

INSTITUTO TECNÓLOGICO DE COSTA RICA  
VICERRECTORÍA DE DOCENCIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la  
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para  
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

MEDICIÓN DEL EFECTO DE DOS SISTEMAS DE LABRANZA EN  
UN CULTIVO DE ZANAHORIA EN PASO ANCHO DE OREAMUNO DE  
CARTAGO.

Joseph Vargas González

CARTAGO, 2022



Este obra está bajo una [licencia de  
Creative Commons Reconocimiento-  
NoComercial-CompartirIgual 4.0  
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

MEDICIÓN DEL EFECTO DE DOS SISTEMAS DE LABRANZA EN  
UN CULTIVO DE ZANAHORIA EN PASO ANCHO DE OREAMUNO DE CARTAGO.

Joseph Vargas González

Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la  
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para  
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

---

Dra. Natalia Gómez Calderón

Asesor

---

Dra. Isabel Guzmán Arias

Director Escuela  
Ingeniería Agrícola

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

CARTAGO, COSTA RICA

2022

---

**CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

A las 8:00 horas del día 16 del mes de Junio del año 2022 el estudiante:  
Joseph Vargas González

presenta y defiende su trabajo de graduación titulado:

Medición del efecto de dos sistemas de labranza en un cultivo de zanahoria en Paso  
Ancho de Oreamuno de Cartago.

ante el Tribunal de Evaluación compuesto por los siguientes miembros:

Presidente (a): Laura Segura Serrano

Asesor (a) de la Escuela: Natalia Gómez Calderón

Lector (a): Raquel Cruz Salas

Firman conforme lo dispone el Reglamento de Trabajos Finales de Graduación:

Laura Patricia Segura Serrano  
Firmado digitalmente  
por LAURA PATRICIA  
SEGURA SERRANO  
(FIRMA)  
Fecha: 2022.06.16  
09:13:37 -0600'

PRESIDENTE (A)



LECTOR (A)

Natalia Gómez Calderón  
Firmado digitalmente  
por NATALIA GOMEZ  
CALDERON (FIRMA)  
Fecha: 2022.06.16  
09:02:57 -0600'

ASESOR (A) DE LA ESCUELA



ESTUDIANTE

## ***Dedicatoria***

*A mis padres José Vargas Arrieta y Grettel Gonzalez Guzmán que siempre me comprendieron y apoyaron en todo momento a lo largo de mi vida universitaria y que me enseñaron a nunca rendirme y trabajar de forma honrada.*

*A mis hermanos que de una u otra forma me apoyaron a salir adelante con mis estudios.*

## ***Agradecimientos***

*Primero quiero darle gracias a Dios por mantenerme con salud y sabiduría a lo largo de toda mi vida universitaria y así poder cerrar esta etapa mi vida de manera satisfactoria.*

*A mi familia por el cariño y apoyo recibido para seguir adelante.*

*A todo el personal administrativo y profesores que brindaron sus conocimientos que ayudaron en mi formación académica.*

*A mi asesor Natalia Gómez Calderón por la paciencia y por la ayuda brindada en esta última etapa.*

*A todos los compañeros y amigos que me estuvieron apoyando en todo momento y de los que guardo buenos recuerdos.*

# INDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1.    Objetivo general.	4
1.1.1.    Objetivos específicos.	4
CAPITULO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1.    Cultivo	6
2.2.    Condiciones agro-climatológicas	7
2.3.    Preparación del Terreno.	7
2.4.    Parámetros del suelo	8
2.4.1.    Capacidad de campo	8
2.4.2.    Punto de marchitez permanente	9
2.4.3.    Densidad aparente	9
2.4.4.    Textura	10
2.4.5.    Plasticidad	10
2.4.6.    Compactación	11
2.4.7.    Resistencia a la penetración	11
2.4.8.    Resistencia al corte	11
2.5.    Comportamiento operativo de los implementos	13
2.5.1.    Patinaje	13
2.5.2.    Perfil del suelo	13
2.6.    Estadística	13

2.7.	Análisis ambiental	14
2.8.	Análisis económico	14
2.8.1.	VAN (valor actual neto o valor presente neto)	14
2.8.2.	TIR (tasa interna de rentabilidad)	15
CAPITULO 3. METODOLOGÍA		16
3.1.	Caracterización del terreno de las pruebas	17
3.2.	Preparación del terreno	18
3.3.	Parámetros del suelo	19
3.3.1.	Retención de humedad (Capacidad de campo y Punto de Marchitez Permanente)	19
3.3.2.	Densidad aparente del suelo (da)	20
3.3.3.	Textura	21
3.3.4.	Consistencia, plasticidad (según manual de fao)	21
3.3.5.	Resistencia a la penetración (penetrologger)	22
3.3.6.	Resistencia al corte (veleta)	22
3.4.	Comportamiento operativo del implemento	23
3.4.1.	Patinaje de los rodamientos del tractor para cada variante de velocidad de avance	23
3.4.2.	Perfil del suelo.	23
3.4.3.	Porcentaje de raíces	25
3.5.	Análisis estadístico	25
3.6.	Análisis ambiental	25
3.7.	Análisis económico	26
3.7.1.	Valor actual neto	26
3.7.2.	Tasa interna de retorno o tasa interna de rendimiento (TIR)	26

CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1.    Parámetros del suelo	28
4.1.1.    CC y PMP	28
4.1.2.    Densidad aparente del suelo (Da)	28
4.1.3.    Textura	29
4.1.4.    Consistencia en Plasticidad	30
4.1.5.    Resistencia a la penetración	30
4.1.6.    Resistencia al corte	32
4.2.    Comportamiento operativo	33
4.2.1.    Patinaje	33
4.2.2.    Perfil del suelo	35
4.3.    Porcentaje de raíces	39
4.4.    Análisis Ambiental	40
4.5.    Análisis Económico	41
4.6.    Análisis impacto social político y económico.	46
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1.    CONCLUSIONES	48
5.2.    Recomendaciones	49
CAPITULO 6. BIBLIOGRAFÍA	50
CAPITULO 7. ANEXOS	54
	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1-1 Etapas de crecimiento de la zanahoria .....	6
Figura 2.4-1 Diagrama de funcionamiento de veleta.....	12
Figura 3.1-1 Mapa de ubicación de la finca.....	17
Figura 3.2-1 Distribución de las parcelas experimentales .....	18
Figura 3.2-2 Preparación del terreno utilizado para el estudio .....	19
Figura 3.3-1 Utilización del Penetrologger.....	22
Figura 3.4-1 Determinación del perfil del suelo .....	24
Figura 3.8-1 Grafico de Cajas de resistencia a la penetración (MPa).....	31
Figura 3.8-2 Gráfico de cajas de Resistencia al Corte(kPa) una profundidad de 15 cm .....	33
Figura 3.9-1 Grafico del perfil del suelo obtenido.....	36
Figura 3.9-2 Gráfico del perfil del suelo en el tratamiento de encamador .....	37
Figura 3.9-3 Gráfico de perfil 1 del Rotador .....	38
Figura 3.9-4 Gráfico del perfil 2 del rotador. ....	39
Figura 6-1 Mapa de pendientes de la finca .....	55
Figura 6-2 Rotador utilizado para la preparación del terreno .....	56
Figura 6-3 Encamador (quemador de piedra) utilizado en la preparación del terreno ....	57
Figura 6-4 Consistencia del trabajo realizado por los implementos .....	58
Figura 6-5 Triangulo de textura .....	59
Figura 6-6 Diferencia de crecimiento radicular al final del ciclo .....	80
Figura 6-7 Criterios de ponderación en un proyecto de setena.....	81

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.4-1 Porcentajes promedio de humedad a capacidad de campo a diferentes tipos de suelo.....	9
Cuadro 2.4-2 Clasificación de la plasticidad .....	11
Cuadro 2.4-3 Clasificación de los valores tomados con la veleta.....	12
Cuadro 2.7-1 Clasificación en función de la calificación final y que establece el procedimiento en setena .....	14
Cuadro 3.2-1 Características de los implementos utilizados. ....	19
Cuadro 3.8-1 Resultado de Punto de Marchitez Permanente .....	28
Cuadro 3.8-2 Resultado de Capacidad de Campo .....	28
Cuadro 3.8-3 Densidad Aparente para ambos tratamientos.....	29
Cuadro 3.8-4 Medias obtenidas en Densidad Aparente.....	29
Cuadro 3.8-5 Textura del Área de estudio .....	29
Cuadro 3.8-6 Medias obtenidas para cada parcela.....	31
Cuadro 3.8-7 Medias calculas de la resistencia al corte .....	32
Cuadro 3.9-1 Patinaje producido por el encamador.....	34
Cuadro 3.9-2 Patinaje producido por el rotador.....	34
Cuadro 3.9-3 Coeficiente de Uniformidad.....	35
Cuadro 3.9-4 Coeficiente de uniformidad .....	36
Cuadro 3.9-5 Coeficiente de Uniformidad.....	37
Cuadro 3.9-6 Coeficiente de Uniformidad.....	38
Cuadro 3.10-1 Tamaño de raíces a la mitad del ciclo.....	39
Cuadro 3.10-2 Medias obtenidas del tamaño radicular .....	40
Cuadro 3.10-3 Longitud de raíces finalizando el ciclo.....	40
Cuadro 3.10-4 Medias obtenidas de la longitud de raíces .....	40
Cuadro 3.12-1 Muestreo de Cantidad de cosecha en kg.....	41
Cuadro 3.12-2 Producción total en kg para el encamador .....	41
Cuadro 3.12-3 Producción total en kg para el encamador .....	42
Cuadro 3.12-4 Cantidad de sacos (45kg) por tratamiento .....	42

Cuadro 3.12-5 Costos de producción para ambos tratamientos.....	43
Cuadro 3.12-6 Costos mecanización .....	44
Cuadro 3.12-7 Ganancias para ambos tratamientos.....	44
Cuadro 3.12-8 VAN, TIR para ambos tratamientos .....	45
Cuadro 3.12-9 Resumen de las variables analizadas .....	45
Cuadro 6-1 Datos recolectados a lo largo de todo el ciclo de Resistencia a la Penetración (M Pa).....	60
Cuadro 6-2 Datos recolectados de resistencia al corte(kPa) a los 15 cm de profundidad .....	68
Cuadro 6-3 Datos recolectados en el tratamiento de encamador .....	76
Cuadro 6-4 Datos recolectados para el perfil 2 de encamador .....	77
Cuadro 6-5 Datos recolectados en el tratamiento del rotador.....	78
Cuadro 6-6 Datos recolectados para el tratamiento de rotador.....	79

## RESUMEN

El proyecto se llevó a cabo en una finca ubicada en paso ancho de Oreamuno de Cartago, dedicada a la producción de zanahoria, en un área de 2 hectáreas. El objetivo del proyecto fue medir parámetros de suelo, como también el comportamiento operativo de los dos sistemas de labranza que comúnmente se utilizan (rotador y el quemador de piedra conocido como encamador). También se realizaron mediciones de longitud de raíces en cada tratamiento, finalizando con un análisis económico y un análisis ambiental.

Partiendo del objetivo, se realizó un esquema de trabajo, inicialmente el terreno se dividió en 6 parcelas de 30x40 m. La parcela 1,2,3 se mecanizó por medio del encamador, para las 4,5,6 se mecanizó con el rotador. Se hicieron tomas de medidas de los parámetros de suelo cada 15 días, se estuvo monitoreando el porcentaje de raíces a mitad del ciclo y otro finalizando la cosecha, para el comportamiento operativo se realizaron las respectivas pruebas en el momento de labranza de cada parcela. Valorados los resultados obtenidos, se concluye que el encamador genera mejores rendimientos, siendo la mejor opción para el productor.

**Palabras claves:** mecanización, labranza, suelo, cosecha, rendimiento.

## **ABSTRACT**

The project took place in a farm located in Cartago specifically in Paso Ancho Oreamuno. In this farm they used to work on a carrot crop plantation with an area of 2 hectares. The main objective of the project was to measure soil parameters, as well as the operative behavior of the tillage systems that are commonly used (rotator and the stone burner known as bed-layer). Also, there were some root length measurements made in each finished treatment with an economic and environmental analysis.

Based on the objective, a work scheme was carried out, initially the land was divided into 6 plots of 30x40m. Plot 1,2,3 were mechanized by means of the bedding machine, and the remaining plots 4,5,6 were mechanized with the rotator. Measurements of the soil parameters were made every 15 days, the percentage of roots was monitored first in the middle of the cycle and another and then at the end of the harvest, for the operational behavior the respective tests were carried out at the time of cultivation of each plot. Based on the results that we got, we took the conclusion that the bedding generates better yields, being the best option for the producer.

**Keywords:** mechanization, tillage, soil, harvest, yield.

# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad se explota el uso del suelo inconsciente, según datos de la FAO existen 10 amenazas que están afectando al suelo, a las cuales hay que prestar especial atención, las mismas son: la erosión, pérdida del COS, desequilibrio de nutrientes, acidificación, contaminación, anegamiento, compactación, sellado del suelo, salinización y pérdida de la biodiversidad muchas de estas problemáticas resultan por un mal uso de la maquinaria o mal uso del recurso suelo.

La carrera de ingeniería agrícola tiene como principal objetivo cuidar el suelo que es considerado como un recurso natural agotable. A raíz de esta problemática nació la idea del proyecto, cuya misión fue brindar una solución alterna al productor sobre el sistema de labranza que más se adapte a sus necesidades y evite ocasionar el desgaste del suelo.

El proyecto se llevó a cabo en Paso Ancho de Oreamuno en la provincia de Cartago, zona caracterizada por dedicarse a la producción y comercialización, principalmente de productos como: papa, repollo, maíz, zanahoria, entre otros. Actualmente, el productor con el que se realizó el proyecto utiliza dos sistemas para la mecanización del suelo: por medio del rotador y el quemador de piedra, conocido popularmente como “encamadora”, estos aperos se le implementan a la toma fuerza de un tractor para la respectiva mecanización. El proyecto se desarrolló con el fin de evaluar los dos sistemas que han venido siendo utilizados por el productor y de esta manera poder indicar cuál de las alternativas es la idónea, o incluso poder determinar si el impacto de la utilización de estos sistemas de mecanización no está generando un impacto positivo.

El objetivo es realizar un monitoreo a lo largo de todo el ciclo productivo de la zanahoria, cultivo de mayor producción por parte del productor. Para cumplir con los objetivos se realizaron pruebas de trabajo de los implementos acoplados al tractor que se utiliza en la finca, de cada uno se midió patinaje y coeficiente de uniformidad. También se realizaron mediciones de parámetros de suelo a lo largo de los 3 meses que abarcó el ciclo y así comparar la evolución.

Aparte de estas mediciones, se hicieron inspecciones de manera visual del desarrollo radicular, mediciones de peso y varianza de las raíces al concluir con la cosecha. Se espera que el experimento pueda generar conciencia sobre el buen manejo que se le debe dar al suelo y

aparte de eso, que el productor conozca que implemento le está generando un mayor gasto, para así realizar una agricultura más consciente **y** con ello obtener mejores cosechas.

### **1.1. Objetivo general.**

Analizar las diferencias entre el sistema de labranza por rotador y el sistema por medio de un quemador de piedra (encamador) según los parámetros del suelo, los comportamientos operativos de la maquinaria y el desarrollo radicular de un cultivo de zanahoria (*Daucus Carota*) en Paso Ancho de Oreamuno en la provincia de Cartago.

#### 1.1.1. Objetivos específicos.

1. Analizar el comportamiento de los parámetros en el suelo antes y después de la labranza durante todo el ciclo de cultivo.
2. Comparar el comportamiento operativo en función del implemento utilizado bajo las diferentes circunstancias presentes en el campo.
3. Comparar el comportamiento del desarrollo radicular en función del implemento utilizado bajo las diferentes circunstancias presentes en el campo.
4. Realizar el análisis ambiental y económico con base en los rendimientos de la producción en las áreas labradas con cada implemento

## **CAPÍTULO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## 2.1. Cultivo

Generalidades, nombre científico *Daucus Carota*, conocido comúnmente como zanahoria. Perteneciente a la familia Umbeliferae, genero *Daucus Carota*, variedad carota y tipo raíz. Según Gaviola (2013) la zanahoria es una planta bienal de estación fría con un crecimiento óptimo entre los 15 °C y los 25 °C de temperatura. Se entiende por bienal que tiene dos etapas de crecimiento: una etapa vegetativa y una etapa reproductiva, como se muestra en la figura 2.1-1.



Figura 2.1-1 Etapas de crecimiento de la zanahoria

Fuente: Gaviola (2013)

A continuación, se describirá las partes más importantes de la zanahoria:

**Tallo:** Se encuentran debajo del suelo por esto los entrenudos no se observan, en los nudos se encuentran las yemas de ahí brota las rosetas de hojas. En la etapa de reproducción se alargan los tallos y se forman las primeras inflorescencias. Una planta contiene uno o varios tallos cuyo alto varía entre 60 y 200 cm.

