se tiende a intervalos más largos (tres o cuatro días por semana), tiempos de riego más amplios y menor número de emisores. En suelos de textura franca se suele regar una vez por día. (Berenjena, 2000).

El tiempo de riego vendrá dado por la expresión:

$$t = \frac{n * q}{Nt * 1}$$

4.8. Generalidades del cultivo de palma de aceite

Según lo consultado en el documento Palma de Aceite (Disponible en <<http://www.angelfire.com/biz2/palmaaceitera/infotecnica.html>>) La palma de aceite es el cultivo oleaginoso que mayor cantidad de aceite produce por unidad de superficie. Con un contenido del 50% en el fruto, puede rendir de 3.000 a 5.000 kg de aceite de pulpa por hectárea, más 600 a 1.000 Kg de aceite de palmiste.

La producción mundial de aceite de palma se calcula en más de 3.000 millones de toneladas métricas. Los principales países productores son Malasia, Nigeria, Indonesia, El Congo, Costa de Marfil, y otros países africanos y sudamericanos.

Además de su alto rendimiento por unidad de superficie, la palma de aceite es importante por la gran variedad de productos que genera, los cuales se utilizan en la alimentación y la industria. Tanto el aceite de pulpa como el de almendra se emplean para producir margarina, manteca, aceite de mesa y de cocina, y jabones. El aceite de pulpa se usa en la fabricación de acero inoxidable, concentrados minerales, aditivos para lubricantes, crema para zapatos, tinta de imprenta, velas. Se usa también en la industria textil y de cuero, en la laminación de acero y aluminio, en la trefilación de metales y en la producción de ácidos grasos y vitamina A.

4.8.1. Clasificación

La palma de aceite es una monocotiledónea, incluida en el orden *Palmales*, familia *Palmaceae*, género *Elaeis* y especie *E. guineensis* Jac.

La clasificación de la palma de aceite en variedades se basa principalmente en la forma, color y composición del fruto, y en la forma de la hoja.



Las partes del fruto son:

- Estigma
- Exocarpo
- Mesocarpo o pulpa
- Endocarpo o cuesco
- Endospermo o almendra
- Embrión

Es difícil diferenciar formas definidas en la palma de aceite. Sin embargo, se distinguen las siguientes variedades:

- Dura: Su fruto tiene un endocarpo de más de 2 mm de espesor. El mesocarpo o pulpa contiene fibras dispersas, y es generalmente delgado.
- Pisífera: No tiene endocarpo. La almendra es desnuda. El mesocarpo no contiene fibras y ocupa gran porción del fruto. Esta variedad produce pocos frutos en el racimo. Por eso se emplea sólo para mejorar la variedad dura, mediante el cruzamiento.
- Ténera: Es el híbrido del cruce entre Dura y Pisífera. Tiene un endocarpo delgado de menos de 2 mm de espesor. En el mesocarpo se encuentra un anillo con fibras.

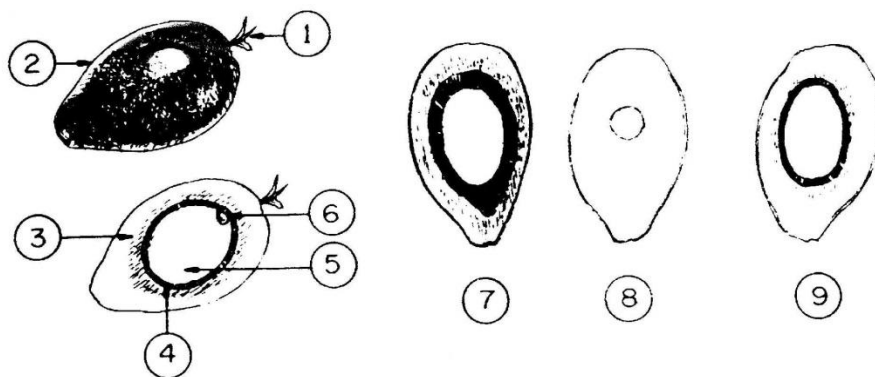


Imagen 1. Partes del fruto y características de las variedades del fruto de palma aceitera (Palma de Aceite. Disponible en <<http://www.angelfire.com/biz2/palmaaceitera/infotecnica.html>>)

4.8.2. Fisiología

La semilla de la palma de aceite tiene requerimientos especiales de humedad, oxígeno y temperatura para su germinación. En condiciones naturales, las semillas demoran mucho en germinar, si acaso lo hacen. Por ello, deben someterse a un tratamiento previo de calor en germinadores de aire caliente, con adecuada provisión de oxígeno y contenido de humedad cercano a la saturación.

Las semillas calentadas a 39 – 40 °C durante 80 días, con contenido óptimo de humedad y buena aireación, germinan rápidamente cuando se transfieren a la temperatura ambiental. El 50% germina en 5-6 días y el resto en 3 semanas.

La tasa de crecimiento del tronco es muy variable y depende de factores ambientales, genéticos así como de las prácticas de cultivo. Esta es baja con poca luminosidad y alta con mucha densidad de siembra. En condiciones normales, la tasa de incremento anual en altura varía entre 25 y 45 cm.

El diámetro del tronco puede disminuir en plantaciones abandonadas debido a la competencia de malezas y a la falta de fertilización.

Las palmas Dura producen menos hojas que las Ténera que a su vez producen menos que la Pisífera. En regiones con periodos de sequía marcados, la emisión foliar anual es menor que en zonas con mayor precipitación. Generalmente, una palma de seis a siete años de edad produce unas 34 hojas al año y este número disminuye gradualmente con la edad a 25 y 20 hojas.

Al igual que la hoja, la inflorescencia demora dos años, desde su estado de yema hasta su aparición en el cogollo. De aquí hasta la abertura de las flores transcurren de 9 a 10 meses y hasta la maduración de los frutos, cinco meses más.

Una disminución en la intensidad de la luz, demasiada sombra, exceso de poda y periodos prolongados de sequía aumentan la producción de inflorescencias masculinas.

Normalmente hay periodos o ciclos de floración masculina y femenina, cuya longitud varía. La mayor producción corresponde a una mayor duración del ciclo de floración femenina.

Durante el periodo de floración femenina y maduración de racimos, la palma demanda cantidades grandes de elementos nutritivos.

Si éstos no están disponibles, se desarrollarán inflorescencias masculinas y muy pocas femeninas. Por lo tanto, dos años después los rendimientos serán bajos.



La variedad Ténera tiene un potencial genético de rendimiento mayor que el de Dura. Ello se debe no sólo al mayor porcentaje de pulpa en los frutos, sino también a que en ella la relación sexual es más amplia, es decir, el porcentaje de inflorescencia femenina que produce es mayor que el de las masculinas.

4.8.3. Clima

Cuando se proyecta establecer una plantación de palma de aceite, es indispensable hacer un análisis cuidadoso de las condiciones ecológicas de la zona, pues este cultivo requiere grandes inversiones.

Temperaturas mensuales de 25 a 28 °C en promedio son favorables, si la temperatura media mínima no es inferior a 21 °C. Temperaturas de 15 °C detienen el crecimiento de las plántulas de vivero y disminuyen el rendimiento de las palmas adultas.

La precipitación entre 1.800 y 2.200 mm es óptima, si está bien distribuida en todos los meses. Precipitaciones de 1500 mm anuales, como promedios mensuales de 150 mm, son también adecuadas.

La humedad relativa debe ser superior al 75%. La evapotranspiración o pérdida de agua del suelo por evaporación directa y por la transpiración a través de las hojas, afecta el desarrollo de la palma de aceite. La humedad relativa está influida por la insolación, la presión del vapor de la atmósfera, la temperatura, el viento y la reserva de humedad del suelo.

La palma de aceite se adapta bien hasta alturas de 500 m sobre el nivel del mar y a la zona ecuatorial, entre los 15° de latitud norte y 15° de latitud sur.

4.8.4. Suelo

Las características físicas y químicas del suelo influyen en el desarrollo de la palma de aceite, particularmente en zonas climáticas marginales. Al igual que el cocotero, la palma de aceite es favorecida por suelos profundos, sueltos y con buen drenaje.

Un nivel freático superficial limita el desarrollo de sus raíces y la nutrición. En general, las buenas características físicas, textura y estructura, son preferibles al nivel de fertilidad, pues éste puede corregirse con fertilización mineral.



La palma de aceite resiste niveles bajos de acidez, hasta pH 4. Los suelos demasiado alcalinos le son perjudiciales.

Aunque puede plantarse con éxito en terrenos de colinas, con pendientes mayores de 20°, se prefieren los planos o ligeramente ondulados, con pendientes no mayores de 15°.

4.9. Establecimiento de un vivero de palma de aceite

La palma de aceite es una especie antigua y bien adaptada, y como tal es un cultivo “no exigente”. Es un sobreviviente, tolerante al maltrato y generalmente se recupera bien del impacto del trasplante, sequía, incendios y otros abusos. Por eso, a veces se supone que no son necesarios el cuidado y la siembra de un vivero de alta calidad, y que las palmas plantadas defectuosamente sobrevivirán y que más tarde pueden limpiarse y fertilizarse sin pérdidas económicas significativas.

Existen dos métodos posibles para desarrollar viveros de palma de aceite: vivero de una fase y vivero de dos fases, con pre-vivero y vivero principal. La ventaja más importante del primero es la reducción del tiempo global en el vivero por alrededor de dos meses. (Corley & Tinker, 2009).

4.9.1. Viveros de dos fases

Este tipo de vivero inicia con la fase de pre-vivero, en donde la semilla germinada se siembra en bolsas pequeñas y son acomodadas en camas que generalmente miden 1,2m de ancho y 10 m de largo; las plántulas permanecen en esta etapa hasta que cumplen dos o tres meses. Después de este tiempo las palmas sanas y vigorosas se trasplantan a bolsas de tamaño estándar, desde ese momento inicia la segunda fase o fase de vivero principal, donde permanecen las palmas hasta que son sacadas al sitio definitivo en campo, aproximadamente siete y ocho meses. (Motta & Beltrán, 2010).

Según Motta & Beltrán (2010), estas son las ventajas y desventajas del vivero de dos fases:

Ventajas:

- Facilita el cuidado de las palmas durante el primer mes, cuando es crítico para su desarrollo.



Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
Municipio del Retén (Magdalena)

- Requiere un área menor para el vivero principal ya que se realiza una selección y descarte de las plántulas antes de ser trasplantadas a campo.
- Menor costo de mantenimiento en la primera fase.
- Las palmas mellizas se pueden separar antes de ser llevadas a la etapa de vivero.
- Permite mantener palmas en el pre-vivero si no hay espacio en el vivero principal para acomodar. Sin embargo, no es aconsejable mantenerlas por mucho tiempo porque se puede favorecer el ataque de enfermedades.

Desventajas:

- Los pre-viveros son más susceptibles a plagas y enfermedades y a los efectos del mal manejo.
- Generan dos operaciones adicionales e intensivas en mano de obra, el llenado de bolsas pequeñas y el trasplante, lo que eleva los costos.
- Induce estrés y pérdida de palmas cuando hay fallas en el trasplante.

4.9.2. Viveros de una fase

La semilla germinada y diferenciada se siembra directamente en bolsas de vivero (bolsa grande), acomodadas en camas de 1,2m de ancho por 10m de largo.

Dos o tres meses después de la siembra de las semillas, las bolsas se sacan de las camas y se distribuyen dentro del área del terreno preparado para el vivero, hasta cumplir de 10 a 14 meses de edad, cuando están listas para la siembra en campo; otra modalidad para desarrollar viveros de una fase, que es muy usada en plantaciones de amplia experiencia en el desarrollo de viveros de palma de aceite, es sembrar la semilla diferenciada directamente en las bolsas grandes que han sido puestas en el sitio que ocuparán hasta el final de su desarrollo. (Motta & Beltrán, 2010).

Ventajas del vivero de una fase

- Menos movimiento de las palmas antes de su siembra en campo.
- Se evita el estrés del trasplante de la bolsa pequeña del pre-vivero a la bolsa grande del vivero.
- Se evita la inversión en infraestructura y equipos para el pre-vivero así como de mano de obra para el trasplante.

Desventajas del vivero de una fase

- Requiere una superficie más grande para la producción de una cantidad dada de semillas.
- Una falla en el sistema de riego puede afectar considerablemente las plántulas ante la dificultad de ser regadas de forma manual en el pre-vivero.
- La eliminación de palmas anormales es más difícil y toma más tiempo.
- Requiere de una mayor supervisión en el primer mes de crecimiento.

4.9.3. Adecuación del sitio seleccionado para el vivero

La adecuación del sitio elegido para establecer el vivero inicia con la remoción total de las malezas y vegetación arbórea. Se deben retirar los troncos y piedras para facilitar la nivelación y la preparación adecuada del suelo. Si el lugar corresponde a un área donde se ha desarrollado un vivero anteriormente, se deben remover las bolsas, los desechos y palma y otros residuos del vivero pasado. (Potash & Phosphate Institute, 2015).

La adecuación del sitio involucra además las siguientes acciones:

Determinación de la disponibilidad de agua para riego

Como se mencionó antes, el sitio elegido para establecer el vivero debe contar con una fuente confiable en términos del volumen del agua y que esté libre de sólidos en suspensión y sustancias que se precipitan como carbonatos, bicarbonatos, óxidos, hidróxidos, sulfuros de metales pesados, etc. Una alta concentración de sales y cantidades elevadas de iones como sodio, cloruros y metales pesados, afecta en forma negativa el crecimiento y desarrollo de muchas especies vegetales. (García, 1991).

