

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
EN LOS SUELOS DEL MÓDULO AGRÍCOLA DEL INGENIO
AZUCARERO DE BERMEJO**

Por:

MARTÍNEZ QUISPE GILDA ALICIA

Tesis presentada a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar al Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

GESTIÓN 2022

Tarija- Bolivia

V°B°

.....
Ing. Pablo Montaña Zambrana

PROFESOR GUÍA

.....
M.Sc Ing. Henry Esnor Valdez Huanca

DECANO

**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

.....
M. Sc. Ing. Juan Oscar Hiza Zuñiga

VICEDECANO

**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
M.Sc Ing. Tordoya Rojas Martin Oscar

.....
M.Sc Ing. Torrico Aparicio Mirian

.....
Ing. Benítez Ordoñez Wilfredo

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

Con el más sincero cariño y amor dedico el presente trabajo a Dios, a mis padres Clemente Martínez y Basilia Quispe, a mis hermanas Melvi y Clariz y a mi pareja José Maráz, quienes fueron la fuerza el aliento, la esperanza, la motivación y el ejemplo para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por ser mi guía espiritual.

A mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos.

Le agradezco muy profundamente a mi docente y tribunal, ing. Benítez Ordoñez Wilfredo por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevare grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional.

Son muchos los docentes que han sido parte de mi camino universitario, y a todos ellos les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. Sin ustedes los conceptos serian solo palabras.

Por ultimo agradecer a la universidad Juan Misael Saracho que me ha permitido obtener mi tan ansiado título.

Mientras tanto, si yo me esforzaba, tal vez consiguiese un día entender que las personas siempre llegan a la hora exacta donde están siendo esperadas.

ÍNDICE	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
CAPITULO I	
MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. El suelo.....	4
1.1.2. Factores relacionados con el suelo.....	5
1.1.3. Definición de compactación.....	6
1.1.3.1. Tipos de compactación del suelo.....	6
1.1.3.1.1. Compactación superficial.....	6
1.1.3.1.2. Compactación sub superficial.....	6
1.1.3.1.3. Compactación y sellamientos superficiales del suelo.....	6
1.1.3.1.4. Compactación dentro del suelo (piso de arado).....	7
1.1.3.1.5. Formación de costra superficial.....	8
1.1.3.1.6. Compactación de las paredes laterales.....	8
1.1.3.1.7. Suela de labor.....	9
1.1.3.1.8. Compactación profunda.....	9
1.1.4.1. Factores naturales.....	9
1.1.4.2 Factores externos e internos.....	10
1.1.4.3. Factores antropogénicos.....	10
1.1.4.3.1. Maquinaria agrícola.....	11
1.1.4.3.2. Sistemas de labranza mecanizada.....	12

1.1.5 Degradación de la estructura del suelo (DES).....	12
1.1.6.1. Compactación potencial.....	14
1.1.6.2. Síntomas y detección de la compactación del suelo.....	15
- Plantas de menor tamaño.....	15
- Malformación en el crecimiento de las raíces.....	15
- El crecimiento por encima del suelo.....	16
- Falta de nutrientes.....	16
- Agua en superficie o erosión causada por el agua.....	16
1.1.7. Impacto de la compactación del suelo.....	16
1.1.8. Densidad aparente.....	18
1.1.8.1. La densidad aparente y el desarrollo vegetal.....	19
1.1.9. Textura del suelo.....	19
1.1.9.1. ¿Por qué es importante conocer la textura de un suelo agrícola?....	19
1.1.10. Manejo de la compactación del suelo.....	20
1.1.10.1. Disminución de la compactación del suelo.....	22
1.2. Diagnóstico de la compactación del suelo utilizando un penetrómetro	23
1.2.1. ¿Qué es un penetrómetro?.....	23
1.2.2. Cómo usar el penetrómetro.....	24
1.3. Caña de azúcar.....	26
1.3.1. Suelo.....	26
1.3.2. Preparación del suelo.....	27
CAPITULO II	
MATERIALES Y MÉTODOS	29
2.1. Características generales de la zona.....	29
2.1.1. Ubicación de Bermejo.....	29
2.1.1.1. Ubicación del área cañera y agroindustrial.....	29
2.1.1.2. Producción estimada de caña entregada a fábrica en años diferentes	30

2.1.1.3. Condiciones agroclimáticas.....	30
Temperatura.....	30
Precipitación.....	31
Vegetación de la zona.....	31
2.2 MATERIALES.....	32
2.2.1 Material de campo.....	32
2.2.2. Material de gabinete.....	32
2.2.3. Material vegetal.....	32
2.3 METODOLOGÍA.....	33
2.3.1. Reconocimiento de la zona en estudio.....	33
2.3.2. Levantamiento de datos en campo.....	35
2.3.3 Etapa de gabinete.....	37
CAPÍTULO III	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
3.1 SUB ZONA SUR.....	39
3.2. SUB ZONA CENTRAL.....	49
3.3. Sub zona norte.....	58
CAPÍTULO IV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
4.1. CONCLUSIONES.....	67
4.2. RECOMENDACIONES.....	68
Bibliografía.....	70