Hojas: las primeras hojas se empiezan a observar en la semana 1 o 2 después de que la semilla germina. Los pecíolos son largos, expandidos en la base

Raíz: las raíces de la zanahoria están compuestas de floema y la xilema, se entiende por floema la parte de afuera (cascara) y por xilema parte central(corazón). La forma de la raíz puede ser de forma redonda o cilíndrica habiendo diversas formas intermedias en estas formas dependiendo de las variedades el diámetro puede ser de 1-2cm hasta 10 cm. El largo de la raíz puede alcanzar de 5-50 cm lo más común es encontrar variedades con raíces entre los 10 y 25 cm.

## **2.2. Condiciones agro-climatológicas**

Según Cámara de Comercio de Bogotá (2015) las condiciones ideales para la siembra de zanahoria: Altura sobre el nivel del mar tiene que rondar entre 300 a los 2900 msnm. La humedad relativa: tiene que andar entre 70 y 80%. El requerimiento hídrico es de mínimo de 400 y 800 mm al año.

Tal como menciona Casaca (2005), para obtener mejor desarrollo radicular del cultivo zanahoria, se requiere suelos profundos, con textura franco-arenoso o limosa de preferencia capaces de mantener la humedad y con porosidad suficiente para inferirle una buena aireación ala raíz. No es recomendable suelos pesados y con mucha presencia de piedra. El rango de ph del suelo debe rondar entre 5.8 y 7 el cultivo no tolera suelos muy ácidos, también se recomienda la siembra en terrenos que no sobrepasen el 15 % de pendiente.

## **2.3. Preparación del Terreno.**

Como menciona Marrero (2018) la preparación de terrenos dedicados a la producción se describe como un conjunto de actividades que se pueden realizar con equipo mecánicos(tractores) o con tracción animal, con la finalidad de darle al suelo las mejores condiciones para que puedan germinar las semillas y sucesivamente las raíces puedan tener el mejor desarrollo y con ello obtener un buen desarrollo de las plantas. Aproximadamente el 50% del costo de producción agrícola y el 60% del gasto total de energía, corresponden a las labores de preparación o labranza, demandándose máquinas que lo simplifiquen y eleven la productividad.

Resulta importante el realizar una correcta labor de mecanización para poder darle las mejores condiciones a la semilla Casaca (2005) menciona que para sembrar zanahoria es necesario hacer camellones y camas de siembra de 1.20 metros de ancho por 20-30cm de alto para evitar que el exceso de humedad pueda dañar el porcentaje de plantas germinadas. Una buena preparación del suelo asegura un mejor intercambio planta y suelo con ello buenos resultados en desarrollo radicular, para ello se recomienda preparar una banda homogénea de suelo de 25-30 cm en función de los hábitos tradicionales de preparación, se debe evitar preparaciones del suelo muy superficiales.

Para este proyecto en ejecución se utilizará dos tipos de labranza una por medio de un arado rotador y otro con una encamadora (quemador de piedra). Cappelli, González y Safar (2011) describe los arados rotativos, como herramientas que roturan, cortan y mezclan el perfil del suelo. Consta de un rotor provisto de cuchillas accionadas por la toma de fuerza del tractor, de manera a que en una sola pasada realizan el rompimiento y mezcla del suelo formando la cama para la siembra de la semilla. Esta práctica disminuye la compactación.

El otro sistema de labranza que se utiliza en la preparación del terreno es el encamador como comúnmente se le conoce, o como técnicamente se le denomina quemador de piedra como menciona Forigo (2021) son maquinas que trabajan el suelo y entierran piedras, terrones y residuos de cosecha de manera eficaz principalmente en suelos duros. La rotación en sentido contrario al rotor, con azadas especiales combinadas con una rejlla cribadora y una barra niveladora permiten un trabajo en la superficie suave y un tamaño de grano fino generando camas estables y estructuradas.

## **2.4. Parámetros del suelo**

### **2.4.1. Capacidad de campo**

Según Acevedo, Garrido, Silva, Silva (2015) es la cantidad de agua que hay en un suelo después de estar expuesto a grandes cantidades de agua, luego ser drenado libremente. Corresponde al contenido de agua a una tensión de  $-0.33$  bares. Se dice que para que labranza sea realizada de manera eficiente el suelo debe estar cerca de capacidad de campo, un punto donde la humedad no afecte la mecanización de este. En el siguiente cuadro se muestran la capacidad de campo para diferentes clases de textura.

Cuadro 2.4-1 Porcentajes promedio de humedad a capacidad de campo a diferentes tipos de suelo.

Tipo de suelo	CC(%)
Arenoso	5-16
Franco	15-30
Franco arcilloso	25-35
Arcilloso	30-70

Fuente: Fertilab (2016)

#### 2.4.2. Punto de marchitez permanente

El PMP sucede cuando la planta ya no tiene capacidad de absorción de agua del suelo, como menciona Zotarelli y Dukes (2013) la mayoría de las plantas si llegan a este punto estarán sometidas a un estrés hídrico y será muy factible que sufran reducción importante en su rendimiento mucho antes de alcanzar el punto de marchitez permanente.

Como menciona Rodríguez et al. (2015) la labranza en suelos que están demasiados secos(en estado de punto de marchitez permanente), aumentan el consumo de energía de la maquina esto porque en esas condiciones por lo general tiene alta resistencia(la resistencia es inversamente proporcional al contenido de agua). En algunas áreas el laboreo del suelo seco puede producir erosión eólica debido a la excesiva fracturación y fragmentación de los agregados.

#### 2.4.3. Densidad aparente

Como menciona FAO (2009) la densidad aparente del suelo se determina como la masa de una unidad de volumen de suelo seco al horno (105°C). Este volumen incluye tanto sólidos como los poros, por lo que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo. En suelos con valores de densidad aparente bajos (generalmente por debajo de 1,3 g/cm<sup>3</sup>) indican generalmente una condición porosa del suelo. La densidad aparente es un parámetro importante para la descripción de la calidad del suelo y la función del ecosistema. Los valores de densidad aparente altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces.

Uno de los impactos de la labranza en el suelo se da en la porosidad. Según Gómez, Solórzano y Villagra et al.(2018) afecta severamente los macroporos asimismo se da la conservación y formación de microporos beneficia el sellamiento de la superficie creando mayor susceptibilidad a la escorrentía y consecuentemente se verá afecta la densidad aparente del suelo.

#### 2.4.4. Textura

La FAO (2006) define la textura del suelo como a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje y contenida de materia orgánica y otras propiedades, por lo tanto, para efectos de proyecto saber esta propiedad será importante para así intuir que tipo de suelo se está trabajando.

#### 2.4.5. Plasticidad

Como menciona Carvajal,Carvajal,Cevallos y Vega (2019) la labranza del suelo en estado plástico o con una consistencia dura provoca siempre condiciones poco favorables debido a que bajos contenidos de humedad las partículas no se unen y por consiguiente no forman agregados y a altos contenidos de humedad al secarse el suelo producen terrones grandes y compactos. El suelo debe manipularse a un contenido de humedad de consistencia fiable.

La FAO (2009) describe la plasticidad como la técnica del material del suelo para cambiar de forma al estar influenciada bajo una presión aplicada y poder tener esa forma cuando ya no se ejerza esa presión, se la determina enrollando el suelo en las manos hasta formar un cordón de cerca 3 mm de diámetro.

En el Cuadro 2.4-2 se puede observar la clasificación que obtiene al realizar la pequeña prueba en el suelo.

Cuadro 2.4-2 Clasificación de la plasticidad

Clasificación de la Plasticidad del Suelo		
NPL	No plástico	No se forma el cordón
SPL	Ligeramente plástico	Se forma el cordón, pero se rompe inmediatamente si se le curva en forma de aro, la masa de suelo se deforma por una muy ligera fuerza
PL	Plástico	se forma el cordón, pero se rompe al doblarlo en forma de aro, se requiere una fuerza ligera a moderada para deformar la masa del suelo.
VPL	Muy Plástico	Se forma el cordón y se puede doblar en forma de aro, se requiere una fuerza moderadamente fuerte a muy fuerte para deformar la masa del suelo.

Fuente: FAO, (2009)

#### 2.4.6. Compactación

Como menciona FAO (2016) técnicamente la compactación del suelo se da por un incremento de la densidad y una disminución de la macroporosidad, esto debido a la aplicación de presión frecuentemente del suelo, en la agricultura esto sucede por el paso seguido de la maquinaria o el sistema de labranza que se utilice para la mecanización. La compactación impide que las raíces se desarrollen con normalidad como también impide el intercambio de agua y gases con la planta.

#### 2.4.7. Resistencia a la penetración

Para efectos del ensayo se utilizó un penetrológico de la marca Eijkelkamp, datos del proveedor indica que es posible hacer mediciones hasta 80 cm de profundidad, el mismo tiene un sensor de fuerza que permite medir hasta 10 MPa.

Según García, Luna, Madriz, y Pérez (2016) al aumentar la resistencia del suelo es más difícil la proliferación y el buen desarrollo de las raíces, para que se dé un buen desarrollo radicular se deben obtener valores  $> 2\text{Mpa}$ , esto conducirá a formas más redondas y tamaños regulares en las raíces.

#### 2.4.8. Resistencia al corte

Existen varias pruebas, para la medición de la resistencia en el campo pero para efectos del proyecto en marcha se utilizara el método por medio de la veleta, como menciona Das (2002) se obtiene resultados muy confiables, la veleta está conformada de cuatro placas de acero

delgadas de igual tamaño soldadas a una barra de torsión hecha del mismo material, el funcionamiento básicamente es introducir las aspas al suelo se aplica un torque en la parte superior de la barra para hacer girar la veleta con rapidez uniforme, un cilindro de suelo de altura  $h$  y diámetro  $d$  resistirá el torque hasta que falle en el suelo (ver figura 2.4-1).

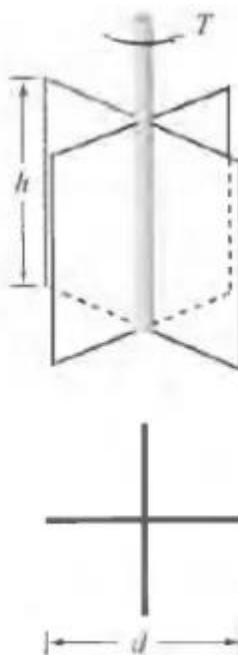


Figura 2.4-1 Diagrama de funcionamiento de veleta

Fuente. Das (2002)

Así mismo, según Tenza (2016) se puede clasificar la consistencia del suelo con los valores tomados de la veleta con el siguiente cuadro:

Cuadro 2.4-3 Clasificación de los valores tomados con la veleta

Clase	Resistencia al corte con veleta(kPa)
Muy suave	<20
Suave	20-40
Firme	40-75
Duro	75-150
Muy Duro Rígido	>150

Fuente: Tenza (2016)

El mismo autor menciona que algunos factores que afectan la medición son:

La velocidad de rotación, una mayor velocidad implicaría un esfuerzo mayor.

Presencia de obstáculos como rocas, raíces.

Por último, la profundidad de la prueba puede existir fricción entre el suelo y la veleta.

## **2.5. Comportamiento operativo de los implementos**

### **2.5.1. Patinaje**

Según Melani (2013) el patinaje se evidencia en la disminución de la velocidad real de avance del tractor versus la teórica. En ciertas condiciones el suelo no es capaz de resistir la fuerza de avance ejercida por el tractor, por lo que el terreno se termina deteriorando e impidiendo el avance del tractor o que lo haga más lento. Ciertos niveles de patinaje son permisibles hasta necesarios, ya un nivel elevado de patinaje puede ocasionar rupturas en la transmisión o desgaste con el tiempo. Las pérdidas aceptables de patinaje rondan del 10%-15%.

### **2.5.2. Perfil del suelo**

Resulta muy importante el medir el perfil de suelo, esto dará una perspectiva de la calidad del trabajo realizado por el implemento. Para conocer la calidad del trabajo se hará una medición del coeficiente uniformidad como menciona Gomez, Solórzano y Watson (2021) el coeficiente de uniformidad se basa en el coeficiente de variación estadística, considerando la dispersión de las medidas con respecto a la media de los datos utilizados, las labores más uniformes se tendrán cuando el  $CU > 80\%$ .

## **2.6. Estadística**

Según Dagnino (2014) el análisis de varianzas (ANOVA) es un conjunto de técnicas estadísticas de gran utilidad y ductilidad. Es útil cuando hay más de dos grupos que necesitan ser comparados, cuando hay mediciones repetidas en más de dos ocasiones, cuando los sujetos pueden variar en una o más características que afectan el resultado y se necesita ajustar su efecto o cuando se desea analizar simultáneamente el efecto de dos o más tratamientos diferentes.

## 2.7. Análisis ambiental

Todo proyecto genera impacto ya sea negativa o positivo por esta razón es importante realizar una evaluación de impacto. Como menciona Borderias y Muguruza (2014) la evaluación es un estudio al que se debe someter proyectos previos de su ejecución, la estructura de un estudio ambiental por lo general es: describir y analizar el proyecto, esto debido dado a la perturbación que generara el impacto.

Para efectos del proyecto en marcha bastara con solo el completar el formulario perteneciente a setena en el cual indica los pasos a seguir según la calificación en el siguiente cuadro se muestra dicho criterio utilizado por esta entidad.

Cuadro 2.7-1 Clasificación en función de la calificación final y que establece el procedimiento en setena

Tipo	Nota	Procedimiento
A	Mayor que 1000.	Estudio de Impacto Ambiental.
B <sub>1</sub>	Mayor que 300 y menor o igual que 1000.	Pronóstico-Plan de Gestión Ambiental.
B <sub>2</sub>	Menor o igual que 300.	Declaración Jurada de Compromisos Ambientales.

Fuente: SETENA (2004)

## 2.8. Análisis económico

El realizar un análisis económico ayuda fundamentalmente a la toma de decisiones de inversión, permite comparar los gastos de inversión y de operación. Los criterios de viabilidad de un proyecto se describirán a continuación.

### 2.8.1. VAN (valor actual neto o valor presente neto)

El valor actual neto (VAN) como menciona Jimenez, Espinoza y Fonseca (2007) consiste en encontrar la diferencia entre el valor actualizado de los flujos de beneficio y el valor también actualizado de las inversiones y otros egresos de efectivo. La tasa que se utiliza para descontar los flujos es el rendimiento mínimo aceptable de la empresa, por debajo del cual los proyectos no deben ser aceptados.

Si el VAN calculado de un proyecto es positivo la inversión deberá realizarse y si es negativo debe rechazarse. Si se están comparando dos proyectos se deberá elegir la que tenga un VAN mayor.

#### 2.8.2. TIR (tasa interna de rentabilidad)

La TIR de un proyecto de inversión según Espinoza et al. (2007) es la tasa de descuento que hace que el valor actual de los flujos de beneficios sea igual al valor actual de los flujos de inversión. En otras palabras, la TIR es la tasa que descuenta los flujos asociados con un proyecto hasta un valor exactamente de cero. La TIR es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión. Generalmente, la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA**

### 3.1. Caracterización del terreno de las pruebas

El proyecto se llevó a cabo en Paso ancho de Oreamuno en la provincia de Cartago, el lugar se encuentra aproximadamente a 1810 metros sobre el nivel del mar, la extensión del terreno de la prueba fue de 2 ha, con una textura franco arcillo arenoso, determinada por el método de Bouyoucos en el Laboratorio de Suelos de la escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



Figura 3.1-1 Mapa de ubicación de la finca

Las pruebas fueron en una finca dedicada a la producción de zanahoria, la cual tiene una pendiente de 1% en las parcelas del muestreo. En el Anexo 1 se evidencia la pendiente a mayor detalle. Después de una inspección, se observó que el terreno se encontraba sin presencia de obstáculos y listo para mecanización.

### 3.2. Preparación del terreno

Se estableció un ensayo experimental estadístico con el método de Bloques al azar, inicialmente se dividió el terreno en 6 pequeñas parcelas de 30 x 40 metros. En la figura 3.2-1, se observa la distribución según el implemento utilizado por parcela. En las parcelas 1,2 y 3 se utilizó el encamador (quemador de piedra) y para las parcelas 4, 5 y 6 el implemento rotador. Ambos implementos se observan a mayor detalle en el anexo 1 y el anexo 2.