4.9.4. Requerimientos nutritivos de palma de aceite en etapa de vivero

Como en el caso del agua, las plantas necesitan un nivel de nutrientes para su desarrollo normal. Respecto a la palma aceitera existen recomendaciones sobre los diferentes nutrientes y sus niveles de suministro recomendados. No obstante el escaso número de investigaciones que se han realizado en esta área para Colombia, se dispone de alguna información la cual se presenta en el presente apartado.

Para la formulación de las soluciones nutritivas existen varias alternativas; las más utilizadas son aquellas que recurren a las tablas de requerimientos nutricionales establecidas a nivel internacional. Otra alternativa es basarse en los análisis de suelos, los requerimientos del cultivo, las fuentes de materias primas, con lo que se calculan las soluciones concentradas aplicadas al sistema de fertirrigación, a continuación en la tabla 1 se muestran los requerimientos nutricionales básicos de la palma de aceite en etapa de vivero:

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de la palma aceitera en etapa de vivero

Semanas después del trasplante	Requerimiento de elementos mayores (gr/palma)			
	N	P2O5	K2O	MgO
1	0,8	0,8	0,3	0,2
3	0,8	0,8	1,2	0,1
5	1,1	1,1	0,4	0,3
7	1,2	1,2	1,7	0,2
10	1,5	1,5	0,6	0,4
13	1,2	1,2	1,7	0,2
16	2,3	2,3	0,9	0,6
19	1,8	1,8	2,6	0,3
22	3,0	3,0	1,2	0,8
25	2,4	2,4	3,4	0,4
28	2,4	2,4	3,4	0,4
32	3,0	3,0	4,3	3,2
36	3,0	3,0	16,3	0,5
40	3,0	3,0	4,3	0,5
44	3,6	3,6	5,1	0,6
48	3,6	3,6	5,1	0,6
52	3,6	3,6	5,1	6
56	3,6	3,6	5,1	8,7
Total	41,9	41,9	62,7	24,0

Fuente: Establecimiento y manejo de viveros de palma de aceite, Ing Dumar Flaminio Motta Valencia, 2010. Adaptado de: Potash & Phosphate institute (1998)

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

5.1. Ubicación del proyecto

Este trabajo se realizó en una superficie de 6.032 m² en las instalaciones de la finca Zacapa, propiedad de palmares de Zacapa S.A.S, ubicada en el municipio del Retén, Departamento del Magdalena. El lugar destinado para la instalación del vivero de palma de aceite se encuentra entre las coordenadas 1.662.150 – 1.662.350 m.N y 981.550 – 981.750 m.E (Sistema de georreferenciación Magna Sirgas, origen Bogotá Magna), con una altitud de 32 m.s.n.m.

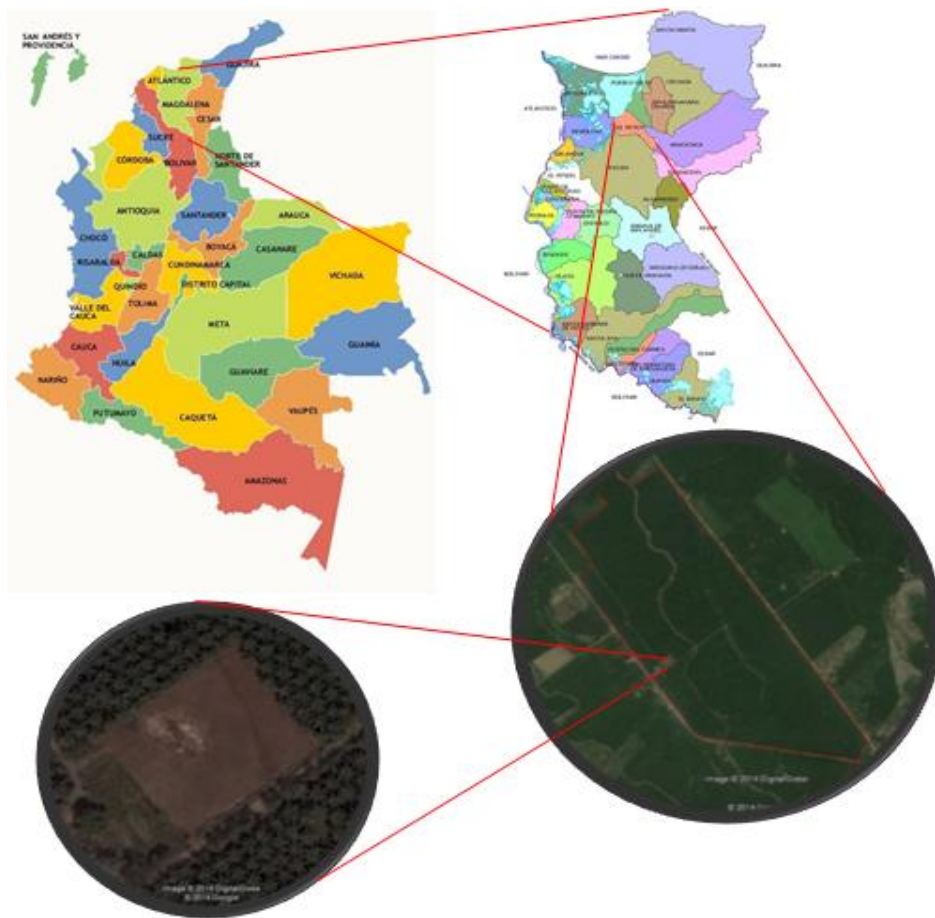


Imagen 2. Ubicación del predio

5.2. Características climáticas de la zona

Las condiciones climatológicas de la zona están caracterizadas por un régimen seco, con precipitaciones convectivas aisladas, es decir, precipitaciones de gran intensidad y corta duración, concentradas en pequeñas áreas, además de presentar fenómenos naturales muy pronunciados (fenómeno de La Niña y El Niño).

La información pluviométrica y de evaporación se obtiene de la estación climática instalada por Cenipalma en la finca Zacapa, la cual cuenta con un tanque evaporímetro Tipo A y un pluviómetro Laurha.



Imagen 3. Tanque evaporímetro tipo A y pluviómetro - Palmares de Zacapa S.A.S.

- **Precipitaciones:** La precipitación promedio anual es de 1.710 mm; Las cuales tienen una estacionalidad marcada a través del año produciéndose las mayores precipitaciones en los meses de abril y mayo y en especial durante los meses de octubre y noviembre, la siguiente tabla contiene información pluviométrica desde el año 2007 hasta el año 2012.

Tabla 2. Registro de precipitación mensual acumulada (mm) 2007 - 2012

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2007	0	0	81	248	264	76	130	196	290	390	153	70	1.898
2008	0	5	15	29	138	159	127	367	213	203	151	0	1.407
2009	0	43	30	64	180	109	148	80	70	238	188	0	1.150
2010	0	0	55	142	134	230	467	339	323	414	398	115	2.617
2011	0	30	50	0	229	212	208	50	224	732	353	25	2.113
2012	0	0	0	155	150	79	45	131	116	357	35	0	1.068

Fuente: Base de datos Palmares de Zacapa S.A.S. Registro de pluviómetro Laurha

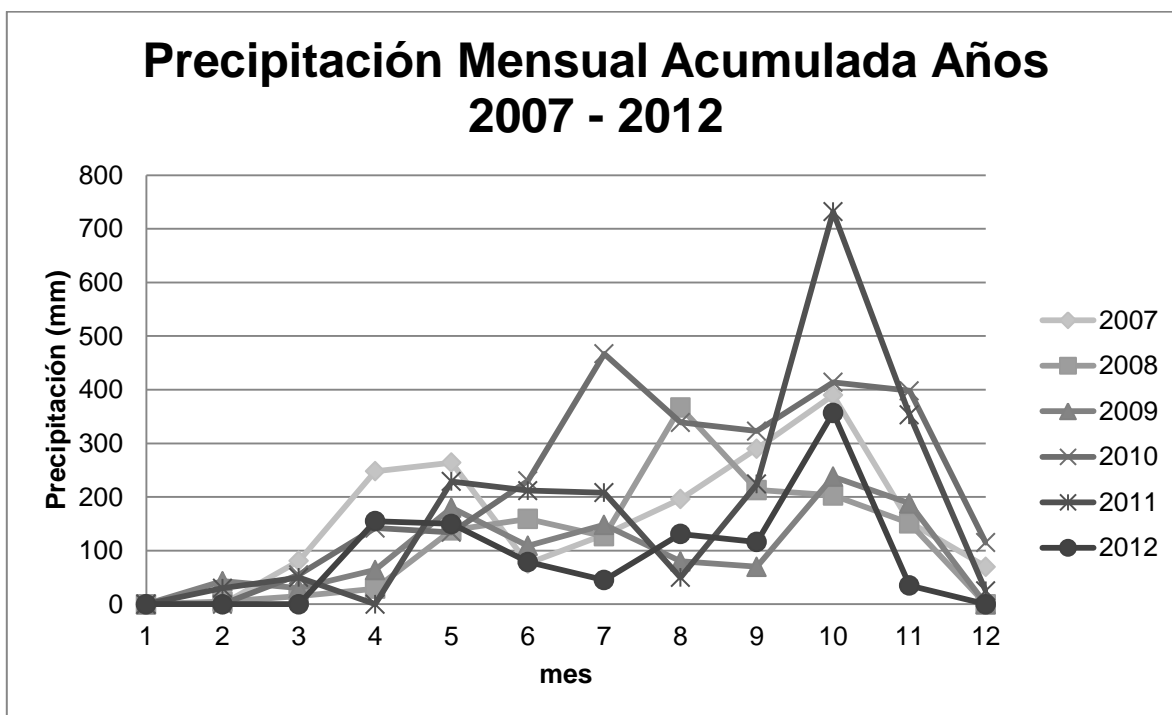


Gráfico 1. Precipitación mensual acumulada, años 2007 al 2012

- **Evaporación diaria:** La evaporación diaria durante el mes crítico es aproximadamente 5 mm/día según los datos tomados en el tanque evaporímetro tipo A, La siguiente tabla contiene los datos de evaporación acumulada durante el año 2012.

Tabla 3. Registro de evaporación mensual acumulada (mm) año 2012

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Evapora. Acum. (mm)	82,21	91,47	119,96	143,81	133,32	124,18	134,31	118,06	116,49	101,53	95,49	82,79

Fuente: Base de datos Palmares de Zacapa S.A.S. Registro de pluviómetro Laurha

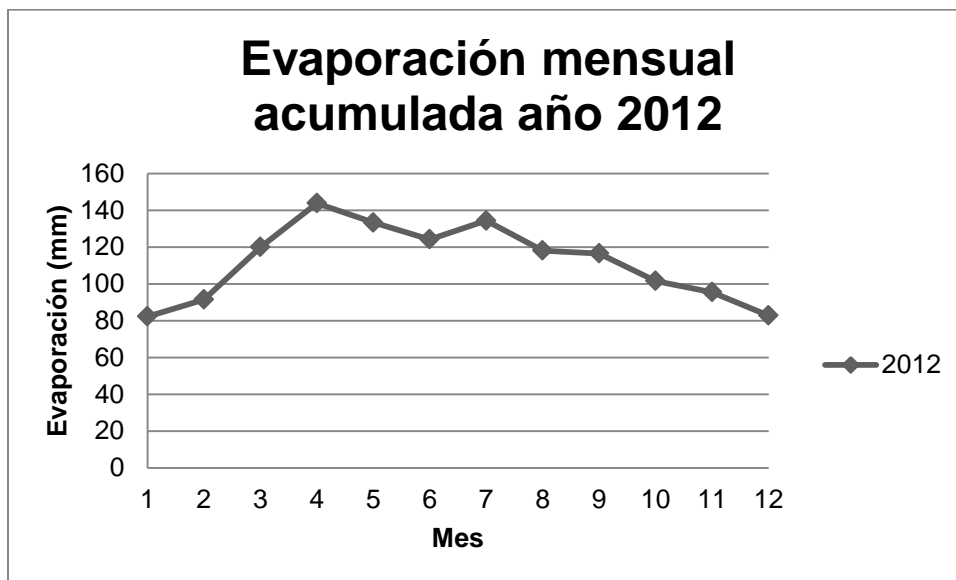


Gráfico 2. Evaporación mensual acumulada año 2012

- **Humedad relativa:** La humedad relativa se mantiene alrededor del 90% en los meses lluviosos con una ligera variación en el mes de julio; en los meses secos varía entre el 84% y 88%. (Anuario estadístico alcaldía de Aracataca, 2010,
- **Temperatura media:** 28 °C. (Anuario estadístico alcaldía de Aracataca, 2010,

6. METODOLOGÍA

6.1. Reconocimiento de campo

Inicialmente se hizo el reconocimiento del área donde se llevó a cabo el proyecto, realizando la localización del mismo usando GPS (Sistema de referenciación Magna-Sirgas, Origen Bogotá), durante el reconocimiento se identificó los posibles trazos de las tuberías, ubicación de las bolsas de vivero y dirección de los laterales de riego; finalmente se definió y georreferenció la ubicación de la caseta de bombeo.

