

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA**



**DIMENSIONAMIENTO DEL PARQUE DE MAQUINARIA
AGRÍCOLA PARA LA LABRANZA CONVENCIONAL, EN LA
PROVINCIA DE HUARI, AÑO 2021**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado Por:

Bach. JARA MOGOLLON Miguel Ángel

Asesor

Dr. NARVAEZ SOTO José Alejandro

Huaraz, Perú

2023





UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias de Ingeniería Agrícola **MIGUEL ANGEL JARA MOGOLLON**, denominada: "**DIMENSIONAMIENTO DEL PARQUE DE MAQUINARIA AGRICOLA PARA LA LABRANZA CONVENCIONAL EN LA PROVINCIA DE HUARI, AÑO 2021**", Escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADA

CON EL CALIFICATIVO (*)

QUINCE (15)

En consecuencia, queda en condición de ser calificada APTO por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de INGENIERO AGRÍCOLA, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 16 de marzo 2023.

Ph.D. LORENZO MOISES AYORA GARGATE

PRESIDENTE

Mag. CESAR AGUSTO LLANA YUFRA

SECRETARIO

Mag. JAVIER ALBERTO COTOS VERA

VOCAL

Dr. JOSE ALEJANDRO NARVAEZ SOTO

ASESOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: APROBADO CON EXCELENCIA (19 - 20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17 - 18), APROBADO (14 - 16), DESAPROBADO (00 - 13).



NOMBRE DEL TRABAJO

JARA_TESIS_23.docx

RECUENTO DE PALABRAS

32376 Words

RECUENTO DE PÁGINAS

125 Pages

FECHA DE ENTREGA

Jun 15, 2023 12:17 PM GMT-5

RECUENTO DE CARACTERES

170581 Characters

TAMAÑO DEL ARCHIVO

10.4MB

FECHA DEL INFORME

Jun 15, 2023 12:21 PM GMT-5**● 8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Fuentes excluidas manualmente
- Bloques de texto excluidos manualmente

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	i
ÍNDICE DE TABLAS	iv
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes del tema en investigación.....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	8
2.1.3. Antecedentes regionales	11
2.2. Planteamiento del problema de investigación.....	13
2.2.1. Justificación de la investigación.	13
2.2.2. Importancia del problema de investigación	17
2.2.3. Viabilidad técnica y económica de la investigación.....	17
2.2.4. Limitaciones de la investigación.....	18
2.3. Definición del problema de investigación.....	18
2.3.1. Problema general.....	18
2.3.2. Problemas específicos.....	18
2.4. Marco conceptual	19
2.4.1. Dimensionar un parque de maquinaria agrícola.....	19
2.4.2. Tractores agrícolas	21
2.4.3. Labranza convencional	23
2.4.4. Capacidad de trabajo.....	26
2.4.4.1. Capacidad teórica.....	27
2.4.5. Costos de operación.....	28
2.4.6. La agricultura en Huari.....	41
2.4.7. Fundamentación teórica de la metodología	51
2.5. Definición de términos	54
2.5.1. Índice de mecanización	54
2.5.2. Labranza	54
2.5.3. Primera aradura.....	54
2.5.4. Segunda aradura.	54
2.5.5. Potencia disponible.....	54
2.5.6. Labranza primaria.....	54
2.5.7. Labranza secundaria.....	55



2.5.8.	Labranza convencional	55
2.5.9.	Parque de maquinaria Agrícola	55
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	56
3.1.	Materiales.....	56
3.1.1.	Información primaria	56
3.1.2.	Información secundaria.....	59
3.2.	Metodología	59
3.2.1.	Determinación de los costos de operación.....	59
3.2.2.	Determinación del tiempo anual, de máquinas e implementos agrícolas.....	62
3.2.2.1.	Determinación del tiempo de uso de los implementos agrícolas (Ti).....	62
3.2.2.2.	Determinación del tiempo de uso de los tractores (Tt)	63
3.2.3.	Costo de oportunidad.....	65
3.2.4.	Optimización del ancho de trabajo y de la potencia	68
3.2.4.1.	Optimización del ancho de trabajo de implementos agrícolas.	68
3.2.4.2.	Optimización de la potencia de máquinas agrícolas.	71
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	77
4.1.	Áreas agrícolas con potencial para mecanización agrícola.	77
4.2.	Determinación del tiempo disponible.	78
4.3.	Ancho óptimo de trabajo	78
4.4.	Potencia óptima a la barra de tiro y la potencia efectiva.....	83
4.5.	Índice de mecanización agrícola	88
4.6.	Discusión	88
4.6.1.	Áreas agrícolas con potencial para mecanización agrícola	88
4.6.2.	Costos de operación de máquinas e implementos agrícolas	89
4.6.2.1.	Costos fijos anuales para implementos agrícolas	90
4.6.2.2.	Costos fijos anuales para tractores.	91
4.6.2.3.	Costo de oportunidad.....	91
4.6.3.	Determinación del ancho óptimo de trabajo.....	93
4.6.3.1.	Para la primera aradura: ancho óptimo de arado de discos	93
4.6.3.2.	Para la segunda aradura: ancho óptimo de rastra de discos.....	93
4.6.4.	Determinación de la potencia óptima a la barra de tiro	94
4.6.4.1.	Potencia óptima a la barra de tiro para la primera aradura	94
4.6.4.2.	Potencia óptima a la barra de tiro para la segunda aradura	94
4.6.5.	Determinación del Índice de Mecanización Agrícola (IMA)	95
V.	CONCLUSIONES.....	96
VI.	RECOMENDACIONES.....	98
VII.	REFRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Superficie agrícola y no agrícola en Has, por distritos de la provincia de Huari ..	42
Tabla 2: Superficie agropecuaria, agrícola y pecuaria en Has, por distritos de la provincia de Huari	43
Tabla 3: Superficie total desagregada en superficie agrícola y no agrícola en Has, según fuentes de información primaria y secundaria, por distritos de la provincia de Huari.....	44
Tabla 4: Superficie total desagregada en superficie agrícola y no agrícola en Has, por distritos de la provincia de Huari.....	45
Tabla 5: Superficie agrícola total desagregada en superficie agrícola con pendiente igual o menor al 20% y con pendiente mayor al 20%	46
Tabla 6: Cultivos por superficie, en hectáreas por distritos de la provincia de Huari.....	47
Tabla 7: Cultivos que cubren el 89% de la superficie agrícola en la provincia de Huari....	48
Tabla 8: Superficie agrícola con cobertura al 97.91% y corregida al 100%, según cultivos de la provincia de Huari.....	49
Tabla 9: Superficie agrícola con cobertura corregida al 100%, según cultivos de la provincia de Huari	50
Tabla 10: Superficie agrícola por cultivos que, potencialmente podrían utilizar máquinas agrícolas para la ejecución de labores agrícolas, en la provincia de Huari	50
Tabla 11: Vida máxima de las máquinas agrícolas en horas	52
Tabla 12: Coeficientes de valor residual de las máquinas agrícolas, conocida la vida en años y horas	52
Tabla 13: Factor de pérdidas por oportunidad.....	67
Tabla 14: Determinación del porcentaje del tiempo disponible mensual y anual.....	67
Tabla 15: Superficie agrícola total desagregada en superficie agrícola con pendiente igual o menor al 20% y con pendiente mayor al 20%	77
Tabla 16: Determinación del porcentaje del tiempo disponible mensual y anual.....	78
Tabla 17: Determinación del ancho de trabajo óptimo en metros y el número de implementos para la primera labranza, por distritos y la provincia de Huari.....	81
Tabla 18: Determinación del ancho de trabajo óptimo en metros y el número de implementos para la segunda labranza, por distritos y la provincia de Huari.....	82