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro N° 1.- Producción estimada de caña entregada a fábrica en años diferentes.....	30
Grafica N° 1.- Precipitación a lo largo del año.....	31
Cuadro N° 2.- Especificaciones técnicas del penetrómetro.....	35
Cuadro N° 3.- Cuantificación porcentual de lecturas.....	36
Cuadro N° 4 GPS ETRX-30.....	37
Cuadro N° 5 Porcentaje, profundidad de 30 cm.....	66
Cuadro N° 6 Porcentaje total.....	66

ÍNDICE DE MAPAS

	Página
Mapa N°1: Mapa de Ubicación del módulo agrícola.....	29
Mapa 2.- Extensión general de la zona.....	34
Mapa N°3.- Zona Sur.....	39
Mapa N°4 Mapa de Resistencia a la penetración 2.5cm.....	39
Mapa N°5: Mapa de Resistencia a la Penetración 5 cm.....	40
Mapa N°6: Mapa de Resistencia a la penetración 7.5 cm.....	40
Mapa N°7: Mapa de Resistencia a la Penetración 10cm.....	41
Mapa N°8: Mapa de Resistencia a la penetración 12.5cm.....	41
Mapa N°9: Mapa de Resistencia a la Penetración 15cm.....	42
Mapa N°10: Mapa de Resistencia a la penetración 17.5 cm.....	43
Mapa N°11: Mapa de Resistencia a la Penetración 20.....	43
Mapa N°12: Mapa de Resistencia a la penetración 22.5cm.....	44
Mapa N°13: Mapa de Resistencia a la Penetración 25cm.....	45
Mapa N°14: Mapa de Resistencia a la penetración 27.5cm.....	45
Mapa N°15: Mapa de Resistencia a la Penetración 30 cm.....	46

Mapa N°16: Mapa de resistencia, Promedio de dureza.....	47
Mapa No17: Mapa de resistencia, Dureza máxima.....	47
Mapa N°18.- Zona Central.....	48
Mapa N°19 Mapa de Resistencia a la penetración 2.5cm.....	49
Mapa N°20: Mapa de Resistencia a la Penetración 5 cm.....	49
Mapa N°21: Mapa de Resistencia a la penetración 7.5 cm.....	50
Mapa N°22: Mapa de Resistencia a la Penetración 10cm.....	50
Mapa N°23: Mapa de Resistencia a la penetración 12.5cm.....	51
Mapa N°24: Mapa de Resistencia a la Penetración 15cm.....	51
Mapa N°25: Mapa de Resistencia a la penetración 17.5 cm.....	52
Mapa N°26: Mapa de Resistencia a la Penetración 20.....	53
Mapa N°27: Mapa de Resistencia a la penetración 22.5cm.....	53
Mapa N°28: Mapa de Resistencia a la Penetración 25cm.....	54
Mapa N°29: Mapa de Resistencia a la penetración 27.5cm.....	55
Mapa N°30: Mapa de Resistencia a la Penetración 30 cm.....	55
Mapa No31: Mapa de resistencia, Promedio de dureza.....	56
Mapa No32: Mapa de resistencia, Dureza máxima.....	57
Mapa N°33- Zona Norte.....	57
Mapa N°34 Mapa de Resistencia a la penetración 2.5cm.....	58
Mapa N°35: Mapa de Resistencia a la Penetración 5 cm.....	58
Mapa N°36: Mapa de Resistencia a la penetración 7.5 cm.....	59
Mapa N°37: Mapa de Resistencia a la Penetración 10cm.....	59
Mapa N°38: Mapa de Resistencia a la penetración 12.5cm.....	60
Mapa N°39: Mapa de Resistencia a la Penetración 15cm.....	60
Mapa N°40: Mapa de Resistencia a la penetración 17.5 cm.....	61
Mapa N°41: Mapa de Resistencia a la Penetración 20.....	61
Mapa N°42: Mapa de Resistencia a la penetración 22.5cm.....	62

Mapa N°43: Mapa de Resistencia a la Penetración 25cm.....	63
Mapa N°44: Mapa de Resistencia a la penetración 27.5cm.....	63
Mapa N°45: Mapa de Resistencia a la Penetración 30 cm.....	64
Mapa N° 46: Mapa de resistencia, Promedio de dureza.....	64
Mapa N 7: Mapa de resistencia, Dureza máxima.....	65

Índice de anexos

Anexo 1: Datos tomados en campo

Anexo 2: Conclusiones finales por zona

Anexo 3: Fotografías