

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**“POTENCIA ÓPTIMA EN TRACTORES AGRICOLAS EN EL CIP ILLPA  
UNA-PUNO”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**JUSTO HUASCUPE HUANCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MENCION:**

**GESTION AMBIENTAL**

**PROMOCION: 2015-II**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“POTENCIA ÓPTIMA EN TRACTORES AGRICOLAS EN EL CIP ILLPA  
UNA-PUNO”

TESIS

PRESENTADO POR:

JUSTO HUASCUPE HUANCA



PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN:

GESTIÓN AMBIENTAL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 04 DE JULIO DE 2018

APROBADO POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

D.Sc. Eudoro Plácido CHAHUARES VELASQUEZ

PRIMER MIEMBRO

:

M.Sc. Julio MAYTA QUISPE

SEGUNDO MIEMBRO

:

D.Sc. Ernesto Javier CHURA YUPANQUI

DIRECTOR / ASESOR

:

  
M.Sc. Dawes RAMOS ALATA

PUNO-PERÚ

2018

Área : Ciencias Agrícolas

Tema : Economía, innovación y extensión agraria

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

*El presente trabajo se la dedico a Dios como ser supremo y creador nuestro y de todo los que nos rodea por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.*

### **A MIS PADRES**

*A la persona, que hasta ahora no deja sorprenderme; por su contagiante fuerza de voluntad, su paciencia, amor, comprensión y esmero al trabajar diario para darme lo mejor de sí. Mi Padre Alejandro Fidel Huascope Ccalli y Madre Olga Natividad Huanca Choque, por todo el apoyo y confianza que depositaron en mí.*

### **A MIS HERMANAS**

*En especial a Celia Huascope Huanca, por confiar siempre en mí, y nunca defraudar su palabra por enseñarme a crecer y a que si caigo debo levantarme, por apoyarme y guiarme, por ser la base que me ayudo a llegar hasta aquí.*

*A Rocío y Nidian, por el gran cariño y respeto que me tienen y estoy seguro que seguirán mis pasos y aun mejor.*

### **A MI DIRECTOR Y ASESOR**

*Al Ing. M.Sc Dawes Ramos Alata y al Sr. Nemesio Carrion Coila, gracias por el apoyo desinteresado que me brindaron.*

***Justo Huascope Huanca***

## AGRADECIMIENTOS

*A ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad esta meta anhelada, tú amor y tu bondad no tiene fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta de lo que pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras y gracias por todas las personas que has puesto en mi camino porque todas ellas me han dado alguna lección de vida.*

*A la Universidad Nacional del Altiplano, por haberme permitido ser parte de la gente que se ha formado y en ella a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica por haberme formado profesionalmente.*

*Al Ing. M.Sc Dawes Ramos Alata mi Director gracias por el tiempo, dedicación y paciencia en la elaboración de este proyecto.*

*Al Ing.M.Sc.Edgar Huanca Yujra y Esposa Livia Edelmira Tarqui Manuelo, Por que han fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida agradecer con todo mi corazón por el gran apoyo que me brindan.*

*Al Ing. Angel Mochica Mamani, por apoyarme y por depositar su confianza en mi persona como amigos.*

*Al Ing. Bill Gonzalo Rojas Taqui, por ser un amigo leal, por haberme apoyado moralmente y por valorarme, comprenderme, tal como soy como amigos.*

*Al Ing.D.Sc.Eleodoro Plácido Chahuarez Velasquez, Ing.M.Sc.Julio Mayta Quispe, por la revisión y corrección que sin duda mejoraron este trabajo de investigación y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.*

**Gracias**

## ÍNDICE GENERAL

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| <b>RESUMEN</b> .....   | 11          |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....   | 13          |
| <b>Objetivo general:</b> .....                                       | <b>14</b>   |
| <b>Objetivos específicos:</b> .....                                  | <b>14</b>   |
| <b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....                              | 15          |
| <b>2.1. Marco teórico</b> .....                                      | <b>15</b>   |
| 2.1.1. Tractor agrícola .....  | 15          |
| 2.1.2. Funciones del tractor agrícola .....                          | 15          |
| 2.1.3. Combustible.....  | 16          |
| 2.1.4. Consumo de combustible .....                                  | 16          |
| 2.1.5. Suelo .....   | 18          |
| 2.1.6. Labranza .....  | 18          |
| 2.1.7. Labranza convencional.....                                    | 19          |
| 2.1.8. Labranza primaria.....  | 19          |
| 2.1.9. Labranza secundaria .....                                     | 19          |
| 2.1.10. Arados de disco .....  | 20          |
| 2.1.11. Tipos de arado de discos .....                               | 22          |
| 2.1.12. Rendimiento de laboreo.....                                  | 24          |
| 2.1.13. Antecedentes de investigación .....                          | 27          |
| <b>2.2. Marco Conceptual</b> .....                                   | <b>28</b>   |
| 2.2.1. Potencia (HP o KW).....                                       | 28          |
| 2.2.2. Potencia bruta .....  | 28          |
| 2.2.3. Potencia neta.....  | 28          |
| 2.2.4. Textura del suelo .....                                       | 28          |
| 2.2.5. Contenido de humedad .....                                    | 29          |
| 2.2.6. Firmeza del suelo.....  | 29          |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....                               | 30          |
| <b>3.1. Localización del experimento</b> .....                       | <b>30</b>   |
| <b>3.2. Tipo de investigación</b> .....                              | <b>30</b>   |
| <b>3.3. Variables en estudio</b> .....                               | <b>30</b>   |
| <b>3.3.1. Independientes</b> .....                                   | 30          |
| <b>3.3.2. Variables dependientes</b> .....                           | 30          |
| <b>3.3.3. Variables de observación</b> .....                         | 31          |
| <b>3.4. Análisis Estadístico</b> .....                               | <b>31</b>   |
| <b>3.5. Conducción del experimento</b> .....                         | <b>32</b>   |
| 3.5.1. Fase de Campo .....   | 32          |
| 3.5.2. Estudio Previo al Experimento.....                            | 32          |
| <b>3.6. Materiales para la realización de pruebas en campo</b> ..... | <b>33</b>   |
| <b>3.7. Metodología</b> .....  | <b>35</b>   |
| 3.7.1. Metodología para determinar consumo de combustible.....       | 35          |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.7.2. Metodología para estimar rendimiento laboreo hectárea /hora .....  | 36        |
| 3.7.3. Metodología para la determinar la compactación del suelo .....   | 37        |
| <b>3.8. Observaciones.....</b>  | <b>38</b> |
| 3.1.1. Análisis de suelo.....   | 38        |
| 3.1.2. Información meteorológica .....  | 38        |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>  | <b>41</b> |
| 4.1. Consumo de combustible de 4 potencias de tractores agrícolas en labranza primaria y secundaria en terrenos franco arcillosos ..... | 41        |
| 4.2. Rendimiento de 4 potencias de tractores agrícolas en labranza primaria y secundaria en terrenos franco arcilloso arenosos .....    | 46        |
| 4.3. Compactación de suelos, en resistencia a la penetración por 4 potencias y tamaños de tractores .....                               | 51        |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>   | <b>54</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>55</b> |
| <b>REFERENCIAS.....</b>   | <b>56</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>  | <b>59</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Penetrómetro lecturando de manera directa la resistencia a la penetración. .         | 37 |
| <b>Figura 2.</b> Precipitación pluvial (mm) durante los meses de octubre, noviembre y diciembre. .... | 40 |
| <b>Figura 3.</b> Consumo de combustible en potencias de tractor. ....                                 | 43 |
| <b>Figura 4.</b> Consumo de combustible en tipos de labranza. ....                                    | 44 |
| <b>Figura 5.</b> Consumo de combustible en potencias de tractor por tipos de labranza.....            | 46 |
| <b>Figura 6.</b> Rendimiento en labranza por potencias de tractor. ....                               | 48 |
| <b>Figura 7.</b> Rendimiento en labranza por tipos de labranza. ....                                  | 49 |
| <b>Figura 8.</b> Rendimiento de labranza en potencias de tractor por tipos de labranza. ....          | 50 |
| <b>Figura 9.</b> Rendimiento en labranza por potencias de tractor. ....                               | 52 |
| <b>Figura 10.</b> Compactación medida en Kilo Pascal por tipo de tractor y tipo de suelo....          | 53 |
| <b>Figura 11.</b> Área de terreno para la investigación. ....   | 66 |
| <b>Figura 12.</b> Medición del área experimental .....  | 66 |
| <b>Figura 13.</b> Marcado del área experimental .....   | 67 |
| <b>Figura 14.</b> Delimitación de parcelas con yeso. ....   | 67 |
| <b>Figura 15.</b> Tractor de 75 HP con arado.....   | 68 |
| <b>Figura 16.</b> Tractor de 98 HP con arado.....   | 68 |
| <b>Figura 17.</b> Tractor de 98 HP con rastra.....  | 69 |
| <b>Figura 18.</b> Medida del combustible consumido al tractor de 98 HP con rastro.....                | 69 |
| <b>Figura 19.</b> Medición de área de trabajo realizado por el tractor de 98 HP con rastra. ..        | 70 |
| <b>Figura 20.</b> Echado de combustible al tractor de 98 HP con arado.....                            | 70 |
| <b>Figura 21.</b> Medición de área de trabajo realizado por el tractor de 98 HP con arado. ..         | 71 |
| <b>Figura 22.</b> Certificado de análisis de suelo .....  | 73 |
| <b>Figura 23.</b> Certificado de análisis de suelo.....   | 74 |
| <b>Figura 24.</b> Información registrada sobre precipitación pluvial (mm).....                        | 75 |
| <b>Figura 25.</b> Ubicación satelital del campo Experimental. ....                                    | 76 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| <b>Tabla 1.</b> Ahorro de combustible a conseguir tomando las precauciones en el manejo del tractor agrícola.....  | 17          |
| <b>Tabla 2.</b> Consumo de combustible en función de la textura profundidad del suelo. ....  | 17          |
| <b>Tabla 3.</b> Consumo de combustible en función de la profundidad del suelo. ....  | 18          |
| <b>Tabla 4.</b> Análisis de varianza de tres factores en estudio en DCA .....  | 32          |
| <b>Tabla 5.</b> Análisis Físico del Suelo Experimental del Invernadero del CIP-Ilpa UNA Puno.....  | 38          |
| <b>Tabla 6.</b> Información registrada de precipitación pluvial en los meses de octubre, noviembre y diciembre.....  | 39          |
| <b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza para consumo de combustible sobre potencias de tractor en labranza primaria y secundaria en terrenos franco arcillosos.....   | 42          |
| <b>Tabla 8.</b> Prueba de Tukey para factor potencia de tractor sobre consumo de combustible. ....   | 42          |
| <b>Tabla 9.</b> Prueba de Tukey para factor tipo de labranza sobre consumo de combustible. ....  | 43          |
| <b>Tabla 10.</b> Prueba de Tukey para la interacción entre la potencia de tractor x tipo de labranza sobre consumo de combustible.....                             | 45          |
| <b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza para rendimiento en labranza sobre potencias de tractor en labranza primaria y secundaria en terrenos franco arcillosos..... | 47          |
| <b>Tabla 12.</b> Prueba de Tukey para factor potencia de tractor sobre rendimiento en labranza. ....   | 47          |
| <b>Tabla 13.</b> Prueba de Tukey para factor tipo de labranza sobre rendimiento en labranza. ....  | 48          |
| <b>Tabla 14.</b> Prueba de Tukey para la interacción entre la potencia de tractor x tipo de labranza sobre rendimiento en labranza. ....                           | 50          |
| <b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza para compactación sobre potencias de tractor en tipos de suelo. ....   | 51          |
| <b>Tabla 16.</b> Prueba de Tukey para factor potencia de tractor sobre compactación del suelo. ....  | 52          |
| <b>Tabla 17.</b> Prueba de Tukey para factor tipo de suelo sobre compactación del suelo. ...   | 53          |
| <b>Tabla 18.</b> Datos de evaluación consumo de combustible en labranza primaria en dos tipos de suelo.....  | 59          |

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 19.</b> Datos de evaluación consumo de combustible en labranza secundaria en dos tipos de suelo ..... | 60 |
| <b>Tabla 20.</b> Rendimiento en labranza primaria arado de disco suelo arcilloso.....                          | 61 |
| <b>Tabla 21.</b> Rendimiento en labranza primaria arado de disco suelo arenoso .....                           | 62 |
| <b>Tabla 22.</b> Rendimiento en labranza secundaria arado de disco suelo arcilloso .....                       | 63 |
| <b>Tabla 23.</b> Rendimiento en labranza secundaria arado de disco suelo arenoso .....                         | 64 |
| <b>Tabla 24.</b> Compactación en KPa de los 4 tractores suelo arcilloso .....                                  | 65 |
| <b>Tabla 25.</b> Compactación en KPa de los 4 tractores suelo arenoso.....                                     | 65 |

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

|                  |  |
|------------------|--|
| A                | : Ancho de labor.                              |
| Al               | : Alojamiento.                                 |
| Ctt              | : Capacidad de trabajo teórico.                |
| CTV              | : Costo total variable.                        |
| CTF              | : Costo total fijo.                            |
| Ch               | : Costo por hora.                              |
| CV               | : Coeficiente de variabilidad.                 |
| CM               | : Cuadrado medio.                              |
| Ce               | : Consumo específico .                         |
| Eft              | : Eficiencia de trabajo.                       |
| Fc               | : F- calculada.                                |
| FV               | : Fuente de variabilidad.                      |
| GL               | : Grados de libertad.                          |
| I                | : Interés.                                     |
| KPa              | : Kilo Pascal.                                 |
| L                | : Lubricante.                                  |
| N                | : Vida útil.                                   |
| N                | : Potencia del tractor.                        |
| ns               | : No significativo.                            |
| n                | : Número de horas utilizadas anualmente.       |
| Pv               | : Perdida en las vueltas.                      |
| Pi               | : Punto de igualación.                         |
| $\rho$           | : Densidad .                                   |
| Q                | : Consumo de combustible.                      |
| Rr               | : Rendimiento real.                            |
| R                | : Valor de reparación.                         |
| SC               | : Suma de cuadrados.                           |
| Ts               | : Tiempo en segundos.                          |
| $T_{\bar{x}P_v}$ | : Tiempo promedio perdido en vueltas.          |
| Tt               | : Tiempo total.                                |
| U                | : Uso anual del tractor agrícola e implemento. |
| v                | : Velocidad de avance.                         |
| VN               | : Valor nuevo de la máquina.                   |
| VR               | : Valor residual de la máquina.                |
| Vv               | : Vueltas en vacío.                            |
| Vc               | : Vueltas con carga.                           |
| W                | : Ancho de labor.                              |
| X                | : Promedio.                                    |

## RESUMEN

La falta de conocimiento real sobre la potencia óptima de diferentes tractores agrícolas en rendimientos de laboreo y consumo de combustible motivó la investigación, el trabajo se realizó en el CIP ILLPA UNA-PUNO, ubicado en el kilómetro 18 de la carretera Puno – Juliaca. Siendo los objetivos: a) Determinar la diferencia de consumo de combustible en l/h de 4 potencias de tractores agrícolas. b) Determinar el efecto de 4 potencias en el rendimiento en ha/h. c) Determinar la diferencia en la compactación de suelos en KPa de resistencia a la penetración por 4 potencias y tamaños de tractores. Los factores en estudio fueron: 4 Potencias de tractor (65, 75, 98 y 118 HP), 2 Tipos de Labranza Primaria (aradura) y Secundaria (rastra) y 2 Tipo de suelo (Franco Arcilloso y Franco arcillo arenoso). El experimento se condujo bajo el diseño estadístico DCA bajo un arreglo factorial de 4 potencias de tractor x 2 tipos de labranza primaria x 2 tipos de suelo. El número de repeticiones por tratamiento corresponde a tres parcelas, haciendo un total de 48 parcelas. Para la comparación de tratamientos se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey. La fase experimental se realizó en los meses de octubre, noviembre y diciembre, en terrenos franco arcilloso y franco arcillo arenoso del CIP Illpa, preparados con los tractores y sus respectivos implementos arados y rastras. Los resultados obtenidos fueron: a) El menor consumo de combustible fue con la potencia de tractor de 65 HP bajo el tipo de labranza Primaria con 2.98 l/h y de 3.21 l/h en la labranza secundaria, seguido de la potencia de tractor de 75 HP bajo el tipo de labranza primaria con 3.61 l/h y de 3.77 l/h en la labranza secundaria. b) El mayor rendimiento fue con potencia de tractor de 75 HP y de 65 HP en la labranza secundaria con 0.78 ha/h y de 0.73 ha/h respectivamente, seguido de la potencia de tractor de 98 HP y de 118 HP en la labranza secundaria con 0.63 ha/h y de 0.58 ha/h. c) La menor compactación de suelo, fue con la potencia de tractor de 65 HP con 1408.08 KPa, seguido de la potencia de tractor de 75 HP con 1516.90 HP. El tipo de suelo con menor compactación fué el franco arcillo arenoso con 1622.81 KPa, seguido del tipo de suelo franco arcilloso con 1766.67 KPa.

**Palabras clave:** Compactación, potencia óptima, rendimiento, suelo, tractor agrícola.

### ABSTRACT

The lack of real knowledge about the optimum power of different agricultural tractors in tillage yields and fuel consumption motivated the investigation, the work was carried out in the CIP ILLPA UNA-PUNO, located at kilometer 18 of the Puno - Juliaca highway. The objectives being: a) Determine the difference in fuel consumption in l / h of 4 powers of agricultural tractors. b) Determine the effect of 4 powers on the performance in ha / h. c) Determine the difference in soil compaction in KPa of penetration resistance by 4 powers and sizes of tractors. The factors under study were: 4 tractor powers (65, 75, 98 and 118 HP), 2 types of primary (plowing) and secondary (rastra) tillage and 2 type of soil (clay loam and sandy clay loam). The experiment was conducted under the statistical design DCA under a factorial arrangement of 4 powers of tractor x 2 types of primary tillage x 2 types of soil. The number of repetitions per treatment corresponds to three plots, making a total of 48 plots. For the comparison of treatments, Tukey's multiple comparison test was used. The experimental phase was carried out in the months of October, November and December, in clay loam and loam clay loam of the CIP Illpa, prepared with tractors and their respective implements plows and harrows. The results obtained were: a) The lowest fuel consumption was with the tractor power of 65 HP under the Primary tillage type with 2.98 l / h and 3.21 l / h in the secondary tillage, followed by the tractor power of 75 HP under the primary tillage type with 3.61 l / h and 3.77 l / h in the secondary tillage. b) The highest performance was with tractor power of 75 HP and 65 HP in secondary tillage with 0.78 ha / h and 0.73 ha / h respectively, followed by tractor power of 98 HP and 118 HP in secondary tillage with 0.63 ha / h and 0.58 ha / h. c) The lowest soil compaction, was with the tractor power of 65 HP with 1408.08 KPa, followed by the tractor power of 75 HP with 1516.90 HP. The type of soil with the least compaction was the sandy clay loam with 1622.81 KPa, followed by the clay loam type with 1766.67 KPa.