Tabla 19: Determinación de la potencia óptima a la barra de tiro y la potencia efectiva, en Kw y el número de tractores para la labranza primaria, por distritos y la provincia de Huari	86
Tabla 20: Determinación de la potencia óptima a la barra de tiro y la potencia efectiva, en Kw y el número de tractores para la labranza secundaria, por distritos y la provincia de Huari	87
Tabla 21: Determinación del índice de mecanización agrícola para la provincia de Huari	88



DEDICATORIA

A mis padres, VICTORIA y SABINO,
quienes con su esfuerzo y cariño
estuvieron en todo el proceso de mi
formación profesional, gracias por ser
parte de la realización de mis sueños.

A mis hermanos, JHON PERCY,
MARY, EVER, YOWEL, RICHER y
THALIA, gracias por el apoyo incondicional para
forjar todo el camino de mi formación.



AGRADECIMIENTO

Al patrocinador Dr. Narvaez Soto José Alejandro,
por guiarme con su asesoría, el aporte de su
conocimiento y experiencia para elaborar esta tesis,
así mismo su tiempo y la confianza.

A la facultad de Ciencias Agrarias, la escuela profesional
de ingeniería agrícola y sus docentes por la formación
profesional que me brindaron.

A mi alma mater la Universidad Nacional
"Santiago Antúnez de Mayolo"

A mis amigos, compañeros y colegas por su apoyo en
todo el trayecto de elaboración de esta tesis.



RESUMEN

La investigación denominada “Dimensionamiento del parque de maquinaria agrícola para la labranza convencional en la provincia de Huari”, se desarrolló el año 2022 y se utilizó fuentes de información primaria y fuentes de información secundaria. Sobre la base de información cartográfica existente para la provincia de Huari, se determinó 48,864.33 Has para la superficie agrícola, de ellas 7,099.84 Has (14.53%) corresponde a áreas agrícolas con pendiente igual o menor al 20%, áreas agrícolas que potencialmente pueden ser trabajadas haciendo uso de máquinas e implementos agrícolas. Se estimó que el tiempo disponible para la ejecución de labores agrícolas mecanizadas, en promedio durante el año es 67.28%. El ancho de trabajo óptimo total para la primera aradura fue de 112,11 metros, con un ancho de trabajo comercial de 1.50 m para arados de discos, se determinó la necesidad de 75 arados, el ancho de trabajo óptimo total para la segunda aradura fue de 155.09 metros, con un ancho de trabajo comercial de 2.75 m para rastras de discos, se determinó la necesidad de 56 rastras. La potencia óptima total para la primera aradura fue de 2872.44 Kw, con una potencia comercial de 100 Kw, se determinó la necesidad de 29 tractores, la potencia óptima total para la segunda aradura fue de 2294.89 Kw, con una potencia comercial de 100 Kw, se determinó la necesidad de 23 tractores de mediana potencia. El índice de mecanización agrícola estimado para la provincia de Huari fue de 0.73 Kw/Ha.

Palabras clave: Dimensionamiento del parque de maquinaria agrícola, labranza convencional, demanda de potencia de tractores agrícolas, labores mecanizadas

ABSTRACT

The research called "Sizing of the agricultural machinery park for conventional tillage in the province of Huari", was developed in 2022 and primary information sources and secondary information sources were used. Based on existing cartographic information for the province of Huari, 48,864.33 hectares were determined for the agricultural area, of which 7,099.84 hectares (14.53%) correspond to agricultural areas with a slope equal to or less than 20%, agricultural areas that can potentially be worked making use of agricultural machines and implements. It was estimated that the time available for the execution of mechanized agricultural work, on average during the year is 67.28%. The total optimum working width for the first plowing was 112.11 meters, with a commercial working width of 1.50 m for disc plows, the need for 75 plows was determined, the total optimal working width for the second plowing was of 155.09 meters, with a commercial working width of 2.75 m for disc harrows, the need for 56 harrows was determined. The total optimal power for the first drive was 2872.44 Kw, with a commercial power of 100 Kw, the need for 29 tractors was determined, the total optimal power for the second drive was 2294.89 Kw, with a commercial power of 100 Kw, the need for 23 medium power tractors was determined. The estimated agricultural mechanization index for the Huari province was 0.73 Kw/Ha.