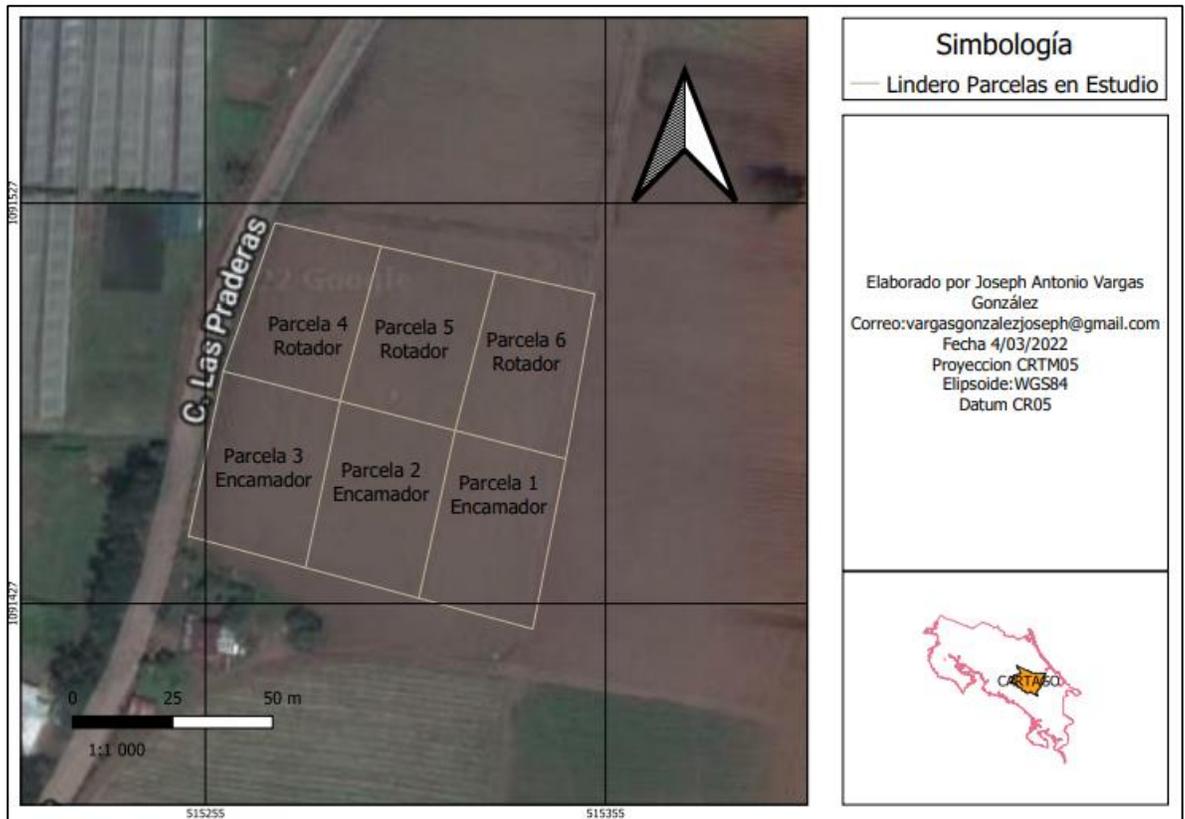


Figura 3.2-1 Distribución de las parcelas experimentales

Una vez realizado el esquema de trabajo a seguir, se procedió a la mecanización del suelo, para ello se requirió ayuda de los operarios de la empresa como se muestra en figura 3.2-2.



Figura 3.2-2 Preparación del terreno utilizado para el estudio

Las características de los implementos se muestran en el Cuadro 3.2-1. Ambos implementos se acoplaron a un tractor de la marca Same Explorer 95.

Cuadro 3.2-1 Características de los implementos utilizados.

Características de los implementos utilizados		
Implemento	Rotador	Encamador
Marca	Maschio	CO.ME.B
Modelo	B	IS 130
Prof. Trabajo (cm)	27	50
Ancho trabajo (cm)	1,15	1,20
Potencia (HP)	50	60/90

Inicialmente, se realizó un muestreo del suelo para comparar el comportamiento de parámetros del suelo en función del implemento utilizado. Dichas pruebas se realizaron antes y después de la cosecha.

### 3.3. Parámetros del suelo

#### 3.3.1. Retención de humedad (Capacidad de campo y Punto de Marchitez Permanente)

Se tomaron un total de 4 muestras indisturbadas para la prueba de Capacidad de Campo (CC), para la prueba de Punto de Marchitez Permanente (PMP) se tomaron igual cantidad de muestras disturbadas alrededor de todo el terreno donde se realizó el ensayo, luego fueron llevadas al laboratorio de la Escuela de Ingeniería Agrícola del ITCR, para ambas pruebas de

CC y PMP se tomó el peso de las muestras con la liga y la malla antes de ponerlas a saturar por 24 horas, una vez saturadas se meten a las ollas de succión a 0.33 atm CC y 15 atm PMP. Posteriormente se sacaron las muestras para pesarlas (PSH) e inmediatamente introducir las al horno a 105 °C por 24 horas y obtener el peso de suelo seco (PSS). Luego mediante la siguiente formula se determina la CC y PMP.

$$PMP\% = \left( \frac{PSH - PSS}{PSS} \right) * 100 \dots \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

PMP= Punto de marchitez permanente (%)

PSH= Peso de suelo húmedo a 15 atm

PSS= Peso suelo húmedo

$$CC\% = \left( \frac{PSH - PSS}{PSS} \right) * 100 \dots \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

CC= Capacidad de campo (%)

PSH= Peso de suelo húmedo a 0.33 atm

PSS= Peso suelo húmedo

### 3.3.2. Densidad aparente del suelo (da)

Se tomaron 4 muestras de suelo mediante los cilindros muestreadores seguidamente fueron llevados al laboratorio de la escuela de ingeniería agrícola, en primera instancia se coloca la muestra de volumen conocido en capsulas de aluminio para introducir las al horno por 105 °C por 24 horas, una vez que cumple con el tiempo se deben dejar enfriar en el disecador 1-2 horas, después de cumplir con el tiempo en el disecador se pesa el suelo seco total. Mediante la siguiente formula se determinó la densidad aparente:

$$Da = \left( \frac{P_{ss} - P_{cilindro} - P_{capsula}}{V_{total}} \right) \dots \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

Da: Densidad aparente(g/cm<sup>3</sup>)

Vtotal: (v:  $\pi*r^2*h$ ) expresada en cm<sup>3</sup>.

### 3.3.3. Textura

Se tomo una muestra de suelo del campo para luego ser llevada al laboratorio de Ingeniería Agrícola para su respectivo procesamiento. Se determino la textura utilizando el método de Bouyoucos por lo tanto se tomó una muestra de suelo de 40g previamente tamizada a 2 mm secada en el horno a 105°C, esta muestra se vertió en la mezcladora de Bouyoucos con 200 ml de agua destilada y 15 mm<sup>3</sup>de hexametáfosfato de sodio para separar las partículas de limo, arena y arcilla. Luego se mezcló por 15 minutos en la batidora. Se agrego un litro de agua y se aforo el cilindro de Bouyoucos hasta donde la marca lo indique para batir el agua y hacer una toma con el hidrómetro y el termómetro a los 40 segundos y a las 2 horas. Se debe corregir la lectura del hidrómetro de acuerdo con la temperatura:

- Se añade 0.36 unidades de lectura por cada grado superior a los 19.4 °C
- Se resta 0.36 unidades de lectura por cada grado inferior a los 19.4 °C

Para el cálculo de las diferentes partículas se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\text{Material en suspensión} = \left( \frac{\text{Lectura corregida del hidrometro 40 s}}{\text{Peso muestra}} \right) * 100 \dots \text{Ecuación (4)}$$

$$\text{Arena} = (100 - \% \text{ material en suspensión}) \dots \text{Ecuación (5)}$$

$$\text{Arcilla} = \left( \frac{\text{Lectura corregida del hidrometro 2 horas}}{\text{Peso muestra}} \right) * 100 \dots \text{Ecuación (6)}$$

$$\text{Limo} = 100 - (\% \text{ arena} + \% \text{ arcilla}) \dots \text{Ecuación (7)}$$

### 3.3.4. Consistencia, plasticidad (según manual de FAO)

Se determinó en campo enrollando un poco de suelo con las manos hasta formar un rollo de 3mm aproximadamente. Dependiendo del cordón que se forme así se caracteriza el suelo en la revisión se encuentra el cuadro para la clasificación de la plasticidad.

### 3.3.5. Resistencia a la penetración (penetrologger)

La prueba de la resistencia a la penetración se llevó a cabo en el sitio de la investigación mediante el instrumento penetrolgger de la marca eijklkamp, se realizó un muestreo de 6 puntos por parcela. Esta medición se repitió cada 15 días a lo largo de todo el ciclo del cultivo. El penetrolgger es un instrumento que contiene un sensor de fuerza, un sistema de medida de profundidad que se utilizó introduciendo la varilla con el cono verticalmente al suelo, como se observa en la figura 3.3-1. La resistencia medida durante la penetración es guardada en la memoria del datalogger.



Figura 3.3-1 Utilización del Penetrologger

### 3.3.6. Resistencia al corte (veleta)

Mediante la veleta se determinó la resistencia al corte, se tomaron 6 puntos diferentes de cada parcela, esta prueba se realizó cada 15 días a lo largo de todo el ciclo del cultivo. La forma en que se utilizó la veleta es la siguiente:

Se introdujo la veleta en posición vertical alrededor de 15 cm (marca que ya cuenta la veleta), inmediatamente se procedió aplicar un giro en sentido horario, durante la rotación se mantuvo las aspás a una altura fija, se giró la veleta hasta que llegó al momento máximo (que

se sienta que no ejerce más presión) para finalizar se retiró la veleta y se tomó la lectura del momento máximo que se obtuvo en el punto de muestreo.

### **3.4. Comportamiento operativo del implemento**

#### **3.4.1. Patinaje de los rodamientos del tractor para cada variante de velocidad de avance**

Se realizó una prueba en el sitio de investigación con cada implemento y con dos diferentes velocidades de trabajo. Para esta medición se utilizó el tractor de la marca Same Explorer 95 este fue el utilizado para el proceso de mecanización. Para la prueba se midió el diámetro de la llanta evaluada, como así una distancia en campo de 20 metros para el recorrido, una vez que el tractor empezó a realizar el recorrido se contó la cantidad de vueltas de la llanta en ese trayecto de manera manual. Mediante la siguiente ecuación se calculó el porcentaje de patinaje:

$$\% \text{Patinaje} = 100 \left( 1 - \frac{L}{R} \right) \dots \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

L: longitud de la prueba (m)

R: recorrido de la llanta(m)

Para R (recorrido de la llanta) se calculó con la siguiente formula:

$$R = 2 * \pi * r * n \dots \text{Ecuación (9)}$$

Donde:

r: Diámetro externo de la llanta evaluada(m)

n: Cantidad de vueltas de la llanta evaluada

#### **3.4.2. Perfil del suelo.**

El perfil del suelo se determinó por medio del perfilómetro (ver figura 3.4-1) este contiene 23 varillas separadas cada 0,5 cm. La prueba consistió en introducir cada una de las varillas en el suelo trabajado hasta que alcanzó un punto donde no se pudo seguir introduciendo las mismas. Se finalizó midiendo la altura de la varilla que sobresale de la base del suelo.



Figura 3.4-1 Determinación del perfil del suelo

Seguidamente, se calculó la profundidad de labranza del suelo para cada implemento. Esto se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Profundidad de labranza} = L - (b + h) \dots \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

L: Longitud de las varillas

B: Altura de la base del perfilómetro

h: altura que sobresale cuando se introduce la varilla

Una vez obtenido la profundidad de labranza se generó el gráfico de profundidad de labranza de cada varilla con la profundidad teórica de cada implemento para así conocer que tan uniforme es el trabajo realizado. Posteriormente se calculó la desviación estándar y la media de la profundidad de labranza por medio de las funciones de Excel por último se aplicó la ecuación siguiente para el cálculo del coeficiente de uniformidad:

$$CU = 100 * \left( 1 - \frac{\sigma}{\bar{x}} \right) \dots \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

CU: Coeficiente de uniformidad

$\sigma$ : Desviación estándar de los datos

$\bar{x}$ : media de los datos.

### 3.4.3. Porcentaje de raíces

Se monitoreó el desarrollo radicular de forma visual, específicamente se realizaron dos muestreos, el primero a mitad del ciclo y el segundo antes de cosechar.

A mitad de ciclo se seleccionaron 5 plantas por parcela, a estas se les midió la longitud alcanzada con una cinta métrica. Finalizando el ciclo, se hizo el mismo muestreo, pero esta vez se tomaron 6 plantas por tratamiento.

## 3.5. Análisis estadístico

Todos los datos recolectados fueron tabulados en un Excel para su posterior análisis estadístico. El análisis fue realizado con el software estadístico de minitab mediante una prueba de análisis de varianzas (ANOVA), la cual permite la comparación de medias mediante gráficos, tablas que evidencian y explican mejor los resultados.

## 3.6. Análisis ambiental

Se realizó un análisis ambiental para evaluar las posibles consecuencias que generó el proyecto, para esto se completó el formulario de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (setena D-1), el cual es el responsable de optar por permisos de viabilidad ambiental en Costa Rica. Para este formulario se siguió las siguientes instrucciones para completarlo:

- Se tomó en cuenta las fases de construcción y operación del proyecto en evaluación.
- Se valoró los aspectos de consumo e impactos en escenario crítico de alguna de las fases, y no como promedio
- Cuando el aspecto no interviene en el proyecto se da una valoración de  $y=0$ .

La calificación final se compara con valores dentro de un rango determinado por Setena y de esta manera conocer la clasificación y el procedimiento que se debe llevar a cabo.

### 3.7. Análisis económico

Para iniciar con este análisis se hizo un muestreo de la cantidad de kilogramos por cada 1,2 m<sup>2</sup> (1m largo x 1,2 m de ancho) en encamador. Para el rotador se utilizó el mismo mecanismo de muestreo, se midió un 1 metro de largo por 1,15 de ancho (lo que mide la cama) de ahí se sacó la cantidad total de zanahoria en kilogramos, todo esto al final de la cosecha. Posteriormente se procedió a realizar un análisis de la cantidad de área efectiva sembrada por tratamiento, para lo que fue necesario restar el área de los drenes, para obtener datos de kilogramos totales por tratamiento y el total de sacos (45 kg) utilizado en cada uno de ellos.

Para finalizar con el análisis económico se realizó un balance de los ingresos y egresos que se involucran en la producción, finalmente se aplicaron las ecuaciones de factibilidad descritas a continuación:

#### 3.7.1. Valor actual neto

Van= Valor presente de las entradas de efectivo-inversión final

$$Van = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - CF_0 \dots \text{Ecuación (12)}$$

Donde:

CF<sub>t</sub>= valor presente de las entradas de efectivo (colones)

CF<sub>0</sub>= inversión inicial (colones)

K=tasa equivalente al costo de capital de la empresa (costo de oportunidad, puede usar la inflación)

T=tiempo

#### 3.7.2. Tasa interna de retorno o tasa interna de rendimiento (TIR)

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+TIR)^t} - CF_0 \dots \text{Ecuación (13)}$$

Donde:

CF<sub>t</sub> valor presente de las entradas en efectivo (colones)

CF<sub>0</sub>= inversión inicial (colones)

## **CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 3.8. Parámetros del suelo

#### 3.8.1. CC y PMP

Mediante la Ecuación 1 se determinó el CC Y PMP para las cuatro muestras recabadas del suelo, los resultados se muestran en los Cuadro 3.8-1 y Cuadro 3.8-2. En promedio, los valores de retención de la humedad son de: 38,61% ,31,33% , 39,23% y 38% valores acordes con el tipo de suelo en estudio según Fertilab (2016) se encuentran en el rango óptimo de capacidad de campo, por lo tanto, la mecanización pudo ser realizada sin ningún inconveniente.

Cuadro 3.8-1 Resultado de Punto de Marchitez Permanente

Punto de Marchitez Permanente (suelo seco)				
Muestra	Peso suelo húmedo +capsula(g)	Peso capsula(g)	Peso suelo total(g)	PMP(%)
1	31,28	8,23	23,05	43,95
2	29,04	8,30	20,74	43,54
3	34,90	8,10	26,80	40,97
4	30,17	8,26	21,91	35,33

Cuadro 3.8-2 Resultado de Capacidad de Campo

Capacidad de Campo (suelo seco)				
Muestra	Peso Suelo +cilindro	Peso Cilindro(g)	Peso suelo total(g)	CC(%)
1	74,14	20,01	54,13	38,61
2	79,91	19,05	60,86	31,33
3	89,71	19,94	69,77	39,23
4	87,90	19,27	68,63	38,00

#### 3.8.2. Densidad aparente del suelo (Da)

En el Cuadro 3.8-3 se muestran los resultados de densidad aparente (fueron calculados mediante la Ecuación 3), la primera medición se realizó previo a la mecanización y la segunda se llevó a cabo cuando el terreno se encontraba mecanizado para ambos tratamientos.

Cuadro 3.8-3 Densidad Aparente para ambos tratamientos

Primera Medición			Segunda Medición		
Medición	Tratamiento	DA(g/cm <sup>3</sup> )	Medición	Tratamiento	DA(g/cm <sup>3</sup> )
1	Rotador	1,79	1	Rotador	1,75
2	Rotador	1,72	2	Rotador	1,62
1	Encamador	1,63	1	Encamador	1,76
2	Encamador	2,07	2	Encamador	1,38

Las medias obtenidas de densidad se muestran en el Cuadro 3.8-4. La media calculada para el rotador fue de 1,72 (g/cm<sup>3</sup>) mientras que para el encamador es de 1,71(g/cm<sup>3</sup>). Por lo tanto, se asumió que ninguno de los aperos utilizados muestra varianza alguna en el suelo, este aspecto se ve afectado por la mecanización. Según FAO (2009) se tiene un suelo poroso apto para el crecimiento radicular del cultivo, debido a que las densidades superan ligeramente el límite de 1,3g/cm<sup>3</sup>.