**Key words:** Compaction, optimum power, performance, soil, agricultural tractor.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la utilización de los tractores agrícolas se vio la necesidad de medir la potencia en las mismas condiciones para poder compararlas y así elegir el más adecuado a cada explotación en labranza primaria (aradura) y labranza secundaria (rastra). Por otro lado el incremento del número de tractores en la agricultura ha generado muchos beneficios a la humanidad principalmente en el aspecto económico. Sin embargo, la gran diversidad de tamaños y potencias hace difícil establecer un tamaño óptimo al tipo de suelo de laboreo. Cuando el laboreo es realizado con una potencia inadecuada genera incertidumbre en el costo operativo al agricultor.

En la actualidad el Departamento de Puno cuenta con más de 516 tractores (CENSO AGROPECUARIO 2012) de distintas potencias que varían entre 60 y 100 HP los cuales tienen distintos rendimientos en laboreo. Estos tractores pueden ser particulares, de Municipios, Agencias Agrarias del MINAGRI y otras de comunidades campesinas que brindan servicio a agricultores, en varios de los casos cuando el tractor es mayor a 100 HP los costos operativos aumentan económicamente y son inaccesibles para el agricultor, haciendo que la maquinaria sea inutilizada. Frente a esta problemática se pretende identificar un tractor de tamaño adecuado al tipo de suelo del CIP ILLPA y accesible para los agricultores de bajo ingreso económico, con menor consumo de combustible, con rendimientos adecuados y que sean compatibles con el medio ambiente.

Por lo tanto la energía mecánica es puesta al servicio de la producción agraria, que ofrece la oportunidad de realizar en menor tiempo todo tipo de tareas. Por ello la maquinaria agrícola ayudará entonces a optimizar las fases mecanizadas de la producción agrícola, por consiguiente es necesario conocer la forma como se puede utilizar la potencia del tractor para la realización de las diferentes labores, de tal forma que sea posible obtener los mayores rendimientos en los cultivos que sean destinados los terrenos por el agricultor, y para esto se evaluarán tractores de 65,75,98 y 118 HP con las características de usos similares, menores a 5000 horas de servicio y no más de 5 años de antigüedad con la norma EURO I.

**Los objetivos de la investigación fueron:****Objetivo general:**

- Determinar la diferencia en consumo de combustible en l/h, rendimiento de laboreo en ha/h y compactación de suelos de 4 potencias de tractores agrícolas en el CIP Illpa.

**Objetivos específicos:**

- Determinar la diferencia de consumo de combustible en l/h de 4 potencias de tractores agrícolas en labranza primaria y secundaria en terrenos franco arcillosos y franco arcillo arenosos.
- Determinar el efecto de 4 potencias en el rendimiento en labranza primaria y secundaria en ha/h.
- Determinar la diferencia en la compactación de suelos en KPa de resistencia a la penetración por 4 potencias y tamaños de tractores.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Marco teórico

#### 2.1.1. Tractor agrícola

Murillo (1987), sostiene que, un tractor es una maquina dotada de motor para su desplazamiento, puede ser usada para tirar de equipos como arados, rastras, etc. o para accionar mecanismos de máquinas estacionarias trilladoras, etc. y de máquinas móviles como empacadoras y segadoras.

Ramos (2008), define al tractor agrícola como una maquina motriz provista de un motor de combustión interna capaz de desplegar fuerza de tiro para diversas labores en la agricultura.

Destailats (2004), señala que, sin duda alguna, la fuente de energía más importante utilizada por la agricultura moderna es el motor diésel: vital desarrollo mecánico de un siglo de edad y de cuyo exitoso funcionamiento depende la alimentación de toda la humanidad. Durante el siglo XX docenas de empresas de diferentes países trabajaron en el perfeccionamiento del motor para mejorar sus mecanismos y prestaciones para mayores rendimientos y confiabilidad.

#### 2.1.2. Funciones del tractor agrícola

Ramos (2008), considera que las funciones del tractor agrícola son:

- Desarrollar fuerza de tiro o tracción, para las operaciones de labranza primaria, labranza secundaria y para jalar sembradoras, remolques y cosechadoras, a través de la barra de tiro.
- Desarrollar potencia de giro para accionar los mecanismos de máquinas de campo, que pueden o no ser simultáneamente remolcadas por el mismo tractor, tales como segadoras, empacadoras, sembradoras, fertilizadoras, cosechadoras, etc. suministrando potencia a través del eje toma de fuerza.
- Desarrollar potencia mediante su sistema hidráulico para el levante, accionamiento y el control remoto de máquinas, esto incluye el sistema de enganche en tres puntos para el accionamiento de implementos montados que trabajan sobre la superficie del terreno o en profundidad, y el acople rápido de

mangueras con mando a distancia para el funcionamiento de aperos grandes y pesados.

- El chasis del tractor puede servir como soporte de máquinas que van montadas; ya sea en su parte trasera por medio del enganche en tres puntos, pala mecánica, etc.; en su parte delantera, como la cargadora frontal; o en su parte central, como la barra de corte.

### 2.1.3. Combustible

PETRO PERÚ (2011), nos define, que el combustible usado en el Perú para motores diésel es el biodiesel B5 con las siguientes características físico-químicas:

- Índice de cetano : 45° a 49°
- Densidad (15°C) : 0.8529 g/cm<sup>3</sup>
- Poder calorífico : 10100 Kcal/kg
- Punto de fluidez : 46 °F

### 2.1.4. Consumo de combustible

FAO (1994), considera que, el consumo de combustible de los motores es la habilidad del motor para convertir el combustible en trabajo útil que varía con el tipo de motor, es decir, su diseño, velocidad y carga. El consumo medido debe relacionarse con la salida de potencia y es expresado como consumo específico de combustible en litros por kilowatts hora (l/Kw.h). Además menciona que es medido en mililitros o litros por segundo (ml/s o l/s), para la operación del tractor es más económico trabajar con el engranaje más alto posible, ajustando el acelerador para mantener la carga y velocidad de avance requerida.

IDAE (2005), menciona que el consumo de combustible registrado en una operación agrícola puede variar por encima de un 30 % según se tenga en consideración o no, los aspectos que se exponen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Ahorro de combustible a conseguir tomando las precauciones en el manejo del tractor agrícola.

| Considerando:                                    | Ahorro de combustible (%) |
|--|---------------------------|
| Régimen de motor y relación de cambio.           | 10 a 20                   |
| Adecuación y mantenimiento de los aperos.        | 5 a 10                    |
| Mantenimiento del motor                          | 5 a 10                    |
| Reducir el patinamiento                          | 5                         |
| Neumáticos, doble tracción y bloqueo diferencial | 5 a 10                    |

Fuente: IDAE (2005).

También sostiene que, el consumo de combustible de un motor varía según su velocidad de giro y la carga que debe vencer, actuando sobre el acelerador y la caja de cambios se obtiene un buen aprovechamiento de la potencia y la óptima transformación del combustible en energía. Realiza un estudio en España donde determinan los consumos por hectárea, donde referencian cuatro consumos en función de la textura del suelo estableciendo dos grupos; Ligera que constituyen las texturas arenosas y francas (por no encontrar en ellas importantes diferencias en cuanto al consumo) y Pesada, que incluye las texturas arcillosas. En la profundidad de trabajo han establecido dos grupos; baja y alta, a una profundidades media reflejada en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Consumo de combustible en función de la textura profundidad del suelo.

| Apero           | Profundidad media (cm) | Textura del suelo/profundidad de trabajo (l/ha) |             |             |              |
|-----------------|------------------------|---|-------------|-------------|--------------|
|                 |                        | Ligera/bajo                                     | Ligera/alta | Pesada/baja | Pesada /alta |
| Arado de discos | 26                     | 15.0  | 19.0        | 23.0        | 27.0         |

Fuente: IDAE (2005).

Witney (1988), citado por IDAE, en USA realiza un estudio en la que obtiene para arado de discos un consumo de 21 litros por hectárea. También hace referencia a Dalleine (1987), que realiza un estudio en Francia donde determina las necesidades energéticas medias en cultivos clásicos en parcelas de 2 a 5 hectáreas en textura limosa obteniendo los resultados expuestas en la Tabla 3.

**Tabla 3.** *Consumo de combustible en función de la profundidad del suelo.*

| Operación agrícola | Consumo<br>(l/ha) |
|--------------------|-------------------|
| Labor a 15 cm      | 15                |
| Labor a 25 cm      | 26                |
| Labor a 30 cm      | 30                |
| Labor a 40 cm      | 40                |

Fuente: Dalleine (1987).

### 2.1.5. Suelo

Hillel (1998), considera el suelo como un cuerpo natural involucrado en interacciones dinámicas con la atmósfera que está encima y con los estratos que están debajo, que influye el clima y el ciclo hidrológico del planeta y sirve como medio de crecimiento para una variada comunidad de organismos vivos. Además, juega un papel ambiental preponderante como reactor bio-físico-químico que descompone materiales de desecho y recicla dentro de él nutrientes para la regeneración continua de la vida en la Tierra.

Según Jaramillo (1994), el suelo, es aquella delgada capa, de pocos centímetros hasta algunos metros de espesor, de material terroso, no consolidado, en ella interactúan elementos de la atmósfera e hidrosfera (aire, agua, temperatura, viento, etc.), de la litosfera (rocas, sedimentos) y de la biosfera y se realizan intercambios de materiales y energía entre lo inerte y lo vivo, produciéndose una enorme complejidad.

### 2.1.6. Labranza

Murillo (1987), sostiene que, la labranza desde el punto de vista económico es uno de los factores de mayor incidencia en el costo de producción, por los insumos involucrados como mano de obra, tiempo, energía y equipos mecánicos, es la labor que incide mayormente en la degradación física de los suelos, esta práctica en últimas, determina la vigencia de una agricultura sostenible.

Tongo citado por Zaira (2007), define que, labranza es la preparación del suelo para realizar la siembra de las plantas y tiene por finalidad, entre otros, la de roturar la capa arable, permitiendo de esta manera, romper los agregados del suelo en otros más pequeños, mejorando las condiciones físicas de tal forma que el sistema radicular pueda

desarrollarse lo mejor posible. La preparación permite aumentar el volumen del suelo debido al aumento de poros por el desacomodo de los agregados del suelo, los cuales aseguran un almacenamiento del agua en el suelo, fácilmente disponible para el cultivo. Además sostiene que todas las operaciones de labranza tiene en común la dislocación de las unidades de suelo (agregados), ya sean grandes o pequeñas, el éxito depende por un lado de la magnitud, dirección u duración de las fuerzas aplicadas o por otro lado de las propiedades físicas del suelo.

Según Murillo (1987), las funciones de la labranza son:

- Manejo de residuos de cosecha.
- Control de malezas.
- Desarrollar una estructura de suelo deseable.
- Preparar el suelo para otras labores.
- Minimizar la erosión del suelo.
- Incorporar y mezclar fertilizantes o cualquier otro mejorador del suelo.

#### **2.1.7. Labranza convencional**

FAO (1992), considera que, la labranza convencional es el conjunto de operaciones primarias y secundarias realizadas para preparar una cama de siembra, para un cultivo dado, en una región geográfica determinada, es decir lo convencional es lo establecido en virtud de costumbres o precedentes. En la agricultura se usa el término, tradicional como sinónimo de aquellas prácticas que son realizadas en una determinada región, por la mayoría de los agricultores.

#### **2.1.8. Labranza primaria**

FAO (1992), sostiene que, labranza primaria es aquella destinada a abrir por primera vez el suelo, ya sea que se realicen con posterioridad a la cosecha del cultivo anterior o en la habilitación de tierras para la agricultura. Son tareas más pesadas que la de refinamiento, por los que estas operaciones son realizadas con los distintos tipos de arado.

#### **2.1.9. Labranza secundaria**

La labranza secundaria son las labores al terreno que se realizan una vez terminada la labranza primaria, es decir, después de romper el terreno vienen las labores de labranza

secundaria con implementos cuyas labores son más superficiales que el trabajo que realizan los arados, fraccionando o quebrando los grandes terrones dejados por los arados y a la vez realizando un fraccionamiento e incorporación de los residuos.

#### 2.1.10. Arados de disco

Esquivel (2007), da a conocer, que el arado de discos está formado por dos o más cuerpos, cada uno de los cuales dispone de un soporte unido al bastidor al que se fija el disco sobre unos rodamientos que le permiten girar. El disco va unido mediante cuatro o cinco tornillos, los que permiten la sustitución por rotura o desgaste. Sobre cada disco se sitúa un limpiador o rascador, que se encarga de desprender la banda de tierra que sube por el disco. Además sostiene que se puede ajustar el ángulo de inclinación del disco respecto al suelo y el que forma con la dirección de avance. También señala que la profundidad de trabajo recomendada es de 35% del diámetro de disco. También habla respecto al consumo de combustible en el tractor que se debe de mantener por debajo de 0.8 a 1.0 litros por hectárea por cada centímetro de profundidad de trabajo con arado de discos.

El mismo autor considera que las funciones principales de los arados de discos son:

- El volteo del suelo para producir esponjamiento y aireación.
- La incorporación de los restos de cosecha.

También sostiene que las partes del arado de discos son:

- a) **Disco.** El mismo autor indica que el corazón del arado, es el disco cóncavo que corta, levanta y remueve la sección del surco. Estos discos están hechos de acero con alto contenido de carbono y tratados térmicamente para obtener las mejores características de resistencia y duración.

Los siguientes parámetros definen completamente un disco agrícola:

- **Diámetro.** Según Ramos (2008), los diámetros para discos de arados están comprendidos entre 24 pulgadas y 32 pulgadas aunque para diferentes usos se fabrican discos de diámetros entre 10 pulgadas y 38 pulgadas. La tendencia moderna es hacia utilizar discos de mayor diámetro porque permiten un mayor ancho de corte, una labranza más profunda y porque cortan mejor el rastrojo. Sin embargo, los discos menores penetran mejor en suelos duros. Por otra parte se

considera que la profundidad de trabajo no debe, como regla general, sobrepasar de una tercera parte del diámetro del disco.

- **Concavidad.** Es la altura del casquete esférico y por lo tanto a mayor concavidad corresponde un menor radio de curvatura. Para los discos de arado la concavidad varía entre 3 pulgadas y 5  $\frac{3}{4}$  pulgadas. La concavidad influye sobre la penetración y la inversión de la melga o surcos. A mayor concavidad aumenta la resistencia a la penetración, pero mejora el volteo, según Esquivel (2007).

Ramos (2008), menciona que el disco tiene una cierta concavidad para obtener una acción de levante del prisma de tierra. A mayor concavidad el disco penetra menos y a menor concavidad la penetración es mayor. Discos con poca concavidad levantan y voltean menos el prisma de tierra, pero lo hacen más rápido, discos con mayor concavidad favorecen un levante gradual del prisma de tierra y así el volteo será mejor.

- **Filo y bisel.** Esquivel (2007), indica que, los discos para arados generalmente tienen el filo hacia afuera para permitir que se auto afilen y para dar mayor resistencia. Además del filo, para que el disco no tienda a salirse del corte y a limitar la profundidad, los discos deben tener bisel y según las condiciones de trabajo puede ser: Interior; para todo tipo de suelos y especialmente para los arcillosos y compactos porque se logra una mejor penetración y Exterior; se usa especialmente para terrenos blandos.
  - **Espesor.** Según Alvarado (2004), depende del trabajo para el cual se va a usar el disco, para trabajos pesados se recomiendan discos de mayor calibre.
  - **Hueco central.** Se refiere a discos para rastrillos o arados verticales en donde los discos van montados sobre un eje común. De acuerdo a la forma de ese eje debe ser la forma del hueco, los más comunes son: redondo, cuadrado, hexagonal y redondo con cuña, según Esquivel (2007).
  - **Botones.** Para mejorar la fijación del disco este viene con unos botones que se ajustan a unas hendiduras de las chumaceras los que permiten la sustitución por rotura o desgaste del disco, según Alvarado (2004).
- b) **Brazo porta disco.** En el cual se encuentran montados los cojinetes de rodamiento de rodillos troncocónicos ajustables dentro de una caja hermética, que a su vez soportan a los discos, según Esquivel (2007).

- c) **Rasqueta.** El mismo autor sostiene que, es una reja situada en el interior del disco, su misión es ayudar al volteo del terreno y limpiar el disco de la tierra que quede adherida al mismo.
- d) **Rueda guía.** Es una pieza pesada que tiene la misión de guiar al arado en la dirección de avance del tractor. Esta rueda va inclinado sobre el fondo del surco, tiene una pestaña a lo largo de su circunferencia de manera que permite asentar mejor el arado, según Ramos (2008).
- e) **Bastidor.** Llamado también chasis del implemento que puede estar constituido por una sola pieza hueca de sección circular o formado por fierro en ángulo con mecanismo de reversión de disco, según Esquivel (2007).
- f) **Mástil o torre de enganche.** Sirve para acoplar el arado a los tres puntos de enganche del tractor. Las dimensiones están estandarizadas por la ASAE indicado por Esquivel.
- g) **Barra de enganche.** El mismo autor menciona que, dependiendo del tipo de arado que tengamos, puede ser; para la barra de tiro o para el enganche en tres puntos.

#### 2.1.11. Tipos de arado de discos

Según Esquivel (2007), los arados de discos básicamente se clasifican atendiendo a la disposición de los discos en el bastidor; así tenemos: los arados de discos tipo estándar y de tipo vertical. Además señala que algunos arados están diseñados para permitir una variación del ancho de corte de cada disco o aún reducir el número de discos para obtener el mejor resultado de acuerdo al tipo de suelo.

El mismo autor sostiene que el ancho de trabajo del arado de discos depende:

- Del número de discos.
- Del espaciamiento entre discos a lo largo del bastidor y
- Del ángulo entre la dirección de avance y el eje del bastidor.

#### Regulaciones

Según Ramos (2008), los arados de discos tienen más tipos de ajustes que el arado de rejas, por lo que ofrece más posibilidades de adecuar los arados de discos a diferentes condiciones de suelo y velocidades de trabajo.

El mismo autor refiere que los ajustes se efectúan según los siguientes datos:

- Tipo de suelo.

- Potencia de tractor.
- Profundidad de aradura deseada.
- El tipo de suelo determina la velocidad de avance.
- Nivelación lateral y longitudinal.
- Angulo de ataque de los cuerpos, varía entre 12 a 25°.