6.2. Recolección de Información

6.2.1. Precipitación y Evaporación de la Zona

La información climatológica implementada para este proyecto fue sustraída de la base de datos de la empresa, propiedad de Palmares de Zacapa S.A.S. Las mediciones de precipitación y evaporación se llevaron a cabo en las instalaciones de la finca Zacapa usando un pluviómetro LAURHA y un tanque evaporímetro tipo A (Anexo 2)

6.2.2. Tipo de Suelo

El análisis de suelo se realizó a partir de muestras del sustrato con el cual se llenaron las bolsas de vivero, las muestras fueron enviadas al laboratorio AGRILAB localizado en la ciudad de Bogotá D.C., donde se realizó el análisis físico-químico correspondiente (Anexo 3).

6.2.3. Disponibilidad del Recurso Hídrico

El recurso hídrico necesario para la operación del sistema de riego por goteo se captó del canal Patía II, administrado por el distrito de riego USOARACATACA; el agua fue conducida superficialmente hacia el cárcamo (piscina), el cual tiene capacidad de almacenamiento de 50.200 L.

6.3. Topografía

El levantamiento topográfico se llevó a cabo implementando un nivel de precisión TOPCON y un GPS Garmin 62 stc. Las características de georreferenciación se muestran en la tabla:

Tabla 4. Sistema de georreferenciación

Sistema de coordenadas planas	MAGNA_Colombia_Bogotá
Proyección	Transverse_Mercator
Falso Este	1000000.0000
Falso Norte	1000000.0000
Latitud de origen	4,5962
Unidad lineal	Metro

6.4. Diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego

El sistema de riego elegido por el propietario es el de goteo, sin embargo, el sistema elegido tiene una particularidad, ya que de un emisor se van a abastecer 4 puntos de descarga o 4 bolsas de vivero (en forma de “araña”), por lo anterior, el diseño agronómico se llevó a cabo con un caudal de descarga, y el diseño hidráulico se realizó con otro caudal (caudal de descarga de los goteros 4 veces mayor al caudal entregado a la planta). Los dos diseños fueron realizados teniendo como base la metodología según Cifuentes (2011).



Imagen 4: Sistema de riego instalado; de un gotero de 8 L/h se abastecen 4 bolsas de vivero, cada una con un caudal de descarga de 2 L/h

6.4.1. Distanciamiento entre emisores (De)

El distanciamiento entre emisores está directamente ligado al espaciado de las bolsas de vivero, para este caso, dicha distancia fue de 2 m entre goteros.

6.4.2. Unidad de riego a utilizar

Teniendo en cuenta el diseño agronómico, se escogió el gotero auto-compensado de 8 L/h NaanDanJain ClickTif PC CNL. (Anexo 4)



Imagen 5. Gotero auto-compensado 8 L/h NaanDanJain

El gotero auto-compensado y antidrenante posee las siguientes características técnicas:

- Descarga nominal: 8 L/h
- Rango de regulación de presión: 1,0 – 4,0 bar
- Presión mínima recomendada: 1,0 bar
- CV: menor que 4%
- Requerimiento de filtrado: 200 micrones
- Antidrenaje: - Presión de apertura: 8 m
- Presión de cierre: 3 m

Se aclara que se instaló un gotero por cada 4 bolsas de vivero, cada descarga entrega 2 L/h.

6.4.3. Trazado del sistema de riego y cultivo

La distribución de las bolsas de vivero en el área seleccionada es en tres bolillos a 1m x 1 m, en dirección sur a norte; las laterales de riego se instalan surco de por medio, espaciadas a 1,7 m, como se muestra en el siguiente esquema:

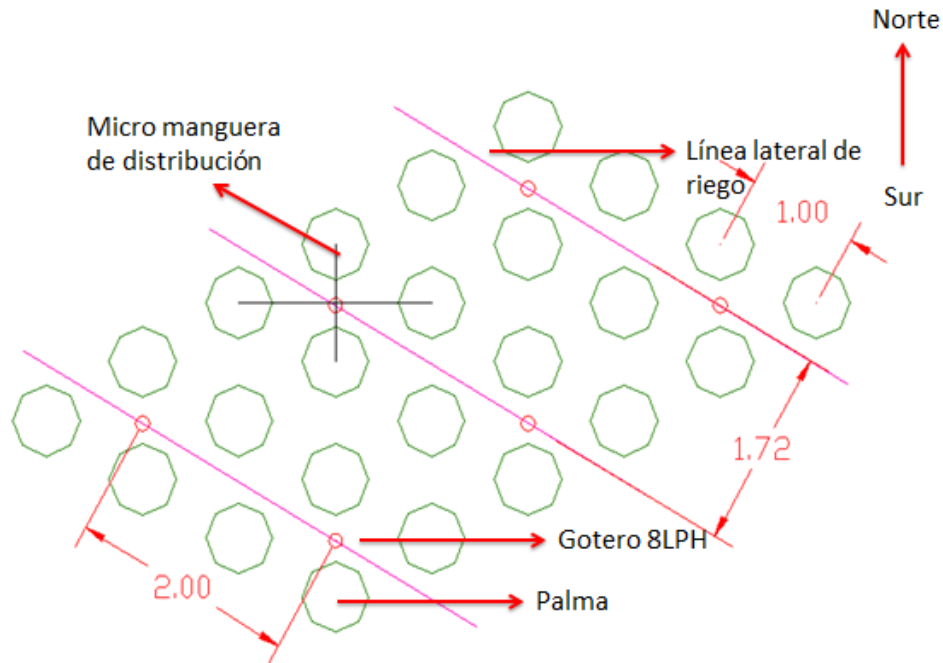


Imagen 6. Distribución de palmas, laterales de riego y goteros

6.5. Instalación del sistema de riego

La instalación del sistema de riego se llevó a cabo con ayuda del personal de Palmares de Zacapa S.A.S. bajo supervisión del practicante de ingeniería agrícola y del gerente de campo de la empresa.

6.6. Prueba Hidráulica

Finalmente se llevó a cabo prueba hidráulica del sistema teniendo en cuenta que cumpliera los requerimientos para los cuales fue diseñado.

7. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego, basados en los estudios de suelos, topografía y tipo de cultivo.

7.1. Planimetría y altimetría

El resultado del estudio altiplanimetrico desarrollado al inicio del proyecto se muestra en el anexo 14.

7.2. Diseño agronómico

7.2.1. Prueba físico-química del sustrato

En la tabla 5 se muestra el resumen de los resultados obtenidos en el estudio de suelo, la hoja de resultados entregada por AGRILAB se encuentra en el anexo 3:

Tabla 5. Resultados de análisis de suelos

No. de laboratorio	Textura	Fracción mineral (%)		PH	C.E. (dS/m)	C.O (%)	Densidad aparente (g/cm ³)	Humedad (%)	
		Arena	Limo					CC	PMP
110807	Franco-arcillo-arenoso	50	26	5,54	1,80	1,6	1,4	19,5	10,6
		Arcilla	24						

Fuente: Laboratorio AGRILAB.

7.2.2. Caudal disponible para el diseño

Según el aforo realizado en la toma de agua de la finca, se cuenta con una caudal de 80 l/s garantizados en época de verano, ya que la finca es una de las primeras beneficiarias del distrito, este caudal es conducido superficialmente y llevado al cárcamo para recargar el mismo.

Dicho cárcamo cuenta con una capacidad de almacenamiento de $50,2 \text{ m}^3$ aproximadamente, lo cual indica que se cuenta con una buena disponibilidad del recurso.

Determinación de capacidad de almacenamiento del cárcamo



Entrada de agua

Primera piscina o cárcamo, la cual hace las veces de desarenador.

Segunda piscina o cárcamo, de la cual se bombeará para suministrar agua al sistema de riego.

Imagen 7. Cárcamo para el suministro de agua

Volumen de la piscina Grande

Total área piscina G= $39,14 \text{ m}^2$

Profundidad promedio piscina G= $0,95 \text{ m}$

Capacidad piscina G= $37,18 \text{ m}^3$

37.182 L

Volumen de la piscina Pequeña

Total área piscina P=	17,34	m ²
Profundidad piscina P=	0,75	m
Capacidad piscina P=	13,01	m ³
	13.012	L

Volumen total de almacenamiento = 50,2 m³ Aproximadamente

7.2.3. Cálculo de requerimientos hídricos para palma de aceite *Eliais guinensis* en etapa de vivero

Para el cálculo del diseño agronómico del sistema de riego se implementó la metodología SECO propuesta por Cifuentes (2010).

7.2.3.1. Características del cultivo:

Variedad: Palma aceitera *Eliais guinensis*

Edad inicial: 3 meses

Profundidad radicular (PR): 35 cm

Profundidad radicular efectiva (PRE): 27 cm

Método de siembra: tres bolillos (1m x 1m)

Coefficiente del cultivo (Kc): 1.00 (Allen R. , Pereira L. , Raes D. y Smith M.FAO 2006)

7.2.3.2. Cálculo de la evapotranspiración diaria (mm/día) y uso consumo (mm/día)

$$EVT = (EVP \times \text{mes crítico}) / (\text{días del mes crítico})$$

Dónde:

EVT: Evapotranspiración diaria (mm/día)

EVP: Evaporación del mes crítico (mm/mes), mes de abril 2012

Reemplazando se tiene que:

$$EVT = 144 \text{ mm} / 31 \text{ días}$$



$$EVT = 4,64 \text{ mm}$$

$$Uc = EVT \times Kc$$

Dónde:

Uc: Uso consumo diario (mm/día)

EVT: Evapotranspiración diaria (mm/día)

Kc: Coeficiente del cultivo (Kc inicial = 1)

Reemplazando se tiene que:

$$Uc = 4,64 \text{ mm} \times 1$$

$$Uc = 4,64 \text{ mm/día}$$

7.2.3.3. Cálculo de lámina neta de riego (LN)

$$LN = \frac{CC - PMP}{100} \times \frac{Da}{Dw} \times Pre \times Na$$

Dónde:

LN: Lámina neta de riego (mm)

CC: Contenido de humedad del suelo a capacidad de campo (%)

PMP: Contenido de humedad del suelo a punto de marchitez permanente (%)

Da: Densidad aparente del suelo

Dw: Densidad del agua (1.0 gr/ m³)

Pre: Profundidad radical efectiva (75 % de la profundidad radical)

Na: nivel de agotamiento (50 %)

Reemplazando los valores obtenidos del análisis de suelos se tiene que:

$$LN = \frac{19,5 - 10,6}{100} \times \frac{1,4}{1,0} \times 27 \times 0,5$$

$$LN = 1,68 \text{ cm} = 16,8 \text{ mm}$$

7.2.3.4. Cálculo de lámina bruta de riego (LB)

$$LB = LN/Ea$$



Dónde:

LB = Lámina bruta de riego (mm)

LN = Lámina neta de riego (mm)

Ea = Eficiencia de aplicación de riego (95%)

Reemplazando se tiene que:

$$LB = 16,8/0,95$$

$$LB = 17,68 \text{ mm}$$

7.2.3.5. Frecuencia de riego (FR)

$$FR = LN/Uc$$

Dónde:

FR = Frecuencia de riego (días)

LB = Lámina bruta de riego (mm)

Uc = Uso consumo (mm/día)

Reemplazando se tiene que:

$$FR = \frac{16,8}{4,64}$$

$$FR = 3,62 \text{ días}$$

7.2.3.6. Tiempo de riego por unidad de riego (TRur)

$$TRur = [(Ah \times VB)/(10.000 \text{ m}^2)] / Qur$$

Dónde:

TRur: Tiempo de riego por unidad de riego en horas

VB = Volumen bruto de riego por Ha (m³)

Ah = Área de humedecimiento (0.17 m²; área de la bolsa de vivero)

Qur = Caudal de descarga de la unidad de riego (0.002 m³/h)

$$TRur = [(0,17 \times 176,8)/(10.000 \text{ m}^2)] / 0,002$$

$$TRur = 1,5 \text{ horas}$$



Se debe cumplir que el tiempo en regar el vivero sea menor o igual a la frecuencia de riego necesaria:

$$0,0625 \text{ días} \leq 3,62 \text{ días} \quad OK$$

Para este diseño se va a tener un solo módulo de riego, ya que se cuenta con el caudal necesario para suplir las necesidades hídricas del cultivo.

7.3. Selección de unidad de Fertirrigación

La selección de la unidad de fertirrigación se realizó teniendo en cuenta el plan de fertilización propuesto y desarrollado por el personal técnico de Abocol S.A. (Anexo 5)

7.3.1. Selección del inyector Venturi

Teniendo en cuenta el plan de fertilización, el volumen de solución nutritiva que debe ingresar al sistema de riego es de 45 L diarios; para garantizar dicha demanda se selecciona la siguiente unidad de inyección Venturi:

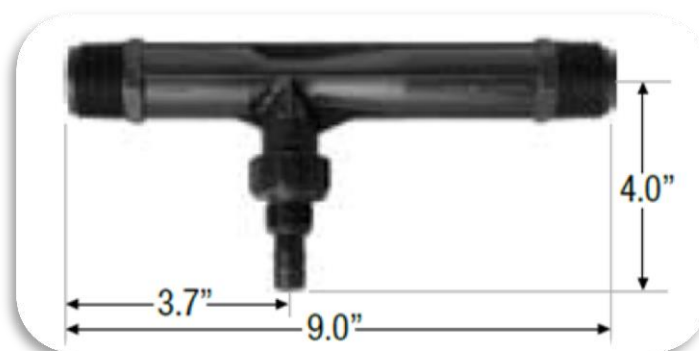


Imagen 8. Inyector Venturi Mazzei REF. 1078-02-PVDF

Fuente: catálogo Mazzei

La tabla 6 muestra algunas características del sistema de inyección que se tuvieron en cuenta al momento de la instalación. La tabla de rendimientos del inyector se encuentra en los anexos (Anexo 6).