Keywords: Dimensioning of the agricultural machinery park, conventional tillage, power demand of agricultural tractors, mechanized work

I. INTRODUCCIÓN

La producción agrícola, como ninguna actividad productiva es dinámica y compleja, dinámica por la variabilidad de los requerimientos ecológicos de los cultivos y compleja por el uso de factores climáticos, físicos, sociales, económicos y ambientales que se utilizan para la producción agrícola, algunos factores como el clima son incontrolables y prácticamente definen los rendimientos de producción de la agricultura. Los rendimientos económicos de la producción agrícola, entendida como lograr buenos niveles de producción agrícola a costo mínimos, obliga a minimizar costos de producción y maximizar la producción agrícola, bajo las mismas consideraciones los administradores de máquinas e implementos agrícolas buscan minimizar los costos de operación de operaciones agrícolas mecanizadas y maximizar los servicios que prestan las máquinas e implementos agrícolas a las operaciones agrícolas mecanizadas y lograr rendimientos económicos favorables por el uso de la energía mecánica en la agricultura. Se estima que los costos del uso de máquinas e implementos agrícolas para la producción agrícola, representa la tercera parte de los costos de producción; es decir de cada tres soles que se invierte en agricultura, un sol corresponde al uso de energía mecánica, esta estructura de costos define costos altos del uso de energía mecánica en la agricultura; por lo tanto, una buena política de gestión de la producción agrícola es la optimización y la eficiencia del uso de la energía mecánica, conceptualmente significa lograr buenos rendimientos de la mano de operación de máquinas agrícolas, del tamaño de los implementos agrícolas y la potencia de los tractores agrícolas; en resumen, se debe lograr un adecuado dimensionamiento de un parque de maquinaria agrícola; en este contexto, la investigación establece el dimensionamiento de tractores, arados y rastras para la ejecución de la labranza convencional en la provincia de Huari. Al respecto Hunt (1988), considera la necesidad de disponer mano de obra calificada para la operación de maquinaria agrícola, la selección del tamaño, referida al tamaño de los implementos agrícolas y la selección de la potencia referida a la potencia requerida a la barra de tiro del tractor y la potencia efectiva; el mismo autor, manifiesta que es completamente factible relacionar los costos anuales de operación de máquinas e implementos agrícolas, con el tamaño de los implementos agrícolas y con la potencia requerida a la barra de tiro de los tractores; es decir que, los costos de operación anual pueden ser expresados como una función del ancho de trabajo de los implementos agrícolas y como una función de la potencia a la barra de tiro del tractor, estas funciones de los costos de operación, así definidas, deben ser derivadas con respecto al ancho de trabajo de los implementos agrícolas y la potencia a la barra de tiro de los tractores

agrícolas, las derivadas obtenidas fueron igualadas a CERO, para determinar el ancho de trabajo óptimo de los implementos agrícolas y la potencia óptima a la barra de tiro de los tractores agrícolas.

Las fuentes de información primaria y secundaria utilizadas en la investigación, básicamente se sustenta en la información cartográfica de la provincia de Huari, el Estudio de Suelos del Callejón de Conchucos del año 1975, esta información referencial ha sido fortalecida con nuevas tecnologías de la información y la comunicación y los reportes del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, se entiende que la caracterización de la producción agrícola y pecuaria de esta fuente de información reportada a nivel distrital, provincial, departamental y nacional, en muchas variables como la cantidad de unidades productoras, la cantidad de agricultores, la superficie agrícola, los cultivos y otras de interés para la investigación, son cifras oficiales, que pueden ser utilizadas en la investigación; aun así, de ser posible y pertinente estas cifras deben ser contrastadas con otras fuentes de información registradas con metodologías y tecnologías actualizadas.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), a través del Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) del año 2012, reporta que: el Perú tiene una superficie agrícola de 7,125,007.51 has, desagregadas en 4,882,319.03 has (6.85%) de tierras de labranza, el departamento de Ancash tiene una superficie agrícola de 439,459.81 has, de ellas corresponde 363,571.36 has (8.27%) de tierras de labranza y la provincia de Huari tiene una superficie agrícola de 22,149.27 has, de ellas corresponde 20,851.65 has de tierras de labranza, cifra que representa el 0.004% de la superficie de labranza nacional y el 4.74% de la superficie de labranza del departamento de Ancash.

La mecanización agrícola, pone a disposición de la agricultura una diversidad de máquinas autopropulsadas, tractores e implementos agrícolas para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, el uso de la energía mecánica en la agricultura ha alcanzado niveles de importancia por su contribución a la oportuna ejecución de labores culturales, la liberación de mano de obra no calificada y el cambio de oportunidades de trabajo, la calidad del trabajo de campo y el incremento en la productividad y producción de la agricultura, el uso de la energía mecánica en la agricultura es muy costosa, genera problemas sociales y ambientales; por estas razones, la administración y gestión de la maquinaria agrícola, debe estar orientada a lograr la eficiencia energética, a través de minimizar los costos de operación, maximizar la calidad de los servicios que oferta la mecanización agrícola para la producción agrícola, optimizar el del ancho de trabajo de los implementos y la potencia a la barra de tiro de los tractores y, proceder a una adecuada

selección del tamaño de los implementos agrícolas y la potencia a la barra de tiro de los tractores agrícolas y, definir el dimensionamiento de un parque de máquinas e implementos agrícolas para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas y mejorar el índice de mecanización agrícola.