Cuadro 3.8-4 Medias obtenidas en Densidad Aparente

Tratamiento	N	Media(g/cm <sup>3</sup> )	Agrupación*	Desv.Est.
Rotador	4	1,72	A	0,07
Encamador	4	1,71	A	0,28

\*Letras iguales no presenta diferencias significativas

### 3.8.3. Textura

Según la prueba de textura realizada se obtuvo que el suelo trabajado es de textura franco arcillo arenoso (ver Anexo 5). El cual contiene en mayor porcentaje arena 53,5 (se determinó mediante la Ecuación 5), seguidamente de arcilla con 29 % (se determinó mediante Ecuación 6) y por último un 17,5 % de limo (se determinó mediante la Ecuación 7).

Cuadro 3.8-5 Textura del Área de estudio

Textura	
Material en Suspensión(%)	46,50
Arena(%)	53,50
Arcilla(%)	29
Limo(%)	17,50
Textura	Franco Arcillo Arenoso

#### 3.8.4. Consistencia en Plasticidad

La plasticidad del suelo se efectuó previo a la mecanización, para ello se tomó una pequeña muestra de suelo y se frotó entre las manos hasta conformar un cordón, teniendo como resultado que permitía doblarlo sin realizar un esfuerzo mayor para su deformación. Según FAO (2009) a raíz de esta pequeña prueba se determinó, que el suelo es ligeramente plástico. Para efectos de mecanización se encontró un suelo en buenas condiciones de humedad, para la mecanización no se pudo evidenciar grandes agregados de suelo (terrones), se obtuvo un trabajo uniforme. En el Anexo 4 se evidencia la consistencia del trabajo realizado.

#### 3.8.5. Resistencia a la penetración

En el Anexo 6 se muestran los datos recolectados de la resistencia a la penetración presentes en el suelo durante todo el ciclo, en este se muestra la fecha, parcela y punto en el que fueron tomados, además se tiene una columna que hace referencia al tratamiento, donde el 1 especifica el tratamiento del encamador y el 2 al rotador. Se tomaron las medidas a los 14 cm, que es lo que aproximadamente crece la raíz del cultivo (zanahoria).

Para el análisis de las 6 parcelas experimentales, se obtuvieron las medias mostradas en el Cuadro 3.8-6. Como se observa, las medias en todas las parcelas no sobrepasan los 2MPa, según Pérez et al.(2016) para que exista un óptimo desarrollo radicular el suelo no debe de sobrepasar ese límite de resistencia.

Por lo tanto, para ambos tratamientos no hay impedimento de resistencia para una proliferación efectiva de la raíz del cultivo. Asimismo, no existe una gran variación de las medias ni de las desviaciones de un implemento a otro, las medias comparten una misma letra en todas las parcelas, por lo tanto, se asume que no existe una gran diferencia entre todas las 6 parcelas en estudio.

Cuadro 3.8-6 Medias obtenidas para cada parcela

Parcela	N	Media(MPa)	Agrupación*	Desv.Est.
1	48	0,62	A	0,42
2	48	0,70	A	0,49
3	48	0,63	A	0,44
4	48	0,77	A	0,60
5	48	0,73	A	0,50
6	48	0,69	A	0,48

\*Letras iguales no presenta diferencias significativas

En el gráfico de cajas generado (Figura 4.1-1) se puede observar que para las parcelas 4, 5 hay 3 valores de resistencia mayores de 2 MPa, por lo que se puede interpretar que, aunque no haya una variación significativa entre las 6 parcelas sí existe un leve aumento de la resistencia en las parcelas 4 y 5 correspondientes al tratamiento de rotador.

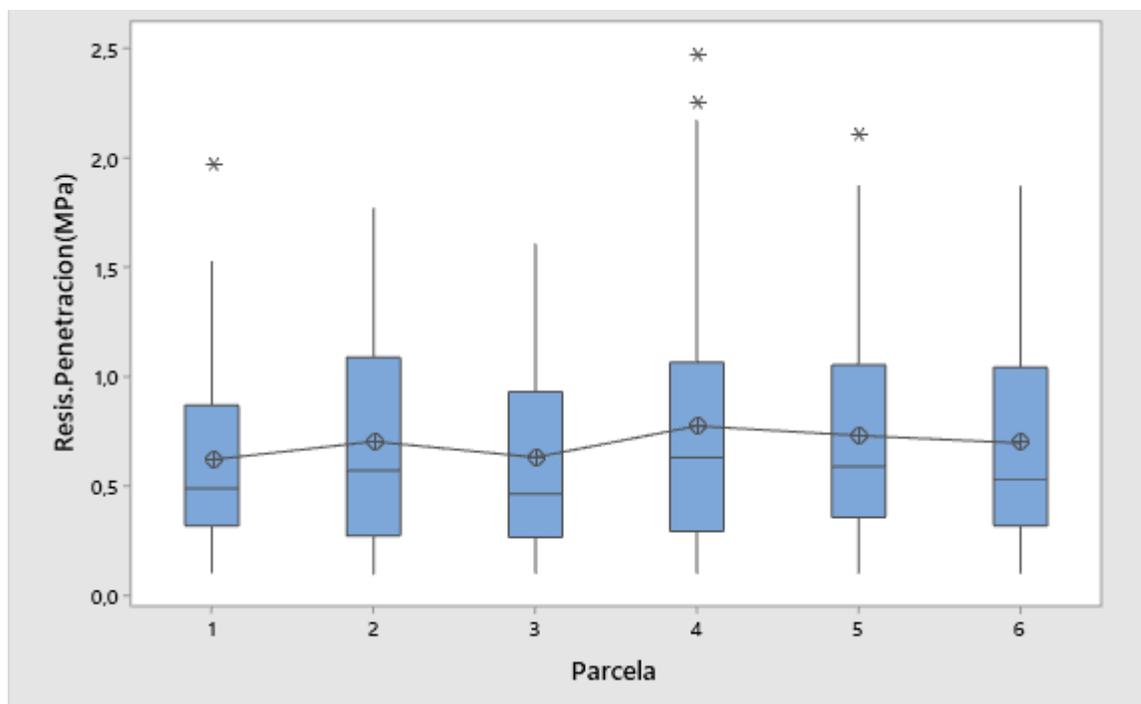


Figura 3.8-1 Grafico de Cajas de resistencia a la penetración (MPa)

### 3.8.6. Resistencia al corte

Se recolectaron tomas de resistencia al corte mediante la veleta, dichas mediciones fueron realizadas a 15 cm de profundidad del suelo, que es lo que aproximadamente se desarrollan las raíces del cultivo en valoración, en el Anexo 7 se puede observar los valores por cada tratamiento, como también los puntos que se tomaron por parcela. En la columna que hace referencia al tratamiento, el 1 representa a el encamador y el 2 al rotador.

Analizados los datos se calcularon los valores de las medias, representados en el Cuadro 3.8-7.

Cuadro 3.8-7 Medias calculas de la resistencia al corte

Parcela	N	Media(kPa)	Agrupación*			Desv.Est.
1	48	23,21			C	10,20
2	48	28,69		B	C	11,45
3	48	27,69		B	C	9,34
4	48	30,04	A	B		13,00
5	48	30,06	A	B		12,79
6	48	35,38	A			10,52

\*Letras iguales no presenta diferencias significativas

En el Cuadro 3.8-7 se observa que las medias de las parcelas 4, 5 y 6 no muestran un grado de significancia relevante (comparten una misma letra en común), analizando las desviaciones las parcelas 4 y 5, no evidencian gran variación, como sí existe en la 6 donde la desviación es menor. Cabe destacar que estas pertenecen al rotador.

Para las parcelas 1, 2 y 3 no muestran un grado de significancia relevante (comparten la misma letra), además de que las desviaciones en estas parcelas se comportan parecidas estas fueron del tratamiento de encamador.

En el siguiente grafico de cajas se evidenció que las parcelas 4, 5 y 6 presentan mayores grados de resistencia que las parcelas 1, 2 y 3 por ende se puede asegurar que el tratamiento del

rotador generó más resistencia a nivel del suelo. Según Das (2002) la resistencia a lo largo de los dos tratamientos se considera suaves ya que las medias de los resultados están entre 20-40 kPa.

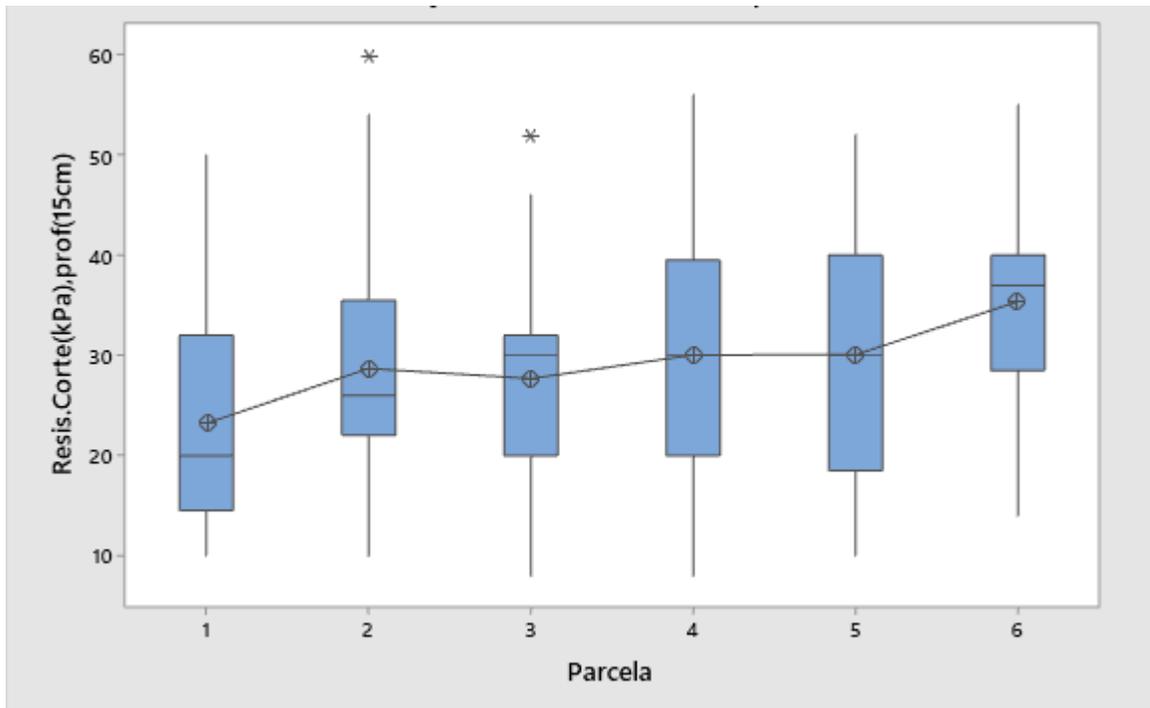


Figura 3.8-2 Gráfico de cajas de Resistencia al Corte(kPa) una profundidad de 15 cm

### 3.9. Comportamiento operativo

#### 3.9.1. Patinaje

Se midió el patinaje generado por las llantas traseras para cada implemento se llevaron a cabo dos mediciones para cada uno, los resultados de dicha medición se destacan en el Cuadro 3.9-1 y Cuadro 3.9-2.

Cuadro 3.9-1 Patinaje producido por el encamador

Patinaje Encamador			
Primera pasada		Segunda pasada	
Vueltas	9	Vueltas	6
Diámetro llanta(m)	0,33	Diámetro llanta(m)	0,33
Marcha	Tercera	Marcha	Cuarta
Gama	Lenta(caracol)	Gama	Lenta(caracol)
Tiempo(s)	24,29	Tiempo(s)	20,23
Velocidad(km/h)	4,50	Velocidad(km/h)	5,60
Longitud(m)	10	Longitud(m)	10
R	18,66	R	12,44
% Patinaje	46,41	% Patinaje	19,62

Cuadro 3.9-2 Patinaje producido por el rotador

Patinaje Rotador			
Primera pasada		Segunda pasada	
Vueltas	6	Vueltas	7
Diámetro llanta(m)	0,33	Diámetro llanta(m)	0,33
Marcha	Tercera	Marcha	Cuarta
Gama	Lenta(caracol)	Gama	Lenta(caracol)
Tiempo(s)	23,20	Tiempo(s)	16,64
Velocidad(km/h)	4,5	Velocidad(km/h)	5,6
Longitud(m)	10	Longitud(m)	10
R	12,44	R	14,51
% Patinaje	19,62	% Patinaje	31,10

Mediante la Ecuación 8 se realizó el cálculo de patinaje. Se tiene que el encamador generó un 46,41% de patinaje en la primera medición para esta ocasión el tractor se manejó con una marcha 3 y una gama lenta (caracol). Para la segunda pasada el patinaje fue de 19,62%, para esta se utilizó una marcha 4 y una gama lenta (caracol).

El rotador presenta un porcentaje de 19,62% de patinaje en marcha tercera, gama lenta (caracol) para la primera prueba, en la segunda prueba se usó la marcha 4 y la gama lenta (caracol) teniendo como resultado un 31,10% de patinaje.

Estas marchas se utilizaron debido a que es lo que normalmente usan los operarios para la mecanización.

Según Melani (2013) ambos tratamientos presentan un elevado porcentaje de patinaje, ya que se encuentran arriba del 10-15%, valor permisible. Comparando ambos resultados de patinaje se tiene que el rotador genera menos patinaje en comparación del encamador, aunque sigue siendo elevado por el límite permitido.

### 3.9.2. Perfil del suelo

Se realizaron dos valoraciones del perfil labrado por cada tratamiento, en el Anexo 8 se muestran los datos recolectados.

Mediante la Ecuación 11, se determinó el coeficiente de uniformidad para el perfil 1 del encamador. Teniendo como resultado un 92,77% siendo mayor que 80%, por lo tanto, el trabajo realizado por el implemento es uniforme según Gomez et al.(2021), ya que para la labranza vertical el coeficiente uniformidad debe ser mayor al 80%.

Cuadro 3.9-3 Coeficiente de Uniformidad

Coeficiente de Uniformidad	
Prof. Promedio(cm)	0,53
Desviación	0,03
CU(%)	92,77

En el gráfico (figura 4.2-1) se presentan todos los puntos de muestreo con su respectiva profundidad de labranza, la línea recta ejemplifica la profundidad teórica de labranza del implemento. En el mismo se observa que solo hay 2 valores que están por encima del valor teórico, el resto están por debajo de la profundidad teórica y oscilan entre 0,50 y 0,60 m.

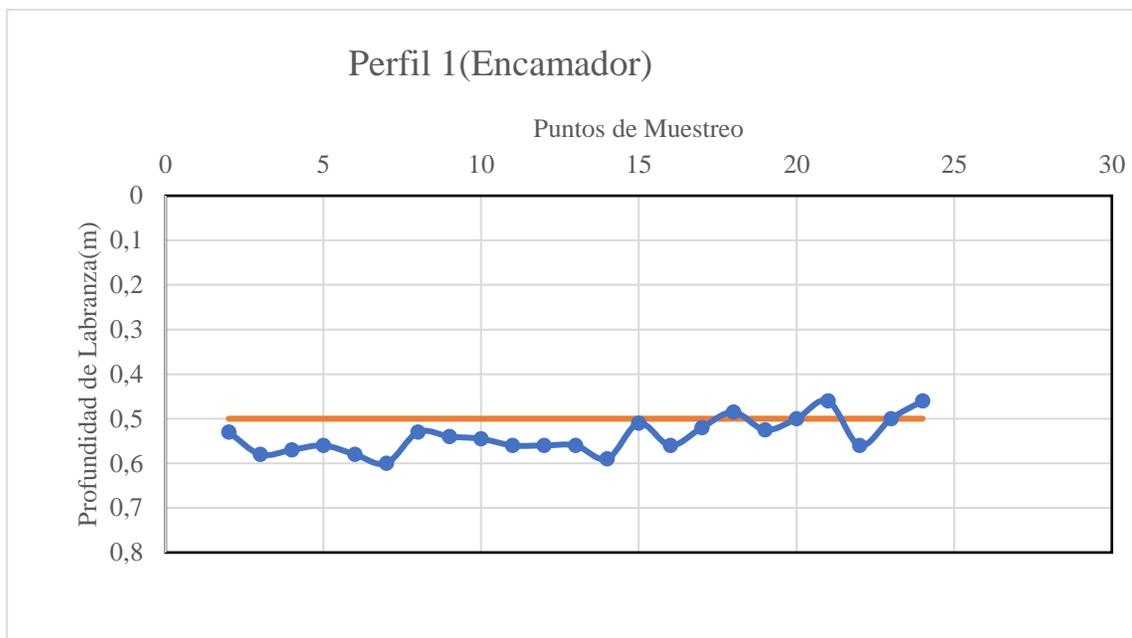


Figura 3.9-1 Grafico del perfil del suelo obtenido

Para el segundo perfil del mismo tratamiento (encamador), los datos recolectados se muestran en el Anexo 9.