Tabla 6. Referencia inyector Venturi

Número de pieza	Entrada y salida	Puerto de succión	
		Lengüeta	Rosca
1078-03-PVDF	1"	1/2"	1/2"

Fuente: catálogo Mazzei

7.4. Diseño hidráulico

7.4.1. Cálculo de lateral de riego

Para el cálculo del lateral de riego, se examinaron 3 diámetros de mangueras (20 mm, 16 mm y 12 mm), obteniendo resultados favorables con la manguera de 16 mm, la cual se empleó en la instalación de riego. La muestra de cálculo se encuentra en el anexo 7.

A manera de resumen, se tiene que la presión a la entrada del lateral de riego requerida es de 31,23 PSI, con el fin de garantizar la correcta operación de todos los goteros a lo largo del lateral crítico.

7.4.2. Cálculo de tubería múltiple

Los cálculos fueron desarrollados teniendo en cuenta que la tubería múltiple será conectada al 80%, de acuerdo con los requerimientos iniciales (Anexo 8).

De acuerdo a los cálculos realizados, se empleó tubería PVC de 2 pulg RDE 41. La presión requerida a la entrada de la tubería múltiple para que el sistema funcione de forma correcta es de 31,98 PSI.

7.4.3. Cálculo de tubería principal

Teniendo en cuenta que el diseño de riego era para un solo sector, la tubería principal seleccionada para realizar los cálculos de diseño fue la misma tubería PVC de 2 pulg RDE 41 que se usó en la instalación del múltiple.

Según los cálculos de diseño de la tubería principal (Anexo 9), se empleará tubería PVC de 2 pulg RDE 41. Para el correcto funcionamiento del sistema de riego se requiere que a la entrada de la tubería principal se tenga como mínimo 37,67 PSI de presión.

7.4.4. Selección de unidad de filtrado y pérdidas de presión

El filtro seleccionado es el filtro tagline 2 pulg de Amiad ya que cumple con los requerimientos de filtrado exigidos por el tipo de gotero seleccionado, a continuación se relacionan sus características técnicas (Anexo 10):

Filtro Amiad

Modelo: Tagline 2 pulg T súper

Caudal máximo: 23 m³/h

Diámetro de entrada y salida: 2 pulg

Grados de filtración: de 300 a 80 micrones



Imagen 9. Filtro tagline 2 pulg

Las pérdidas de carga por la unidad de filtrado son dadas por el proveedor y mostradas en la siguiente imagen:

Filtros de plástico						
Tipo de filtro	Caudal nominal máximo		Pérdida de carga		Salida de descarga	
	m ³ /h	USgpm	Bar	psi	mm	in
1" S	3-7	13-31	0.15-0.50	2.17-7.25	20	3/4"
1 1/2"	8-15	35-66	0.15-0.50	2.17-7.25	20	3/4"
2" T	15-25	66-110	0.05-0.25	0.72-3.63	40	1 1/2"
2" T-S	15-25	66-110	0.05-0.25	0.72-3.63	40	1 1/2"
2" L-S	15-25	66-110	0.05-0.25	0.72-3.63	40	1 1/2"
3" T	20-50	88-220	0.08-0.50	1.16-7.25	40	1 1/2"
3" LT-S	30-60	132-264	0.05-0.25	0.72-3.63	2 x 40	2 x 1 1/2"

Imagen 10. Pérdidas de carga filtro tagline 2 pulg T-S

Las pérdidas de carga por la unidad de filtrado serán de 0,72 PSI (según la tabla suministrada por el fabricante) debido al bajo caudal que pasará por el filtro.

7.4.5. Selección de unidad de bombeo

Según los resultados arrojados (Anexo 11) la bomba a emplear debe ser de mínimo 3 HP, sin embargo, antes de iniciar el proyecto de riego por goteo la propietaria contaba con una electrobomba de 5,5 HP, la cual cumple perfectamente con los requisitos para el buen funcionamiento del sistema de riego; a continuación se muestra la referencia y características del sistema de bombeo instalado (Anexo 12 y 13):

Electrobomba Centrifuga Pedrollo
Modelo: CPM 680C monofásica
Potencia: 5,5 HP, 4 kW
Succión y descarga: 2 pulg
60 Hz
n=3450 rpm



Imagen 11. Electro-bomba centrifuga pedrollo CPM 680C

8. CANTIDADES DE OBRA

Tabla 7. Listado de materiales

DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDADES
TUBERIA PRINCIPAL PVC		
Lubricante	Lbs.	3
Limpiador ¼	1/4	2
soldadura para tubería PVC ¼	1/4	2
Tubería PVC PAVCO 2" RDE 41	Tbs	20
Tee PVC PAVCO de 2"	Und	2
Codo PVC 2" X 90	Und	2
Adaptador macho 2"	Und	2
tapón roscado 2"	Und	2
MODULOS DE RIEGO POR GOTEO		
Tubería polietileno virgen de 16 mm	Und	3000
Tubería PVC PAVCO 2" RDE 41	Tbs	25
Conector de 16 mm con silleta	Und	55
Obturador Final 16 mm	Und	55
Gotero Autocompensado de 8LPH NaanDanJain ClickTif PC CNL	Und	1640
Estaca Goteadora de 2 LPH	Und	6500
Conector de 4 Salidas	Und	1600
Tubo estaca goteadora 4mm	M	5000
Válvula De Cierre Lento 2" Bronce	Und	2
Adaptador Macho PVC 2"	Und	2
Collar de derivación 2" x ¾"	Und	1
Ventosa doble acción de ¾" ARI DG-10	Und	1
Manómetro 0 - 100 PSI	Und	2
Toma presión 1/4"	Und	2
Aguja para Manómetro	Und	2
ESTACIÓN DE BOMBEO, FILTRADO Y FERTILIZACIÓN		
Arrancador Directo	Und	1

Proyecto de pasantía
Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
Municipio del Retén (Magdalena)

Codo 2" x 90° PVC	Und	4
Adaptador Hembra de 2"	Und	6
Venturi de 1"	Und	1
Válvula De Cierre Lento 2" Bronce	Und	2
Filtro Tagline 2"	Und	1
Adaptador Macho PVC 2"	Und	6
Adaptador Macho PVC 1/2"	Und	14
Codo PVC de 1/2" x 90°	Und	2
Adaptador Hembra de 1/2"	Und	2
Tee PVC de 1/2"	Und	10
Tubería de 1/2" RDE 26	M	12
Caneca de almacenamiento de agua y químicos 55 Gal	Und	1

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Caja de tacos miniprisma 4 circuitos	Und	1
Breaker multi 9 DE 35 Amp	Und	1
Chazos 5/16 con sus respectivos tornillos	Und	12
Terminales pochables para cable 8	Und	6
Cable encauchetado 2x8	M	50

9. PRESUPUESTO

Tabla 8. Presupuesto del proyecto

DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDADES	PRECIO UNITARIO	TOTAL
TUBERIA PRINCIPAL PVC				
Lubricante	Lbs.	3	\$ 7,340	\$ 22,020
Limpiador ¼	1/4	2	\$ 13,650	\$ 27,300
soldadura para tubería PVC ¼	1/4	2	\$ 28,310	\$ 56,620
Tubería PVC PAVCO 2" RDE 41	Tbs	20	\$ 12,009	\$ 240,180
Tee PVC PAVCO de 2"	Und	2	\$ 4,274	\$ 8,548
Codo PVC 2" X 90	Und	2	\$ 3,345	\$ 6,690
Adaptador macho 2"	Und	2	\$ 3,665	\$ 7,330
tapón roscado 2"	Und	2	\$ 2,266	\$ 4,532
			TOTAL	\$ 373,220
MODULOS DE RIEGO POR GOTEO				
Tubería polietileno virgen de 16 mm	M	3000	\$ 420	\$ 1,260,000
Tubería PVC PAVCO 2" RDE 41	Tbs	25	\$ 12,009	\$ 300,225
Conector de 16 mm con silleta	Und	55	\$ 1,003	\$ 55,165
Obturador Final 16 mm	Und	55	\$ 1,003	\$ 55,165
Gotero Autocompensado de 8LPH NaanDanJain ClickTif PC CNL	Und	1640	\$ 437	\$ 716,680
Estaca Goteadora de 2 LPH	Und	6500	\$ 132	\$ 858,000
Conector de 4 Salidas	Und	1600	\$ 45	\$ 72,000
Tubo estaca goteadora 4mm	M	5000	\$ 176	\$ 880,000
Válvula De Cierre Lento 2" Bronce	Und	2	\$ 123,000	\$ 246,000
Adaptador Macho PVC 2"	Und	2	\$ 1,671	\$ 3,342
Collar de derivación 2" x ¾"	Und	1	\$ 2,027	\$ 2,027
Ventosa doble acción de ¾" ARI DG-10	Und	1	\$ 130,050	\$ 130,050
Manómetro 0 - 100 PSI	Und	2	\$ 76,000	\$ 152,000
Toma presión 1/4"	Und	2	\$ 4,750	\$ 9,500
Aguja para Manómetro	Und	2	\$ 23,750	\$ 47,500
			TOTAL	\$ 4,787,654
ESTACIÓN DE BOMBEO, FILTRADO Y FERTILIZACIÓN				

Proyecto de pasantía
Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
Municipio del Retén (Magdalena)

Arrancador Directo	Und	1	\$ 344,520	\$ 344,520
Codo 2" x 90° PVC	Und	4	\$ 3,345	\$ 13,380
Adaptador Hembra de 2"	Und	6	\$ 2,795	\$ 16,770
Venturi de 1"	Und	1	\$ 175,000	\$ 175,000
Válvula De Cierre Lento 2" Bronce	Und	2	\$ 123,000	\$ 246,000
Filtro Tagline 2"	Und	1	\$ 227,531	\$ 227,531
Adaptador Macho PVC 2"	Und	6	\$ 1,671	\$ 10,026
Adaptador Macho PVC 1/2"	Und	14	\$ 227	\$ 3,178
Codo PVC de 1/2" x 90°	Und	2	\$ 291	\$ 582
Adaptador Hembra de 1/2"	Und	2	\$ 255	\$ 510
Tee PVC de 1/2"	Und	10	\$ 405	\$ 4,050
Tubería de 1/2" RDE 26	M	12	\$ 3,489	\$ 41,868
Caneca de almacenamiento de agua y químicos 55 Gal	Und	2	\$ 71,429	\$ 142,858
			TOTAL	\$ 1,226,273
			SUBTOTAL MATERIALES	\$ 6,387,147
			IVA 16%	\$ 1,021,944
			TOTAL MATERIALES	\$ 7,409,091
MANO DE OBRA				
Asumida en su totalidad Palmares de Zacapa S.A.S				-
			SUBTOTAL MANO DE OBRA	-
			TOTAL	\$ 7,409,091

NOTA: El costo calculado es el requerido para beneficiar las 0.6 ha del proyecto de vivero.

10. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE BOMBEO Y FERTIRRIGACIÓN

Al terminar la instalación del sistema de riego, es necesario corroborar el correcto funcionamiento del mismo, seguido a esto se encuentran los datos tomados en campo que nos llevan a conocer el estado final del sistema de riego instalado.

A continuación se encuentra tabulada la información tomada en campo:

Tabla 9. Información de campo recolectada durante la prueba

INFORMACIÓN DE CAMPO	
FECHA: 05/02/2014	HORA: 8:35 a.m.
Inicio de riego	0 min
Presión caseta de bombeo	72 PSI
Presión en cabezal de campo	40 PSI
Volumen tanque fertilizante	70 L
Cantidad de fertilizante	6.160 g
Nitrofer Ca (solubilidad 435gr/100cc-20 °c)	
Inicio de inyección de solución	3 min 45 seg
Presión de entrada al inyector	52 PSI
Presión de salida del inyector	35 PSI
Fin de inyección de solución	21 min 05 seg
Tiempo total de inyección	17 min 20 seg
Tasa de inyección	3,96 L/min
Fin de riego	23 min 00 seg
Hora de finalización de prueba de fertirrigación	8:58 a.m.

10.1. Funcionamiento de electrobomba

La bomba instalada es una electrobomba Pedrollo Trifásica modelo CP 680C, Potencia de 5,5 HP, 60 Hz y n=3.450 rpm



Proyecto de pasantía
Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
Municipio del Retén (Magdalena)

En campo se cuenta con 5343 emisores con caudal de descarga de 2 L/h lo que arroja una demanda de 10.686 L/h (47,05 gal/min)

A continuación se muestra una imagen de la curva de rendimiento de la Electrobomba.