Bajo las consideraciones técnicas de la agricultura contextualizada a las características edafológicas, climáticas, sociales, económicas y ambientales del pequeño agricultor, la investigación propuso como problemas de la investigación, objetivos a lograr e hipótesis:

Problema general

¿Qué relaciones se establecen entre la potencia del tractor, el ancho de trabajo de los implementos y los costos de operación del uso de energía de tracción mecánica para dimensionar un parque de maquinaria agrícola para la labranza convencional en la provincia de Huari, departamento de Ancash – 2021?

Problemas específicos

- 1) ¿Cómo estimar la potencia de los tractores para cuantificar el número de tractores para el ámbito del proyecto?
- 2) ¿Cómo estimar el ancho de trabajo de los implementos agrícolas para cuantificar el número de implementos agrícolas para el ámbito del proyecto?
- 3) ¿Cómo estimar las áreas agrícolas bajo riego y en secano que tengan una pendiente menor a 20%?

Objetivo general

Proponer una metodología de cálculo que, permita relacionar los costos de operación de la maquinaria agrícola, con la potencia del tractor y con el ancho de trabajo del implemento, para dimensionar un parque de maquinaria agrícola para la labranza convencional en la provincia de Huari, departamento de Ancash.

Objetivos específicos

- 1) Determinar la demanda del ancho de trabajo de los implementos agrícolas para estimar el número de implementos agrícolas del ámbito del proyecto.
- 2) Cuantificar la demanda de potencia de los tractores para estimar el número de tractores del ámbito del proyecto.
- 3) Estimar las áreas agrícolas que tengan una pendiente menor al 20%?

- 4) Estimar el índice de mecanización agrícola para la provincia de Huari.

Los resultados de la investigación forman parte del informe final de tesis, documento que se desarrolla y presenta en forma sistematizada y de acuerdo al protocolo de redacción del informe final de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, los contenidos hacen referencia a lo siguiente:

Hipótesis general

Relacionando los costos de operación de la maquinaria agrícola, con la potencia del tractor y con el ancho de trabajo del implemento, es posible dimensionar un parque de maquinaria agrícola en la provincia de Huari, departamento de Ancash.

Hipótesis específicas

- 1) A partir de los costos de operación de máquinas agrícolas, se determina la demanda del ancho óptimo de trabajo de los implementos agrícolas para estimar el número de implementos agrícolas del ámbito del proyecto.
- 2) A partir de los costos de operación de máquinas agrícolas, se cuantifica la demanda de potencia de los tractores para estimar el número de tractores del ámbito del proyecto.
- 3) Las áreas agrícolas que tengan una pendiente menor al 20%, son áreas agrícolas que permiten el uso de tracción mecánica.
- 4) Definida la demanda de potencia de tractores agrícolas y las áreas agrícolas con pendientes menores al 20%, se estima el índice de mecanización agrícola para la provincia de Huari.

En resumen, el informe final de la investigación, contiene lo siguiente:

En el Capítulo II, referido al Marco Teórico se presenta una síntesis de los antecedentes de la investigación, se reporta el estado de arte de la investigación en torno al contexto internacional, nacional y regional. Se desarrolla el problema de investigación analizando la justificación, importancia, limitaciones y alcance de la investigación, se hace un análisis del problema de investigación, se define el problema general y los problemas específicos de la investigación y se proponen los objetivos de la investigación, el capítulo se cierra con el desarrollo del marco conceptual de los temas relacionados a la investigación y se hace una propuesta de definición de términos.

El Capítulo III, contiene el procedimiento metodológico de la investigación, se define el diseño de la investigación y hace la propuesta metodológica, sustentada en el fundamento teórico de la investigación, se especifican los problemas de la investigación, los objetivos, las hipótesis de la investigación propuesta.

El Capítulo IV, referido a los resultados y discusión, se hace una propuesta de los resultados de la investigación como respuesta a los problemas de investigación y evidenciar el logro de los objetivos propuestos, información que es contrastada con conceptos cualitativos y cuantitativos desarrollados en el marco teórico de la investigación, con el propósito de reafirmar o contradecir los conceptos analizados en la investigación.

En los capítulos V y VI, se presenta la información relacionada a las conclusiones y recomendaciones que se proponen en la investigación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del tema en investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

En el Departamento de Energía y Mecanización de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción, el año 2004, Reina Castro José Lizardo, desarrolla la tesis titulada: Análisis del parque de Tractores Agrícolas en el Ecuador, en el informe final de la investigación, el autor, en el resumen, presenta la siguiente información:

Los objetivos principales de esta investigación fueron establecer la demanda anual de horas tractor de los sistemas productivos de la agricultura del Ecuador; comparar esta demanda con la capacidad de trabajo del parque actual de tractores y con la potencia total disponible para la agricultura; y analizar los índices de mecanización de la agricultura ecuatoriana. Las principales fuentes de información fueron el III Censo Nacional Agropecuario del año 2000, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Banco Central del Ecuador, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, las Universidades Técnica de Manabí y Nacional de Loja y 18 productores agropecuarios y expertos en mecanización agrícola de las provincias de Pichincha, Cotopaxi y Loja (Sierra) y Guayas, Los Ríos y Manabí (Costa). Se establecieron los sistemas productivos, el área cultivada con los 24 principales cultivos anuales y permanentes, la demanda de las horas tractor de estos sistemas y la potencia humana, animal y motorizada disponible. Los índices de mecanización obtenidos fueron comparados con los niveles recomendados para países en desarrollo y con los existentes en otros países de América Latina. Los resultados mostraron que existen áreas similares, de alrededor de 1,2 millones de hectáreas cada una, con cultivos anuales y permanentes; a lo anterior deben agregarse 3,3 millones de ha de pastos cultivados. Los cultivos anuales tienen una demanda de horas tractor 2,56 veces mayor que los cultivos perennes; los pastos cultivados usan muy pocas horas de tractor (Reina, 2004).