### **Angulo de corte**

Según Alvarado (2004), es el que forma el plano de la cara del disco con la dirección de avance. Está comprendido generalmente entre 42° y 47°. Al reducir este ángulo se aumenta la rotación del disco pero disminuye la penetración.

### **Angulo de inclinación**

El mismo autor sostiene que el ángulo de inclinación es el formado por el plano de la cara del disco con la vertical. Varía normalmente entre 15° y 25°. Al aumentar el ángulo de inclinación mejora la penetración del disco en suelos pesados. Por el contrario en suelos flojos el disco funciona mejor con menos inclinación. En esta última condición aumenta la presión del suelo sobre el disco y se produce una rotación más rápida, una mejor pulverización y un mejor corte y cubrimiento del rastrojo.

### **Ventajas y desventajas del arado de discos**

Ortiz (2003), indica que, los arados de discos presentan las siguientes ventajas y desventajas:

#### **Ventajas**

- Buena mezcla del suelo.
- Pasa rodando sobre cualquier obstáculo (piedras, raíces).
- No se obstruye.
- Menos desgaste de las partes en funcionamiento (bordes de discos).
- Menos peligro de formación de una solera en el surco.

#### **Desventajas**

- No incorpora bien la materia orgánica y las malas hierbas porque no se pueden montar descortezadoras.

- No hay posibilidad de seleccionar el cuerpo del arado según las características del suelo.
- Mala penetración de los discos en el suelo, siendo difícil de trabajar suelos duros o cascajosos.
- No se puede trabajar en terrenos inclinados, a consecuencia de una gran presión lateral del arado de discos.
- No existen arados de discos de tiro animal.

### **Desgaste de los discos de arado**

Según Ramos (2008), el desgaste de discos de arado se refiere a las condiciones de uso que tienen los discos, las cuales han sufrido un desgaste por el trabajo realizado en la labranza. Además sostiene que el desgaste de los discos se estima a 200 horas anuales de labranza en 1.5 a 2 pulgadas por campaña agrícola dependiendo del tipo de suelo predominantes en la zona.

#### **2.1.12. Rendimiento de laboreo**

Según Dávila (2002), la capacidad de trabajo de una maquina es su tasa de rendimiento y dependiendo de la clase de maquina esa capacidad será medida en términos diferentes. Además destaca que es importante conocer estas capacidades para seleccionar las unidades de potencia y los equipos que puedan realizar a tiempo las operaciones de campo. Además indica que es necesario evitar los incrementos de gastos debido al uso de máquinas inadecuadas.

Frank (1977), sostiene que, es la cantidad producida en la unidad de tiempo, se trata de una característica básica de cada máquina, que depende de su tamaño y de otras variables independientes propias de cada tipo de máquina.

Romero (1997), manifiesta que, en materia de capacidad, se distingue entre capacidad efectiva y capacidad teórica. Siendo esta última la capacidad que tiene una maquina si no se producen pérdida de tiempo, siendo un concepto solamente teórico. En cambio la capacidad efectiva es la realmente alcanzada por una maquina en condiciones corrientes de trabajo.

Smith (1979), señala que, la capacidad de una maquina agrícola a la velocidad con que cubre un campo mientras ejecuta la función o trabajo útil para la que ha sido fabricada. Se expresa como hectáreas cubiertas por hora. Los factores que influyen en la capacidad son el ancho de trabajo útil y la velocidad de avance con una tolerancia o descuento de por el tiempo que se pierde en dar la vueltas y servicios a la máquina.

Smith (1979), menciona que, la capacidad de campo teórico de un apero es la velocidad a la cual realizara su función si trabajara continuamente con la anchura de trabajo que tenga. Es la cantidad real de hectáreas cubiertas realmente por hora. No hay descuento por tiempo invertido en dar las vueltas ni en servicios. Así mismo señala que la capacidad de campo efectivo, es la velocidad media en que una maquina cubre un campo, expresado en hectáreas por hora, incluyendo descuentos por tiempo perdido en dar vueltas en servicios.

### Calculo de rendimiento

Según Ramos (2008), la capacidad teórica es la máxima capacidad posible que se obtiene a la velocidad de operación, asumiendo que la maquina trabajo a su ancho teórico y sin pérdidas de tiempo. Por tanto, la siguiente formula permite su obtención:

$$C_{tt} = A \times v \times 0.1$$

Siendo,  $C_{tt}$  capacidad de trabajo teórico expresado en ha/h,  $A$  es el ancho de labor medidos en m,  $v$  es la velocidad de avance expresado en km/h y 0.1 es el coeficiente que permite transformar unidades y que se explica de la siguiente manera; la capacidad de trabajo está expresado en ha/h. El ancho en m y la velocidad en km/h. entonces se debe transformar los  $m \times km/h$  en ha/h, para lo cual a la capacidad de trabajo se le multiplica por 1000 metros que hay en un km y se divide por 10000 metros cuadrados que hay en una hectárea.

El mismo autor también manifiesta que, lo más práctico es trabajar el rendimiento en la cantidad de tiempo que se requiere para labrar una hectárea de terreno. Para lo cual se le aplica la inversa de  $C_{tt}$  que resultara en h/ha:

$$C_{tt} = \frac{1}{A \times v \times 0.1}$$

Además considerando la pérdida de tiempo en vueltas la cual es calculado con la fórmula:

$$P_v = \frac{T_P \times V}{A \times 36}$$

Siendo,  $P_v$  perdida en las vueltas expresado en h/ha,  $T_P$  el tiempo promedio perdido en vueltas expresado en s y 36 es el coeficiente que permite transformar unidades y que se explica de la siguiente manera; la perdida en las vueltas esta expresado en h/ha, el ancho en m y el tiempo promedio perdido en vueltas en s entonces se debe transformar los s/m en h / ha, para lo cual al  $T_P$  se le multiplica por 10000 metros cuadrados que hay en una hectárea, y al A se le multiplica por 100 metros que tiene de lado una hectárea y por 3600 segundos que hay en una hora.

El rendimiento real es la cantidad de tiempo que se requiere para labrar una hectárea de terreno, considerando la pérdida en las vueltas, la cual es calculado con la fórmula:

$$R_r = C_{tt} + P_v$$

Dónde:

$R_r$  : Rendimiento real.

$P_v$  : Perdida en las vueltas.

$C_{tt}$  : Capacidad de trabajo teórico.

La eficiencia de operación con que trabaja la maquina está dado por la división entre la capacidad de trabajo teórico y el rendimiento real multiplicado por 100, la cual es calculado con la fórmula:

$$E_{ft} = \frac{C_{tt}}{R_r} \times 100$$

Dónde:

$C_{tt}$  : Capacidad de trabajo teórico.

$E_{ft}$  : Eficiencia de trabajo.

$R_r$  : Rendimiento real.

### **Ancho de trabajo**

Frank (1977), sostiene que, el ancho efectivo de trabajo es menor al ancho teórico en la mayoría de las maquinas, mientras que el ancho teórico es el correspondiente de la especificación de la máquina, el ancho efectivo es el cubierto por cada pasada de aquella. El ancho efectivo es menor debido a cierta superposición inevitable entre pasadas.

Berlijn (1978), indica que, el ancho de trabajo de la aradura depende del número de discos, del espaciamiento entre estos a lo largo del bastidor y el ángulo entre la dirección del avance y el eje del bastidor.

### **Velocidad**

Frank (1977), indica que, velocidad es la que desarrolla la maquina durante su operación. Generalmente se expresa en km/h, aunque a veces se suele dar en metros por segundo. Además sostiene que, la velocidad que desarrolla una maquina automotriz o tirada por un tractor, es la que se obtiene consultando el manual correspondiente, pero se debe tener en cuenta que el patinamiento de la rueda motriz puede llegar a reducir sensiblemente la velocidad.

IDAE (2005), señala que, para los trabajos de tracción es muy importante tener una amplia gama de velocidades y bien equilibradas sobre todo entre 3 y 14 km/h, de forma que permita un aumento progresivo de la velocidad, habiendo una diferencia máxima entre ellas de 14 %.

Yanqui (1999), en su trabajo a determinado el rendimiento para un tractor agrícola marca SHANGHAI-504, de 38.87 HP, utilizando un arado de discos seminuevo, una capacidad efectiva entre 0.18 a 0.24 ha/h.

#### **2.1.13. Antecedentes de investigación**

Machaca G. (2017) En su trabajo de tesis titulado “Comparativo de dos tipos de tractores agrícolas en el laboreo en el CIP Illpa, hallo que El consumo de combustible es influenciado por la potencia del tractor para uno de 98 HP con 75.7373 g/kw/h en suelo franco arcilloso, y de menor consumo corresponde a un tractor de 75 HP de potencia con 55.0224 g/kw/h en suelo franco arcillo arenoso. La mayor variación del rendimiento de laboreo se encontró para el tractor 75 HP con 4.4679 h/ha en suelo franco arcilloso y el de mejor rendimiento corresponde al tractor 98 HP con 3.0242 h/ha en suelo franco arcillo arenoso. El costo operativo con arado de discos fue mayor la variación de costo de laboreo se encontró para el tractor 98 HP con 56.6449 soles/h en suelo franco arcillo arenoso y el de menor costo corresponde al tractor 75 HP con 45.0579 soles/h en suelo franco arcilloso.

## **2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.1. Potencia (HP o KW)**

Es la capacidad que posee el motor para realizar trabajo en una unidad de tiempo. Para medir la potencia de un motor, los podemos separar en tres grupos según el interés del agricultor y tipo de potencia que miden.

### **2.2.2. Potencia bruta**

En este caso, la potencia se mide en el volante de inercia del motor. De acuerdo con las normas de ensayo, al motor se le quitan una serie de elementos que consumen potencia en su funcionamiento como son: el filtro de aire, el silenciador del escape, el generador de corriente, la bomba de alimentación de combustible, el ventilador, etc. Con ello se consigue obtener toda la potencia que puede suministrar el motor. Esta potencia nunca puede ser alcanzada por el agricultor con su tractor.

### **2.2.3. Potencia neta**

También en este caso la potencia se mide en el volante de inercia del motor. Sin embargo, las normas de ensayo indican que el motor tiene que llevar el mismo equipamiento que cuando está montado en el vehículo, en nuestro caso, en el tractor. El agricultor podría obtener la potencia medida, siempre que trabajara directamente con el volante de inercia del motor de su tractor, cosa poco probable.

Aquí, la potencia se mide en el eje de la toma de fuerza del tractor. El motor no se saca del tractor, y mantiene todos los elementos que el fabricante ha previsto en su diseño y construcción. El agricultor podrá obtener la potencia resultante en el ensayo siempre que utilice la toma de fuerza como elemento motriz de una máquina acoplada a ella.

### **2.2.4. Textura del suelo**

El análisis del tamaño de partícula, llamado también análisis mecánico determina el porcentaje de las tres fracciones minerales; arena limo y arcilla y por consiguiente su clase textural. La textura de un suelo es su característica más permanente e influencia directamente otras propiedades del suelo, y como tal es un parámetro que debe ser

determinada siempre. La medición de la distribución de las partículas del suelo se realizó con el método por sedimentación.

#### **2.2.5. Contenido de humedad**

El suelo sujeta agua de dos maneras: Humedad libre en poros y espacios que existen entre las partículas sólidas; y como humedad adhesiva, por absorción a la superficie sólida de la arcilla y partículas orgánicas. El agua libre es la más interesante en los estudios de labranza puesto que la firmeza del suelo está directamente relacionado con su contenido de agua. El contenido de humedad libre del suelo ha sido determinado en laboratorio de suelos y es presentado como porcentaje del peso de un suelo seco al horno.

#### **2.2.6. Firmeza del suelo**

La firmeza del suelo influye la energía requerida para realizar operaciones de labranza. Por esta razón es frecuentemente necesario en estudios de labranza. Se debe de hacer mediciones pre-labranza y solo serán útiles si se conoce el valor del contenido de humedad, tipo y densidad aparente del suelo. Se ha medido usando un penetrómetro, la que es una indicación de la dureza del suelo y es expresado como la fuerza por centímetro cuadrado o kilo pascales de un cono para penetrar en suelo.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del experimento

El CIP ILLPA, está ubicado en el kilómetro 18 de la carretera Puno – Juliaca. Comprendida en las siguientes coordenadas UTM. Extremo Norte: 8 264 400, Extremo Este: 386 000, Extremo Sur: 8 261 500, Extremo Oeste: 383 250, Altitud: 3 820 msnm, con una extensión superficial de 409.246 ha.

#### 3.2. Tipo de investigación

Se realizó una investigación con enfoque cuantitativo de corte experimental desarrollando un tipo de investigación a nivel explicativo.

#### 3.3. Variables en estudio

##### 3.3.1. Independientes

a) Potencias de tractor. Siendo los sub- niveles

- 65 HP
- 75 HP
- 98 HP
- 118 HP

b) Tipo de Labranza. Siendo los sub-niveles

- Primaria (aradura)
- Secundaria (rastra)

c) Tipo de suelo. Siendo los sub-niveles

- Franco Arcillosos
- Franco Arcillo arenosos

##### 3.3.2. Variables dependientes

- ✓ Consumo total de combustible en l/h.
- ✓ Rendimiento en labranza en ha/h.
- ✓ Compactación KPa.

### 3.3.3. Variables de observación

- ✓ Clase textural de los suelos.
- ✓ Precipitación del mes y de los días de realización de pruebas.
- ✓ Estado de funcionamiento de los tractores y habilidades del operador.

### 3.4. Análisis Estadístico

En el presente estudio se empleó un experimento factorial de  $4 \times 2 \times 2$  dentro de un diseño completamente al azar, siendo los factores de estudio: Potencias de tractores, cuyos niveles son 65, 75, 98 y 118 HP Actividad labranza primaria (aradura) y labranza secundaria (rastra); tipo de suelo, cuyos niveles son suelo franco arcilloso y franco arcillo arenoso. El número de repeticiones por tratamiento corresponde a tres parcelas, haciendo un total de 48 parcelas. Para la comparación de tratamientos se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey.

El modelo lineal del experimento factorial en un diseño completamente al azar es:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + L_j + S_k + PL_{ij} + SP_{ik} + LS_{jk} + SLP_{ijk} + e_{ijkl}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta observado al aplicar el  $i$ -ésimo tipo de potencia,  $j$ -ésimo labranza,  $k$ -ésimo tipo de suelo,  $l$ -ésima parcela.

$\mu$  = Medida general.

$P_i$  = Es el efecto de  $i$ -ésima potencia.

$L_j$  = Es el efecto del  $j$ -ésimo tipo de labranza

$S_k$  = Es el efecto del  $k$ -ésimo tipo de suelo

$PL_{ij}$  = es el efecto de la interacción de la  $i$ -ésima potencia con el  $j$ -ésimo tipo de labranza

$SP_{ik}$  = es el efecto de la interacción de la  $i$ -ésima potencia con el  $k$ -ésimo tipo de suelo

$LS_{jk}$  = es el efecto de la interacción del  $j$ -ésimo tipo de labranza con el  $k$ -ésimo tipo de suelo

$SLP_{ijk}$  = es el efecto de la interacción de la  $i$ -ésima potencia, con el  $j$ -ésimo tipo de labranza y  $k$ -ésimo tipo de suelo.

$e_{ijkl}$  = error experimental.

**Tabla 4.** *Análisis de varianza de tres factores en estudio en DCA.*

| Fuentes de Variabilidad     | Grados de Libertad g.l. | Suma de Cuadrados SC | Cuadrado Medio CM | Fc        | F tabulada |      |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------|-----------|------------|------|
|                             |                         |                      |                   |           | 0.05       | 0.01 |
| POTENCIA                    | $p-1 = 3$               | $SC_p$               | $CM_p$            | $F_p$     |            |      |
| LABRANZA                    | $l-1 = 1$               | $SC_l$               | $CM_l$            | $F_l$     |            |      |
| SUELO                       | $s-1 = 1$               | $SC_s$               | $CM_s$            | $F_s$     |            |      |
| POTENCIA X LABRANZA         | $(p-1)(l-1)=3$          | $SC_{pl}$            | $CM_{pl}$         | $F_{pl}$  |            |      |
| LABRANZA X SUELO            | $(l-1)(s-1)=1$          | $SC_{ls}$            | $CM_{ls}$         | $F_{ls}$  |            |      |
| POTENCIA X SUELO            | $(p-1)(s-1)=3$          | $SC_{ps}$            | $CM_{ps}$         | $F_{ps}$  |            |      |
| POTENCIA X LABRANZA X SUELO | $(p-1)(l-1)(s-1)=3$     | $SC_{slp}$           | $CM_{slp}$        | $F_{slp}$ |            |      |
| ERROR                       | $sp(r-1) = 32$          | $SC_e$               | $CM_e$            |           |            |      |
| TOTAL                       | $Slpr-1=47$             | $SC_{TOT}$           |                   |           |            |      |

### 3.5. Conducción del experimento

#### 3.5.1. Fase de Campo

Para determinar los efectos del suelo sobre los consumos, rendimientos se condujo de la siguiente manera:

#### 3.5.2. Estudio Previo al Experimento

La fase experimental de campo se realizó en los meses de octubre, noviembre y diciembre, en terrenos franco Arcillosos y Franco Arcillo arenosos del CIP Illpa UNA-PUNO, cultivados con los tractores y sus respectivos implementos arados y rastras.

- Primeramente se utilizaron los tractores de 65 y 75 HP con un mismo implemento (arado de 03 discos de 28” de diámetro) para poder medir su consumo de combustible en un área de terreno de  $100 \times 100m = 10000m^2$  (01 hectárea) por espacios de 01 hora con tres repeticiones al cabo de los cuales se medirá el consumo de combustible real en 01 hora funcionamiento y también el avance que tuvo en ha/h superficie trabajada  $m^2$  y el tiempo en horas.
- En segundo lugar se probaron los tractores de 98 y 118 HP con arado de 4 discos con el mismo criterio que el primero.
- En tercer lugar se procedió a realizar las mismas pruebas con rastra de discos (labranza secundaria) con el mismo criterio que los anteriores.

- Para la compactación al paso del tractor se midió con el penetrómetro por detrás de la huella y medir de manera directa la resistencia a la penetración en KPa de cada tractor y tipo de suelo en el CIP Illpa.

### 3.6. Materiales para la realización de pruebas en campo

- Unidades experimentales (parcelas): Cada parcela tiene un área de 10000m<sup>2</sup>.
- Cintas métricas.
- Cronómetros.
- Yeso.