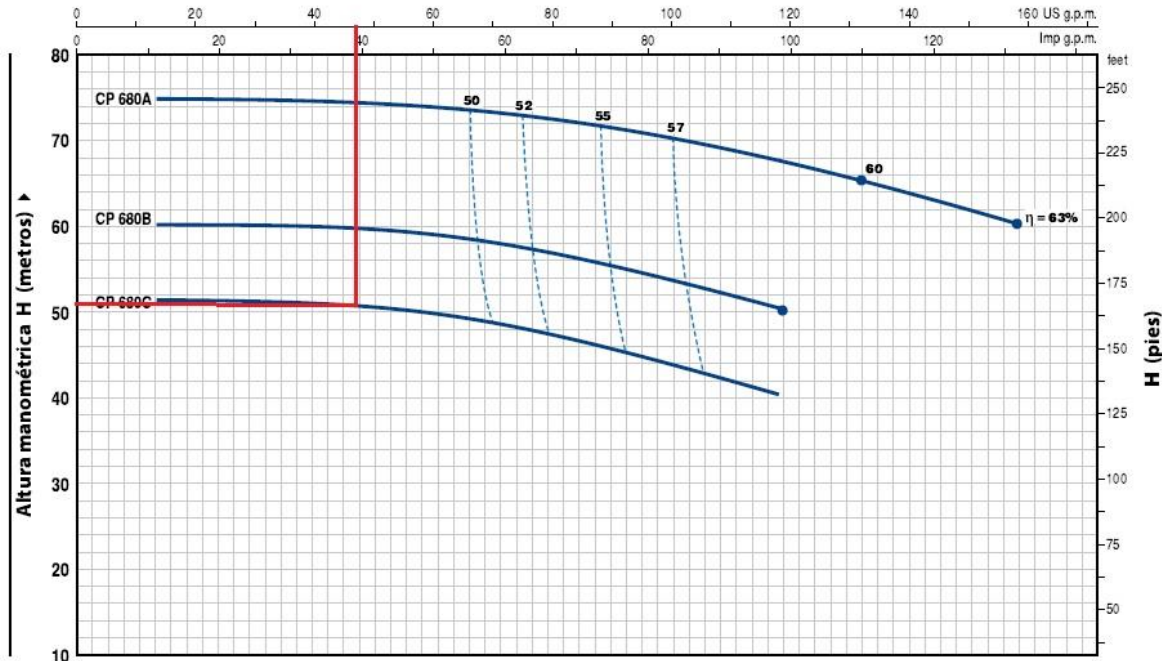


Imagen 12. Curva de rendimiento electrobomba Pedrollo CPm 680C

Según la curva característica de la electrobomba, la presión en la descarga de la bomba debe ser 51 m o 72,5 PSI, concluyendo que la electrobomba está trabajando actualmente en óptimas condiciones ya que la presión medida en el manómetro de descarga fue 72 PSI.

10.2. Funcionamiento del inyector

En la instalación hidráulica se cuenta con un inyector ventury MAZZEI modelo 1078 de 1 pulg.

Durante la prueba se obtuvo la siguiente información:

Tabla 10: Información de campo recolectada al momento de la fertirrigación

INYECCIÓN DE FERTILIZANTE	
Fertilizante (Nitrofer Ca)	6.160 g
Volumen inyectado	70 L
Tiempo de inyección	17 min 20 seg
Presión de entrada	50 PSI
Presión de salida	30 PSI
Caudal de inyección	3,96 L/min

Teniendo en cuenta la tabla de rendimiento del inyector Venturi empleado (Anexo 6.) se obtiene el siguiente resultado:

Como la presión de entrada al inyector es 52 PSI se debe interpolar para hallar el caudal de inyección correcto.

Tabla 11. Tasa de succión del inyector Venturi

Primer Punto	Segundo Punto	Resultado de Interpolación
Inyector inlet = 50 PSI Inyector Outlet = 35 PSI Water suction (gal/h) = 64,3	Inyector inlet = 60 PSI Inyector Outlet = 35 PSI Water suction (gal/h) = 91,7	Inyector inlet = 52 PSI Inyector Outlet = 35 PSI Water suction (gal/h) = 69,78

Teóricamente la succión del inyector a las presiones trabajadas es de 69,78 gal/h (4,4 L/min). Se logra determinar que el inyector esta succionando 10% menos caudal, sin embargo, se asume que dicha diferencia entre el caudal de succión teórico y el caudal de succión práctico se debe a las pérdidas de presión generadas por el filtro instalado en la succión del Venturi.

11. CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema de riego por goteo para 6.000 plántulas de palma de aceite, de acuerdo a las necesidades hídricas, agronómicas, edáficas y climáticas en el área. Con el fin garantizar un buen crecimiento de las plántulas, el sistema de riego debe ser activado 1 h y 15 minutos cada 3 días; tiempo y frecuencia de riego requeridos para suplir las necesidades hídricas del cultivo, aplicando una lámina de riego equivalente a 14 mm (lámina evapotranspirada durante 3 días en condiciones críticas).
- Según testimonio del propietario, cuando los anteriores viveros eran manejados con sistemas de riego por superficie, el riesgo de desarrollo de patógenos relacionados con hongos o ataque de plagas debido al exceso de malezas era alto, llegando a perder el 10% del vivero. Con el sistema de riego instalado la cantidad de plántulas perdidas disminuyó a 3% en referencia a la población inicial, demostrando que el método de riego por goteo redujo los inconvenientes fúngicos, propagación de malezas hospederos de plagas y enfermedades para las palmas.
- El costo del sistema de riego es de \$ 7'409.091,00 COP el cual incluye los costos de materiales e instalación del mismo.
- La implementación de estas nuevas tecnologías requiere mano de obra calificada que logre realizar satisfactoriamente las tareas de mantenimiento del sistema.

12. RECOMENDACIONES

- Evaluar semanalmente el funcionamiento del sistema de riego implementado, para no tener inconvenientes en la distribución del agua.
- Efectuar mantenimientos a las mangueras de riego ya que estas son vulnerables por el mal uso de las herramientas en las labores de la superficie donde se encuentra el sistema de riego.
- Enrollar las mangueras de riego después de cada vivero para que no se deterioren por el uso de herramientas agrícolas y además limpiar el filtro semanalmente ya que este acumula impurezas del sistema de riego.
- Seguir las disposiciones del uso del sistema de riego por goteo tanto en la parte estratégica como en las especificaciones de los cálculos agronómicos, y así prolongar la vida útil del sistema de riego.
- Mantener los equipos de filtrado en perfectas condiciones de funcionamiento durante su operación, limpiarlo semanalmente o dependiendo de la cantidad de material filtrado.
- Comprobar el buen funcionamiento de los elementos del cabezal de riego y de los goteros al inicio de la campaña de riegos.
- Tener precaución en la incorporación de los fertilizantes, evitando mezclas que puedan producir precipitaciones o elevada salinidad del agua de riego.
- En el riego por goteo es muy importante el control de los distintos tipos de obturaciones, ya que si no se detectan a tiempo puede producirse una interrupción en el aporte de agua causando un descenso del rendimiento en las plantas afectadas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Valdeverde, JC. 1988. Riego y drenaje. San José, Costa rica, EUNED, 233p.
2. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de agronomía. 72 p.
3. Gurovich, LA. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San José, Costa Rica, IICA
4. Rojas, RM. 1982. Manual de riego por aspersion. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 135 p.
5. Andrade, RA. 1974. Los estudios de suelos: La planificación general del uso de la tierra. El Salvador, CIDIAT. 114 p.
6. Peña, I De la. 1976. Calidad de las aguas de riego. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 32 p. (Memorando Técnico no. 2).
7. Grass, CJ. 1975. Estimación de los usos consuntivos y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 88p.
8. Megh R. Goyal. 2007. Management of Drip/Trickle or Micro Irrigation. Mayaguez, Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico. 54 p.
9. Claude, H. 1993. Irrigation, 5th Edition, published by the Irrigation Association. 10 – 45 p.
10. Pizarro, F. 1996. Riegos localizados de lta frecuencia (RLAF). Goteo, Micro aspersion. Ediciones Mundi Prenda. Tercera Edición. Madrid. España. 59-60 p.
11. Fuentes, J. 2000. Técnicas de Riego. Cuarta edición. Ministerio de Agricultura y pesca. España ed. Por Mundi-prensa. 235-279 p.
12. Fuentes, J. 2003. Tácticas de Riego. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 256-258 p.

13. Construmática 2011. Densidad aparente. Contrupedia, enciclopedia construcción. Consultado 29-9-2014. Disponible en la web http://www.construmatica.com/construpedia/Densidad_Aparente.
14. Playan, E. 2002. Riego por superficie conceptos básicos. Ed. IRYDA. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Madrid. España. 311-317 p.
15. Rocha, A. 2003. Los modelos como herramienta valiosa para el diseño hidráulico. Primera edición.
16. Berenjena, J. 2000. Necesidades de agua y programación de riego. Ed. IRYDA. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid – España.
17. Corley, R. H. V. y Tinker, P. B. 2009. La palma de aceite. Traducción de la 4 ed. En inglés por Maldonado, P. E.; Maldonado, P. F. 585 p.
18. Motta D. y Beltrán J. 2010. Establecimiento y manejo de viveros de palma de aceite. Unidad de aprendizaje 2. Establecimiento de un vivero de palma de aceite. 45 p
19. Potash & Phosphate Institute. Guía de campo, serie en palma aceitera, viveros. Volumen I. 112 p.
20. García, O. A. 1991. Parámetros para la evaluación de la calidad de aguas para riego. 257 – 272. In. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo, Bogotá.
21. Generalidades de la palma de aceite. Consultado 1-10-2014. Disponible en la web <http://www.angelfire.com/biz2/palmaaceitera/infotecnica.html>
22. Allen R. , Pereira L. , Raes D. y Smith M. 2006. FAO. Evapotranspiración del cultivo, guía para la determinación de los requerimientos de agua en los cultivos. 112p
23. Freid, M. y Broeshart. 1967. The soil plant system in relation to inorganic nutrition. New York, Academic Press, 358 p.
24. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS). 1997. Fertirrigación. Editor: Francisco Silva Mojica. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

ANEXOS

Anexo 1. Registro fotográfico

PRE-VIVERO



Imagen 13. Panorámica de las plántulas en etapa de pre-vivero

INSTALACIÓN DE RIEGO



Imagen 14. Estacado y alineación de vivero

Proyecto de pasantía
Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
Municipio del Retén (Magdalena)

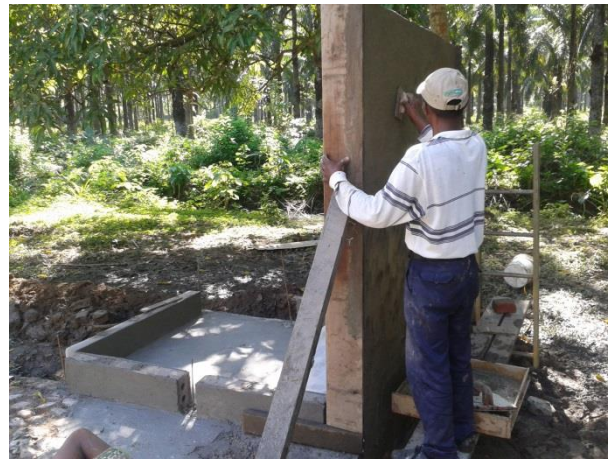


Imagen 15. Construcción de la caseta de bombeo



Imagen 16. Instalación de bombeo



Imagen 17. Cabezal de campo, unidad de fertirrigación



Imagen 18. Piscina – cárcamo

Proyecto de pasantía
Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
Municipio del Retén (Magdalena)



Imagen 19. Excavación de zanja para tubería principal y múltiple a pala



Imagen 20. Instalación de manguera lateral, conexión a tubería múltiple

Proyecto de pasantía
Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
Municipio del Retén (Magdalena)



Imagen 21. Instalación de manguera lateral



Imagen 22. Paso de bolsas al sitio definitivo



Imagen 23. Panorámica del vivero con las bolsas establecidas



Imagen 24. Sistema de riego instalado y operando

SIEMBRA



Imagen 25. Paso de las plántulas a las bolsas de vivero

VIVERO DURANTE SU PRIMER MES



Imagen 26. Plama de vivero durante su primer mes



Imagen 27. Sistema de riego por goteo



Imagen 28. Panorámica del vivero durante su primer mes

VIVERO CON 3 MESES



Imagen 29. Panorámica del vivero durante su tercer mes después el trasplante

VIVERO CON 5 MESES



Imagen 30. Panorámica del vivero durante su quinto mes después el trasplante

VIVERO CON 7 MESES



Imagen 31. Panorámica del vivero durante su séptimo mes después el trasplante

VIVERO CON 10 MESES



Imagen 32. Panorámica del vivero durante su décimo mes después el trasplante



Imagen 33. Palmas de 10 meses con excelente desarrollo fisiológico, listas para el trasplante al sitio definitivo en campo

Proyecto de pasantía
Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
Municipio del Retén (Magdalena)