En la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, de la Universidad Politécnica de Valencia, el año 2020, Claramonte Manrique Carlos, desarrolla la tesis titulada: Planteamiento y cálculo del parque de maquinaria necesario para una empresa de gestión de tierras cítricas y estudio de viabilidad económica; en las comarcas de la Plana Alta y Baja, en la provincia de Castellón, documento en el que el autor presenta el siguiente objetivo para la investigación:

El objetivo del presente Trabajo Final de Máster es calcular y plantear la maquinaria necesaria para una empresa de gestión de tierras y estudiar su viabilidad. Para ello se tendrá en cuenta la zona, la comarca de la Plana Alta y Baja de la provincia de Castellón, y el cultivo, en este caso monocultivo cítrico, teniendo en cuenta las diferentes especies y cultivares de la zona, buscando siempre la máxima mecanización posible, con el objetivo de reducir costes y aumentar rendimientos, siguiendo al mismo tiempo planes de cultivo técnicos y adecuados para estas especies. Se estimará la superficie media que puede abarcar la empresa teniendo en cuenta la superficie con posibilidad de arrendamiento de las comarcas (Claramonte, 2020).

En la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, volumen 13, número 3, el año 2022, los autores Hernández Ávila Jesús, Gutiérrez Rodríguez Francisco, Díaz Viquez Antonio, González Huerta Andrés y Serrato Cuevas Rodolfo, publican el artículo titulado: Evaluación del nivel de mecanización tecno-agrícola en seis municipios del valle de Toluca, documento que contiene el siguiente resumen:

Los objetivos fundamentales de esta investigación fueron conocer el estado técnico del parque de tractores y máquinas agrícolas, así como analizar los índices técnico-económicos de este parque en los seis municipios del Estado de México. Se planteó como hipótesis, que algunos índices de mecanización eran parecidos o superiores a los mostrados por la FAO. Para la realización del presente trabajo se hicieron, estudios descriptivos no experimentales, ya que tuvieron como propósito conocer la situación actual de la funcionalidad de las máquinas agrícolas, en seis municipios del Estado de México (Zinacantepec, Toluca, Metepec, Almoloya de Juárez, Rayón y Calimaya). De acuerdo con el análisis y evaluación de dichos resultados, ningún tractor sobrepasa las 450 moto-horas de trabajo al año, además la relación superficie tractor en el municipio de Almoloya de Juárez es de 12.81 ha tractor - 1, siendo la más alta y la menor de 4.44 ha tractor-1 en Toluca-Metepec y lo planteado por la FAO es de 50 ha tractor - 1, lo cual muestra el grado de subutilización. La relación implemento por tractor se considera óptima, ya que la más baja para implementos de preparación primaria de suelos es de 0.98 en Toluca-Metepec y los demás municipios su relación es mayor de 1. En lo referente a la edad de uso de los tractores, 46% de estos se compraron en el lapso de 2007 al 2017 y 11.2% son tractores de la marca Ford, los cuales tienen un promedio de 20 años de uso, considerándose un parque de máquinas agrícolas obsoleto (Hernández, Gutiérrez, Díaz, González y Serrato, 2022).

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la Universidad Nacional de Trujillo, el año 2017, Lujan Cárdenas Eiler Raúl, desarrolla la tesis titulada: Determinación del índice de mecanización y demanda de maquinaria agrícola en los sectores: El Moro, Vichanzo, Mochica Alta y Comache – Región La Libertad, documento que contiene el siguiente propósito:

El trabajo de investigación tuvo como finalidad determinar el índice de mecanización y demanda de maquinaria agrícola en los sectores: El Moro, Vichanzo, Conache y Mochica Alta, del Valle Moche Este trabajo ha sido preparado para incentivar el desarrollo e implementación de máquinas para disposición de los agricultores. Permitiendo asegurar la producción de los cultivos instalados y servir como fuente de información técnica para tomar mejores decisiones sobre la inversión económica en el desarrollo del Valle Moche y la producción. El trabajo de investigación también analizó los datos recopilados en las comisiones de regantes de los sectores en estudio, para ver con qué frecuencia usan máquinas para sus labores agrícolas y que cultivos siembran. Asimismo, determinar el índice de mecanización por cada sector y calcular el número necesario de máquinas para la implementación de un pool de máquinas, con la finalidad de dar alternativas que mejoren el uso equilibrado de los recursos: agua, suelo y planta que nos permitan realizar mejoras en la gestión del manejo del agua (Lujan 2017).

Delgado Mendoza Fernando Álvaro, el año 2016, en la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional del Altiplano, para obtener el título profesional de Ingeniero Agrícola, desarrolla la tesis denominada: Selección y programación de la maquinaria agrícola para el empacado de rastrojo de arroz en el valle de Majes – Arequipa, investigación en la que, el autor presenta:

Los objetivos del proyecto fueron: verificar el índice de mecanización, determinar los costos operativos en las labores agrícolas mecanizadas que sincronicen con el empacado, calcular la biomasa recuperada y no recuperada a través del empacado, determinar el tamaño óptimo del tractor para las labores agrícolas. La metodología utilizada fue a través de encuestas y muestreos en la zona de estudio. Las conclusiones fueron: con respecto al índice de mecanización resulto relativamente alto donde se obtuvo 2.097 CV/Ha, en implementos solo se encontró 05 empacadoras rectangulares. El costo operativo de cada una de las labores fue de 1.68 soles/paca a 2.18 soles/paca. La cantidad de biomasa recuperada es de 14,310,000 kilogramos/año y no recuperada 15,040,000 kilogramos/año. El tamaño óptimo calculado es 74.28 CV (Delgado 2016).

La Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria la Molina, el año 2017, otorga el título de Ingeniero Agrícola al Señor Navarro Garay Fermín Hugo, quien desarrolló la investigación titulada: Comparación de costos de producción empleando dos sembradoras de precisión en agricultura de conservación VS agricultura convencional, estudio en el que presenta el resumen:

La investigación tuvo como propósito principal la de comparar los costos que ocasiona la Agricultura Convencional frente a la Agricultura de Conservación, para lo cual se construyó y probó dos máquinas sembradoras-fertilizadoras de granos, siendo una de ellas acondicionada para siembra directa, adicionándole un disco delantero para el desarrollo de las pruebas de campo. Después de realizar las correcciones del dosificador de semilla, la inclusión de rayadores en la parte delantera y el cambio de material de los conductores de semilla, se procedió a la siembra de maíz, dando como resultados una buena siembra. La siembra resultó en un aumento en los rendimientos de cultivos por el ahorro en horas hombre y horas máquina, lo cual incide en los costos de siembra en relación a la siembra tradicional. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: La sembradora de origen americano, fue la que arrojó las mayores producciones, tanto en Agricultura Convencional como en Agricultura de Conservación. Bajo el primer sistema se obtuvo un valor bruto de 53.15 Tn/Ha, generando un ingreso neto de S/. 98.20, mientras que en Agricultura de Conservación se obtuvo 43.82 Tn/Ha, generando un ingreso neto de S/. 395.31 en el terreno experimental. Es necesario mencionar, que el mayor índice de rentabilidad se obtuvo bajo el sistema de Agricultura de Conservación con 11.29 % (Navarro 2017).

Ortiz Zelada José Deciderio, el año 2016, en la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria la Molina, desarrolla la tesis titulada: Comparación técnico-económico del trasplante tradicional VS el trasplante en hileras del arroz (*Oryza sativa* L.) en Bellavista – San Martín, estudio en el que presenta los siguientes resultados: La capacidad teórica de trabajo de la máquina de preparación de suelos del sistema de trasplante en hileras fue 0.47 ha/h y de tradicional con 0.44 ha/h y la capacidad efectiva de trabajo de los métodos de trasplante en hileras y tradicional fueron 0.33 y 0.22 ha/h, respectivamente. La eficiencia de campo obtenida fue de 71.68% para trasplante en hileras y 50.51% para tradicional. El sistema de trasplante en hileras (30x30) tuvo el mayor rendimiento con 8799 Kg/Ha seguido por tradicional con 7255 Kg. /ha. La mayor calidad industrial fue bajo trasplante en hileras (30x30) con 78% y la menor en tradicional con 66.7%. El análisis financiero B/C y rentabilidad determinan que el mejor tratamiento es 30x30 con 1.81 B/C y 68.58% de rentabilidad y lo secundario trasplante tradicional con

1.09 B/C y 48.00% de rentabilidad. El desarrollo del cultivo y el análisis financiero Beneficio/Costo respondieron positivamente en la producción del cultivo de arroz bajo el sistema de trasplante en hileras a diferencia del tradicional (Ortiz 2016).

Rodríguez Delgado Segundo Clemente y Orbegoso Navarro Luis Alberto, el año 2018, publican el artículo titulado: Diagnóstico de los sistemas de producción y mecanización en Perú, estudio en el que presentan el resumen:

La investigación a nivel de finca (Farming Systems Research, FSR, en inglés) y la evaluación rápida de campo (Rapid Rural Appraisal, RRA, en inglés) fueron los fundamentos para plantear el presente estudio, el cual se orienta a caracterizar los centros de producción y diagnosticar el estatus de la mecanización agrícola en el Perú; una macroregión compuesta por Lambayeque, Cajamarca y Amazonas fue seleccionada como área representativa para alcanzar tal cometido. Se identificaron los principales sistemas de producción para la zona costera de Perú, así como sus circunstancias, prácticas y rendimientos de los principales cultivos, los mismos que fueron evaluados en términos de sus características técnicas, financieras y sociales. Finalmente, se identificó la tecnología de mecanización dominante para dichos sistemas de producción (Rodríguez y Orbegoso 2018).

La Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano, el año 2017, otorga obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo, al Señor Machaca Huayta Goyo, quien desarrolló la tesis denominada: Comparativo de dos tipos de tractores en el laboreo del suelo en el C. I. P. Illpa, investigación en la que, el autor presenta los siguientes objetivos y logro los siguientes resultados:

a) Determinar el consumo específico de combustible de dos potencias de tractor 75 y 98 HP en dos tipos de suelo. b) Calcular el rendimiento de laboreo de dos potencias de tractor de 75 y 98 HP en dos tipos de suelo. c) Determinar el costo operativo de dos potencias de tractor de 75 y 98 HP con sus respectivos implementos en laboreo por tipo de suelo y, d) Evaluar el efecto sobre la densidad aparente y resistencia a la penetración del suelo por tamaños y pesos distintos de tractores.

Se utilizó un tractor de 75 HP (tractor 1) 98 HP (tractor 2). Las evaluaciones de campo se realizaron en dos tipos de suelo S1(franco arcillo arenoso), y S2(franco arcilloso) ubicando una parcela sobre la cual se hizo trabajar el tractor por 10 minutos cada vez.

Los resultados fueron: a) EL mayor consumo de combustible se encontró para el tractor 98 HP con 6.45 l/h en suelo franco arcilloso, y de menor consumo corresponde al tractor de 75 HP de potencia con 3,58l/h en suelo franco arcillo arenoso. b) El mayor tiempo en

laboreo se encontró para el tractor 75 HP con 4.47 h/Ha en suelo franco arcillo arenoso y el mejor rendimiento corresponde al tractor 98 HP con 3.02 h/Ha en suelo franco arcillo arenoso. c) El mayor costo de laboreo se encontró para el tractor 98 HP con 56.64 soles/h en suelo franco arcillo arenoso y el de menor costo corresponde al tractor 75 HP con 45.06 soles/h en suelo franco arcillo arenoso. Por unidad de producción el tractor 75 HP demanda 198.52 soles/ha mientras el tractor 98 HP con 170.16 soles/ha. c) El mayor incremento en la densidad aparente, se causó con el tractor de 98 HP que tuvo 1.49 g/cm³ en suelo franco arcillo arenoso, mientras que el tractor de 75 HP con 1.46 g/cm³ en suelo franco arcillo arenoso. En resistencia a la penetración del suelo, el tractor de 75 HP obtuvo 1383.56 kilo pascales en suelo franco arcillo arenoso, el cual es menor al tractor de 98 HP con 1417.94 kilo pascales en suelo franco arcillo arenoso (Machaca 2017).