#### MAQUINARIA AGRÍCOLA:

##### T1 - Tractor:

- Marca: New Holland de doble tracción
- Modelo TT65 2014
- Potencia: 65 HP
- Peso: 2575 kg
- Ancho total: 1990 mm
- Distancia entre ejes: 2160 mm
- Longitud total: 3900 mm
- **Neumáticos**
- Delanteros: 12.4 x 24 R1
- Posteriores: 18.4 x 30 R1
- Presión Mecánica : 1.2 kg/cm<sup>2</sup>
- Arado de discos de 3 cuerpos, peso neto 600kg
- Rastra liviana de 24 discos de 22" de diámetro

##### T2 - Tractor:

- Marca: New Holland de doble tracción
- Modelo TT75 2014
- Potencia: 75 HP
- Peso: 2575 kg
- Ancho total: 1990 mm
- Distancia entre ejes: 2160 mm
- Longitud total: 3900 mm
- **Neumáticos**

- Delanteros: 12.4 x 24 R1
- Posteriores: 18.4 x 30 R1
- Presión Mecánica : 1.2 kg/cm<sup>2</sup>
- Arado de discos de 3 cuerpos, peso neto 600kg
- Rastra liviana de 24 discos de 22” de diámetro

**T3 - Tractor:**

- Marca: New Holland de doble tracción
- Modelo TD05DPLUS 2014
- Potencia: 98 HP
- Peso: 4200 kg.
- Ancho total: 2190 mm
- Distancia entre ejes: 2160 mm
- Longitud total: 4100 mm
- **Neumáticos**
- Delanteros: 12.4 x 24 R1
- Posteriores: 18.4 x 34 R1
- Presión Mecánica : 1.2 kg/cm<sup>2</sup>
- Arado de discos de 4 cuerpos, peso neto 750kg.
- Rastra de discos semipesado de 20x24

**T4 -Tractor:**

- Marca: ZETOR de doble tracción
- Modelo UR II 1990
- Potencia: 118 HP.
- Peso: 7275 kg.
- Ancho total: 2290 mm
- Distancia entre ejes: 2890 mm
- Longitud total: 5900 mm
- **Neumáticos**
- Delanteros: 12.4 x 24 R1
- Posteriores: 18.4 x 38 R1
- Presión Mecánica : 1.6 kg/cm<sup>2</sup>
- **Arado de discos de 4 cuerpos, peso neto 750kg**
- **Rastra de discos semipesado de 20x24**

## INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE LABORATORIO

Probetas de 1000ml, para la medición aproximada de volúmenes.

### 3.7. Metodología

#### 3.7.1. Metodología para determinar consumo de combustible

**Método:** Prueba de campo.

- Se llenó el equipo medidor respectivamente graduado en volumen.
  - Luego se puso, en marcha el tractor con su respectivo implemento.
- a) Para labranza primaria:
- Potencias de 65 y 75 HP con arado de discos de 3 cuerpos reversibles de 28 “diámetro nuevo.
  - Potencias de 98 y 118 HP con arado de discos de 4 cuerpos, reversible de 28” de diámetro nuevo.
  - La marcha y revolución serán las adecuadas para las potencias por un espacio de tiempo de 01 hora, por más de 3 repeticiones y medidas.
- b) Para labranza secundaria:
- Potencias de 65 y 75 HP con rastra liviana de 24 discos de 22” pulgadas de diámetro.
  - Potencias de 98 y 118 HP con rastra semipesado de 20 discos de 24” de diámetro. por un tiempo de 01 hora.
  - Finalmente, se registrará el consumo de combustible en litros por hora (l/h) en 01 hora en un área de 01 hectáreas de terreno.

#### Consumo total de combustible (Ct) (kg/h o l/h.)

Para determinar el consumo de combustible en litros por hora (l/h) que el motor gasta en 01 hora se estableció de la siguiente forma:

$$C_{tc} = CI - CF$$

Dónde:

C<sub>tc</sub> : Consumo total de combustible en l/h.

CI : Cantidad inicial en litros

CF : Cantidad final en litros después de 01 hora

**Consumo específico calculo teórico (Ce) (gr/kw.h)**

Es el consumo de combustible en gr. Por cada kilowatts en 1 hora.

$$C_e = \frac{0.006 * C}{N} = \frac{gr}{kw * h}$$

N= potencia.

**3.7.2. Metodología para estimar rendimiento laboreo hectárea /hora**

**Método:** Prueba de campo.

- Se realizó la medición de 01 hectárea para trabajar con arado y luego rastra por espacio de 60 minutos en una distancia conocida 100 x 100m; donde se midió el ancho de labor de cada implemento y tractor.
- Luego, se tomó el tiempo en una salida de la parcela con distancia conocida.
- Enseguida, se tomó el tiempo en las vueltas en la cabecera de la parcela.
- Finalmente, se procedió con los cálculos en gabinete.

**Rendimiento, producción o tasa de trabajo teórico**

$$C_{tt} = \frac{1}{A * v * 0.1}$$

Siendo Ctt capacidad de trabajo teórico expresado en h / ha, A es el ancho de labor medidos en m, v es la velocidad de avance expresado en km/h y 0.1 es el coeficiente que permite transformar unidades.

**Pérdida en vueltas**

El tiempo promedio perdido en vueltas se consideró desde que el tractor en el primer tramo levanta el arado de discos y luego comienza a dar vueltas hasta que ingrese nuevamente al terreno y baja el arado registrándose el tiempo en segundos en un control.

$$P_v = \frac{T_{\bar{x}} P_v}{A * 36}$$

Siendo Pv perdida en las vueltas expresado en h/ha  $T_{\bar{x}} P_v$ , el tiempo promedio perdido en vueltas expresado en segundos y 36 es el coeficiente que permite transformar unidades.

**Rendimiento real.**

- Se estimó directamente mediante el área laboreada en 01 hora. En cada parcela.
- Se calculó mediante la fórmula para contrastar al primero.

$$Rr = Ctt + P_v$$

Dónde:  $Ctt$  = rendimiento teórico,  $P_v$  = pérdida en vueltas.

**Eficiencia de operación.**

$$EFT = \frac{RT}{RR} * 100$$

Dónde:  $RT$  = rendimiento teórico,  $RR$  = rendimiento real.

**3.7.3. Metodología para la determinar la compactación del suelo**

Se realizó la lectura directa con el penetrómetro Geofix del laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias con el método de índice de cono que consiste en someter una presión constante al instrumento hasta lecturar la presión en KPa de manera directa sobre el suelo que ha sido labrado con el tractor después de su marcha en la solera del surco (Huella) por más de 3 repeticiones hasta encontrar valores constantes que sean significativos para el análisis.



**Figura 1.** Penetrómetro lecturando de manera directa la resistencia a la penetración.

### 3.8. Observaciones

#### 3.1.1. Análisis de suelo

**Tabla 5.** *Análisis Físico del Suelo Experimental del sector Bombachupa del CIP-Illpa UNA Puno fue.*

| Elemento                | Resultado              |                     | Método de análisis |
|-------------------------|------------------------|---------------------|--------------------|
| <b>Análisis Físico</b>  | <b>S1</b>              | <b>S2</b>           |                    |
| Arena                   | 39.60 %                | 52.00 %             | Bouyoucos          |
| Arcilla                 | 35.10 %                | 33.00 %             | Bouyoucos          |
| Limo                    | 25.30 %                | 15.00 %             | Bouyoucos          |
| Clase textural          | Franco-Arcillo-Arenoso | Franco<br>Arcilloso | Triángulo textural |
| <b>Análisis Químico</b> | <b>S1</b>              | <b>S2</b>           |                    |
| Humedad                 | 15.34 %                | 13.71 %             |                    |
| Densidad Aparente       | 1.55 gr/cc             | 1.44 gr/cc          |                    |
| Estructura              | Granular               | Granular            |                    |
| Color                   | 10 Y/R 5/2 Pardo Gris  |                     | Tabla Munsell      |

Fuente: Laboratorio INIA(S2) y Laboratorio de Suelos UNA-Puno.(S1)

En la (Tabla 5), de resultados del análisis Físico podemos observar que el S1 se trata de un suelo de textura franco arcilloso, además presenta un pH neutro, el contenido de materia orgánica es medio, con una humedad 15.34%, la densidad aparente de 1.55 gr/cc, cuya estructura es granular y el color es pardo gris. Y el S2 se trata de un suelo de textura franco-arcillo-arenoso, además presenta un pH neutro, el contenido de materia orgánica es medio, con una humedad 13.71%, la densidad aparente de 1.44 gr/cc, cuya estructura es granular y el color es pardo gris.

#### 3.1.2. Información meteorológica

En la (figura 2), se observa la precipitación pluvial de los días que llovió y se registra y grafica durante el mes que corresponde como octubre, noviembre y diciembre, la mayor precipitación pluvial durante el mes de octubre se registró en el día 14 con 18 mm, siendo el promedio de precipitación pluvial mensual de 1.61 mm y la precipitación pluvial total mensual de 50 mm; en el mes de noviembre se registró la mayor precipitación pluvial fue en el día 27 con 18 mm, siendo el promedio de precipitación pluvial mensual de 1.43 mm y la precipitación pluvial total mensual de 43 mm; en el mes de diciembre se registró la mayor precipitación pluvial fue en el día 29 con 13 mm, siendo el promedio de precipitación pluvial mensual de 1.58 mm y la precipitación pluvial total mensual de 49 mm.

**Tabla 6.** Información registrada de precipitación pluvial en los meses de octubre, noviembre y diciembre.

| Mes      | día | Precipitación<br>pluvial (mm) | Mes       | día | Precipitación<br>pluvial (mm) | Mes       | día | Precipitación<br>pluvial (mm) |
|----------|-----|-------------------------------|-----------|-----|-------------------------------|-----------|-----|-------------------------------|
| Octubre  | 1   | 0                             | Noviembre | 1   | 0                             | Diciembre | 1   | 0                             |
|          | 2   | 0                             |           | 2   | 0                             |           | 2   | 0                             |
|          | 3   | 0                             |           | 3   | 2                             |           | 3   | 2                             |
|          | 4   | 0                             |           | 4   | 1                             |           | 4   | 0                             |
|          | 5   | 0                             |           | 5   | 1                             |           | 5   | 1                             |
|          | 6   | 0                             |           | 6   | 11                            |           | 6   | 0                             |
|          | 7   | 0                             |           | 7   | 0                             |           | 7   | 1                             |
|          | 8   | 0                             |           | 8   | 0                             |           | 8   | 0                             |
|          | 9   | 0                             |           | 9   | 0                             |           | 9   | 1                             |
|          | 10  | 0                             |           | 10  | 0                             |           | 10  | 0                             |
|          | 11  | 6                             |           | 11  | 1                             |           | 11  | 0                             |
|          | 12  | 0                             |           | 12  | 0                             |           | 12  | 0                             |
|          | 13  | 0                             |           | 13  | 0                             |           | 13  | 0                             |
|          | 14  | 18                            |           | 14  | 0                             |           | 14  | 0                             |
|          | 15  | 4                             |           | 15  | 5                             |           | 15  | 0                             |
|          | 16  | 7                             |           | 16  | 0                             |           | 16  | 0                             |
|          | 17  | 15                            |           | 17  | 0                             |           | 17  | 5                             |
|          | 18  | 0                             |           | 18  | 0                             |           | 18  | 1                             |
|          | 19  | 0                             |           | 19  | 0                             |           | 19  | 0                             |
|          | 20  | 0                             |           | 20  | 0                             |           | 20  | 7                             |
|          | 21  | 0                             |           | 21  | 0                             |           | 21  | 4                             |
|          | 22  | 0                             |           | 22  | 0                             |           | 22  | 4                             |
|          | 23  | 0                             |           | 23  | 0                             |           | 23  | 0                             |
|          | 24  | 0                             |           | 24  | 0                             |           | 24  | 0                             |
|          | 25  | 0                             |           | 25  | 0                             |           | 25  | 0                             |
|          | 26  | 0                             |           | 26  | 0                             |           | 26  | 3                             |
|          | 27  | 0                             |           | 27  | 18                            |           | 27  | 1                             |
|          | 28  | 0                             |           | 28  | 4                             |           | 28  | 1                             |
|          | 29  | 0                             |           | 29  | 0                             |           | 29  | 13                            |
|          | 30  | 0                             |           | 30  | 0                             |           | 30  | 3                             |
|          | 31  | 0                             |           |     |                               |           | 31  | 2                             |
| Total    |     | 50                            | Total     |     | 43                            | Total     |     | 49                            |
| Promedio |     | 1.61                          | Promedio  |     | 1.43                          | Promedio  |     | 1.58                          |

**Fuente:** SENAMHI Puno (2018).

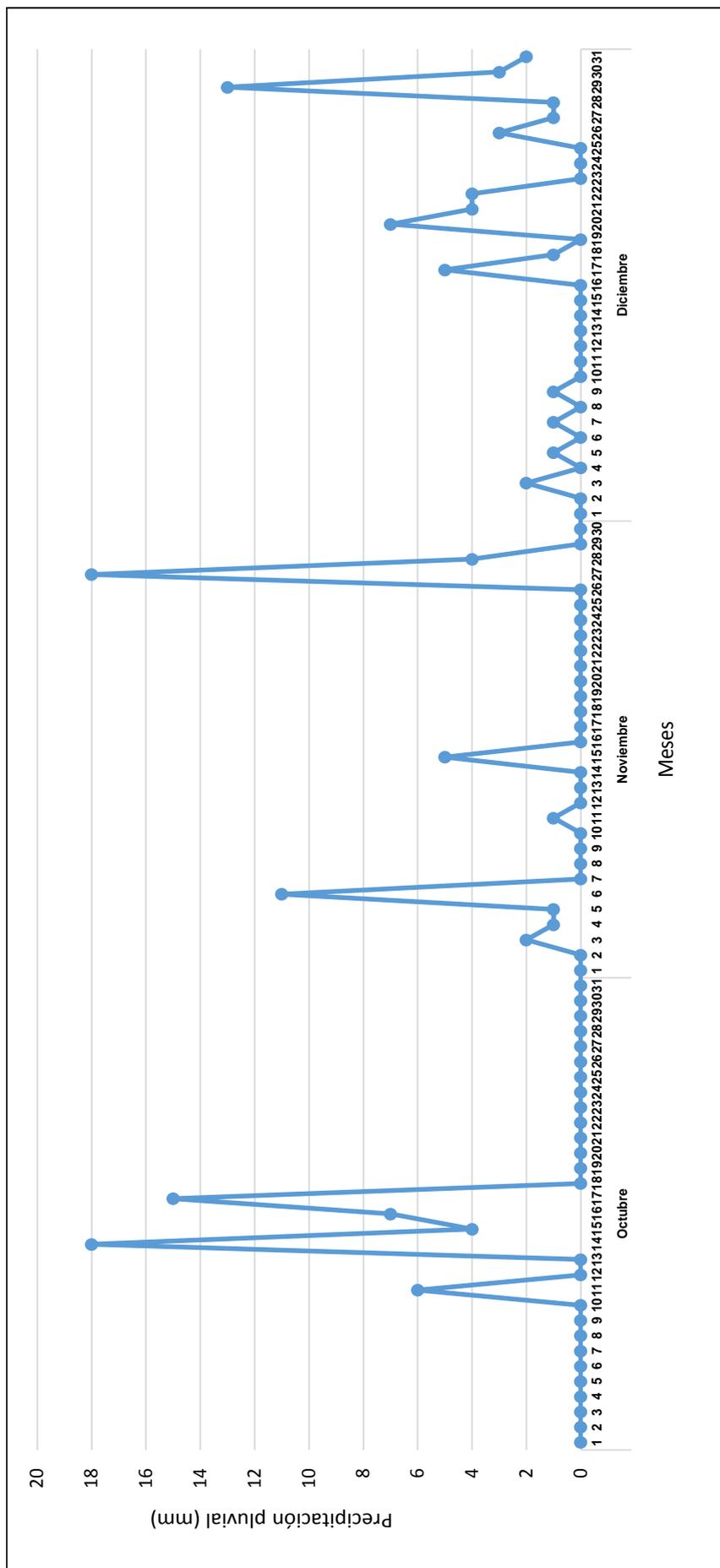


Figura 2. Precipitación pluvial (mm) durante los meses de octubre, noviembre y diciembre.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Consumo de combustible de 4 potencias de tractores agrícolas en labranza primaria y secundaria en terrenos franco arcillosos

En la (Tabla 7), se observa el análisis de varianza para consumo de combustible sobre potencias de tractor en labranza primaria y secundaria en terrenos franco arcillosos, en donde para el factor potencia de tractor (P), se observa que hubo diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que entre las potencias de tractor existe diferencias en cuanto al consumo de combustible; para el factor tipos de labranza (L), también hubo diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que entre los tipos de labranza existe diferencias en cuanto al consumo de combustible. Para el factor tipo de suelos (S), no hubo diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que entre los tipos de suelo no hubo mayores diferencias en cuanto al consumo de combustible.

En la interacción P x L, existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que ambos factores actúan de forma dependiente sobre el consumo de combustible. Para la interacción P x S, no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que ambos factores actúan de forma independiente sobre el consumo de combustible. En la interacción L x S, no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que ambos factores actúan de forma independiente sobre el consumo de combustible. En la interacción P x L x S, no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que los tres factores actúan de forma independiente sobre el consumo de combustible.

Además el coeficiente de variación igual 5.04% indica que los datos evaluados son confiables.