Anexo 2. Registro de evaporación tanque tipo A 2012

Día	PALMARES DE ZACAPA S.A.S. Nit. 802011233-6 Formato de registro de evaporación (mm) Tanque evaporímetro tipo A											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	2.791	1.704	2.693	4.605	4.630	4.651	2.162	4.203	3.994	4.198	3.140	2.830
2	2.735	4.190	3.071	5.088	4.571	2.794	3.954	1.692	3.855	1.896	2.527	2.991
3	2.717	1.715	3.227	4.671	3.868	3.967	4.814	6.904	4.547	4.388	2.446	2.289
4	2.434	4.550	4.140	5.149	3.971	4.401	5.197	1.992	3.871	2.186	2.870	3.014
5	2.780	1.929	3.516	4.276	4.890	4.384	4.149	7.987	4.000	3.837	2.881	2.737
6	2.631	4.345	4.539	4.243	4.793	4.635	4.730	1.870	3.330	3.404	3.210	2.582
7	2.335	1.958	3.235	4.569	4.345	4.458	4.618	4.694	3.357	2.829	2.888	2.745
8	2.513	4.226	3.860	4.345	3.829	3.044	3.369	1.897	4.064	1.836	2.329	2.843
9	2.795	2.022	3.713	5.462	4.565	4.688	4.926	5.704	3.270	3.260	3.153	2.801
10	2.765	3.977	3.640	4.623	4.044	4.920	4.807	1.536	3.932	2.575	2.488	2.326
11	0.854	2.381	3.481	5.464	4.381	3.827	3.650	6.090	3.169	3.141	2.590	2.539
12	4.568	4.108	3.879	4.249	5.013	5.258	4.028	1.921	4.143	2.285	2.841	2.761
13	0.842	2.249	3.637	5.461	4.692	4.747	4.341	7.065	4.487	3.250	2.433	2.671
14	4.631	3.810	3.502	3.209	4.784	3.424	4.906	1.561	4.583	2.871	2.486	2.713
15	0.850	2.288	2.823	5.708	2.209	4.029	3.621	3.826	2.769	3.002	2.998	2.425
16	4.626	4.007	3.894	2.123	3.736	4.117	4.510	1.789	1.789	2.759	2.822	2.574
17	0.793	2.401	3.834	5.769	4.347	4.518	4.902	5.465	5.465	2.878	2.836	2.613
18	4.738	4.111	3.493	2.264	4.696	4.855	4.508	1.359	1.359	2.952	2.492	2.178
19	0.818	2.448	4.261	6.938	4.538	4.176	4.536	6.423	6.423	3.008	2.996	2.524
20	4.705	4.029	4.040	1.572	4.475	4.111	5.295	1.444	1.444	2.272	2.917	2.556
21	0.752	2.311	3.693	6.919	3.700	3.544	3.563	6.540	6.540	6.487	2.728	2.806
22	4.757	4.118	3.922	3.858	4.629	4.493	4.563	1.707	1.707	1.784	2.804	2.708
23	0.795	2.521	4.875	6.952	4.906	3.628	4.902	5.000	5.000	4.925	2.814	2.640
24	4.754	4.154	4.457	2.447	3.777	3.554	4.237	1.948	1.948	2.057	3.554	2.814
25	0.754	2.550	4.544	7.372	4.743	3.213	4.947	5.914	5.914	5.812	3.213	2.682
26	4.808	4.317	4.687	2.253	5.007	3.592	4.243	1.787	1.787	1.906	3.592	2.950
27	0.681	2.722	3.732	6.970	4.726	3.880	3.402	6.291	6.291	6.166	3.880	2.641
28	4.528	3.746	3.899	2.246	4.717	4.436	4.496	0.560	0.560	0.562	4.436	2.623
29	0.696	2.582	4.588	7.378	2.632	4.369	4.015	3.974	3.974	3.974	4.369	2.767
30	5.053		4.498	1.250	3.653	4.466	4.466	4.466	4.466	4.460	4.466	2.722
31	0.711		4.587	6.378	4.458		4.458	4.458	4.458	4.572	4.292	2.722
Total	82.21	91.47	119.96	143.81	133.32	124.18	134.31	118.06	116.49	101.53	95.49	82.79

Proyecto de pasantía
Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
Municipio del Retén (Magdalena)

Anexo 3. Resultado de análisis de suelos AGRILAB



Calle 79B No. 70-16 Bogotá, D.C.
Teléfono: 2231999
Telefax: 2234087
email: agrilab@etb.net.co

Página 1 de 1

ANÁLISIS DE SUELO

Campo <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Invernadero	No. Laboratorio	11-12-2013 110807
Remitente	PALMARES DE ZACAPA S.A.S.	Propietario	Sra. Claudia de Mier
Ciudad		Asist. Técnico	
Dirección		Fecha Muestreo	
Teléfono		Fecha Recepción	01/11/2013
Cultivo	PALMA AFRICANA	Municipio	
Cultivar	NO ESPECIFICADO	Departamento	MAGDALENA
Densidad	0	Finca	ZACAPA
Edad	No Especificado	Lote	Mun. El Retén

RESULTADO

TEXTURA	FRANCO-ARCILLO-ARENOSO	pH	5,54	M	
Arena %	50	C.E. dS/m	1,80	M	
Limo %	26	Sat. Hum. %	Media	N.A.	
Arcilla %	24	C.I.C.E. me/100	12,68	M	
		C.O. %	1,60	B	

Potasio me/100 g	0,38	149	ppm	M	Hierro ppm	360	E	Fósforo ppm	95	E
Calcio me/100 g	10	2004	ppm	A	Mn ppm	36	M	S-SO4 ppm	31	M
Mg me/100 g	2,14	260	ppm	M	Cobre ppm	4	A	N-NH4 ppm	N.A.	
Sodio me/100 g	0,16	37	ppm	M	Zinc ppm	4	M	N-NO3 ppm	N.A.	
Ac. Inter. me/100g	N.A.	N.A.	ppm		Boro ppm	0,38	B			

% Sat. Magnesio	16,9	Ca/Mg	4,67
% Sat. Sodio	1,26	Ca/K	26,3
% Sat. Aluminio	N.A.	Mg/K	5,63
% Sat. Potasio	3	(Ca+Mg)/K	31,9
% Sat. Calcio	78,9		

METODOLOGIAS ANALITICAS

PARAMETRO	METODO DE DETERMINACION
TEXTURA	BOUYOCOS
CARBONO ORGANICO	WALKLEY - BLACK - Colorimetría
pH	Pasta de Saturación
C.E (dS/m)	Extracción de Saturación
% SATURACION HUMEDAD	Con Base en el peso húmedo
C.I.C.E. (me/100 g)	Suma de Cationes
FOSFORO ASIMILABLE (ppm)	Bray II. Colorimetría
NITROGENO AMONIAICAL (ppm)	Extracción con cloruro de Sodio. Colorimetría
NITROGENO NITRICO (ppm)	Extracción con Acetato de Sodio. Colorimetría
AZUFRE : S-SO4 (ppm)	Extrac. Fosfato Monocálcico. Turbidimetría
K, Ca, Mg, Na	Extrac. Acetato de Amonio. Absorción Atómica
Acidez Intercambiable	Extracción con Cloruro de Potasio. Volumetría
Fe, Mn, Cu y Zn (ppm)	Método de Mellich i
BORO (ppm)	Extracción con Fosfato Monocálcico. Colorimetría

CLAVES	
D	Deficiente
B	Bajo
M	Medio
A	Alto
E	Excesivo
M.I.	Muestra insuficiente
N.A.	No Analizado

Myriam Bendeck Lugo
Química Director Técnico PQ 1168

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA



Anexo 4. Información de gotero NDJ ClickTif HD 8LPH Presión compensada



APLICACIONES

- Alto rango de rendimiento en goteros y accesorios en variadas configuraciones
- Para riego por pulsos y en sustratos artificiales
- Evita el exceso de drenaje en lugares bajos (modelo CNL)
- Para riego de plantas en maceta

ESTRUCTURA Y CARACTERISTICAS

- Cuatro elementos en el diseño del gotero minimizan el taponamiento:
 - Entrada de agua protegida con forma de cruz
 - Mecanismo de lavado del diafragma de regulación
 - Fuerte flujo turbulento en laberinto con limpieza y lavado continuos
 - Grandes pasajes de agua
- Dos modelos disponibles: PC y CNL (Antidrenante)
- Codificado por color para la identificación de descarga y modelo
- Conector estándar cónico de 5mm para trabajar con conectores rápidos o salida con conexión dentada de 3/5 para microtubos
- Resistente a los productos químicos usuales, fabricado con materiales de alto grado de calidad para lograr una mayor precisión y durabilidad

DATOS TECNICOS

- Descarga nominal: 1,3, 2,0, 3,0, 4,0, 8, 0, 12, 0 l/h
- Rango de regulación de presión: 1,0 – 4 bar
- Presión mínima recomendada: 1.0 bar
- CV: menor que 4%
- Antidrenaje: - Presión de apertura: 8 m
- Presión de cierre: 3 m

CODIGO DE COLOR



Longitud máxima recomendada del lateral (m) sobre suelo plano*

Diámetro lateral	Presión de entrada (m)	Espaciamiento de goteros (cm)							
		Ø 16 -ID-13.6mm				Ø 20 -ID-17.4mm			
		30	50	75	100	30	50	75	100
1.3	15	117	165	215	265	175	250	330	390
	20	149	210	280	340	225	320	425	500
	25	171	245	320	390	260	371	485	500
	30	190	270	355	430	289	410	500	500
2.0	15	88	125	164	200	133	191	250	305
	20	112	160	210	255	170	245	321	385
	25	130	185	242	295	198	280	370	445
	30	143	205	270	325	217	310	410	495
3.0	15	67	100	131	160	106	152	202	245
	20	90	127	168	203	138	196	260	314
	25	102	147	190	236	160	227	300	364
	30	115	163	215	260	176	252	332	403
4.0	15	56	80	105	125	85	115	150	195
	20	72	102	134	162	110	153	203	248
	25	83	118	155	188	126	176	236	287
	30	91	130	170	207	140	195	261	318
8.0	15	37	53	70	82	57	82	104	131
	20	48	68	89	106	74	105	137	167
	25	55	77	102	125	85	120	160	193
	30	61	85	113	137	94	133	176	213
12.0	15	29	41	54	65	45	63	82	100
	20	37	52	68	83	57	81	106	128
	25	42	60	79	96	66	94	122	148
	30	47	67	88	106	73	105	135	165

* Presión mínima en el extremo del lateral: 1.0 bar
No se recomienda una longitud del lateral que exceda los 500 m

© NAANDANJAIN Ltd. 04/2012

Anexo 12. Plan de fertilización de vivero Zacapa

Tabla 12. Plan general de fertilización para vivero de palma de aceite Zacapa

Mes 0-2	Nitrofer Potasio	Nitrofer Calcio	Nitrofer Mg	Foskafer	Total/día (Tanque 45 lt)
Lunes	1925			550	2475
Martes			1925	550	2475
Miércoles	1925			550	2475
Jueves			1925	550	2475
Viernes				550	550
Sábado		3850			3850

Mes 3-4	Nitrofer Potasio	Nitrofer Calcio	Nitrofer Mg	Foskafer	Total/día (Tanque 45 lt)
Lunes	3080	0	0	880	3960
Martes	0	0	3080	880	3960
Miércoles	3080	0	0	880	3960
Jueves	0	0	3080	880	3960
Viernes	0	0	0	880	880
Sábado	0	6160	0	0	6160

Mes 5-6	Nitrofer Potasio	Nitrofer Calcio	Nitrofer Mg	Foskafer	Total/día (Tanque 45 lt)
Lunes	4620	0	0	1320	5940
Martes	0	0	4620	1320	5940
Miércoles	4620	0	0	1320	5940
Jueves	0	0	4620	1320	5940
Viernes	0	0	0	1320	1320
Sábado	0	9240	0	0	9240

Mes 6-8	Nitrofer Potasio	Nitrofer Calcio	Nitrofer Mg	Foskafer	Total/día (Tanque 45 lt)
Lunes	5775	0	0	1650	7425
Martes	0	0	5775	1650	7425
Miércoles	5775	0	0	1650	7425
Jueves	0	0	5775	1650	7425
Viernes	0	0	0	1650	1650
Sábado	0	11550	0	0	11550

Mes 8-10	Nitrofer	Nitrofer	Nitrofer	Foskafer	Total/día
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------

Proyecto de pasantía
Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
Municipio del Retén (Magdalena)

	Potasio	Calcio	Mg	(Tanque 45 lt)	
Lunes	6160	0	0	1760	7920
Martes	0	0	6160	1760	7920
Miércoles	6160	0	0	1760	7920
Jueves	0	0	6160	1760	7920
Viernes	0	0	0	1760	1760
Sábado	0	12320	0	0	12320

Mes 10-12	Nitrofer Potasio	Nitrofer Calcio	Nitrofer Mg	Foskafer	Total/día (Tanque 45 lt)
Lunes	6930	0	0	1980	8910
Martes	0	0	6930	1980	8910
Miércoles	6930	0	0	1980	8910
Jueves	0	0	6930	1980	8910
Viernes	0	0	0	1980	1980
Sábado	0	13860	0	0	13860