2.1.3. Antecedentes regionales

En la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, el año 2002, Huansha Aquino Eulogio Valerio, desarrolla la tesis titulada: Dimensionar un parque de maquinaria agrícola para el Callejón de Huaylas, el autor propone una metodología sustentada en los costos de operación del uso de maquinaria agrícola, bajo las consideraciones siguientes:

La metodología fundamentalmente se basa en establecer una ecuación que nos permita calcular los costos anuales del uso de energía mecánica en la agricultura, luego de hacer adecuaciones en la referida ecuación con parámetros que nos permitan calcular el ancho de trabajo y determinar la potencia requerida y la potencia a la barra de tiro del tractor para cada una de las labores culturales de los cultivos más representativos del Callejón de Huaylas. La información se presenta a nivel de Callejón de Huaylas, es necesario señalar que los cálculos se basan en el análisis de la información a nivel distrital y provincial.

La información que hemos logrado tiene una consistencia tal que aún varíen considerablemente los hábitos de desarrollo de la agricultura del Callejón de Huaylas, los resultados tendrán vigencia a través del tiempo, aclaramos que las innovaciones tecnológicas pueden variar con relativa facilidad los tamaños de los equipos o la potencia de los tractores, esta es una de las razones por la que planteamos en términos de tamaño de tractores cuatro rangos de potencia, se ha definido tractores de potencia nominal de 45 HP, tractores de 60 HP, tractores de 100 HP y tractores de 110 HP (Huansha, 2002).

En la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de

Mayolo, el año 2017, Chucchu Ramírez Edinssón Edilberto, desarrolla la tesis titulada: Estimación del rendimiento real, construcción de gráficas y ecuaciones, de un tractor agrícola de mediana potencia, en barbecho, sector Caral – Supe (Barranca), en el informe final de tesis, el autor propone los objetivos, la metodología y obtiene los resultados siguientes:

El objetivo de la investigación fue calcular el rendimiento real de un tractor agrícola de mediana potencia, construir las gráficas y ecuaciones matemáticas, en labores de preparación de suelos (barbecho), bajo diversas condiciones de trabajo. Permitiendo estimar la superficie trabajada por unidad de tiempo, en condiciones reales de humedad del suelo, profundidad de aradura, y patinamiento. La metodología utilizada fue la medición en campo del tiempo de ciclo y, la superficie trabajada por ciclo, en diferentes condiciones de humedad y profundidades de labranza; posteriormente se interrelacionó la humedad del suelo, profundidad de labranza y, el resbalamiento de los neumáticos motrices, con el efecto en el rendimiento real del tractor agrícola en la preparación de suelos. A continuación, se hicieron los análisis estadísticos, para luego ajustar los datos obtenidos a una expresión matemática, construir las gráficas con la ayuda del software Data Fit V 9.0 Se obtuvo el máximo rendimiento real de 0.4412 ha/h, cuando la humedad del suelo es 16.23%, a una profundidad de labranza de 22 cm, con un patinamiento de 10.29%; la ecuación que mejor explica este comportamiento es:

$$Y=162.7268+-1414.0698/\ln(x)+4102.011561/\ln(x)^2+-3961.8633/\ln(x)^3.$$

Con $r = 0.970838$, $R^2 = 0.942527$, y con un nivel de confianza del 95%.

La ecuación que define mejor el comportamiento del rendimiento real durante los tres días de ensayo es:

$$Y = -7.139782E-03 * X1 + 2.538535E-02 * X2 + 0.9772271 * X3 + 8.76137968E-02.$$

Con $r = 0.99892$, $R^2 = 0.997849592$, y un nivel de confianza del 95%.

Las ecuaciones matemáticas obtenidas, calculan el comportamiento del rendimiento real del tractor ensayado, para un intervalo de humedad del suelo entre 10.89% y 23.78%; un rango de resbalamiento de 10.29% a 20.89% y, a diferentes profundidades de labranza, como: Superficial (25 cm), media (30 cm) y profunda (35cm) (Chucchu, 2017).

En la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, el año 2020, Erik Osmar Valdez Dextre, desarrolla la tesis titulada: Evaluación de las fuentes de energía utilizadas en la producción agrícola, distrito de Mancos, provincia de Yungay, Ancash – 2019, en el informe final de tesis, el autor propone el siguiente resumen:

El trabajo de investigación “evaluación de las fuentes de energía utilizadas en la

producción agrícola, distrito de Mancos, provincia de Yungay, Áncash -2019” tuvo por objetivo, evaluar el aporte de las fuentes de energía utilizada en la producción agrícola, esto se logró mediante la visita e inspección en campo, así como los datos obtenidos del IV censo nacional agropecuario 2012, que mediante su evaluación, procesamiento y determinación de datos se pudo obtener información actualizada y confiable de la estimación de la energía disponible en la agricultura del distrito de Mancos, como resultado de la evaluación de la energía disponible, se obtuvo como fuente de potencia humana 149.44 Kw (2 915 personas), potencia animal de 299.98 Kw (1 224 animales) y una potencia motorizada de 100 Kw (3 tractores agrícolas operativos) que representan el 27.20%, 54.59% y 18.20% respectivamente, siendo el total de potencia utilizada en el distrito de 549.32 Kw, así mismo con el procesamiento del mapa de suelos del ONERN del año 1973, se pudo determinar 410.43 ha de superficie de suelo mecanizable (suelos de clase II y III) existentes en el ámbito de estudio, obteniéndose un índice de mecanización de 0.24 Kw/Ha que está por debajo del promedio que la FAO establece de 0.75 Kw/Ha para países en vías de desarrollados, por lo que se recomendó elevar este valor con la incorporación de maquinaria agrícola (Valdez, 2019).