El coeficiente de uniformidad para este perfil fue de 94,52% (se calculó mediante la Ecuación 11) según Gomez et al. (2021) es superior al 80 % admisible, por lo tanto, se tiene una labor uniforme de igual manera.

Cuadro 3.9-4 Coeficiente de uniformidad

Coeficiente de Uniformidad	
Prof. promedio(cm)	0,54
Desviación	0,03
CU(%)	94,52

Se generó un gráfico para observar el comportamiento a lo largo del muestreo, en el mismo se evidenció los puntos de muestreo con la profundidad alcanzada, además muestran una línea continua que ejemplifica la profundidad de labranza teórica del implemento (encamador), como se observa en la figura 4.2-2 los puntos fluctúan entre 0,50 y 0,60 m solo un punto es el que está por encima de la línea teórica.

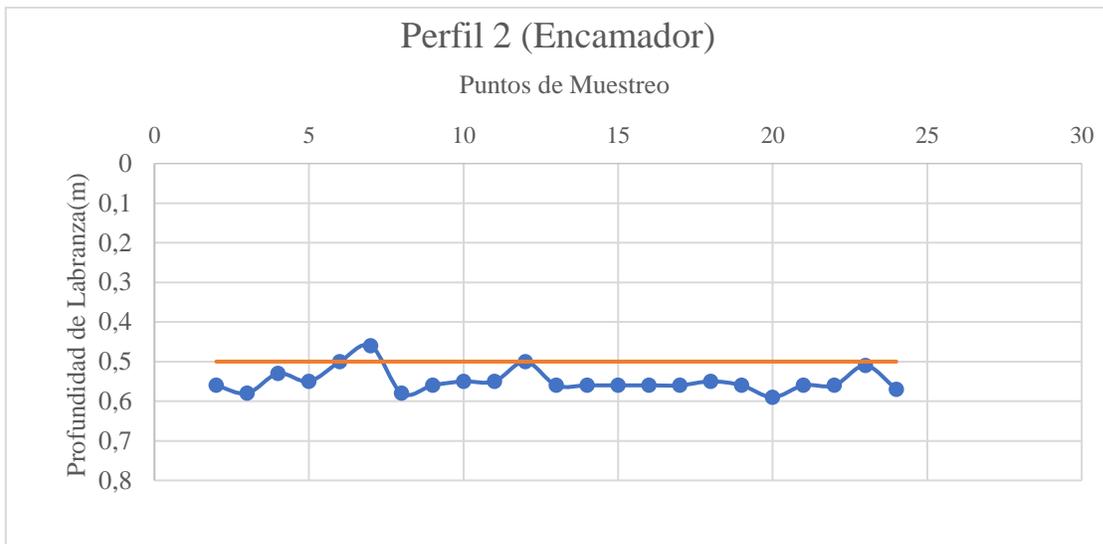


Figura 3.9-2 Gráfico del perfil del suelo en el tratamiento de encamador

Para el tratamiento del rotador de igual forma se realizaron dos tomas de datos para generar dos perfiles. En el Anexo 10 se pueden observar los datos del perfil 1.

El coeficiente obtenido para este tratamiento en el perfil evaluado fue de 90,04%, el mismo fue calculado mediante la Ecuación 11, como se observa este es superior al 80% por lo que el trabajo realizado por el rotador es uniforme según lo descrito por Gomez et al.( 2021).

Cuadro 3.9-5 Coeficiente de Uniformidad

Coeficiente de Uniformidad	
Prof. promedio(cm)	0,30
Desviación	0,03
CU(%)	90,04

En el gráfico (figura 4.2-3) se tiene la profundidad de labranza con el respectivo punto de muestreo, hay tres puntos que están por encima de la profundidad teórica del implemento, los demás puntos fluctúan entre 0,27 y 0.35 m.

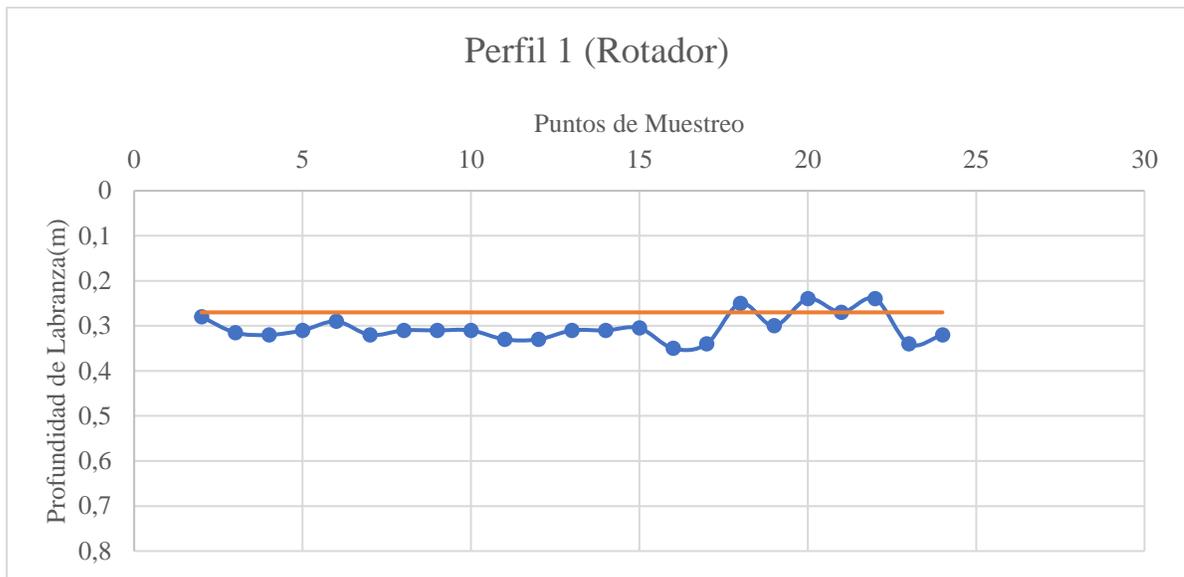


Figura 3.9-3 Gráfico de perfil 1 del Rotador

En el Anexo 11 se puede observar los datos recolectados para realizar el perfil 2.

El coeficiente de uniformidad (se determinó mediante la Ecuación 11) para este segundo perfil fue de 86,440% es superior al 80 % admisible, por lo tanto, se obtiene un trabajo uniforme.

Cuadro 3.9-6 Coeficiente de Uniformidad

Coeficiente de Uniformidad	
Prof. promedio(cm)	0,17
Desviación	0,02
CU(%)	86,44

Para este gráfico (figura 4.2-4) se puede observar que todos los puntos tomados están por debajo de la línea que ejemplifica la profundidad teórica se observa un trabajo uniforme.

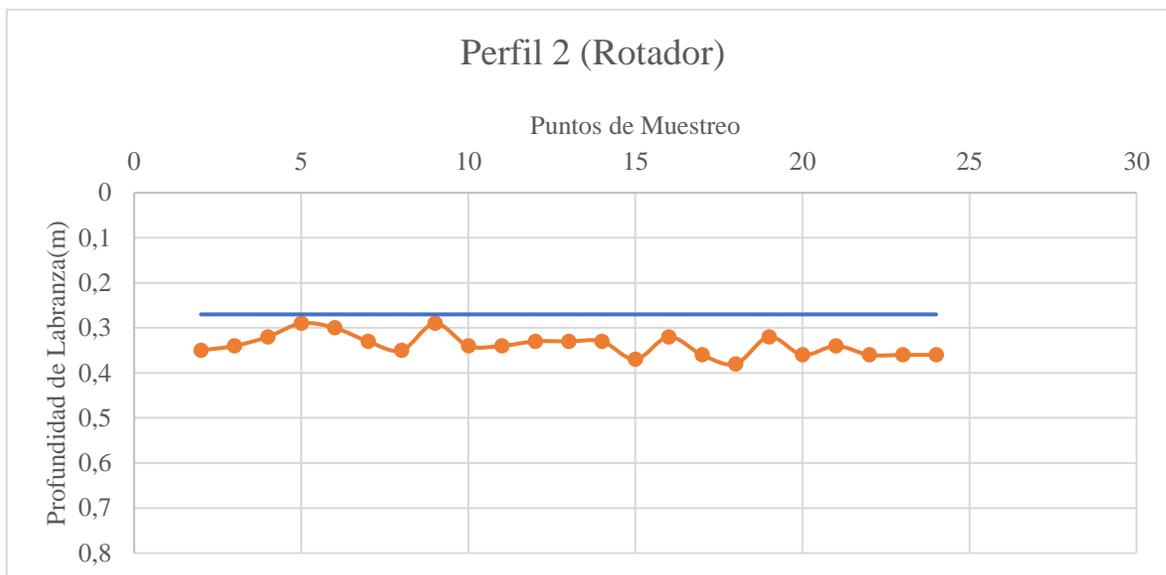


Figura 3.9-4 Gráfico del perfil 2 del rotador.

### 3.10. Porcentaje de raíces

A la mitad del ciclo productivo de la zanahoria se realizó un muestreo, en el Cuadro 3.10-1 se muestran la longitud radicular alcanzada para cada medición, así como la fecha y el tratamiento muestreado.

Cuadro 3.10-1 Tamaño de raíces a la mitad del ciclo

Rotador(cm)	Encamador(cm)	Fecha
12,50	12,00	13/11/2021
11,00	15,00	13/11/2021
15,00	8,50	13/11/2021
14,00	22,00	13/11/2021
10,50	11,00	13/11/2021
20,00	11,00	13/11/2021
14,00	7,50	13/11/2021
11,00	8,00	13/11/2021
14,00	14,00	13/11/2021
14,30	19,00	13/11/2021
6,50	8,00	13/11/2021
14,00	12,00	13/11/2021
10,00	8,50	13/11/2021
10,00	9,90	13/11/2021
11,50	8,00	13/11/2021
12,55	11,63	13/11/2021

Analizados los datos recolectados, se determinó que no hay variación significativa de un tratamiento a otro como se muestra en cuadro 4.3-2. Sin embargo, en el tratamiento de rotador las raíces alcanzan una mayor longitud de 12,55 cm en comparación con el encamador, con un 11,63 cm de longitud.

Cuadro 3.10-2 Medias obtenidas del tamaño radicular

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación*	Desv.Est
Rotador	15	12,55	A	2,97
Encamador	15	11,63	A	4,16

\*Letras iguales no presenta diferencias significativas

Finalizando el ciclo, se realizó una última prueba de longitud de raíces. En el Cuadro 3.10-3 se observan los datos recolectados.

Cuadro 3.10-3 Longitud de raíces finalizando el ciclo.

Rotador(cm)	Encamador(cm)	Fecha
15,00	20,00	15/12/2021
12,00	17,00	15/12/2021
14,50	14,00	15/12/2021
17,00	17,00	15/12/2021
11,00	12,00	15/12/2021
	13,00	15/12/2021

El análisis de los datos recolectados se obtuvieron medias de 15,50 cm en el encamador y 13,90 cm en rotador, teniendo una mayor longitud de raíces con el tratamiento del encamador. Analizando las medias, no existe gran variación de un tratamiento a otro. (ver Anexo 12).

Cuadro 3.10-4 Medias obtenidas de la longitud de raíces

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación*	Desv.Est
Encamador	6	15,50	A	3,02
Rotador	5	13,90	A	2,41

\*Letras iguales no presenta diferencias significativas

### 3.11. Análisis Ambiental

Se llenó el formulario de Setena (ver Anexo13) con todos los factores que podrían producir efectos a lo largo de la implementación del proyecto, obteniendo una puntuación definitiva de significancia de impacto ambiental de 49,5. Según la calificación propuesta por setena, se tiene

un proyecto de tipo b2 siendo menor o igual a 300, por lo que esta calificación solo bastará con una declaración jurada para la realización del proyecto.

### 3.12. Análisis Económico

En el Cuadro 3.12-1, se observan la cantidad de kg por parcela experimental que se obtuvieron con el muestreo al finalizar con el ciclo.

Cuadro 3.12-1 Muestreo de Cantidad de cosecha en kg

Calidad	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6
Primera(kg)	6,40	7,65	6,55	5,65	5,65	7,65
Segunda (kg)	1,65	1,55	3,60	3,25	1,70	1,25
Tercera (kg)	0,60	0,50	1,50	0,45	1,20	0,55

En el Cuadro 3.12-2 se muestran los kg totales proyectados por parcelas. En el encamador se alcanzaron 26100 kg en total, desglosándose de la siguiente manera: zanahoria primera se obtuvieron 17922 kg, zanahoria segunda calidad 5916 kg y, por último, zanahoria de tercera calidad 2262 kg. Todos estos datos son calculados para un área efectiva de siembra como se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.12-2 Producción total en kg para el encamador

Total, de Producción Encamador	
Área Efectiva Sembrada(m <sup>2</sup> )	3132,00
Cantidad Total de Primera(kg)	17922,00
Cantidad Total de Segunda(kg)	5916,00
Cantidad Total de Tercera(kg)	2262,00
Total(kg)	26100,00

Para el rotador se obtuvieron un total de 23794,50 kg en las parcelas muestreadas, en las cuales se tiene un área efectiva cultivada de 3001,50 m<sup>2</sup>, del total obtenido corresponde 16486,50 kg de zanahoria de primera 5394 kg de segunda calidad y 1914 kg de tercera calidad.

Cuadro 3.12-3 Producción total en kg para el encamador

Total, de Producción Rotador	
Área Efectiva Sembrada(m <sup>2</sup> )	3001,50
Cantidad Total de Primera(kg)	16486,50
Cantidad Total de Segunda(kg)	5394,00
Cantidad Total de Tercera(kg)	1914,00
Total(kg)	23794,50

En el Cuadro 3.12-4 se muestran la cantidad de sacos que se cosecharon por parcela en los dos tratamientos, siendo el encamador el que generó mayor cantidad con 580, mientras tanto el que menos generó fue el rotador con 528 sacos.

Cuadro 3.12-4 Cantidad de sacos (45kg) por tratamiento

Encamador	Rotador
Cantidad Sacos(45 kg)	Cantidad Sacos(45 kg)
398,27	366,37
131,47	119,87
50,27	42,53
580,00	528,77

Los gastos por las dos hectáreas de producción se muestran en el Cuadro 3.12-5, así mismo se realizó el cálculo para conocer cuál es el costo unitario real por metro cuadrado. Partiendo de esto se trasladó a las parcelas experimentales, conociendo el costo unitario fue sencillo conocer el costo de la obra con solo multiplicar el costo unitario por el área efectiva de siembra. Se tiene que para ambos tratamientos en estudio el gasto de insumos fue de ₡706 168,13, mano de obra ₡ 513 961,20 y de semilla ₡272 170,80.

Cuadro 3.12-5 Costos de producción para ambos tratamientos

Costos de Producción	
Gastos para Área(ha)	2,00
Gastos para Área(m <sup>2</sup> )	20000,00
Insumos	₪4 509 375,00
Mano de obra	₪3 282 000,00
Semilla	₪1 738 000,00
Costos de Producción	
Gastos Unitarios en un 1m <sup>2</sup>	
Insumos	₪225,47
Mano de obra	₪164,10
Semilla	₪86,90
Area de Experimento(m <sup>2</sup> )	3132,00
Insumos	₪706 168,13
Mano de obra	₪ 513 961,20
Semilla	₪272 170,80
Total	₪ 1 492 300,13

Los costos de mecanización para ambos tratamientos se evidencian en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.12-6 Costos mecanización

Encamador		Rotador	
Área total(m2)	3600,00	Área total(m2)	3600,00
Tiempo en mecanizar el area Total(h)	0,67	Tiempo en mecanizar el area Total(h)	0,70
Tiempo en mecanizar area Total(min)	40,00	Tiempo en mecanizar area Total(min)	41,74
Costo de hora de Mecanización	20000,00	Costo de hora de mecanización	20000,00
Costo total Mecanización	¢13 333,33	Costo total mecanización	¢13 913,04

Las ganancias por saco en colones se muestran en el Cuadro 3.12-7 para cada tratamiento, se observa que el tratamiento de encamador genera mayores ganancias con ¢5 974 000,00 de zanahoria de primera, ¢1 198 666,67 de segunda calidad y ¢85 066,67 de zanahoria de tercera calidad. El precio por saco fue suministrado por la empresa, cabe destacar que el precio por saco fluctúa a lo largo del año.