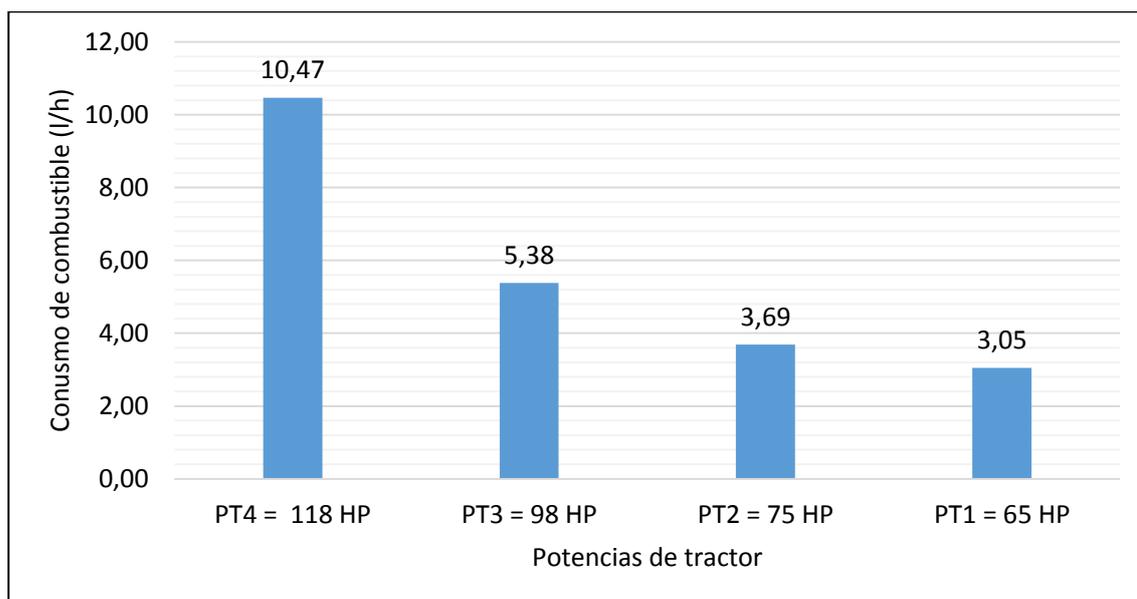
**Tabla 7.** *Análisis de varianza para consumo de combustible sobre potencias de tractor en labranza primaria y secundaria en terrenos franco arcillosos.*

| F.V.                    | G.L. | S.C.             | C.M.        | Fc         | Pr > F |
|-------------------------|------|------------------|-------------|------------|--------|
| Potencia de Tractor (P) | 3    | 399.4583000      | 133.1527667 | 1628.16 ** | <.0001 |
| Tipos de labranza (L)   | 1    | 4.1418750        | 4.1418750   | 50.65 **   | <.0001 |
| Tipo de suelo (S)       | 1    | 0.0481333        | 0.0481333   | 0.59 N.S.  | 0.4486 |
| P x L                   | 3    | 8.1056917        | 2.7018972   | 33.04 **   | <.0001 |
| P x S                   | 3    | 0.0630000        | 0.0210000   | 0.26 N.S.  | 0.8559 |
| L x S                   | 1    | 0.0006750        | 0.0006750   | 0.01 N.S.  | 0.9282 |
| P x L x S               | 3    | 0.1924917        | 0.0641639   | 0.78 N.S.  | 0.5114 |
| Error                   | 32   | 2.6170000        | 0.0817813   |            |        |
| Total correcto          | 47   | 414.6271667      |             |            |        |
| CV=5.04%                |      | $\bar{X} = 5.67$ |             |            |        |

En la (Tabla 8), se observa la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el factor potencia de tractor, en donde se observa que la potencia de tractor PT4 obtuvo mayor consumo de combustible con 10.47 l/h en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás potencias de tractor, seguido de la potencia de tractor PT3 con 5.38 l/h, la potencia de tractor PT2 tuvo 3.69 l/h, y el menor consumo de combustible fue con la potencia de tractor PT1 el cual tuvo 3.05 l/h. estos datos obedecen a que existe una relación entre la potencia y el consumo de combustible donde a mayor potencia mayor consumo toda vez que un motor para ser más potente debe ser de mayor tamaño en cilindrada el tractor de 118 HP es de 6000cm<sup>3</sup> y de 6 cilindros mientras que el tractor de 65 HP es de 2998 cm<sup>3</sup> y solo 3 cilindros siendo esta la razón para que un motor consuma más o menos combustible, estos datos son corroborados por Machaca (2016) que para un tractor de 98 HP el consumo fue de 4.29 l/h.

**Tabla 8.** *Prueba de Tukey para factor potencia de tractor sobre consumo de combustible.*

| Orden de merito | Potencia de tractor | Promedio de consumo de combustible (l/h) | $P \leq 0.05$ |
|-----------------|---------------------|--|---------------|
| 1               | PT4 = 118 HP        | 10.47                                    | a             |
| 2               | PT3 = 98 HP         | 5.38                                     | b             |
| 3               | PT2 = 75 HP         | 3.69                                     | c             |
| 4               | PT1 = 65 HP         | 3.05                                     | d             |

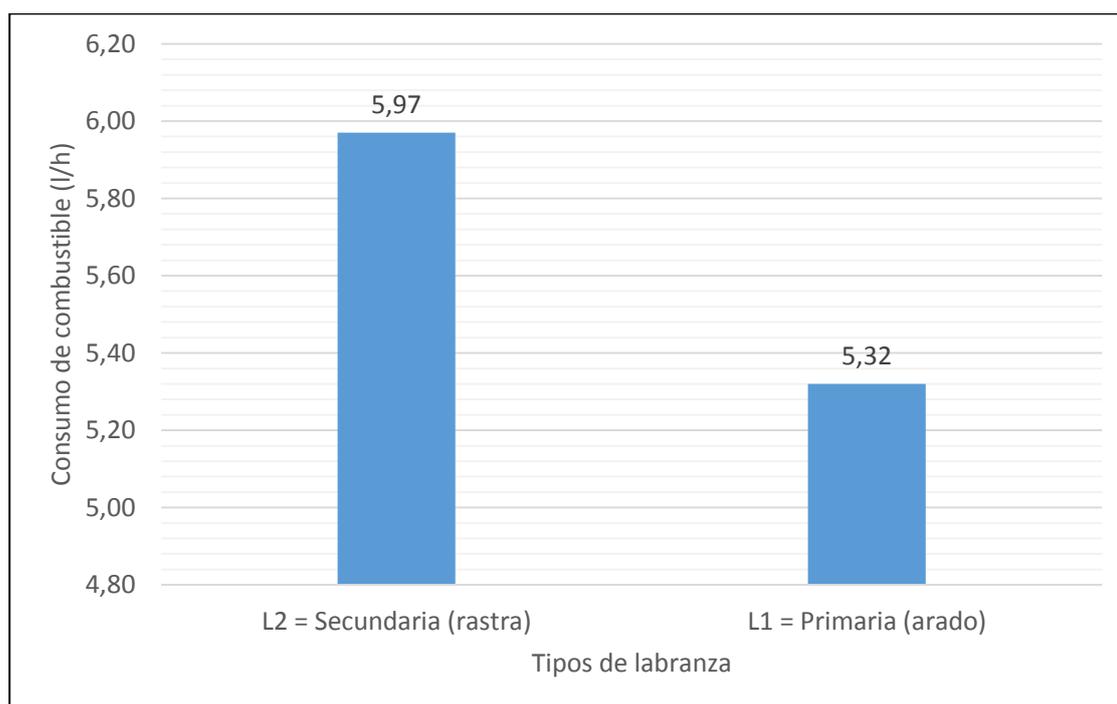


**Figura 3.** Consumo de combustible en potencias de tractor.

En la (Tabla 9), se observa la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el factor tipo de labranza, en donde se observa que el tipo de labranza L2 obtuvo mayor consumo de combustible con 5.97 l/h en promedio, el cual es estadísticamente superior al tipo de labranza L1 que tuvo menor consumo de combustible con 5.32 l/h. esto básicamente que los arados son siempre de menor ancho de 3 discos es de 0.9m y de 4 discos es de 1.2m mientras que una rastra de 20 discos tiene un ancho de 2.4m y una rastra de 24 discos es de 2.7 m y la potencia requerida de una rastra es siempre mayor a la de un arado, Ramos (2008) y por consiguiente mayor consumo de combustible. Vázquez (2012) analizo valores promedios de 4 tecnología donde el menor consumo correspondió a T2 (labranza mínima con grada de discos) ( $32,4 \text{ L ha}^{-1}$ ) con diferencias significativas respecto a T1, T3 y T4 al utilizar menor cantidad de conjuntos, menos labores y mayor productividad por hora de tiempo limpio. Se reduce el consumo en un porcentaje de un 72; 52 y 71 % respecto a T1, T3 y T4.

**Tabla 9.** Prueba de Tukey para factor tipo de labranza sobre consumo de combustible.

| Orden de merito | Tipo de labranza         | Promedio de consumo de combustible (l/h) | $P \leq 0.05$ |
|-----------------|--------------------------|--|---------------|
| 1               | L2 = Secundaria (rastra) | 5.97                                     | a             |
| 2               | L1 = Primaria (arado)    | 5.32                                     | b             |

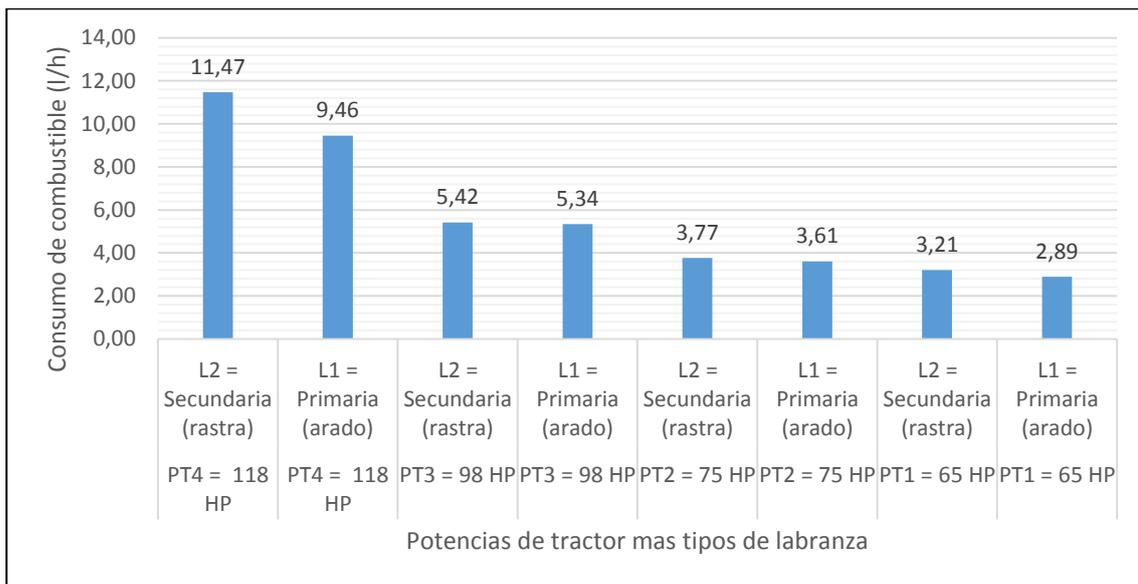


**Figura 4.** Consumo de combustible en tipos de labranza.

En la (Tabla 10), se observa la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para la interacción entre la potencia de tractor x tipo de labranza sobre consumo de combustible, en donde se observa que la interacción conformada por la potencia de tractor PT4 más el tipo de suelo L2 obtuvo mayor consumo de combustible con 11.47 l/h en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones, debido básicamente a que el tractor de 118 HP y arado de 4 discos más rastra de 20 discos requiere mayor potencia y por consiguiente más combustible. Ramos (2008) seguido de la interacción PT4 mas el tipo de suelo L1 obtuvo 9.46 l/ha, seguido de las interacciones potencia de tractor PT3 mas el tipo de suelo L2 obtuvo 5.42 l/h y la potencia de tractor PT3 mas el tipo de suelo L1 obtuvo 5.34 l/h. El menor consumo de combustible se tuvo con la potencia de tractor PT1 más el tipo de labranza L2 con 3.21 l/h y con la potencia de tractor PT1 más el tipo de labranza L1 con 2.89 l/h. donde el tractor de 65 HP y arado de 3 discos, según Destailats (2004), Durante el siglo XX docenas de empresas de diferentes países trabajaron en el perfeccionamiento del motor para mejorar sus mecanismos y prestaciones para mayores rendimientos y confiabilidad.

**Tabla 10.** Prueba de Tukey para la interacción entre la potencia de tractor x tipo de labranza sobre consumo de combustible.

| Orden de merito | Potencia de tractor | Tipo de labranza            | Promedio de consumo de combustible (l/h) | $P \leq 0.05$ |
|-----------------|---------------------|-----------------------------|--|---------------|
| 1               | PT4 = 118 HP        | L2 = Secundaria<br>(rastra) | 11.47                                    | a             |
| 2               | PT4 = 118 HP        | L1 = Primaria<br>(arado)    | 9.46                                     | b             |
| 3               | PT3 = 98 HP         | L2 = Secundaria<br>(rastra) | 5.42                                     | c             |
| 4               | PT3 = 98 HP         | L1 = Primaria<br>(arado)    | 5.34                                     | c             |
| 5               | PT2 = 75 HP         | L2 = Secundaria<br>(rastra) | 3.77                                     | d             |
| 6               | PT2 = 75 HP         | L1 = Primaria<br>(arado)    | 3.61                                     | d             |
| 7               | PT1 = 65 HP         | L2 = Secundaria<br>(rastra) | 3.21                                     | e             |
| 8               | PT1 = 65 HP         | L1 = Primaria<br>(arado)    | 2.89                                     | e             |



**Figura 5.** Consumo de combustible en potencias de tractor por tipos de labranza.

#### 4.2. Rendimiento de 4 potencias de tractores agrícolas en labranza primaria y secundaria en terrenos franco arcilloso arenosos

En la (Tabla 11), se observa el análisis de varianza para rendimiento sobre potencias de tractor en labranza primaria y secundaria en terrenos franco arcilloso arenosos, en donde para el factor potencia de tractor (P), se observa que hubo diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que entre las potencias de tractor existe diferencias en cuanto al rendimiento; para el factor tipos de labranza (L), también hubo diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que entre los tipos de labranza existe diferencias en cuanto al rendimiento. Para el factor tipo de suelos (S), no hubo diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que entre los tipos de suelo no existen diferencias en cuanto al rendimiento.

En la interacción P x L, existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que ambos factores actúan de forma dependiente sobre el rendimiento. Para la interacción P x S, no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que ambos factores actúan de forma independiente sobre el rendimiento. En la interacción L x S, no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que ambos factores actúan de forma independiente sobre el rendimiento. En la interacción P x L x S, no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que los tres factores actúan

de forma independiente sobre el rendimiento. Además el coeficiente de variación igual 2.38% indica que los datos evaluados son confiables.

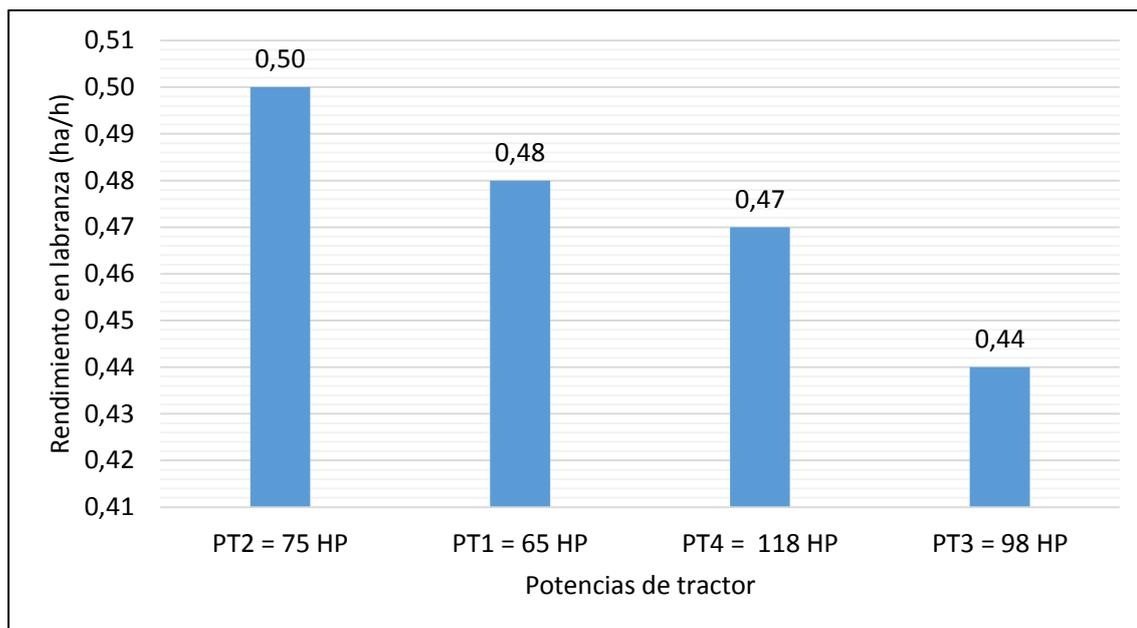
**Tabla 11.** *Análisis de varianza para rendimiento en labranza sobre potencias de tractor en labranza primaria y secundaria en terrenos franco arcillosos.*

| F.V.                    | G.L. | S.C.             | C.M.       | Fc         | Pr > F |
|-------------------------|------|------------------|------------|------------|--------|
| Potencia de Tractor (P) | 3    | 0.02054167       | 0.00684722 | 53.88 **   | <.0001 |
| Tipos de labranza (L)   | 1    | 2.05013333       | 2.05013333 | 16132.2 ** | <.0001 |
| Tipo de suelo (S)       | 1    | 0.00000000       | 0.00000000 | 0.00 N.S.  | 1.0000 |
| P x L                   | 3    | 0.15731667       | 0.05243889 | 412.63 **  | <.0001 |
| P x S                   | 3    | 0.00018333       | 0.00006111 | 0.48 N.S.  | 0.6979 |
| L x S                   | 1    | 0.00000833       | 0.00000833 | 0.07 N.S.  | 0.7995 |
| P x L x S               | 3    | 0.00027500       | 0.00009167 | 0.72 N.S.  | 0.5467 |
| Error                   | 32   | 0.00406667       | 0.00012708 |            |        |
| Total correcto          | 47   | 2.23252500       |            |            |        |
| CV=2.38%                |      | $\bar{X} = 0.47$ |            |            |        |

En la (Tabla 12), se observa la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el factor potencia de tractor, en donde se observa que la potencia de tractor PT2 obtuvo mayor rendimiento en labranza con 0.50 ha/h en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás potencias de tractor debido al mayor ancho de la rastra de 24 discos y 2.7 m de ancho lo que hace que tenga un rendimiento de labranza elevado, seguido de la potencia de tractor PT1 con 0.48 ha/h, la potencia de tractor PT4 tuvo 0.47 ha/h, y el menor rendimiento en labranza fue con la potencia de tractor PT3 el cual tuvo 0.44 ha/h.