Anexo 6. Tabla de rendimiento de inyección del Venturi Mazzei



Operating Pressure PSIG		WATER SUCTION		Operating Pressure PSIG		WATER SUCTION	
Injector INLET	Injector OUTLET	Motive Flow GPM	Water Suction GPH	Injector INLET	Injector OUTLET	Motive Flow GPM	Water Suction GPH
5	0	5.5	101	60	0	19.0	92.7
	1		46.4		5		92.7
	2		22.1		10		92.7
	3		2.7		15		92.7
	4		*(4.0)		20		92.7
10	0	7.7	105	70	0	20.5	93.0
	2		75.6		30		93.0
	5		41.7		35		91.7
	7		19.1		40		77.1
	8		*(8.1)		45		44.4
15	0	9.5	101	80	0	21.9	93.3
	5		79.9		5		93.3
	7		64.6		10		93.3
	10		34.2		15		93.3
	12		*(13.1)		20		93.3
20	0	10.9	98.2	90	0	23.2	92.3
	5		95.4		30		93.4
	10		69.9		40		92.3
	12		51.5		45		81.8
	15		*(17.3)		50		54.5
25	0	12.2	96.6	100	0	24.5	93.8
	5		96.6		5		93.8
	10		89.4		10		93.8
	15		68.1		15		93.8
	20		*(21.9)		20		93.8
30	0	13.4	94.3	120	0	26.8	94.7
	5		94.4		5		91.5
	10		94.4		10		52.8
	15		82.0		15		33.0
	20		55.4		20		94.4
35	0	14.5	17.9	130	0	28.1	94.4
	5		93.9		5		94.4
	10		93.9		10		94.4
	15		93.9		15		94.4
	20		91.8		20		95.6
40	0	15.5	74.1	140	0	29.4	94.3
	5		74.1		5		84.6
	10		47.2		10		93.5
	15		93.1		15		20.5
	20		93.1		20		94.1
45	0	16.4	93.1	150	0	30.6	94.1
	5		93.1		5		94.1
	10		91.8		10		94.1
	15		72.2		15		94.1
	20		*(34.4)		20		94.1
50	0	17.3	92.8	160	0	31.2	94.1
	5		92.8		5		93.9
	10		92.8		10		94.9
	15		92.8		15		81.3
	20		93.8		20		30.6
55	0	18.2	88.9	170	0	31.8	94.4
	5		88.9		5		94.4
	10		66.1		10		94.4
	15		36.7		15		94.4
	20		92.4		20		94.4
60	0	19.0	92.4	180	0	32.4	94.4
	5		92.4		5		94.4
	10		92.4		10		94.4
	15		92.4		15		94.4
	20		92.4		20		95.2
65	0	19.9	92.3	190	0	33.0	94.4
	5		92.3		5		94.4
	10		92.3		10		94.4
	15		86.3		15		93.8
	20		64.3		20		61.2
70	0	20.8	35.0	200	0	33.6	22.3
	5		35.0		5		93.8
	10		35.0		10		93.8
	15		35.0		15		93.8
	20		35.0		20		93.8

Injector Performance Table
 Water Suction Capacity
 Model 1078-03

Copyright© 2014 REV August 2014
 Mazzei Injector Company, LLC
 500 Rochester Drive, Belknapfield, CA 93307-9555 USA
 TEL 661.363.6500 • FAX 661.363.7500 • www.mazzei.net

*NUMBERS IN PARENTHESIS indicate
 the injector outlet pressure when
 suction stops (Zero Suction Point).



Anexo 7. Muestra de cálculos de diseño de tubería lateral

UNIDAD DE RIEGO (UR)		CULTIVO		ABASTECIMIENTO	
Modalidad:	Goteo	Vivero	Zacapa	Sector de riego (S.R) N°:	1
Boquilla Emisor (color):	Verde	Especie:	Palma de aceite	Fuente:	canal Patía II
Presión Trabajo (PSI):	30	Distancia siembra (m):	1	Caudal disponible (GPM):	
Diámetro Húmedo (m):	0.27	Forma siembra:	tres bolillos	Caudal sector riego QSR (GPM):	52.82
Caudal (LPH)=QUR:	8	Árboles/ha Aprox:	11457	Caudal/árbol (LPH) máx :	2
Forma de trabajo	Autocompensado	Unidades Riego/árbol :	0.25	Distancia entre emisores (EL) (m) :	2

CÁLCULO PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA (J)

VARIABLES	VALORES
J= (F) (L) (j)	16 mm
NA = Número de árboles a beneficiar	160.00
NUR= Número de unidades de riego por lateral » N° De salidas	40.00
q = Diámetro y RDE de la tubería (en mm)	16.00
F = Factor corrección múltiples salidas (Tabla N° 1)	0.364
Q = Caudal total a conducir = (N° Unidades Riego) (Q unitario) =	5.33
Ns = Número de espacios entre unidades de riego	39.00
EL= Espaciamiento entre unidades de riego en el lateral (m)	2.000
TI = Tramo inicial desde la conexión del lateral hasta la primera unidad de riego (m)	1.200
TF = Tramo final desde última unidad de riego hasta obturador (m)	0.500
LR = Longitud real (m) = (Ns)(EL) + (TI) + (TF)	79.70
Le = Longitud equivalente por conexión de unidad riego al lateral : 0,05 - 0,2 m	0.050
L = Longitud total (m) = (LR) + (Le)	79.75
j = Pérdidas por fricción en la tubería (m/m); Tabla N° 4 (Según fabricante)	4.700
J = (F)(L)(j) (m)	1.364

CHEQUEO: $J \leq$ Permisible (55% del 20% de la Presión de Trabajo Unidad de Riego) flujo laminar				
Diámetro de la tubería del Lateral 16 mm	J (m) 1.364	J Permisible (m) 2.320675105	Condición (1.364m) \leq (2.32)	Si Cumple o No Cumple SI

Seguidamente se procede a determinar la presión requerida a la entrada del lateral crítico, la muestra de cálculo se encuentra en la siguiente tabla:

PRESIONES REQUERIDAS PARA EL LATERAL			
PRESIÓN A LA ENTRADA (PEL)		PRESIÓN A LA SALIDA (PSL)	
VARIABLES	VALORES	VARIABLES	VALORES
PUR = Presión unidad riego (m):	21.097	PEL = Presión entrada lateral (m):	21.96
J = Pérdidas totales (m):	1.364	J = Pérdidas totales (m):	1.364
DH = Diferencia topográfica terreno (m):	0.5	DH = Diferencia topográfica terreno (m):	0.5
PEL= PUR + J + DH (m):	22.96	PEL= PUR - J + DH (m):	21.10
PEL= PUR + J - DH (m):	21.96	PEL= PUR - J - DH (m):	20.10
PEL= Cuando se suma DH (PSI):	32.65	PEL= Cuando se suma DH (PSI):	30.00
PEL= Cuando se resta ΔH (PSI):	31.23	PEL= Cuando se resta ΔH (PSI):	28.58

Fuente: Ing. Miguel Germán Cifuentes – MIGERCIPER (2010)

Proyecto de pasantía
Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
Municipio del Retén (Magdalena)
Anexo 8. Muestra de cálculos para diseño de tubería múltiple

UNIDAD DE RIEGO (UR)		CULTIVO		ABASTECIMIENTO	
Modalidad:	Goteo	Vivero	Zacapa	Sector de riego (S.R) N°:	1
Boquilla Emisor (color):	Verde	Especie:	Palma de aceite	Fuente:	canal Patía II
Presión Trabajo (PSI):	30	Distancia siembra (m):	1	Caudal disponible (GPM):	
Diámetro Húmedo (m):	0.27	Forma siembra:	tres bolillos	Caudal sector riego QSR (GPM):	52.82
Caudal QUR (LPH):	8	Distancia entre Surcos (m):	0.87	Caudal/árbol (LPH) máx :	2
Forma de trabajo	Autocompensado	Unidades Riego/árbol :	0.25	Distancia entre emisores(EL) (m) :	2

CÁLCULO PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA (J)

VARIABLES	VALORES
$J = (F)(L)(j)$	80%
$NUR = (\text{Número unidades de riego}) * (\text{Sector Riego}) = QSR/QUR$	1200
$N^{\circ} \text{ Surcos o líneas de riego} * \text{Sector Riego (SR)} = (\text{Total UR del SR}) / (\text{Total UR del gran lateral})$	34.40
$F = \text{Depende } N^{\circ} \text{ de salidas y/o conexión surcos (Tabla } N^{\circ} 1)$	0.375
$Ns = \text{Número de espacios entre surcos (m)}$	27.52
$TI = \text{Tramo inicial desde la conexión hasta el primer surco (m)}$	2.00
$TF = \text{Tramo final medio desde la conexión del último surco hasta el tapón de lavado (m)}$	2.00
$EM = \text{Espaciamento entre surcos o líneas de riego sobre el múltiple (m)}$	1.70
$LR = \text{Longitud real (m)} = (Ns)(EM) + (TI \text{ de conexión}) + (TF)$	60.32
$Le = \text{Longitud equivalente por conexión de laterales al múltiple: } 0,25 \text{ m para silletas de } 12 \text{ mm y } 0,5 \text{ para silletas de } 16 \text{ mm}$	0.50
$L = \text{Longitud total (m)} = (LR) + (Le)$	60.82
$q = \text{Diámetro y RDE de la tubería múltiple (asumirlo)}$	2" RDE 41
$Q = \text{Caudal de diseño y/o para cálculo (GPM)}$	42.26
$j = \text{Pérdidas por fricción en la tubería (m/m); Tabla } N^{\circ} 2,3 \text{ y } 8$	2.328
$J = (F)(L)(j) \text{ (m)}$	0.531

CHEQUEO: $J \leq \text{Permisible}$ (45% del 10% de la presión de trabajo unidad de riego)



Proyecto de pasantía
Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
Municipio del Retén (Magdalena)

J (m) :	0.531	J ≤ J Permisible	Si cumple o no cumple?
J PERMISIBLE (m):	0.9493671	$(0,531m) \leq (0.94 m)$	SI

Seguidamente se procede a determinar la presión requerida a la entrada de la tubería múltiple, la muestra de cálculo se encuentra en la siguiente tabla:

PRESIÓN REQUERIDA A LA ENTRADA DEL MÚLTIPLE (PREM)		
PREM = Pérdidas totales múltiple (J) *	En	22.491
Presión entrada lateral (PEL) ± ΔH	metros	
Terreno		
PREM = (0,531 m) + (21.96 m) - (0m)	En PSI	31.982

Fuente: Ing. Miguel Germán Cifuentes – MIGERCIPER (2010)

Anexo 9. Muestra de cálculos para diseño de tubería principal

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA (J)				
Modalidad:	Goteo	Vivero:	Zacapa	Sector: 1
$J=(F)(L)(j)$				
F=Depende del número de salidas (sector riego a beneficiar y/o salidas tubería (ción) (tabla N° 1)				1
L=Longitud total = Lreal + Lequivalente=()+() (m)				126.3
j=pérdidas unitarias por fricción tubería m/m Tabla N° 2,3,8				2.91
Q=Caudal a conducir=□Caudales sectores de riego a beneficiar				52.82
LR= Longitud real; desde descarga unidad de bombeo y/o filtrado hasta último e riego a beneficiar (m)				118.5
Le= Longitud equivalente por accesorios (m) (tabla N° 5; gráfica N° 1)				10.4
Diámetro tubería y RDE (asumirlo)				RDE 41 - 2"
$J= (F)(L)(j)= () () () =m$				3.7509

1. CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE (Le)				
ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	Le (m)
Codo 45	4	2		2.4
Codo 90°	4	2		5.2
Tee activa	1	2		2.8
SUMATORIA Le (m):				10.4

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD (V) EN TUBERÍAS	
VARIABLES	VALORES
Clase y diámetro de tubería	RDE 41 - 2"
RDE Tubo	41
Espesor pared tubo (m) (catálogo fabricante)	0.00152
q E= Diámetro externo (m) (catálogo fabricante)	0.06032
q l= Diámetro interno (m) (catálogo fabricante)	0.0588
R= Radio interno (m)	0.0294
A= Área tubo = (p)(R ²) = (m ²)	0.0027154
Q=Caudal (m ³ /sg)	0.0016
V= Q/A = ()/()	1.697125
Vpermisible (m/sg) (según fabricante tubería)	2
CHEQUEO: V ≤ Vp	SI
	NO

Seguidamente se procede a determinar la presión requerida a la entrada de la tubería principal, la muestra de cálculo se encuentra en la siguiente tabla:



Proyecto de pasantía
 Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
 Municipio del Retén (Magdalena)

PRESIÓN REQUERIDA A LA ENTRADA DE LA TUBERÍA PRINCIPAL (PREP)

PREP=J Tubería Principal+PREA (Presión requerida entrada tubería alimentación crítica±DH terreno			
DH (m)=		0.25	
PREA (Presión requerida entrada del múltiple) (m):		22.491	
PREP (sumando DH)=	26.49199	m	37.67160978 PSI

Fuente: Ing. Miguel Germán Cifuentes – MIGERCIPER (2010)



Anexo 10. Información de unidad de filtrado Amiad - Tagline 2" T Super



Especificaciones Técnicas

Tipo de filtro	2" T súper
----------------	------------

Datos generales	
Caudal máximo*	25 m ³ /h (110 US gpm)
Diámetro de entrada / salida	2" (50 mm)
Grados de filtración	300, 250, 200, 130, 100, 80 micrones
Presión máxima de trabajo	8 bar (120 psi)
Temperatura máxima de trabajo	60°C (140°F)
Rango de temperatura de trabajo	
Peso (vacío)	Malla = 4,2 kg (9,2 lb) Anillos = 5,4 kg (11,9 lb)