Cuadro 3.12-7 Ganancias para ambos tratamientos

Ganancias Rotador		
Cantidad Sacos(45 kg)	Precio por Saco	Total
366,37	¢15 000,00	¢5 495 500,00
119,87	¢10 000,00	¢1 198 666,67
42,53	¢2 000,00	¢85 066,67
Ganancias Encamador		
Cantidad Sacos(45 kg)	Precio por Saco	Total
398,27	¢15 000,00	¢5 974 000,00
131,47	¢10 000,00	¢1 314 666,67
50,27	¢2 000,00	¢100 533,33

En el Cuadro 3.12-8 se muestra un balance económico anual, se determinó el VAN para ambos tratamientos (por medio de la Ecuación 12) este valor es mayor que cero para ambos tratamientos valorados, por lo tanto, se pueden aceptar cualquiera de los dos. Del mismo modo

se determinó el TIR (se calculó por medio de la Ecuación 13), dichos valores fueron 70% rotador y 75 % encamador, por lo que también es factible la realización del proyecto con cualquiera de los dos tratamientos planteados.

Cuadro 3.12-8 VAN, TIR para ambos tratamientos

VAN, TIR ROTADOR		VAN, TIR ENCAMADOR	
Inversión	-€11 950 223,46	Inversión	-€12 624 590,41
Flujo año 1	€8 387 476,54	Flujo año 1	€9 543 009,59
Flujo año 2	€8 387 476,54	Flujo año 2	€9 543 009,59
Flujo año 3	€8 387 476,54	Flujo año 3	€9 543 009,59
Flujo año 4	€8 387 476,54	Flujo año 4	€9 543 009,59
Flujo año 5	€8 387 476,54	Flujo año 5	€9 543 009,59
Flujo año 6	€8 387 476,54	Flujo año 6	€9 543 009,59
Flujo año 7	€8 387 476,54	Flujo año 7	€9 543 009,59
Flujo año 8	€8 387 476,54	Flujo año 8	€9 543 009,59
Flujo año 9	€8 387 476,54	Flujo año 9	€9 543 009,59
VAN	40445402,37	VAN	46989520,81
TIR	70%	TIR	75%

Cuadro 3.12-9 Resumen de las variables analizadas

Parcela	Tratamiento	D.A (g/c m <sup>3</sup> )	R.P (M Pa)	R.C(kPa)	Patinaje (%)	CU (%)	Raíces mitad(cm)	Raíces finales (cm)	VAN	TIR
1	Encamador	1,71	0,62	23,21	46,41 19,62	92,77 94,52	11,63	15,50	4698952 0,81	75%
2	Encamador		0,7	28,69						
3	Encamador		0,63	27,69						
4	Rotador	1,72	0,77	30,04	19,62 31,1	90,04 86,44	12,55	13,90	4044540 2,37	70%
5	Rotador		0,73	30,06						
6	Rotador		0,69	35,38						

En el cuadro 4.5-9 se muestra un breve resumen de los resultados de las variables en análisis, se puede observar que el rotador genera mayor resistencia a la penetración y al corte. Se determinó que el implemento encamador genera mayor patinaje, en la variable de coeficiente de uniformidad el encamador realizó un trabajo de mayor uniformidad respecto al rotador. Respecto el VAN y TIR fue superior en el encamador siendo este el que genera mayores ingresos. Por tales motivos la mejor elección para la mecanización es el encamador.

### **3.13. Análisis impacto social político y económico.**

El proyecto realizado desde el punto de vista social y económico cumple con una gran ayuda a las comunidades cercanas, la empresa genera empleo aproximadamente a 50 personas de diferentes edades y géneros para cumplir labores como fumigación, siembra, lavado y empaque. La cosecha en su mayoría se exporta, por lo que el empleado puede tener la certeza de contar con trabajo a lo largo de todo el año.

Desde un enfoque social contribuye a que personas susceptibles a cometer delitos puedan tener un empleo, esto es una razón por la se trata de emplear a vecinos de la zona, además de poder contribuir al crecimiento de la economía de la comunidad. Además, de contar con flexibilidad en el horario de labores por si alguno de sus colaboradores desea estudiar, tener el poder ayudarles.

De la empresa me llama la atención la organización y distribución de tareas por parte de los empleados de campo, muestran gran conocimiento de todas las labores y gran trabajo en equipo donde el dueño no necesita estar en las labores para que estas sean realizadas existe un ambiente laboral agradable y mucho deseo de superación por parte de los operarios muestra de ello fue la involucración que tuvieron hacia el proyecto desde el primer día mostraron una actitud positiva y ganas de aprender de lo que se estaba implementando.

Además, lo comentado por los dueños siempre tratan de realizar pequeñas capacitaciones para fomentar el conocimiento a raíz de estas pequeñas capacitaciones logran crear criterio a los mismo con ello poder tomar decisiones dentro de la labor que estén realizando.

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### 4.1. CONCLUSIONES

- Se determinó la densidad aparente previo a la mecanización y al finalizar la cosecha. Las densidades medias fueron  $1,72 \text{ kg/cm}^3$  en el tratamiento de rotador y  $1,71 \text{ kg/cm}^3$  en el tratamiento de encamador (quemador de piedra), no hay variación alguna de un tratamiento a otro.
- Analizando la resistencia a la penetración del suelo a lo largo de todo el ciclo, no se evidenció diferencia significativa de un tratamiento a otro, sin embargo, en el tratamiento del rotador existe un leve aumento de la resistencia.
- Se comprobó que el rotador genera mayor resistencia al corte con valores de 35,38 kPa en la parcela 6, 30,06 kPa en la parcela 5 y 30,04 kPa en la parcela 4.
- Desde el punto de vista operativo del tractor, generó mayor porcentaje de patinaje el tratamiento de encamador con un 46,41 % en la primera pasada y 19,62 % en la segunda pasada. Esto sucedió por las condiciones del campo presentes; el suelo se encontraba en un estado ligeramente plástico, por lo que el tractor demandaba mayor esfuerzo por lo que, los rodamientos tienden a patinar.
- Una vez analizados los perfiles se tiene que el encamador obtuvo valores de uniformidad 92,77% y 94,52% respectivamente. Mientras que, para el rotador se obtuvieron valores de 90,04% y 86,44%. Analizados los perfiles se puede considerar que el encamador genera un trabajo uniforme que el rotador, no obstante, el coeficiente de uniformidad para los 4 perfiles es superior al 80% se tiene muy buena uniformidad de trabajo.
- Valoradas las longitudes de las raíces al finalizar el ciclo, se obtuvieron mayores valores en el encamador con 15,50 cm mientras en el rotador se obtuvieron valores de 13,90 cm.
- Para el tratamiento del encamador se obtuvieron 26100,00 kg de producción, mientras para el rotador se determinaron 23794,50 kg

- Para el proyecto se obtiene un VAN =40445402,37 y un TIR=70% para el tratamiento de rotador. Mientras que para el encamador se tiene un VAN =46989520,81 y un TIR= 75%.
- Al finalizar con el análisis de los parámetros propuestos se recomienda la utilización del encamador, esto porque en primera instancia genera menos resistencia al corte y a la penetración al suelo, como también es el que realiza un trabajo más uniforme, esto se reflejó en el análisis económico, ya que fue el que mayor ingreso generó.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Chequear los contrapesos del tractor para evitar el patinaje, debido a que están por encima del valor admisible.
- Hacer una calibración del implemento previo a la utilización de este para que se mantenga y mejore la uniformidad de trabajo.
- La utilización del encamador, se obtienen mejores cosechas y ganancias los parámetros del suelo valorados no se ven afectados como en el rotador.
- Previo a la mecanización, realizar un chequeo visual del campo que esté libre de obstáculos y demás interferencias, para que sean removidos antes de empezar con la labranza.
- También sería importante mecanizar cuando existen condiciones climáticas soleadas, ya que estos suelos con mucho anegamiento o humedad después de una precipitación son muy difíciles de mecanizar; se aumenta la demanda de potencia como también aumentaría el patinaje y la eficiencia del trabajo disminuiría.
- Realizar mantenimiento cada cierto tiempo, tanto al tractor como a los implementos previo a su utilización esto ayudará a la conservación de los mismos activos como también mejorará los trabajos realizados en campo.
  - Realizar pequeñas capacitaciones de los cuidados del tractor y de los implementos a los operarios de la maquinaria.
  - Según las condiciones del suelo, se recomienda la implementación de labores de cero labranza.

## **CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA**

- Carvajal Rivadeneira, A. J., Cevallos Mera, Richard X Carvajal Rivadeneira, D. D., & Vega Ponce, E. C. (2019). Incidencia del grado de humedad en suelos en textura franco limoso, ante la aplicación de las labores de arado y rastrado. *Polo del Conocimiento*. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>
- Casaca, Á. D. (2005). *El Cultivo de la Zanahoria*. <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-de-la-zanahoria,-F.pdf>
- Dagnino, J. (2014). *ANÁLISIS DE VARIANZA*. <https://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n04.07.pdf>
- Das, B. M. (2002). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. [https://www.academia.edu/9716124/FUNDAMENTOS\\_DE\\_INGENIERIA\\_GEOTÈCNICA](https://www.academia.edu/9716124/FUNDAMENTOS_DE_INGENIERIA_GEOTÈCNICA)
- Energía(MINAE), M. de ambiente y, & Nacional(SETENA), S. T. (2004). *Documento de Evaluación Ambiental D-1*.
- FAO. (2006). Propiedades Físicas del Suelo. *Portal de suelos de la fao*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. <http://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Fertilab. (2016). *Interpretación de Resultados de Textura y Humedad del Suelo*. <https://www.fertilab.com.mx/blog/150-interpretacion-de-resultados-de-textura-y-humedad-del-suelo/>
- Forigo. (2021). *ENTERRADORAS Y ENTERRA-PIEDRAS*. <https://www.forigo.it/es/enterradoras-y-enterra-piedras>
- Gaviola, J. cesár. (2013). *MANUAL DE PRODUCCIÓN DE ZANAHORIA*. INTA. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_cap\\_2\\_\\_caractersticas\\_botnicas\\_y\\_tipos\\_varieta.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_cap_2__caractersticas_botnicas_y_tipos_varieta.pdf)
- Gómez Calderon, N., Villagra Mendoza, K., & Solorzano Quintana, M. (2018). La labranza

- mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Tecnología en Marcha*. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-167.pdf>
- Gomez Calderon, N., Watson Hernandez, F., & Solórzano Quintana, M. (2021). *Importancia de los coeficientes de uniformidad en las operaciones agrícolas asistidas por maquinaria*.
- Jimenez Boulanger, F., Luis, E. G. C., & Fonseca Retana, L. (2007). *Ingeniería Económica* (Editorial Tecnológica de Costa Rica (ed.); Primera ed). [https://books.google.co.cr/books?id=LVLZA74NNwwC&printsec=frontcover&dq=jose+luis+espinoza+ingenieria+economica&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjhwKrJgoT4AhUmQjABHfE\\_C64Q6AF6BAgIEAI#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=LVLZA74NNwwC&printsec=frontcover&dq=jose+luis+espinoza+ingenieria+economica&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjhwKrJgoT4AhUmQjABHfE_C64Q6AF6BAgIEAI#v=onepage&q&f=false)
- Melani, E. (2013). Reduciendo las pérdidas de potencia del tractor. *INTA*. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_reduciendo\\_las\\_prdididas\\_de\\_potencia\\_del\\_tractor.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_reduciendo_las_prdididas_de_potencia_del_tractor.pdf)
- Pérez, M., García, A., Paredes, A., Luna, J., & Madriz, P. (2016). *Resistencia Mecánica del suelo ala penetración de raíces y forma de la raíz reservante de la Batata a apartir del descriptor de Huamán*. [www.mag.go.cr/rev\\_agr/index.html](http://www.mag.go.cr/rev_agr/index.html)
- Rodríguez González, A., Arcia Porrua, J., Martínez Cañizares, J. A., García Lamas, J., Cid Lazo, G., & Fleites Castro, J. (2015). Los sistemas de labranza y su influencia en las propiedades físicas del suelo. *Revista Ingeniería Agrícola*. <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586261425010.pdf>
- Safar, S., González, H., & Cappelli, N. L. (2011). *Efectos de los arados rotativos sibre algunas propiedades físicas de un suelo franco arcilloso*. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1900-96072011000100004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072011000100004)
- Tenza Ponguta, J. P. (2016). *Estudio de las propiedades mecánicas sw suelos agrícolas a partir de pruebas in situ y de laboratorio para modelos de labranza y tracción* [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/58073/822095.2016.pdf?sequence=>

1&isAllowed=y

USDA. (s/f). *SOIL TEXTURE CALCULATOR.*

[https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2\\_054167](https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167)

Zotarelli, L., & Dukes, M. D. (2013). *Interpretacion del contenido de la humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad.* <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/AE/AE49600.pdf>

## **CAPÍTULO 7. ANEXOS**

**Anexo 1.** Curvas de nivel terreno en experimento.

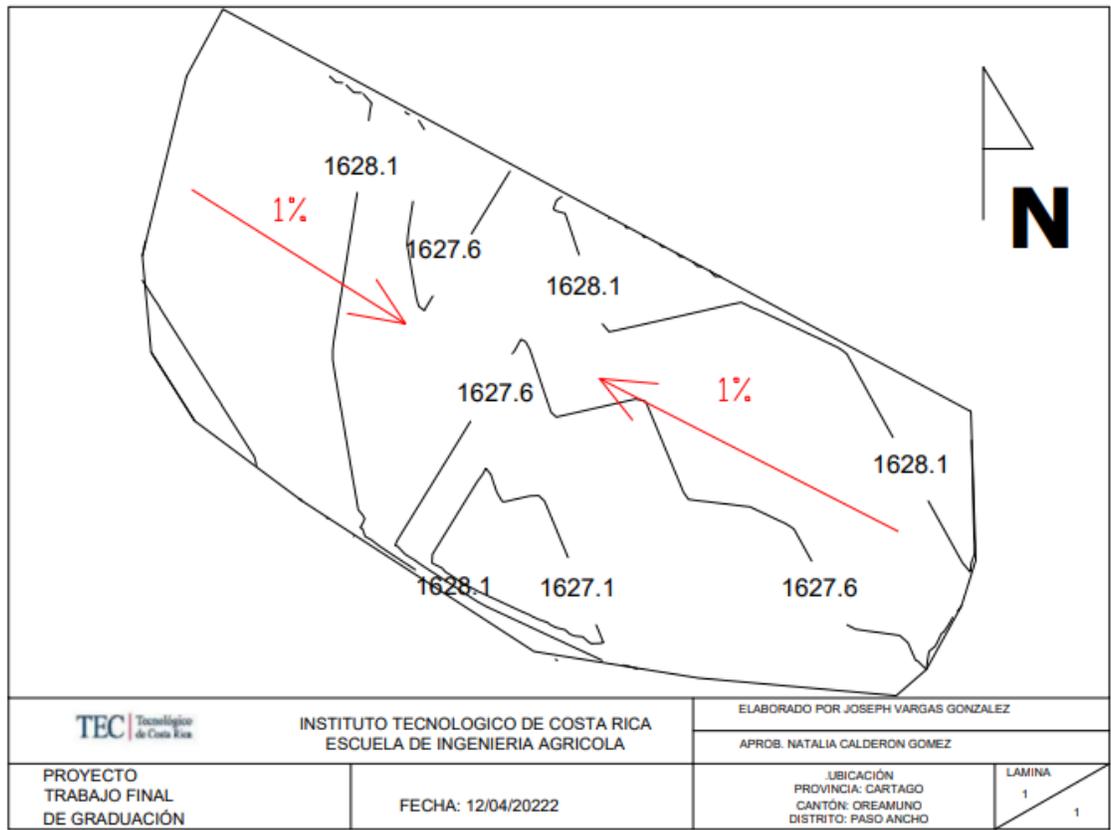


Figura 6-1 Mapa de pendientes de la finca

**Anexo 2. Rotador utilizado**



Figura 6-2 Rotador utilizado para la preparación del terreno

### Anexo 3. Encamador utilizado



Figura 6-3 Encamador (quemador de piedra) utilizado en la preparación del terreno

#### Anexo 4 Trabajo realizado por los implementos



Figura 6-4 Consistencia del trabajo realizado por los implementos

Anexo 5. Triángulo de textura

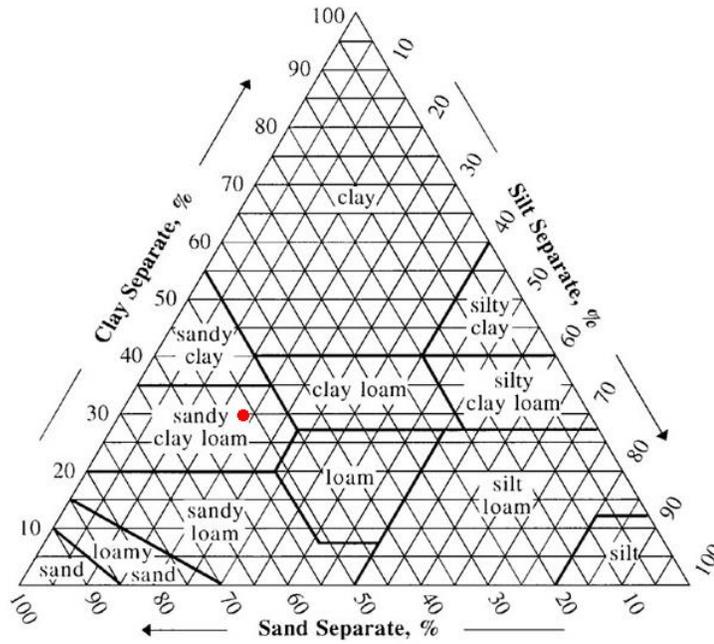


Figura 6-5 Triángulo de textura

Fuente:(USDA, s/f)