**Tabla 12.** *Prueba de Tukey para factor potencia de tractor sobre rendimiento en labranza.*

| Orden de merito | Potencia de tractor | Promedio de rendimiento en labranza (ha/h) | $P \leq 0.05$ |
|-----------------|---------------------|--|---------------|
| 1               | PT2 = 75 HP         | 0.50                                       | a             |
| 2               | PT1 = 65 HP         | 0.48                                       | b             |
| 3               | PT4 = 118HP         | 0.47                                       | b             |
| 4               | PT3 = 98 HP         | 0.44                                       | c             |

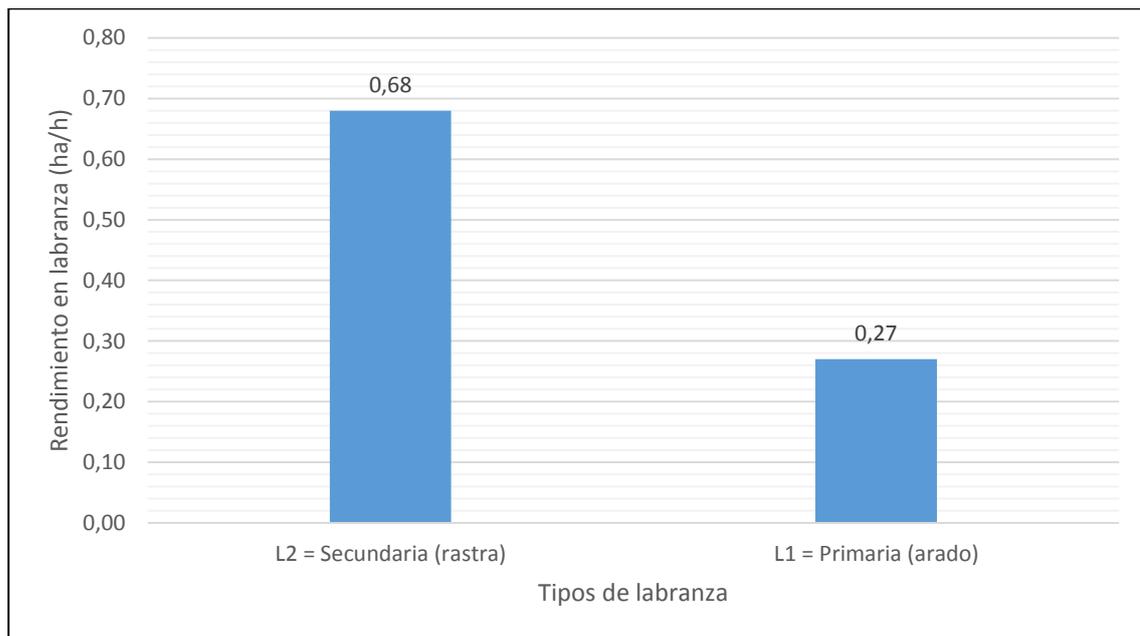


**Figura 6.** Rendimiento en labranza por potencias de tractor.

En la (Tabla 13), se observa la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el factor tipo de labranza, en donde se observa que el tipo de labranza L2 obtuvo mayor rendimiento en labranza con 0.68 ha/h en promedio, el cual es estadísticamente superior al tipo de labranza L1 que tuvo menor rendimiento en labranza con 0.27 ha/h. debido a que los arados (labranza primaria) tienen un menor ancho siendo el promedio 1.05 m y de las rastras (labranza secundaria) 2.64 m y la velocidad 3 Km/h para labranza primaria y 3.5 km/h para labranza secundaria lo que se traduce en un mayor rendimiento en labranza.

**Tabla 13.** Prueba de Tukey para factor tipo de labranza sobre rendimiento en labranza secundaria.

| Orden de merito | Potencia de tractor      | Promedio de rendimiento en labranza (ha/h) | $P \leq 0.05$ |
|-----------------|--------------------------|--|---------------|
| 1               | L2 = Secundaria (rastra) | 0.68                                       | a             |
| 2               | L1 = Primaria (arado)    | 0.27                                       | b             |



**Figura 7.** Rendimiento en labranza por tipos de labranza.

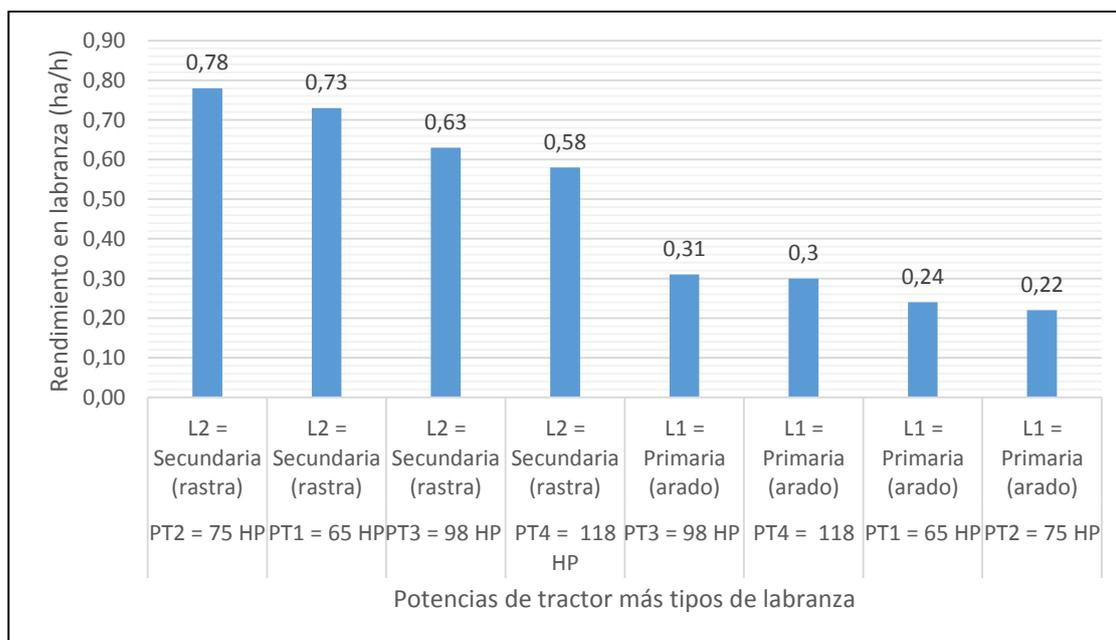
En la (Tabla 14), se observa la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para la interacción entre la potencia de tractor x tipo de labranza sobre rendimiento en labranza, en donde se observa que la interacción conformada por la potencia de tractor PT2 mas el tipo de labranza L2 obtuvo mayor rendimiento en labranza con 0.78 ha/h en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones, debido al mayor ancho de la rastra de 24 discos y 2.7 m de ancho lo que hace que tenga un rendimiento elevado en la labranza, seguido de la interacción PT1 mas el tipo de suelo L2 obtuvo 0.73 ha/h, seguido de las interacciones potencia de tractor PT3 mas el tipo de suelo L2 obtuvo 0.63 ha/h y la potencia de tractor PT4 mas el tipo de suelo L2 obtuvo 0.58 ha/h. El menor rendimiento en labranza se tuvo con la potencia de tractor PT2 mas el tipo de suelo L1 con 0.22 ha/h.

Cadena (2004) El ancho de trabajo es fundamental para la medición de la capacidad de trabajo e influye en el criterio de selección del equipo por parte de los productores; los resultados muestran que existe una diferencia entre los tratamientos con relación al ancho de trabajo, de los cuales el mejor es el del vibro cultivador, seguido de la rastra en barbecho, rastra, multiarado y, por último, el arado de discos. Esta diferencia radica, principalmente, en el diseño y forma de los implementos. No existe diferencia entre los tratamientos respecto a la profundidad de trabajo de los implementos, de los cuales el

arado y el multiarado son los que tuvieron mayor penetración relativa, que se vio limitada por lo seco del terreno. La penetración depende de la resistencia que presente el suelo, que a medida que se seca, reduce la profundidad de trabajo de los implementos.

**Tabla 14.** Prueba de Tukey para la interacción entre la potencia de tractor x tipo de labranza sobre rendimiento en labranza.

| Orden de merito | Potencia de tractor | Tipo de labranza         | Promedio de rendimiento en labranza (ha/h) | P≤0.05 |
|-----------------|---------------------|--------------------------|--|--------|
| 1               | PT2 = 75 HP         | L2 = Secundaria (rastra) | 0.78                                       | a      |
| 2               | PT1 = 65 HP         | L2 = Secundaria (rastra) | 0.73                                       | b      |
| 3               | PT3 = 98 HP         | L2 = Secundaria (rastra) | 0.63                                       | c      |
| 4               | PT4 = 118 HP        | L2 = Secundaria (rastra) | 0.58                                       | d      |
| 5               | PT3 = 98 HP         | L1 = Primaria (arado)    | 0.31                                       | e      |
| 6               | PT4 = 118           | L1 = Primaria (arado)    | 0.30                                       | e      |
| 7               | PT1 = 65 HP         | L1 = Primaria (arado)    | 0.24                                       | f      |
| 8               | PT2 = 75 HP         | L1 = Primaria (arado)    | 0.22                                       | f      |



**Figura 8.** Rendimiento de labranza en potencias de tractor por tipos de labranza.

#### 4.3. Compactación de suelos, en resistencia a la penetración por 4 potencias y tamaños de tractores

En la (Tabla 15), se observa el análisis de varianza para compactación sobre potencias de tractor en tipos de suelo; en donde para el factor potencia de tractor (P), se observa que hubo diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que entre las potencias de tractor existe diferencias en cuanto a la compactación del suelo; para el factor tipo de suelos (S), hubo diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que entre los tipos de suelo existen diferencias en la compactación del suelo. Para la interacción P x S, no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que ambos factores actúan de forma independiente sobre la compactación del suelo. Además el coeficiente de variación igual 3.63% indica que los datos evaluados son confiables, la razón para que el CV sea de 3.63% puede ser a que las lecturas del penetrómetro siempre fueron hechas por una sola persona quien aplicaba una fuerza constante hasta observar el cono del penetrómetro hundirse hasta la señal llegándose a registrar en una misma senda con muy similares características.

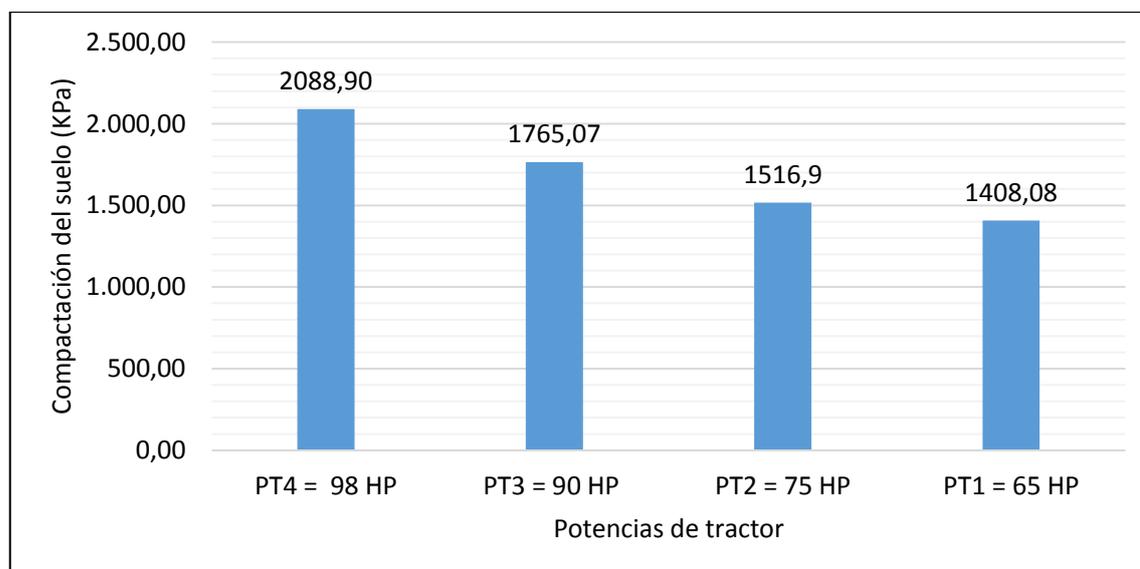
**Tabla 15.** *Análisis de varianza para compactación sobre potencias de tractor en tipos de suelo.*

| F.V.                    | G.L. | S.C.                | C.M.       | Fc        | Pr > F |
|-------------------------|------|---------------------|------------|-----------|--------|
| Potencia de Tractor (P) | 3    | 1644663.701         | 548221.234 | 144.47 ** | <.0001 |
| Tipos de Suelo (S)      | 1    | 124165.566          | 124165.566 | 32.72 **  | <.0001 |
| P x S                   | 3    | 24711.950           | 8237.317   | 2.17 n.s. | 0.1313 |
| Error                   | 16   | 60715.381           | 3794.711   |           |        |
| Total correcto          | 23   | 1854256.599         |            |           |        |
| CV=3.63%                |      | $\bar{X} = 1694.74$ |            |           |        |

En la (Tabla 16), se observa la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el factor potencia de tractor, en donde se observa que la potencia de tractor PT4 obtuvo mayor compactación del suelo con 2088.90 KPa en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás potencias de tractor debido al mayor peso que tiene el tractor 118 HP con 7275 kg seguido de la potencia de tractor PT3 con 1765.07 KPa, la potencia de tractor PT2 tuvo 1516.90, y la compactación del suelo fue con la potencia de tractor PT1 el cual tuvo 1408.08 KPa que solo pesa 2575 kg.

**Tabla 16.** Prueba de Tukey para factor potencia de tractor sobre compactación del suelo.

| Orden de mérito | Potencias de tractor | Compactación del suelo (KPa) | $P \leq 0.05$ |
|-----------------|----------------------|------------------------------|---------------|
| 1               | PT4 = 118 HP         | 2088.90                      | a             |
| 2               | PT3 = 98 HP          | 1765.07                      | b             |
| 3               | PT2 = 75 HP          | 1516.90                      | c             |
| 4               | PT1 = 65 HP          | 1408.08                      | d             |

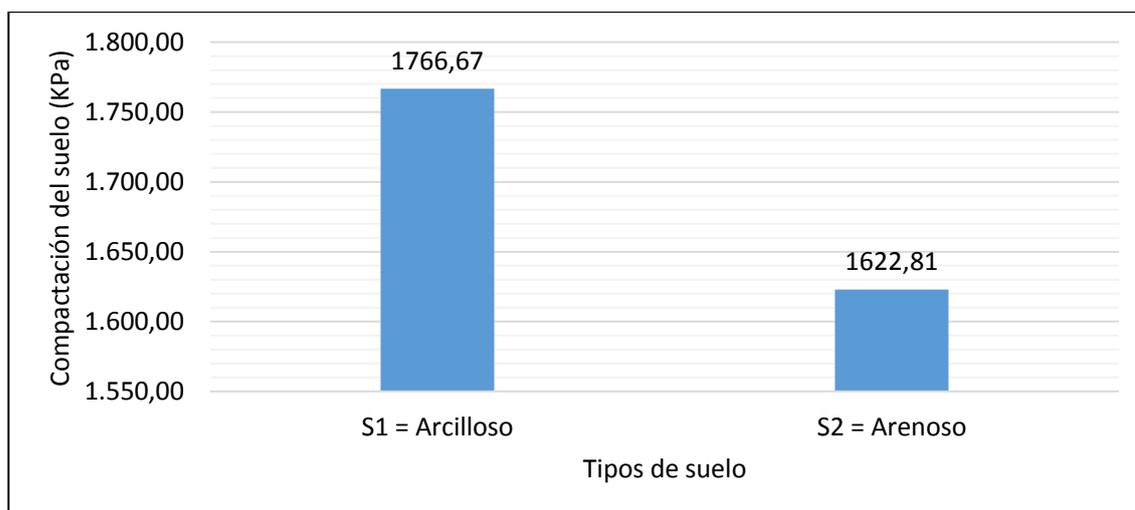


**Figura 9.** Rendimiento en labranza por potencias de tractor.

En la (Tabla 17), se observa la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el factor tipo de suelo, en donde se observa que el tipo de suelo S1 obtuvo mayor compactación de suelo con 1766.67 KPa en promedio, el cual es estadísticamente superior al tipo de suelo S2 que tuvo menor compactación del suelo con 1622.81 KPa. Debido a que un suelo arcilloso es más propenso a compactarse que un suelo arenoso. La compresión del suelo por debajo de las ruedas motrices incrementa la resistencia al acomodamiento de sus partículas frente a las fuerzas que tratan de fracturarlo (raíces) según el plano horizontal ubicado al nivel de la cara tangencial de las barras de caucho (Destailats 2004).

**Tabla 17.** Prueba de Tukey para factor tipo de suelo sobre compactación del suelo.

| Orden de merito | Tipo de suelo  | Compactación del suelo (KPa) | P≤0.05 |
|-----------------|----------------|------------------------------|--------|
| 1               | S1 = Arcilloso | 1766.67                      | a      |
| 2               | S2 = Arenoso   | 1622.81                      | b      |



**Figura 10.** Compactación medida en Kilo Pascal por tipo de tractor y tipo de suelo.

## CONCLUSIONES

1. El menor consumo de combustible fue con la potencia de tractor de 65 HP bajo el tipo de labranza Primaria con 2.98 l/h y de 3.21 l/h en la labranza secundaria, seguido de la potencia de tractor de 75 HP bajo el tipo de labranza Primaria con 3.61 l/h y de 3.77 l/h en la labranza secundaria.
2. El mayor rendimiento en labranza fue con potencia de tractor de 75 HP y de 65 HP en la labranza secundaria con 0.78 ha/h y de 0.73 ha/h respectivamente; seguido de la potencia de tractor de 118 HP y de 98 HP en la labranza primaria con 0.63 ha/h y de 0.58 ha/h.
3. La menor compactación de suelo, fue con la potencia de tractor de 65 HP con 1408.08 KPa, seguido de la potencia de tractor de 75 HP con 1516.90 KPa. El tipo de suelo con menor compactación fue el suelo Franco Arcillo Arenoso con 1622.81 KPa, seguido del tipo de suelo Franco Arcilloso con 1766.67 KPa.

## RECOMENDACIONES

1. Por los resultados obtenidos se recomienda la utilización del tractor 75 HP para los suelos con características Franco Arcillosos, por su mejor rendimiento promedio en labranza y menor compactación de suelos del CIP-ILLPA.
2. Se recomienda probar los tractores en distintos tamaños de terrenos que asemejen la demanda del pequeño agricultor menos de 01 ha y terrenos irregulares.
3. Evaluar la calidad del trabajo que brindan las maquinarias (tractores), con sus respectivos implementos rastras y arados como: profundidad, desterronamiento, porosidad y que sean compatibles con el medio ambiente.

## REFERENCIAS

- Alvarado, A. (2004). *Maquinaria y Mecanización Agrícola*. 1. ed. Editorial Universidad a distancia San José. Costa Rica. 565: 665-369 p.
- Arnal, P.V., Laguna, A. (2000). *Tractores y Motores Agrícolas*. 3° edición, Ediciones Mundi-Prensa, Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 549p.
- Bautista, J. (2002). *Maquinaria agrícola, indicadores para la administración de la maquinaria*. Separatas del curso de mecanización. Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, Perú. 15 p.
- Berlijn, J. (1978). *Tractores Agrícolas*. 1 ed. Editorial Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria.
- Cadena, M. (2004) *Desempeño de Implementos de Labranza en Términos de Consumo de Energía y Calidad de Trabajo*. Revista Agraria -Nueva Epoca- Año I · Vol. 1 · No 3 · Septiembre - Diciembre 2004
- Dávila, R. (2002). *Administración y planificación de maquinaria agrícola*. 3. ed. Editorial Universidad central de Venezuela. Caracas. 233: 11-41 p.
- Destailats, E. D. (2004). *Tractores*. Editorial Grupo Guía S.A. Buenos Aires, Argentina. 240p.
- Esquivel, R. (2007). *Maquinaria agrícola*. Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, Perú. 25 p.
- FAO. (1994). *Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas*. Primera edición. Roma. 272 p.
- FAO. (1992). *Manual de sistemas de labranza para América Latina*. Primera edición. Roma. 193 p.
- Frank, R. (1977). *Costos de administración de maquinaria agrícola*. 1 ed. E edición universitaria de Buenos Aires. Buenos Aires.