Datos del elemento de filtración	
Datos del elemento de filtración	Malla = 700 cm ² (108,5 pulg ²) Anillos = 1.185 cm ² (183,6 pulg ²)
Tipo de elemento de filtro	Malla de nylon, malla de alambre tejido, elemento de anillos

Materiales de construcción*	
Carcasa del filtro	Polipropileno + Fibras de vidrio
Cubierta del filtro	Polipropileno + Fibras de vidrio
Junta de la carcasa	NBR
Malla	Construcción = Polipropileno Red = Acero inoxidable o poliéster Juntas = NBR
Anillos	Construcción = Polipropileno Anillos ranurados = Polipropileno Juntas = NBR

Anexo 11. Muestra de cálculos para selección de unidad de bombeo

DATOS BÁSICOS					
Qdiseño (GPM)	52.82	Temperatura interior caseta (°C)	35	Dpto	Magdalena
Localización Geográfica(m.s.n.m.)	32	Presión atmosférica tabla N° 6 (m)	10.27	Municipio	Reten
Presión trabajo Unidad Riego(PSI)	30	Presión de vapor tabla N° 7 (m)	0.57	Vereda	Zacapa
Fuente abastecimiento	Canal Patia II	Clase sedimentos (mm)	3	Predio	La Sarita

CÁLCULO DE LA CABEZA (ALTURA) DINÁMICA TOTAL (C.D.T) VARIABLES	
C.D.T=Hs+Hfs+Hd+Hfp+HfA+HfM+HfL+Hff+HfF+HUR	VALORES
	(m)
Hs= Altura de succión	1.8
Hd= Altura de descarga (□H terreno)+ Altura elevador unidad de riego = (0.25) + (0,3)	0.55
Hfs= Pérdidas por fricción tubería succión	0.23
Hfp= Pérdidas por fricción tubería principal	3.67
HfA= Pérdidas de fricción en la tubería de alimentación	0
HfM= Pérdidas por fricción en la tubería múltiple	0.531
HfL= Pérdidas por fricción en la tubería lateral	1.364
Hff= Pérdidas por fricción unidad de fertilización	5
HfF= Pérdidas por fricción unidad filtrado	0.5
HUR= Presión de trabajo unidad de riego	21.10
SUMATORIA C.D.T	34.75

1. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA DE SUCCIÓN (Hfs) Hfs = (L)(j)	
Diámetro tubería y RDE (asumirlo)	2" RDE 41
L = Longitud total = Lreal+Lequivalente = ()+() (m)	8
LR= Longitud real; desde la válvula de pie hasta el orificio de succión de la bomba (m)	3.5
Le= Longitud equivalente por accesorios (m)	4.5
j = Pérdidas unitarias por fricción tubería m/m Tabla N° 2,3,8	0.0291
Q =Caudal a conducir = □caudales sectores de riego a beneficiar (GPM)	52.82
Hfs= (L)(j) = (23,1)(0,0616) = m	0.23

2. CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALAENTE TUBERÍA SUCCIÓN (Le) m (Tabla N° 5; Gráfica N° 1)				
ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	Le (m)
Válvula de pie	1	2"	26.41	3.2



Codo 90°	1	2"	26.41	1.3
Sumatoria Le(m)				4.5

3. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD (V) EN TUBERÍA SUCCIÓN	
VARIABLES	VALORES
Clase y diámetro de tubería	PVC 2"
RDE tubo	41
Espesor pared tubo (m) (catálogo fabricante)	0.00152
θE= Diámetro externo (m) (catálogo fabricante)	0.06023
θI=Diámetro interno (m) (catálogo fabricante)	0.05719
R= Radio interno (m)	0.028595
A = Área tubo = πR² (m²)	0.002569
Q =Caudal (m³/sg)	0.003
V = Q/A = ()/()	1.285
V permisible (m/sg) según fabricante	2
CHEQUEO: V ≤ Vp ; (1.285) ≤ (2)	(SI) (NO)

Después de los respectivos chequeos, se procede a determinar la potencia del motor por el método de la fórmula, como se muestra en la siguiente tabla:

SELECCIÓN DE UNIDAD DE BOMBEO, MÉTODO "POR FÓRMULA"

$$HP = \frac{Q \times CDT}{3960 \times \eta}$$

Q = Caudal de diseño (GPM)	52.82
C.D.T = Cabeza Dinámica Total (pies)	113.993
3960 = factor de conversión	3960
η= Eficiencia deseada para la bomba (decimales)	0.65
HP= [(52.82) (113,993)]/[(3960) (0,65)]	2.34

Con el fin de garantizar el buen funcionamiento de la electrobomba, se examinó la cabeza neta positiva de succión diseñada, la cual debe ser mayor que la suministrada por el proveedor:

CÁLCULO DE LA CABEZA NETA POSITIVA DE SUCCIÓN (NPSH)	
1. NPSH disponible	2. NPSH requerido
$NPSH_d = P_a - P_v - H_s - H_{fs} = m$	
Pa= Presión atmosférica según localización	10.27 Entregada por el

Proyecto de pasantía
Diseño e instalación de vivero de palma de aceite con modalidad de riego por goteo
Municipio del Retén (Magdalena)

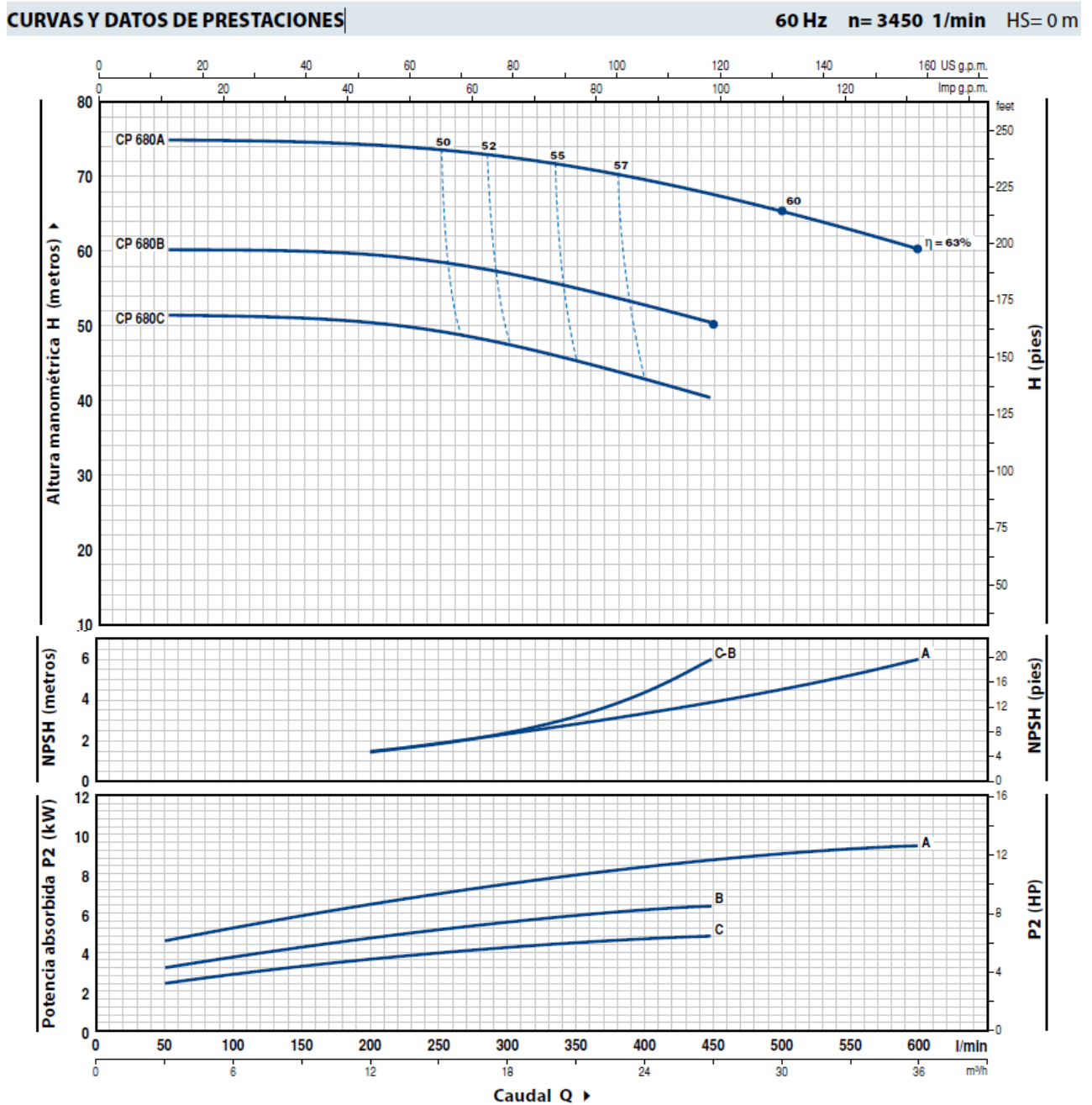
Pv= Presión de vapor según temperatura	0.57	fabricante de la bomba en función del Qdiseño y el θ rotor
Hs= Altura de succión bomba	1.8	NPSHr= (3) m
Hfs= Pérdidas fricción tubería de succión	0.23	
NPSHd = m	7.67	
NPSHr \leq NPSHd	3 \leq 7.67	OK

A continuación se hace el ajuste de potencia para motores eléctricos, en donde se tiene en cuenta parámetros climatológicos y geográficos del sitio de bombeo, como se muestra en la tabla:

AJUSTES DE POTENCIA (HP) EN MOTORES ELÉCTRICOS	
MOTORES ELÉCTRICOS	%
Por pérdidas por fricción y temperatura	15
Por altura: 3% por cada 100 m.s.n.m a partir de 150 m	0
Por temperatura: 1% por cada 5,6 °C a partir de 15°C	3.57
Sumatorias porcentaje para corrección	18.75
HP final = (HP inicial) + (S%)(HP inicial)	2.77

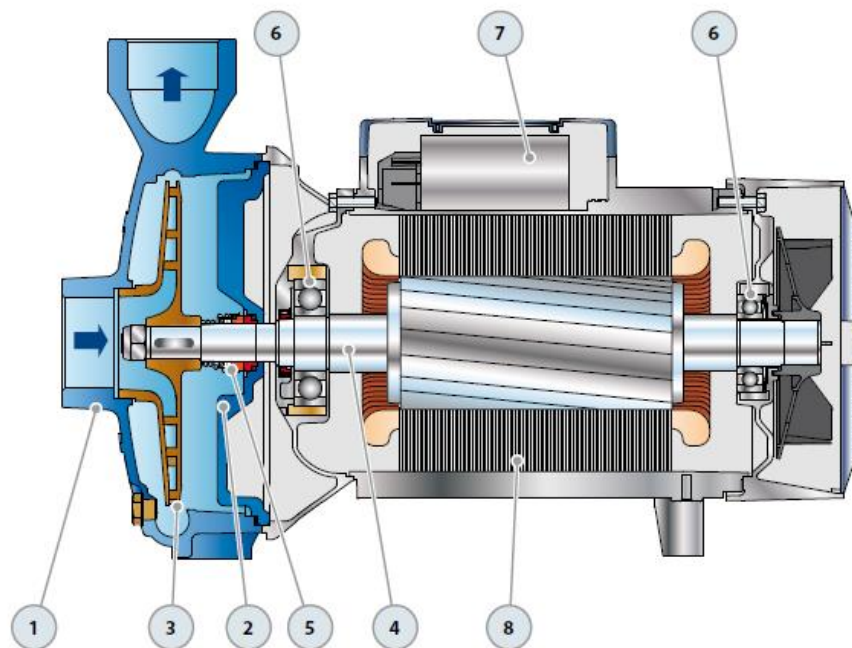
Fuente: Ing. Miguel Germán Cifuentes – MIGERCIPER (2010)

Anexo 12. Curva de rendimiento de Electrobomba Pedrollo CPm 680C



Anexo 13. Características generales de electrobomba Pedrollo CPm 680 C

POS.	COMPONENTE	CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS					
1	CUERPO BOMBA	Hierro fundido, con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1					
2	TAPA	Hierro fundido					
3	RODETE	Latón para CP 680, CP 700 Hierro fundido para CP 750					
4	EJE MOTOR	Acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104					
5	SELLO MECANICO	Electrobomba	Sello	Eje	Materiales		
		<i>Modelo</i>	<i>Modelo</i>	<i>Dímetro</i>	<i>Anillo fijo</i>	<i>Anillo móvil</i>	<i>Elastómero</i>
		CP 680	FN-24	Ø 24 mm	Grafito	Cerámica	NBR
		CP 700					
		CP 750	FN-32 NU	Ø 32 mm	Grafito	Cerámica	NBR
6	RODAMIENTOS	Electrobomba	Modelo				
		CP 680	6307 ZZ - C3 / 6206 ZZ - C3				
		CP 700					
		CP 750	6310 ZZ - C3 / 6308 ZZ - C3				
7	CONDENSADOR	Electrobomba	Capacidad				
		<i>Single-phase</i>	<i>(220 V)</i>				
		CPm 680C	70 µF 450 VL				
8	MOTOR ELECTRICO	CPm: monofásica 220 V - 60 Hz. CP: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz → Las bombas con motores trifásicos son de alto rendimiento en clase IE2 (IEC 60034-30) - Aislamiento: clase F. - Protección: IP X4.					



Anexo 14. Plano