## Anexo 6

Cuadro 6-1 Datos recolectados a lo largo de todo el ciclo de Resistencia a la Penetración(MPa)

Fecha	Parcela	Tratamiento	Punto	Resis.Penetracion(MPa)
15/9/2021	1	1	1	0,72
15/9/2021	1	1	2	0,10
15/9/2021	1	1	3	0,49
15/9/2021	1	1	4	0,71
15/9/2021	1	1	5	0,44
15/9/2021	1	1	6	0,46
15/9/2021	2	1	1	0,47
15/9/2021	2	1	2	0,65
15/9/2021	2	1	3	0,82
15/9/2021	2	1	4	0,47
15/9/2021	2	1	5	0,33
15/9/2021	2	1	6	0,41
15/9/2021	3	1	1	0,48
15/9/2021	3	1	2	0,45
15/9/2021	3	1	3	0,58
15/9/2021	3	1	4	0,43
15/9/2021	3	1	5	0,92
15/9/2021	3	1	6	0,61
15/9/2021	4	2	1	0,47
15/9/2021	4	2	2	0,64
15/9/2021	4	2	3	1,03
15/9/2021	4	2	4	0,35
15/9/2021	4	2	5	0,79
15/9/2021	4	2	6	0,5
15/9/2021	5	2	1	0,25
15/9/2021	5	2	2	0,50
15/9/2021	5	2	3	0,35
15/9/2021	5	2	4	0,56
15/9/2021	5	2	5	0,72
15/9/2021	5	2	6	0,51
15/9/2021	6	2	1	0,72
15/9/2021	6	2	2	0,74
15/9/2021	6	2	3	0,55
15/9/2021	6	2	4	1,06

15/9/2021	6	2	5	0,33
15/9/2021	6	2	6	0,46
15/9/2021	1	1	1	0,16
15/9/2021	1	1	2	0,15
15/9/2021	1	1	3	0,18
15/9/2021	1	1	4	0,42
15/9/2021	1	1	5	0,47
15/9/2021	1	1	6	0,27
15/9/2021	2	1	1	0,26
15/9/2021	2	1	2	0,61
15/9/2021	2	1	3	0,38
15/9/2021	2	1	4	0,24
15/9/2021	2	1	5	1,04
15/9/2021	2	1	6	0,19
15/9/2021	3	1	1	0,16
15/9/2021	3	1	2	0,17
15/9/2021	3	1	3	1,19
15/9/2021	3	1	4	0,52
15/9/2021	3	1	5	0,31
15/9/2021	3	1	6	0,79
15/9/2021	4	2	1	0,18
15/9/2021	4	2	2	0,44
15/9/2021	4	2	3	0,35
15/9/2021	4	2	4	0,65
15/9/2021	4	2	5	0,65
15/9/2021	4	2	6	0,40
15/9/2021	5	2	1	0,39
15/9/2021	5	2	2	0,28
15/9/2021	5	2	3	0,43
15/9/2021	5	2	4	0,43
15/9/2021	5	2	5	0,22
15/9/2021	5	2	6	0,32
15/9/2021	6	2	1	0,84
15/9/2021	6	2	2	0,42
15/9/2021	6	2	3	0,50
15/9/2021	6	2	4	0,24
15/9/2021	6	2	5	0,37
15/9/2021	6	2	6	0,31
1/10/2021	1	1	1	0,38
1/10/2021	1	1	2	0,48

1/10/2021	1	1	3	0,23
1/10/2021	1	1	4	1,16
1/10/2021	1	1	5	0,39
1/10/2021	1	1	6	1,08
1/10/2021	2	1	1	0,66
1/10/2021	2	1	2	0,51
1/10/2021	2	1	3	0,31
1/10/2021	2	1	4	0,24
1/10/2021	2	1	5	0,14
1/10/2021	2	1	6	0,11
1/10/2021	3	1	1	0,22
1/10/2021	3	1	2	0,93
1/10/2021	3	1	3	0,43
1/10/2021	3	1	4	0,28
1/10/2021	3	1	5	0,45
1/10/2021	3	1	6	0,32
1/10/2021	4	2	1	0,43
1/10/2021	4	2	2	1,26
1/10/2021	4	2	3	0,22
1/10/2021	4	2	4	0,48
1/10/2021	4	2	5	0,91
1/10/2021	4	2	6	0,77
1/10/2021	5	2	1	0,46
1/10/2021	5	2	2	1,11
1/10/2021	5	2	3	0,94
1/10/2021	5	2	4	0,47
1/10/2021	5	2	5	0,42
1/10/2021	5	2	6	0,29
1/10/2021	6	2	1	0,39
1/10/2021	6	2	2	0,93
1/10/2021	6	2	3	0,16
1/10/2021	6	2	4	0,18
1/10/2021	6	2	5	0,37
1/10/2021	6	2	6	0,91
18/10/2021	1	1	1	0,56
18/10/2021	1	1	2	0,59
18/10/2021	1	1	3	0,32
18/10/2021	1	1	4	0,44
18/10/2021	1	1	5	0,20
18/10/2021	1	1	6	0,28

18/10/2021	2	1	1	0,20
18/10/2021	2	1	2	0,15
18/10/2021	2	1	3	0,36
18/10/2021	2	1	4	0,97
18/10/2021	2	1	5	1,12
18/10/2021	2	1	6	0,49
18/10/2021	3	1	1	0,19
18/10/2021	3	1	2	0,71
18/10/2021	3	1	3	0,34
18/10/2021	3	1	4	0,26
18/10/2021	3	1	5	0,34
18/10/2021	3	1	6	0,18
18/10/2021	4	2	1	0,27
18/10/2021	4	2	2	0,27
18/10/2021	4	2	3	0,24
18/10/2021	4	2	4	0,20
18/10/2021	4	2	5	0,20
18/10/2021	4	2	6	0,24
18/10/2021	5	2	1	0,43
18/10/2021	5	2	2	0,12
18/10/2021	5	2	3	0,62
18/10/2021	5	2	4	1,14
18/10/2021	5	2	5	1,14
18/10/2021	5	2	6	0,48
18/10/2021	6	2	1	0,15
18/10/2021	6	2	2	0,26
18/10/2021	6	2	3	0,68
18/10/2021	6	2	4	0,26
18/10/2021	6	2	5	0,27
18/10/2021	6	2	6	0,38
29/10/2021	1	1	1	1,52
29/10/2021	1	1	2	0,61
29/10/2021	1	1	3	1,00
29/10/2021	1	1	4	0,89
29/10/2021	1	1	5	0,71
29/10/2021	1	1	6	1,06
29/10/2021	2	1	1	1,22
29/10/2021	2	1	2	1,70
29/10/2021	2	1	3	1,33
29/10/2021	2	1	4	0,53

29/10/2021	2	1	5	1,10
29/10/2021	2	1	6	1,14
29/10/2021	3	1	1	0,92
29/10/2021	3	1	2	1,49
29/10/2021	3	1	3	0,78
29/10/2021	3	1	4	1,24
29/10/2021	3	1	5	1,23
29/10/2021	3	1	6	0,85
29/10/2021	4	2	1	1,08
29/10/2021	4	2	2	1,38
29/10/2021	4	2	3	1,00
29/10/2021	4	2	4	0,62
29/10/2021	4	2	5	1,28
29/10/2021	4	2	6	1,09
29/10/2021	5	2	1	1,48
29/10/2021	5	2	2	0,90
29/10/2021	5	2	3	1,68
29/10/2021	5	2	4	0,64
29/10/2021	5	2	5	0,61
29/10/2021	5	2	6	0,91
29/10/2021	6	2	1	0,90
29/10/2021	6	2	2	1,69
29/10/2021	6	2	3	0,57
29/10/2021	6	2	4	1,10
29/10/2021	6	2	5	1,42
29/10/2021	6	2	6	1,19
13/11/2021	1	1	1	1,97
13/11/2021	1	1	2	1,49
13/11/2021	1	1	3	1,38
13/11/2021	1	1	4	0,71
13/11/2021	1	1	5	0,68
13/11/2021	1	1	6	1,12
13/11/2021	2	1	1	1,18
13/11/2021	2	1	2	0,98
13/11/2021	2	1	3	1,77
13/11/2021	2	1	4	1,71
13/11/2021	2	1	5	0,93
13/11/2021	2	1	6	1,46
13/11/2021	3	1	1	1,35
13/11/2021	3	1	2	1,19

13/11/2021	3	1	3	1,42
13/11/2021	3	1	4	0,57
13/11/2021	3	1	5	1,24
13/11/2021	3	1	6	1,60
13/11/2021	4	2	1	2,25
13/11/2021	4	2	2	1,65
13/11/2021	4	2	3	1,30
13/11/2021	4	2	4	1,89
13/11/2021	4	2	5	0,92
13/11/2021	4	2	6	2,17
13/11/2021	5	2	1	1,03
13/11/2021	5	2	2	0,75
13/11/2021	5	2	3	0,69
13/11/2021	5	2	4	1,33
13/11/2021	5	2	5	1,06
13/11/2021	5	2	6	0,97
13/11/2021	6	2	1	0,46
13/11/2021	6	2	2	1,14
13/11/2021	6	2	3	0,99
13/11/2021	6	2	4	1,74
13/11/2021	6	2	5	1,87
13/11/2021	6	2	6	1,27
27/11/2021	1	1	1	0,81
27/11/2021	1	1	2	0,14
27/11/2021	1	1	3	1,23
27/11/2021	1	1	4	0,58
27/11/2021	1	1	5	1,01
27/11/2021	1	1	6	0,49
27/11/2021	2	1	1	0,49
27/11/2021	2	1	2	0,71
27/11/2021	2	1	3	0,71
27/11/2021	2	1	4	0,80
27/11/2021	2	1	5	1,73
27/11/2021	2	1	6	1,24
27/11/2021	3	1	1	0,11
27/11/2021	3	1	2	0,11
27/11/2021	3	1	3	0,43
27/11/2021	3	1	4	1,43
27/11/2021	3	1	5	1,11
27/11/2021	3	1	6	0,40

27/11/2021	4	2	1	2,48
27/11/2021	4	2	2	0,49
27/11/2021	4	2	3	0,36
27/11/2021	4	2	4	1,69
27/11/2021	4	2	5	0,54
27/11/2021	4	2	6	0,83
27/11/2021	5	2	1	0,70
27/11/2021	5	2	2	1,66
27/11/2021	5	2	3	1,87
27/11/2021	5	2	4	1,73
27/11/2021	5	2	5	0,34
27/11/2021	5	2	6	2,11
27/11/2021	6	2	1	0,47
27/11/2021	6	2	2	1,23
27/11/2021	6	2	3	1,60
27/11/2021	6	2	4	0,33
27/11/2021	6	2	5	1,54
27/11/2021	6	2	6	0,22
15/12/2021	1	1	1	0,32
15/12/2021	1	1	2	0,19
15/12/2021	1	1	3	0,37
15/12/2021	1	1	4	0,34
15/12/2021	1	1	5	0,10
15/12/2021	1	1	6	0,33
15/12/2021	2	1	1	0,10
15/12/2021	2	1	2	0,12
15/12/2021	2	1	3	0,10
15/12/2021	2	1	4	0,10
15/12/2021	2	1	5	0,50
15/12/2021	2	1	6	0,94
15/12/2021	3	1	1	0,34
15/12/2021	3	1	2	0,53
15/12/2021	3	1	3	0,24
15/12/2021	3	1	4	0,17
15/12/2021	3	1	5	0,15
15/12/2021	3	1	6	0,10
15/12/2021	4	2	1	0,10
15/12/2021	4	2	2	0,10
15/12/2021	4	2	3	0,74
15/12/2021	4	2	4	0,10

15/12/2021	4	2	5	1,00
15/12/2021	4	2	6	0,10
15/12/2021	5	2	1	0,37
15/12/2021	5	2	2	0,15
15/12/2021	5	2	3	0,10
15/12/2021	5	2	4	0,10
15/12/2021	5	2	5	1,13
15/12/2021	5	2	6	0,10
15/12/2021	6	2	1	0,77
15/12/2021	6	2	2	0,10
15/12/2021	6	2	3	0,10
15/12/2021	6	2	4	0,49
15/12/2021	6	2	5	0,10
15/12/2021	6	2	6	0,57

## Anexo 7

Cuadro 6-2 Datos recolectados de resistencia al corte(kPa) a los 15 (cm) de profundidad

Fecha	Parcela	Tratamiento	Punto	Resis.Corte(kPa) Prof.(15cm)
15/9/2021	1	1	1	50
15/9/2021	1	1	2	40
15/9/2021	1	1	3	24
15/9/2021	1	1	4	28
15/9/2021	1	1	5	32
15/9/2021	1	1	6	36
15/9/2021	2	1	1	42
15/9/2021	2	1	2	48
15/9/2021	2	1	3	54
15/9/2021	2	1	4	46
15/9/2021	2	1	5	60
15/9/2021	2	1	6	44
15/9/2021	3	1	1	30
15/9/2021	3	1	2	30
15/9/2021	3	1	3	52
15/9/2021	3	1	4	42
15/9/2021	3	1	5	30
15/9/2021	3	1	6	30
15/9/2021	4	2	1	50
15/9/2021	4	2	2	34
15/9/2021	4	2	3	56
15/9/2021	4	2	4	30
15/9/2021	4	2	5	20
15/9/2021	4	2	6	42
15/9/2021	5	2	1	30
15/9/2021	5	2	2	20
15/9/2021	5	2	3	30
15/9/2021	5	2	4	20
15/9/2021	5	2	5	30
15/9/2021	5	2	6	30
15/9/2021	6	2	1	40
15/9/2021	6	2	2	54
15/9/2021	6	2	3	30
15/9/2021	6	2	4	34
15/9/2021	6	2	5	38

15/9/2021	6	2	6	38
15/9/2021	1	1	1	10
15/9/2021	1	1	2	10
15/9/2021	1	1	3	10
15/9/2021	1	1	4	20
15/9/2021	1	1	5	20
15/9/2021	1	1	6	10
15/9/2021	2	1	1	15
15/9/2021	2	1	2	10
15/9/2021	2	1	3	10
15/9/2021	2	1	4	10
15/9/2021	2	1	5	20
15/9/2021	2	1	6	18
15/9/2021	3	1	1	15
15/9/2021	3	1	2	10
15/9/2021	3	1	3	10
15/9/2021	3	1	4	8
15/9/2021	3	1	5	8
15/9/2021	3	1	6	20
15/9/2021	4	2	1	10
15/9/2021	4	2	2	8
15/9/2021	4	2	3	10
15/9/2021	4	2	4	12
15/9/2021	4	2	5	12
15/9/2021	4	2	6	20
15/9/2021	5	2	1	22
15/9/2021	5	2	2	18
15/9/2021	5	2	3	20
15/9/2021	5	2	4	14
15/9/2021	5	2	5	15
15/9/2021	5	2	6	18
15/9/2021	6	2	1	15
15/9/2021	6	2	2	25
15/9/2021	6	2	3	24
15/9/2021	6	2	4	15
15/9/2021	6	2	5	20
15/9/2021	6	2	6	20
1/10/2021	1	1	1	34
1/10/2021	1	1	2	38
1/10/2021	1	1	3	12

1/10/2021	1	1	4	34
1/10/2021	1	1	5	10
1/10/2021	1	1	6	26
1/10/2021	2	1	1	10
1/10/2021	2	1	2	30
1/10/2021	2	1	3	24
1/10/2021	2	1	4	16
1/10/2021	2	1	5	30
1/10/2021	2	1	6	22
1/10/2021	3	1	1	30
1/10/2021	3	1	2	30
1/10/2021	3	1	3	26
1/10/2021	3	1	4	26
1/10/2021	3	1	5	30
1/10/2021	3	1	6	40
1/10/2021	4	2	1	34
1/10/2021	4	2	2	40
1/10/2021	4	2	3	34
1/10/2021	4	2	4	26
1/10/2021	4	2	5	20
1/10/2021	4	2	6	32
1/10/2021	5	2	1	30
1/10/2021	5	2	2	40
1/10/2021	5	2	3	40
1/10/2021	5	2	4	40
1/10/2021	5	2	5	46
1/10/2021	5	2	6	16
1/10/2021	6	2	1	38
1/10/2021	6	2	2	30
1/10/2021	6	2	3	40
1/10/2021	6	2	4	32
1/10/2021	6	2	5	36
1/10/2021	6	2	6	40
18/10/2021	1	1	1	14
18/10/2021	1	1	2	10
18/10/2021	1	1	3	10
18/10/2021	1	1	4	20
18/10/2021	1	1	5	20
18/10/2021	1	1	6	30
18/10/2021	2	1	1	16