- Jaramillo, D. (1994). *El recurso suelo en Colombia: Distribución y evaluación*. 1. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Editorial ICNE. Medellín. 88 p.
- Gonzalez, R. (2010). *Consumo de combustible de los motores de combustión interna*. Rev. Cie. Téc. Agr. v.19 n.1 San José de las Lajas ene.-mar. 2010
- Hillel, D. (1998). *Environmental soil physics*. Academic Press. 1. ed. Editorial Academic press. U.S.A. 771 p.
- IDAE. (2005). *Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España*. Edición especial. Madrid. 65 p.
- IDAE. (2005). *Ahorro de combustible en tractor agrícola*. Primera edición. Madrid. 35 p.
- Ingaluque, E. (2012). *Informe Memoria 2012 CIP. Illpa*. UNA-PUNO.25 p.
- Machaca, G. (2017), *Comparativo de dos tipos de tractores agrícolas en el laboreo en el C.I.P. ILLPA*. Universidad Nacional del Altiplano. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Puno-Perú. 87 p.
- MINAG. (2010). *Gestión, mantenimiento y operación de maquinaria en municipalidades*. MINAG-PUNO. 24 p.
- Murillo, N. (1987). *Tractores y maquinaria agrícola*. 2. ed. Editorial Universidad Estatal a distancia San José. Costa rica. 222: 14-19, 115-136 p.
- Ortiz, J. (2003). *Requerimientos energéticos de la agricultura, Máquinas y Tractores*. 6. ed. Editorial. Mundi-Prensa. España. 525: 69-76, 400-514 p.
- PETRO PERU. (2011). *Informe técnico sobre el Bio diésel, petróleo para motores diesel*. Perú. 5 p.
- Ramos, D. (2008). *Mecanización agrícola, maquinas e implementos*. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, Perú. 34 p.
- Romero, M. (1997). *Determinación de las áreas mecanizables y el costo estimativo de las labores en función del uso y producción anual de la maquinaria en*

*Chatuma- Pomata*. Universidad Nacional del Altiplano. Tesis para optar título de Ingeniero Agrícola. Puno-Perú. 80 p.

Smith, H. (1979). *Maquinaria y equipo agrícola*. 1ed. Editorial OMEGA .Barcelona.572 p.

Vazquez, H. (2012). *Análisis de la productividad y el consumo de combustible en conjuntos de labranza en un fluvisol para el cultivo de la yuca*. (Manihot esculenta, Crantz)

Velasquez, R. (2008). *Experimentación agrícola*. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, Perú. 180 p.

Yanqui, I. (1999). *Determinación del costo operativo de tractores SHANGHAI-504 en la labor de labranza en el altiplano*. Universidad Nacional del Altiplano. Tesis para optar título de Ingeniero Agrícola. Puno-Perú. 64 p.

Zaira, J. (2007). *Compactación de suelos inducida por el uso de maquinaria agrícola en el Centro de Investigación y Producción Illpa*. Universidad Nacional del Altiplano. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Puno-Peru. 96 p.

ANEXOS

**Tabla 18.** Datos de evaluación consumo de combustible en labranza primaria en dos tipos de suelo.

| MUESTRA                         | Potencia del tractor |    | Densidad del Combustible |       | Tiempo de trabajo |      | SUELO ARCILLOSO |        | SUELO ARENOSO |          |      |        |        |          |
|---------------------------------|----------------------|----|--------------------------|-------|-------------------|------|-----------------|--------|---------------|----------|------|--------|--------|----------|
|                                 | HP                   | KW | CV                       | gr/cc | min.              | seg. | cc              | I/h    | Gl/h          | gr./Kw.h | Cc   | I/h    | Gl/h   | gr./Kw.h |
| COD                             | HP                   | KW | CV                       | gr/cc | min.              | seg. | cc              | I/h    | Gl/h          | gr./Kw.h | Cc   | I/h    | Gl/h   | gr./Kw.h |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>1</sub> | 65                   | 48 | 66                       | 0.858 | 10                | 600  | 490             | 2.9400 | 0.7768        | 52.0214  | 490  | 2.9400 | 0.7768 | 52.0214  |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>1</sub> | 65                   | 48 | 66                       | 0.858 | 10                | 600  | 470             | 2.8200 | 0.7450        | 49.8981  | 480  | 2.8800 | 0.7609 | 50.9598  |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>1</sub> | 65                   | 48 | 66                       | 0.858 | 10                | 600  | 469             | 2.8140 | 0.7435        | 49.7920  | 490  | 2.9400 | 0.7768 | 52.0214  |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>2</sub> | 75                   | 56 | 76                       | 0.858 | 10                | 600  | 597             | 3.5820 | 0.9464        | 54.9304  | 600  | 3.6000 | 0.9511 | 55.2064  |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>2</sub> | 75                   | 56 | 76                       | 0.858 | 10                | 600  | 599             | 3.5940 | 0.9495        | 55.1144  | 610  | 3.6600 | 0.9670 | 56.1265  |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>2</sub> | 75                   | 56 | 76                       | 0.858 | 10                | 600  | 598             | 3.5880 | 0.9480        | 55.0224  | 605  | 3.6300 | 0.9590 | 55.6665  |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>3</sub> | 98                   | 73 | 99                       | 0.858 | 10                | 600  | 891             | 5.3475 | 1.4128        | 62.7582  | 895  | 5.3700 | 1.4188 | 63.0227  |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>3</sub> | 98                   | 73 | 99                       | 0.858 | 10                | 600  | 883             | 5.2960 | 1.3992        | 62.1545  | 890  | 5.3400 | 1.4108 | 62.6706  |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>3</sub> | 98                   | 73 | 99                       | 0.858 | 10                | 600  | 890             | 5.3417 | 1.4113        | 62.6902  | 890  | 5.3417 | 1.4113 | 62.6902  |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>4</sub> | 118                  | 88 | 120                      | 0.858 | 10                | 600  | 1530            | 9.1800 | 2.4254        | 89.4765  | 1535 | 9.2100 | 2.4333 | 89.7689  |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>4</sub> | 118                  | 88 | 120                      | 0.858 | 10                | 600  | 1580            | 9.4800 | 2.5046        | 92.4006  | 1600 | 9.6000 | 2.5363 | 93.5702  |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>4</sub> | 118                  | 88 | 120                      | 0.858 | 10                | 600  | 1610            | 9.6600 | 2.5522        | 94.1550  | 1605 | 9.6300 | 2.5443 | 93.8626  |

**Tabla 19.** Datos de evaluación consumo de combustible en labranza secundaria en dos tipos de suelo.

| MUESTRA                         | Potencia del tractor | Densidad del Combustible | Tiempo de trabajo | SUELO ARCILLOSO        |                        | SUELO ARENOSO          |                        |         |          |          |      |          |        |          |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|----------|----------|------|----------|--------|----------|
|                                 |                      |                          |                   | Combusti-ble consumido | Cobusti-ble consumi do | Combusti-ble consumido | Cobusti-ble consumi do |         |          |          |      |          |        |          |
| COD                             | HP                   | KW                       | CV                | gr/cc                  | mi                     | seg.                   | I/h                    | Gl/h    | gr./Kw.h | I/h      | Gl/h | gr./Kw.h |        |          |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>1</sub> | 65                   | 48                       | 66                | 0.858                  | 10                     | 600                    | 510                    | 3.0600  | 0.8085   | 54.1448  | 530  | 3.1800   | 0.8402 | 56.2681  |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>1</sub> | 65                   | 48                       | 66                | 0.858                  | 10                     | 600                    | 525                    | 3.1500  | 0.8322   | 55.7373  | 525  | 3.1500   | 0.8322 | 55.7373  |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>1</sub> | 65                   | 48                       | 66                | 0.858                  | 10                     | 600                    | 560                    | 3.3600  | 0.8877   | 59.4531  | 560  | 3.3600   | 0.8877 | 59.4531  |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>2</sub> | 75                   | 56                       | 76                | 0.858                  | 10                     | 600                    | 640                    | 3.8400  | 1.0145   | 58.8869  | 610  | 3.6600   | 0.9670 | 56.1265  |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>2</sub> | 75                   | 56                       | 76                | 0.858                  | 10                     | 600                    | 650                    | 3.9000  | 1.0304   | 59.8070  | 620  | 3.7200   | 0.9828 | 57.0466  |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>2</sub> | 75                   | 56                       | 76                | 0.858                  | 10                     | 600                    | 636                    | 3.8160  | 1.0082   | 58.5188  | 615  | 3.6900   | 0.9749 | 56.5866  |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>3</sub> | 98                   | 73                       | 99                | 0.858                  | 10                     | 600                    | 910                    | 5.4600  | 1.4425   | 64.0789  | 910  | 5.4600   | 1.4425 | 64.0789  |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>3</sub> | 98                   | 73                       | 99                | 0.858                  | 10                     | 600                    | 900                    | 5.4000  | 1.4267   | 63.3747  | 900  | 5.4000   | 1.4267 | 63.3747  |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>3</sub> | 98                   | 73                       | 99                | 0.858                  | 10                     | 600                    | 890                    | 5.3400  | 1.4108   | 62.6706  | 910  | 5.4600   | 1.4425 | 64.0789  |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>4</sub> | 118                  | 88                       | 120               | 0.858                  | 10                     | 600                    | 1800                   | 10.8000 | 2.8534   | 105.2665 | 1900 | 11.4000  | 3.0119 | 111.1146 |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>4</sub> | 118                  | 88                       | 120               | 0.858                  | 10                     | 600                    | 2000                   | 12.0000 | 3.1704   | 116.9628 | 1890 | 11.3400  | 2.9960 | 110.5298 |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>4</sub> | 118                  | 88                       | 120               | 0.858                  | 10                     | 600                    | 1970                   | 11.8200 | 3.1229   | 115.2083 | 1910 | 11.4600  | 3.0277 | 111.6995 |

**Tabla 20. Rendimiento en labranza primaria con arado de disco suelo arcilloso.**

| Muestra                         | Implemento (Arado de discos) | Ancho de corte de disco | Ancho de trabajo | Longitud de Tramo | Tiempo de Trabajo | Velocidad de trabajo | Velocidad de trabajo | Tiempo perdido en vueltas | Rendimiento Teórico | Número de virajes | Perdida en virajes | Rendimiento Real | Eficiencia de Trabajo |       |    |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-----------------------|-------|----|
| COD                             | N° de Discos                 | cm                      | m                | m                 | s                 | m/s                  | km/h                 | s                         | m <sup>2</sup> /s   | h/ha (veces/ha)   | s/ha               | h/ha             | ha/h                  | %     |    |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>1</sub> | 3                            | 30                      | 0.9              | 50                | 64.0000           | 0.8475               | 3.0508               | 18                        | 0.7627              | 3.6420            | 2000               | 0.5556           | 4.198                 | 0.238 | 87 |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>1</sub> | 3                            | 30                      | 0.9              | 50                | 66.0000           | 0.8292               | 2.9851               | 19                        | 0.7463              | 3.7222            | 2111               | 0.5864           | 4.309                 | 0.232 | 86 |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>1</sub> | 3                            | 30                      | 0.9              | 50                | 67.0000           | 0.8621               | 3.1034               | 19                        | 0.7759              | 3.5802            | 2111               | 0.5864           | 4.167                 | 0.240 | 86 |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>2</sub> | 3                            | 30                      | 0.9              | 50                | 59.0000           | 0.7813               | 2.8125               | 20                        | 0.7031              | 3.9506            | 2222               | 0.6173           | 4.568                 | 0.219 | 86 |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>2</sub> | 3                            | 30                      | 0.9              | 50                | 60.3000           | 0.7576               | 2.7273               | 19                        | 0.6818              | 4.0741            | 2111               | 0.5864           | 4.660                 | 0.215 | 87 |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>2</sub> | 3                            | 30                      | 0.9              | 50                | 58.0000           | 0.7463               | 2.6866               | 18                        | 0.6716              | 4.1358            | 2000               | 0.5556           | 4.691                 | 0.213 | 88 |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>3</sub> | 4                            | 30                      | 1.2              | 50                | 59.1200           | 0.8457               | 3.0447               | 24                        | 1.0149              | 2.7370            | 2000               | 0.5556           | 3.293                 | 0.304 | 83 |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>3</sub> | 4                            | 30                      | 1.2              | 50                | 60.0000           | 0.8333               | 3.0000               | 23                        | 1.0000              | 2.7778            | 1917               | 0.5324           | 3.310                 | 0.302 | 84 |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>3</sub> | 4                            | 30                      | 1.2              | 50                | 54.0000           | 0.9259               | 3.3333               | 24                        | 1.1111              | 2.5000            | 2000               | 0.5556           | 3.056                 | 0.327 | 82 |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>4</sub> | 4                            | 30                      | 1.2              | 50                | 56.2800           | 0.8884               | 3.1983               | 31                        | 1.0661              | 2.6056            | 2583               | 0.7176           | 3.323                 | 0.301 | 78 |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>4</sub> | 4                            | 30                      | 1.2              | 50                | 59.0000           | 0.8475               | 3.0508               | 30                        | 1.0169              | 2.7315            | 2500               | 0.6944           | 3.426                 | 0.292 | 80 |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>4</sub> | 4                            | 30                      | 1.2              | 50                | 57.0000           | 0.8772               | 3.1579               | 18                        | 1.0526              | 2.6389            | 1500               | 0.4167           | 3.056                 | 0.327 | 86 |

**Tabla 21.** Rendimiento en labranza primaria con arado de disco suelo arenoso.

| Muestra                         | Implemto (Arado de discos) | Ancho de corte de disco | Ancho de trabajo | Longitud de Tramo | Tiempo de Trabajo | Velocidad de trabajo | Tiempo perdido en vueltas | Rendimiento Teórico | Numer o de virajes | perdida en virajes | Rendimiento Real | Eficiencia de Trabajo |       |    |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|------------------|-----------------------|-------|----|
| COD                             | N° de Discos               | cm                      | m                | m                 | s                 | m/s                  | s                         | m <sup>2</sup> /s   | (veces/ha)         | s/ha               | h/ha             | ha/h                  | %     |    |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>1</sub> | 3                          | 30                      | 0.9              | 50                | 62.0000           | 0.8621               | 19                        | 0.7759              | 111                | 2111               | 0.5864           | 4.167                 | 0.240 | 86 |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>1</sub> | 3                          | 30                      | 0.9              | 50                | 63.0000           | 0.8621               | 18                        | 0.7759              | 111                | 2000               | 0.5556           | 4.136                 | 0.242 | 87 |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>1</sub> | 3                          | 30                      | 0.9              | 50                | 65.0000           | 0.8475               | 19                        | 0.7627              | 111                | 2111               | 0.5864           | 4.228                 | 0.236 | 86 |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>2</sub> | 3                          | 30                      | 0.9              | 50                | 58.0000           | 0.8065               | 20                        | 0.7258              | 111                | 2222               | 0.6173           | 4.444                 | 0.225 | 86 |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>2</sub> | 3                          | 30                      | 0.9              | 50                | 58.0000           | 0.7937               | 20                        | 0.7143              | 111                | 2222               | 0.6173           | 4.506                 | 0.222 | 86 |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>2</sub> | 3                          | 30                      | 0.9              | 50                | 59.0000           | 0.7692               | 18                        | 0.6923              | 111                | 2000               | 0.5556           | 4.568                 | 0.219 | 88 |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>3</sub> | 4                          | 30                      | 1.2              | 50                | 56.2300           | 0.8892               | 23                        | 1.0670              | 83                 | 1917               | 0.5324           | 3.136                 | 0.319 | 83 |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>3</sub> | 4                          | 30                      | 1.2              | 50                | 58.2800           | 0.8579               | 23                        | 1.0295              | 83                 | 1917               | 0.5324           | 3.231                 | 0.310 | 84 |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>3</sub> | 4                          | 30                      | 1.2              | 50                | 57.3500           | 0.8718               | 24                        | 1.0462              | 83                 | 2000               | 0.5556           | 3.211                 | 0.311 | 83 |
| M <sub>1</sub> LPT <sub>4</sub> | 4                          | 30                      | 1.2              | 50                | 57.0000           | 0.8772               | 32                        | 1.0526              | 83                 | 2667               | 0.7407           | 3.380                 | 0.296 | 78 |
| M <sub>2</sub> LPT <sub>4</sub> | 4                          | 30                      | 1.2              | 50                | 56.8000           | 0.8803               | 32                        | 1.0563              | 83                 | 2667               | 0.7407           | 3.370                 | 0.297 | 78 |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>4</sub> | 4                          | 30                      | 1.2              | 50                | 59.0000           | 0.8475               | 34                        | 1.0169              | 83                 | 2833               | 0.7870           | 3.519                 | 0.284 | 78 |
| M <sub>3</sub> LPT <sub>4</sub> | 4                          | 30                      | 1.2              | 50                | 56.3900           | 0.8867               | 35                        | 1.0640              | 83                 | 2917               | 0.8102           | 3.421                 | 0.292 | 76 |