18/10/2021	2	1	2	26
18/10/2021	2	1	3	16
18/10/2021	2	1	4	22
18/10/2021	2	1	5	26
18/10/2021	2	1	6	24
18/10/2021	3	1	1	28
18/10/2021	3	1	2	26
18/10/2021	3	1	3	26
18/10/2021	3	1	4	28
18/10/2021	3	1	5	20
18/10/2021	3	1	6	26
18/10/2021	4	2	1	12
18/10/2021	4	2	2	18
18/10/2021	4	2	3	14
18/10/2021	4	2	4	30
18/10/2021	4	2	5	28
18/10/2021	4	2	6	10
18/10/2021	5	2	1	26
18/10/2021	5	2	2	20
18/10/2021	5	2	3	10
18/10/2021	5	2	4	14
18/10/2021	5	2	5	18
18/10/2021	5	2	6	12
18/10/2021	6	2	1	14
18/10/2021	6	2	2	20
18/10/2021	6	2	3	26
18/10/2021	6	2	4	22
18/10/2021	6	2	5	22
18/10/2021	6	2	6	28
29/10/2021	1	1	1	20
29/10/2021	1	1	2	22
29/10/2021	1	1	3	24
29/10/2021	1	1	4	18
29/10/2021	1	1	5	16
29/10/2021	1	1	6	18
29/10/2021	2	1	1	30
29/10/2021	2	1	2	32
29/10/2021	2	1	3	26
29/10/2021	2	1	4	28
29/10/2021	2	1	5	26

29/10/2021	2	1	6	30
29/10/2021	3	1	1	34
29/10/2021	3	1	2	32
29/10/2021	3	1	3	30
29/10/2021	3	1	4	32
29/10/2021	3	1	5	40
29/10/2021	3	1	6	40
29/10/2021	4	2	1	34
29/10/2021	4	2	2	24
29/10/2021	4	2	3	40
29/10/2021	4	2	4	32
29/10/2021	4	2	5	22
29/10/2021	4	2	6	30
29/10/2021	5	2	1	36
29/10/2021	5	2	2	40
29/10/2021	5	2	3	52
29/10/2021	5	2	4	52
29/10/2021	5	2	5	50
29/10/2021	5	2	6	46
29/10/2021	6	2	1	55
29/10/2021	6	2	2	32
29/10/2021	6	2	3	50
29/10/2021	6	2	4	48
29/10/2021	6	2	5	46
29/10/2021	6	2	6	34
13/11/2021	1	1	1	16
13/11/2021	1	1	2	18
13/11/2021	1	1	3	20
13/11/2021	1	1	4	22
13/11/2021	1	1	5	30
13/11/2021	1	1	6	20
13/11/2021	2	1	1	24
13/11/2021	2	1	2	26
13/11/2021	2	1	3	24
13/11/2021	2	1	4	28
13/11/2021	2	1	5	34
13/11/2021	2	1	6	40
13/11/2021	3	1	1	32
13/11/2021	3	1	2	30
13/11/2021	3	1	3	30

13/11/2021	3	1	4	32
13/11/2021	3	1	5	38
13/11/2021	3	1	6	30
13/11/2021	4	2	1	30
13/11/2021	4	2	2	36
13/11/2021	4	2	3	38
13/11/2021	4	2	4	34
13/11/2021	4	2	5	18
13/11/2021	4	2	6	14
13/11/2021	5	2	1	16
13/11/2021	5	2	2	14
13/11/2021	5	2	3	10
13/11/2021	5	2	4	22
13/11/2021	5	2	5	22
13/11/2021	5	2	6	26
13/11/2021	6	2	1	40
13/11/2021	6	2	2	36
13/11/2021	6	2	3	30
13/11/2021	6	2	4	40
13/11/2021	6	2	5	46
13/11/2021	6	2	6	38
27/11/2021	1	1	1	12
27/11/2021	1	1	2	10
27/11/2021	1	1	3	12
27/11/2021	1	1	4	20
27/11/2021	1	1	5	28
27/11/2021	1	1	6	30
27/11/2021	2	1	1	46
27/11/2021	2	1	2	30
27/11/2021	2	1	3	26
27/11/2021	2	1	4	24
27/11/2021	2	1	5	26
27/11/2021	2	1	6	20
27/11/2021	3	1	1	14
27/11/2021	3	1	2	20
27/11/2021	3	1	3	30
27/11/2021	3	1	4	32
27/11/2021	3	1	5	20
27/11/2021	3	1	6	20
27/11/2021	4	2	1	36

27/11/2021	4	2	2	44
27/11/2021	4	2	3	24
27/11/2021	4	2	4	28
27/11/2021	4	2	5	44
27/11/2021	4	2	6	30
27/11/2021	5	2	1	32
27/11/2021	5	2	2	50
27/11/2021	5	2	3	28
27/11/2021	5	2	4	32
27/11/2021	5	2	5	34
27/11/2021	5	2	6	46
27/11/2021	6	2	1	36
27/11/2021	6	2	2	36
27/11/2021	6	2	3	42
27/11/2021	6	2	4	40
27/11/2021	6	2	5	54
27/11/2021	6	2	6	38
15/12/2021	1	1	1	36
15/12/2021	1	1	2	32
15/12/2021	1	1	3	32
15/12/2021	1	1	4	40
15/12/2021	1	1	5	34
15/12/2021	1	1	6	36
15/12/2021	2	1	1	36
15/12/2021	2	1	2	38
15/12/2021	2	1	3	34
15/12/2021	2	1	4	32
15/12/2021	2	1	5	38
15/12/2021	2	1	6	40
15/12/2021	3	1	1	20
15/12/2021	3	1	2	24
15/12/2021	3	1	3	32
15/12/2021	3	1	4	46
15/12/2021	3	1	5	30
15/12/2021	3	1	6	20
15/12/2021	4	2	1	40
15/12/2021	4	2	2	38
15/12/2021	4	2	3	46
15/12/2021	4	2	4	54
15/12/2021	4	2	5	56

15/12/2021	4	2	6	48
15/12/2021	5	2	1	50
15/12/2021	5	2	2	38
15/12/2021	5	2	3	46
15/12/2021	5	2	4	44
15/12/2021	5	2	5	34
15/12/2021	5	2	6	44
15/12/2021	6	2	1	38
15/12/2021	6	2	2	50
15/12/2021	6	2	3	46
15/12/2021	6	2	4	36
15/12/2021	6	2	5	46
15/12/2021	6	2	6	40

**Anexo 8.**

**Cuadro 6-3 Datos recolectados en el tratamiento de encamador**

Perfil 1 (encamador)					
Punto	H base(m)	H varilla(m)	H(m)	Altura que sobresale(cm)	Profundidad de labranza(cm)
2	0,52	1,20	0,37	0,15	0,53
3	0,52	1,20	0,42	0,10	0,58
4	0,52	1,20	0,41	0,11	0,57
5	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
6	0,52	1,20	0,42	0,10	0,58
7	0,52	1,20	0,44	0,08	0,60
8	0,52	1,20	0,37	0,15	0,53
9	0,52	1,20	0,38	0,14	0,54
10	0,52	1,20	0,38	0,13	0,54
11	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
12	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
13	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
14	0,52	1,20	0,43	0,09	0,59
15	0,52	1,20	0,35	0,17	0,51
16	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
17	0,52	1,20	0,36	0,16	0,52
18	0,52	1,20	0,32	0,19	0,48
19	0,52	1,20	0,36	0,15	0,52
20	0,52	1,20	0,34	0,18	0,50
21	0,52	1,20	0,30	0,22	0,46
22	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
23	0,52	1,20	0,34	0,18	0,50
24	0,52	1,20	0,30	0,22	0,46

**Anexo 9**

**Cuadro 6-4 Datos recolectados para el perfil 2 de encamador**

<b>Perfil 2 (encamador)</b>					
Punto	H base(m)	H varilla(m)	H	Altura que sobresale(cm)	Profundidad de labranza(cm)
2	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
3	0,52	1,20	0,42	0,10	0,58
4	0,52	1,20	0,37	0,15	0,53
5	0,52	1,20	0,39	0,13	0,55
6	0,52	1,20	0,34	0,18	0,50
7	0,52	1,20	0,30	0,22	0,46
8	0,52	1,20	0,42	0,10	0,58
9	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
10	0,52	1,20	0,39	0,13	0,55
11	0,52	1,20	0,39	0,13	0,55
12	0,52	1,20	0,34	0,18	0,50
13	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
14	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
15	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
16	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
17	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
18	0,52	1,20	0,39	0,13	0,55
19	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
20	0,52	1,20	0,43	0,09	0,59
21	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
22	0,52	1,20	0,40	0,12	0,56
23	0,52	1,20	0,35	0,17	0,51
24	0,52	1,20	0,41	0,11	0,57

## Anexo 10

Cuadro 6-5 Datos recolectados en el tratamiento del rotador

Perfil 1 (rotador)					
Punto	H base(m)	H varilla(m)	H	Altura que sobresale(cm)	Profundidad de labranza(cm)
2	0,52	1,20	0,40	0,12	0,28
3	0,52	1,20	0,36	0,15	0,31
4	0,52	1,20	0,36	0,16	0,32
5	0,52	1,20	0,37	0,15	0,31
6	0,52	1,20	0,39	0,13	0,29
7	0,52	1,20	0,36	0,16	0,32
8	0,52	1,20	0,37	0,15	0,31
9	0,52	1,20	0,37	0,15	0,31
10	0,52	1,20	0,37	0,15	0,31
11	0,52	1,20	0,35	0,17	0,33
12	0,52	1,20	0,35	0,17	0,33
13	0,52	1,20	0,37	0,15	0,31
14	0,52	1,20	0,37	0,15	0,31
15	0,52	1,20	0,37	0,14	0,30
16	0,52	1,20	0,33	0,19	0,35
17	0,52	1,20	0,34	0,18	0,34
18	0,52	1,20	0,43	0,09	0,25
19	0,52	1,20	0,38	0,14	0,30
20	0,52	1,20	0,44	0,08	0,24
21	0,52	1,20	0,41	0,11	0,27
22	0,52	1,20	0,44	0,08	0,24
23	0,52	1,20	0,34	0,18	0,34
24	0,52	1,20	0,36	0,16	0,32

## Anexo 11

Cuadro 6-6 Datos recolectados para el tratamiento de rotador

Perfil 2 (rotador)					
Punto	H base(m)	H varilla(m)	H	Altura que sobresale(cm)	Profundidad de labranza(cm)
2	0,52	1,20	0,33	0,19	0,35
3	0,52	1,20	0,34	0,18	0,34
4	0,52	1,20	0,36	0,16	0,32
5	0,52	1,20	0,39	0,13	0,29
6	0,52	1,20	0,38	0,14	0,30
7	0,52	1,20	0,35	0,17	0,33
8	0,52	1,20	0,33	0,19	0,35
9	0,52	1,20	0,39	0,13	0,29
10	0,52	1,20	0,34	0,18	0,34
11	0,52	1,20	0,34	0,18	0,34
12	0,52	1,20	0,35	0,17	0,33
13	0,52	1,20	0,35	0,17	0,33
14	0,52	1,20	0,35	0,17	0,33
15	0,52	1,20	0,31	0,21	0,37
16	0,52	1,20	0,36	0,16	0,32
17	0,52	1,20	0,32	0,20	0,36
18	0,52	1,20	0,30	0,22	0,38
19	0,52	1,20	0,36	0,16	0,32
20	0,52	1,20	0,32	0,20	0,36
21	0,52	1,20	0,34	0,18	0,34
22	0,52	1,20	0,32	0,20	0,36
23	0,52	1,20	0,32	0,20	0,36
24	0,52	1,20	0,32	0,20	0,36

**Anexo 12.** Gráfico longitud de raíces finalizando la cosecha

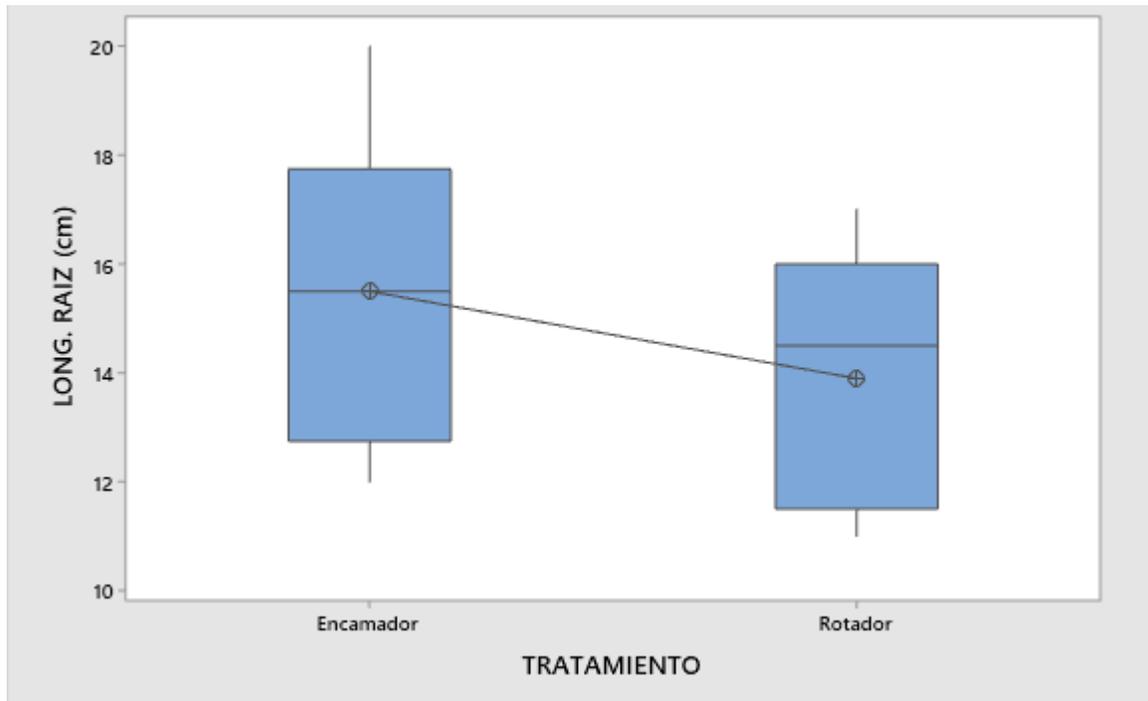


Figura 6-6 Diferencia de crecimiento radicular al final del ciclo

### Anexo 13. Criterios de ponderación en un proyecto de setena

5. CRITERIOS DE PONDERACIÓN			
La nota obtenida (Valor preliminar de SIA) en el formulario adjunto debe ser ponderada con los factores siguientes para obtener la calificación final que servirá de criterio para la clasificación según la Significancia del impacto ambiental (SIA) que se indica en este documento.			
1. Valor preliminar de SIA, es decir la sumatoria de todos los valores individuales ( $\Sigma$ )		99,00	
Según las regulaciones aplicables a la operación de la actividad, obra o proyecto			
2.a Con Reglamento específico en materia ambiental que regule la actividad, obra o proyecto (p). Se multiplica la sumatoria de SIA ( $\Sigma$ ) por un factor de 1 =	1	Decreto Ejecutivo No. _____	3. Sin Reglamento específico en materia ambiental (p) que regule la operación, se multiplica la sumatoria ( $\Sigma$ ) de SIA por un factor de 2=
2.b Con compromiso del desarrollador a adherirse voluntariamente a una <b>norma o guía ambiental</b> de construcción y operación, según corresponda que exista para la actividad, obra o proyecto que se plantea en el D1(p). Dicha norma o guía ambiental será de acatamiento obligatorio para el desarrollador, en lo que corresponda, desde el momento en que la SETENA le otorga la viabilidad ambiental. En este caso se multiplica la sumatoria de SIA ( $\Sigma$ ) por un factor de 0,75 =	0,75		
		(p)	1
4. Valor de SIA ajustado por regulaciones (SIA <sub>R</sub> ) =	99		
Clasificación del área según la zona de ubicación del proyecto ( $\beta$ )			
5. Localización autorizada por Plan Regulador u otra planificación ambiental de uso del suelo, aprobados por la SETENA, incluyendo la variable ambiental según la metodología establecida por la SETENA. Se multiplica el valor de SIA <sub>R</sub> por un valor de 0,5 =	0,5	6. Localización autorizada por Plan Regulador NO aprobado por SETENA. Se multiplica el valor de SIA <sub>R</sub> por un valor de 1,0 =	1
7. Localización en área sin Plan Regulador. Se multiplica el valor de SIA <sub>R</sub> por un valor de 1,5 =	1,5	8. Localización en área ambientalmente frágil, excepto que este contemplado en el numeral 5. Se multiplica el valor de SIA <sub>R</sub> por un valor de 2 =	2
Nota: Deberá brindarse la cita correcta del Plan Regulador o del Plan Ambiental de Uso del Suelo a que se refiere.			
		( $\beta$ )	0,5
9. Calificación final de la SIA:	49,5		

Figura 6-7 Criterios de ponderación en un proyecto de setena

Fuente: SETENA (2004)