**Tabla 22. Rendimiento en labranza secundaria con rastra de disco suelo arcilloso.**

| Muestra                         | Implemento (Arado de discos) | Ancho de corte de disco | Ancho de trabajo | Longitud de Tramo | Tiempo de Trabajo | Velocidad de trabajo | km/h   | s  | m <sup>2</sup> /s | h/ha   | Número de virajes | perdida en virajes | Rendimiento Real | h/ha   | ha/h  | Efficiencia de Trabajo |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------|----|-------------------|--------|-------------------|--------------------|------------------|--------|-------|------------------------|
| COD                             | Nº de discos                 | cm                      | m                | m                 | s                 | m/s                  | km/h   | s  | m <sup>2</sup> /s | h/ha   | (veces/ha)        | s/ha               | h/ha             | h/ha   | ha/h  | %                      |
| Discos                          |                              |                         |                  |                   |                   |                      |        |    |                   |        |                   |                    |                  |        |       |                        |
| M <sub>1</sub> LST <sub>1</sub> | 24                           | 12                      | 2.88             | 50                | 64.0000           | 0.7813               | 2.8125 | 18 | 2.2500            | 1.2346 | 35                | 625                | 0.1736           | 1.4082 | 0.710 | 88                     |
| M <sub>2</sub> LST <sub>1</sub> | 24                           | 12                      | 2.88             | 50                | 61.3000           | 0.8157               | 2.9364 | 17 | 2.3491            | 1.1825 | 35                | 590                | 0.1640           | 1.3465 | 0.743 | 88                     |
| M <sub>3</sub> LST <sub>1</sub> | 24                           | 12                      | 2.88             | 50                | 62.0000           | 0.8065               | 2.9032 | 19 | 2.3226            | 1.1960 | 35                | 660                | 0.1833           | 1.3792 | 0.725 | 87                     |
| M <sub>1</sub> LST <sub>2</sub> | 24                           | 12                      | 2.88             | 50                | 58.0000           | 0.8621               | 3.1034 | 19 | 2.4828            | 1.1188 | 35                | 660                | 0.1833           | 1.3021 | 0.768 | 86                     |
| M <sub>2</sub> LST <sub>2</sub> | 24                           | 12                      | 2.88             | 50                | 56.9000           | 0.8787               | 3.1634 | 19 | 2.5308            | 1.0976 | 35                | 660                | 0.1833           | 1.2809 | 0.781 | 86                     |
| M <sub>3</sub> LST <sub>2</sub> | 24                           | 12                      | 2.88             | 50                | 57.0000           | 0.8772               | 3.1579 | 18 | 2.5263            | 1.0995 | 35                | 625                | 0.1736           | 1.2731 | 0.785 | 86                     |
| M <sub>1</sub> LST <sub>3</sub> | 20                           | 12                      | 2.4              | 50                | 52.5000           | 0.9524               | 3.4286 | 30 | 2.2857            | 1.2153 | 42                | 1250               | 0.3472           | 1.5625 | 0.640 | 78                     |
| M <sub>2</sub> LST <sub>3</sub> | 20                           | 12                      | 2.4              | 50                | 53.2400           | 0.9391               | 3.3809 | 31 | 2.2539            | 1.2324 | 42                | 1292               | 0.3588           | 1.5912 | 0.628 | 77                     |
| M <sub>3</sub> LST <sub>3</sub> | 20                           | 12                      | 2.4              | 50                | 54.0000           | 0.9259               | 3.3333 | 30 | 2.2222            | 1.2500 | 42                | 1250               | 0.3472           | 1.5972 | 0.626 | 78                     |
| M <sub>1</sub> LST <sub>4</sub> | 20                           | 12                      | 2.4              | 50                | 56.2800           | 0.8884               | 3.1983 | 32 | 2.1322            | 1.3028 | 42                | 1333               | 0.3704           | 1.6731 | 0.598 | 78                     |
| M <sub>2</sub> LST <sub>4</sub> | 20                           | 12                      | 2.4              | 50                | 59.2300           | 0.8442               | 3.0390 | 32 | 2.0260            | 1.3711 | 42                | 1333               | 0.3704           | 1.7414 | 0.574 | 79                     |
| M <sub>3</sub> LST <sub>4</sub> | 20                           | 12                      | 2.4              | 50                | 58.0000           | 0.8621               | 3.1034 | 34 | 2.0690            | 1.3426 | 42                | 1417               | 0.3935           | 1.7361 | 0.576 | 77                     |

**Tabla 23.** Rendimiento en labranza secundaria con rastra de disco suelo arenoso.

| Muestra                         | Implem<br>ento<br>(Arado<br>de<br>discos) | Anch<br>o de<br>corte<br>de<br>disco | Ancho<br>de<br>trabajo | Longitu<br>d de<br>Tramo | Tiempo de<br>Trabajo | Velocidad de<br>trabajo | Tiempo<br>o<br>perdida<br>o en<br>vueltas | Rendimiento<br>Teórico | Numer<br>o de<br>virajes | perdida en<br>virajes | Rendimiento<br>Real | Eficiencia<br>de<br>Trabajo |
|---------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|---|------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|
| COD                             | N° de<br>Discos                           | cm                                   | m                      | m                        | s                    | m/s                     | s   | m <sup>2</sup> /s      | (veces/<br>ha)           | s/ha                  | h/ha                | %                           |
| M <sub>1</sub> LST <sub>1</sub> | 24  | 12                                   | 2.88                   | 50                       | 62.0000              | 0.8065                  | 19  | 2.3226                 | 35                       | 660                   | 1.3792              | 87                          |
| M <sub>2</sub> LST <sub>1</sub> | 24  | 12                                   | 2.88                   | 50                       | 63.5000              | 0.7874                  | 17  | 2.2677                 | 35                       | 590                   | 1.3889              | 88                          |
| M <sub>3</sub> LST <sub>1</sub> | 24  | 12                                   | 2.88                   | 50                       | 62.0000              | 0.8065                  | 19  | 2.3226                 | 35                       | 660                   | 1.3792              | 87                          |
| M <sub>1</sub> LST <sub>2</sub> | 24  | 12                                   | 2.88                   | 50                       | 57.0000              | 0.8772                  | 20  | 2.5263                 | 35                       | 694                   | 1.2924              | 85                          |
| M <sub>2</sub> LST <sub>2</sub> | 24  | 12                                   | 2.88                   | 50                       | 57.7000              | 0.8666                  | 19  | 2.4957                 | 35                       | 660                   | 1.2963              | 86                          |
| M <sub>3</sub> LST <sub>2</sub> | 24  | 12                                   | 2.88                   | 50                       | 57.0000              | 0.8772                  | 18  | 2.5263                 | 35                       | 625                   | 1.2731              | 86                          |
| M <sub>1</sub> LST <sub>3</sub> | 20  | 12                                   | 2.4                    | 50                       | 52.5000              | 0.9524                  | 32  | 2.2857                 | 42                       | 1333                  | 1.5856              | 77                          |
| M <sub>2</sub> LST <sub>3</sub> | 20  | 12                                   | 2.4                    | 50                       | 52.3000              | 0.9560                  | 31  | 2.2945                 | 42                       | 1292                  | 1.5694              | 77                          |
| M <sub>3</sub> LST <sub>3</sub> | 20  | 12                                   | 2.4                    | 50                       | 53.3500              | 0.9372                  | 30  | 2.2493                 | 42                       | 1250                  | 1.5822              | 78                          |
| M <sub>1</sub> LST <sub>4</sub> | 20  | 12                                   | 2.4                    | 50                       | 55.6000              | 0.8993                  | 33  | 2.1583                 | 42                       | 1375                  | 1.6690              | 77                          |
| M <sub>2</sub> LST <sub>4</sub> | 20  | 12                                   | 2.4                    | 50                       | 58.8000              | 0.8503                  | 32  | 2.0408                 | 42                       | 1333                  | 1.7315              | 79                          |
| M <sub>3</sub> LST <sub>4</sub> | 20  | 12                                   | 2.4                    | 50                       | 57.9000              | 0.8636                  | 35  | 2.0725                 | 42                       | 1458                  | 1.7454              | 77                          |

**Tabla 24.** Compactación en KPa de los 4 tractores suelo arcilloso.

| Rep.           | T1       | T2       | T3       | T4       |
|----------------|----------|----------|----------|----------|
| 1              | 1500.00  | 1588.09  | 1758.24  | 2098.55  |
| 2              | 1589.00  | 1443.72  | 1830.00  | 2280.00  |
| 3              | 1469.50  | 1645.84  | 1822.18  | 2174.86  |
| Total (KP)     | 1519.50  | 1559.21  | 1726.27  | 2060.39  |
| Prom. (Kg/cm2) | 1519.499 | 1559.214 | 1803.472 | 2184.467 |

**Tabla 25.** Compactación en KPa de los 4 tractores suelo arenoso.

| Rep.           | T1       | T2       | T3       | T4       |
|----------------|----------|----------|----------|----------|
| 1              | 1300.00  | 1450.00  | 1670.00  | 1980.00  |
| 2              | 1280.00  | 1443.72  | 1780.00  | 2010.00  |
| 3              | 1310.00  | 1530.00  | 1730.00  | 1990.00  |
| Total (KP)     | 1296.67  | 1559.21  | 1726.27  | 2060.39  |
| Prom. (Kg/cm2) | 1296.667 | 1474.572 | 1726.667 | 1993.333 |

**PANEL FOTOGRÁFICO**



**Figura 11.** Área de terreno para la investigación.



**Figura 12.** Medición del área experimental.



**Figura 13.** Marcado del área experimental .



**Figura 14.** Delimitación de parcelas con yeso.



**Figura 15.** Tractor de 75 HP con arado.



**Figura 16.** Tractor de 98 HP con arado.



**Figura 17.** Tractor de 98 HP con rastra.



**Figura 18.** Medida del combustible consumido al tractor de 98 HP con rastra.



**Figura 19.** Medición de área de trabajo realizado por el tractor de 98 HP con rastra.



**Figura 20.** Echado de combustible al tractor de 98 HP con arado.



**Figura 21.** Medición de área de trabajo realizado por el tractor de 98 HP con arado.



**Figura 22,** Tractores de 75 HP (izq.) y 65 HP (Der).



**Figura 23,** Tractores de 118 HP .



MINISTERIO DE AGRICULTURA  
 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA  
 LABORATORIO DE ANALISIS  
 ESTACION EXPERIMENTAL ILIPA - PUNO  
 ANEXO SALCEDO  
 Ofic. Principal: Av. La Molina 1981 - La Molina Lima



**CERTIFICADO EN ANALISIS**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| SOLICITANTE             | : Justo Huascope Huanca.                             |
| INTERESADO              | : Justo Huascope Huanca.                             |
| DIRECCION               | : Prolong. Chejoña S/N° Puno.                        |
| PROCEDENCIA             | : CIP Ilipa -UNA-Puno.                               |
| PRODUCTO                | : Suelos.  |
| TIPO DE ANALISIS        | : H°, Densidad Aparente, Color, Estructura, Textura. |
| PROFUNDIDAD DE MUESTREO | : 0.30 Cm.   |
| N° DE ANALISIS          | : 01.  |
| FECHA DE RECEPCION      | : 11 de Enero del 2018.                              |
| FECHA DE CERTIFICACION  | : 26 de Febrero del 2018.                            |

| Determinaciones         | Parcela Bombachupa   |
|-------------------------|----------------------|
| Humedad %               | 13,71                |
| Densidad Aparente gr/cc | 1,44                 |
| Estructura              | Granular             |
| Color                   | 10Y/R 5/2 Pardo Gris |

| CLAVE      | ANALISIS |         |      | MECANICO               |
|------------|----------|---------|------|------------------------|
|            | Arena    | Arcilla | Limo | Textura                |
|            | %        | %       | %    |                        |
| BombaChupa | 52       | 33      | 15   | Franco Arcillo Arenoso |

**Referencias:**

Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. (Sexta reimpresión Octubre 1988) 195p.

**Conclusiones:**

Las muestras analizadas de Suelos CUMPLEN con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA  
 ESTACION EXPERIMENTAL ILIPA - PUNO  
 Ing° JORGE CANHUA ROJAS  
 Jefe Laboratorio Analisis  
 SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n  
 Puno, Puno, Perú  
 T: (051) 363.812 RPM #090829

**Figura 22.** Certificado de análisis de suelo.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA**  
**LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS**



**ANALISIS FISICO DE SUELOS**

NOMBRE : Fidel Nixon Mamani Quispe  
 PROCEDENCIA : CIP ILLPA UNA -PUNO  
 FECHA RECEPCION : 15/06/2012  
 LABORATORIO : Agua y Suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias UNA- Puno

| # ORD | CLAVE DE CAMPO | ANALISIS MECANICO |           |        | CLASE TEXTURAL   |
|-------|----------------|-------------------|-----------|--------|------------------|
|       |                | ARENA %           | ARCILLA % | LIMO % |                  |
| 01    | S1             | 39.60             | 35.10     | 25.30  | Franco Arcilloso |
| 02    | S2             | 39.90             | 36.80     | 29.30  | Franco Arcilloso |

| # ORD | CLAVE DE CAMPO | DENSIDAD APARENTE g/cm3 | CONTENIDO DE HUMEDAD % | FIRMEZA Kpa |
|-------|----------------|-------------------------|------------------------|-------------|
| 01    | S1             | 1.44                    | 18.18                  | 4.74        |
| 02    | S2             | 1.54                    | 17.23                  | 18.41       |

FAr = Franco arcilloso  
 Kpa= Kilopascales  
 S1 = Suelo de rotacion (Callpar)  
 S2 = Suelo de rompe  
 A = Arena  
 Ar = Arcilla  
 L = Limo



Ing. M.Sc. Alberto Herrera Torres  
 Jefe de Laboratorio de Aguas y Suelos

**Figura 23.** Certificado de análisis de suelo.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ



DIRECCION ZONAL DE PUNO

ESTACION: EMA ILLPA / DZ-13      LONG: 15° 41' 23.7"      DPTO.: PUNO  
 PARAMETRO: Precipitación      LAT: 70° 04' 78.9"      PROV.: PUNO  
    acumulada diaria (mm)      ALT: 3827 m.s.n.m.      DIST.: HATUNCOLLA

AÑO 2017

| DIA | OCT | NOV | DIC |
|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 0   | 0   | 0   |
| 2   | 0   | 0   | 0   |
| 3   | 0   | 2   | 2   |
| 4   | 0   | 1   | 0   |
| 5   | 0   | 1   | 1   |
| 6   | 0   | 11  | 0   |
| 7   | 0   | 0   | 1   |
| 8   | 0   | 0   | 6   |
| 9   | 0   | 0   | 1   |
| 10  | 0   | 0   | 0   |
| 11  | 6   | 1   | 0   |
| 12  | 0   | 0   | 0   |
| 13  | 0   | 0   | 0   |
| 14  | 18  | 0   | S/D |
| 15  | 4   | 5   | 0   |
| 16  | 7   | 0   | 0   |
| 17  | 15  | S/D | 5   |
| 18  | 0   | 0   | 1   |
| 19  | 0   | 0   | 0   |
| 20  | 0   | 0   | 7   |
| 21  | 0   | 0   | 4   |
| 22  | 0   | 0   | 4   |
| 23  | 0   | 0   | 0   |
| 24  | 0   | 0   | 0   |
| 25  | 0   | 0   | 0   |
| 26  | 0   | 0   | 3   |
| 27  | S/D | 18  | 1   |
| 28  | 0   | 4   | 1   |
| 29  | 0   | 0   | 13  |
| 30  | 0   | 0   | 3   |
| 31  | 0   |     | 2   |

S/D = Sin Dato

Información preparada para: JUSTO HUASCUPE HUANCA

Factura: E001-3380

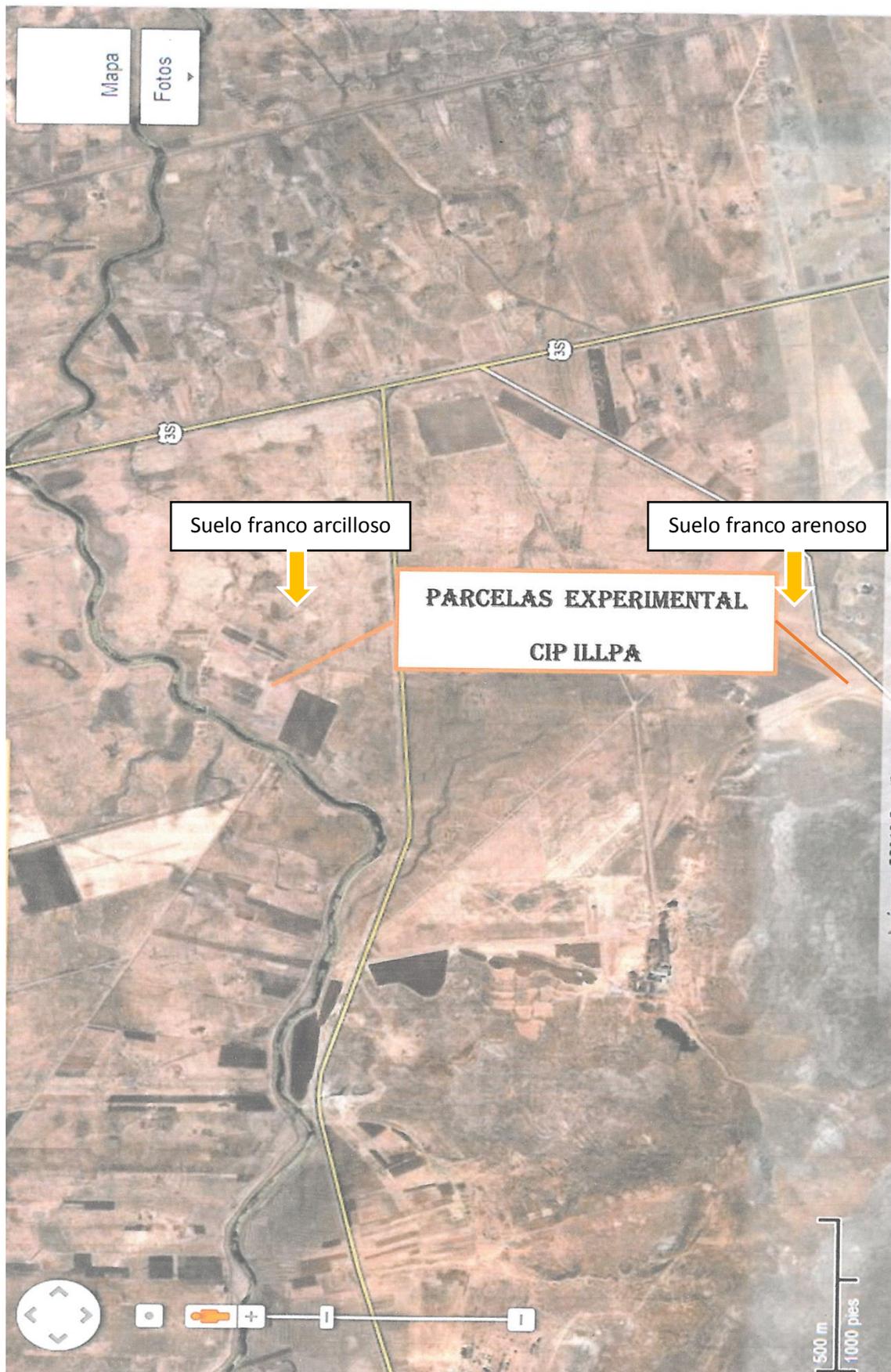
Puno. 28/03/2018

Ing. Sixto Flores Sancho  
 DIRECTOR ZONAL 13  
 SENAMHI - PUNO

Ing. Alberto Vilca Charaña  
 INGENIERO ELECTRONICO  
 CIP 123992

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

Figura 24. Información registrada sobre precipitación pluvial (mm).



**Figura 25.**Ubicación satelital del campo Experimental.