2.2. Planteamiento del problema de investigación

2.2.1. Justificación de la investigación.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática, el año 2018, presenta los resultados finales de los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades indígenas, documento del que extrae la siguiente información:

Al año 2017, el departamento de Ancash tenía una población de 1,083,519 habitantes, 534,101 varones (49.29%) y 549,418 mujeres (50.71%), espacialmente esta distribuía en 686,728 habitantes (63.38%) en la zona urbana y 396,791 en zona rural (36.62%).

A la misma fecha, la provincia de Huari tenía una población de 58,714 habitantes, 30,566 varones (52.06%) y 28,148 mujeres (47.94%), espacialmente esta distribuía en 13,000 habitantes (22.14%) en la zona urbana y 45,714 en zona rural (77.86%).

La interpretación de la información disponible, permite establecer que cuatro de cada cinco habitantes de la provincia de Huari se encuentra asentada en la zona rural, aun así hay deficiencias en la disponibilidad de mano de obra para la agricultura, situación generada por la migración de los jóvenes a otras ciudades en busca de oportunidades laborales o estudios; en consecuencia, la población rural dedicada a la actividad

agropecuaria está en manos de las mujeres o de los adultos mayores, esta migración genera problemas sociales en las zonas urbanas, dando origen a un crecimiento desordenado y una alta presión por los servicios básicos de agua, luz, educación y salud y alimentación, configurando una migración del campo a la ciudad y una abandono paulatino de las actividades agropecuarias y el campo tiene que, seguir produciendo para el abastecimiento de alimentos de las zonas urbanas.

Al respecto el CENAGRO 2012, reporta que la provincia de Huari, tiene una población de 19,570 agricultores, de ellos 9,771 agricultores (49.93%), tiene menos de 50 años y 9,799 agricultores (50.07%), tiene una edad superior a los 50 años; por lo tanto, la población agrícola está conformada por más del 50% de adultos mayores.

Además, en la provincia de Huari, de los 19,570 agricultores, 11,911 agricultores (60.31%), son varones y 7,659 agricultores (39.14%), son mujeres; por lo tanto, la población agrícola está significativamente conformada por mujeres, cuatro de cada diez agricultores son mujeres.

Un análisis de la información reportada por el Censo Nacional Agropecuario del año 2012, en torno a la superficie agropecuaria, permite establecer que, el departamento de Ancash al año 2012, tenía una superficie agropecuaria de 1,301,9233.76 has, de ellas 439,459.78 has (33.75%) es superficie agrícola y 862,463.98 (66.25%) es superficie no agrícola.

De las 439 459.78 has de superficie agrícola, 244,142.78 has (55.56%), es superficie agrícola cultivada bajo riego y 195,317.00 has (44.44%), es superficie agrícola cultivada en seco.

La provincia de Huari al año 2012 tenía una superficie agropecuaria de 79,728.17 has, de ellas 22,149.39 has (27.78%) es superficie agrícola y 57,578.78 has (72.22%) es superficie no agrícola.

De las 22,149.39 has de superficie agrícola, 4,866.08 has (21.97%), es superficie agrícola cultivada bajo riego y 17,283.31 has (78.03%), es superficie agrícola cultivada en seco.

Las cifras del CENAGRO 2012, deben ser tomadas con bastante preocupación considerando que, una quinta parte de la superficie agrícola se cultiva bajo riego, con nivel bajo y medio de tecnología, baja eficiencia de uso del agua, bajos niveles de capacitación y por lo general se hace uso de tecnología poco eficiente en el uso de recursos y bajos niveles de productividad, este panorama desolador que se presenta en el área agrícola bajo riego, es mucho más crítica en el área agrícola en seco, donde la actividad agrícola es

eminentemente de subsistencia, con bajos rendimientos económicos, bajos niveles de producción y bajos ingresos, es esta otra razón que explica la migración del campo a la ciudad.

La información muestra que una de cada cinco has agrícolas, se cultiva bajo riego, correspondiéndole a cada habitante 0.36 has de superficie agrícola y 0.08 has de superficie agrícola bajo riego.

Se debe tener en cuenta que 3,600 m² de superficie agrícola, es suficiente para proveer de alimentos a una persona, lo que nos muestra una alta capacidad productiva de los suelos, esto es, aparentemente, una ventaja comparativa, teniendo en cuenta que es un hecho objetivo que, bajo estas circunstancias, hay una presión excesiva sobre el recurso suelo, generando mal uso y degradación del recurso, esta situación indudablemente genera problemas sociales, técnicos, económicos y ambientales en la agricultura.

El CENAGRO 2012, además en torno al uso de fuentes de energía en la agricultura reporta que, de las 168,253 unidades agropecuarias del departamento de Ancash, 126,766 unidades agropecuarias (75.34%), utilizan tracción animal y 41,487 unidades agropecuarias (24.66%), no utilizan tracción animal.

A nivel provincial, de las 19,364 unidades agropecuarias de la provincia de Huari, 17,136 unidades agropecuarias (88.49%), utilizan tracción animal y 2,228 unidades agropecuarias (11.51%), no utilizan tracción animal.

En cuanto a la energía mecánica o uso de tractores reporta que, de las 168,253 unidades agropecuarias del departamento de Ancash, 12,445 unidades agropecuarias (7.40%), utilizan tracción mecánica y 155,808 unidades agropecuarias (92.60%), no utilizan tracción mecánica.

A nivel provincial, de las 19,364 unidades agropecuarias de la provincia de Huari, 183 unidades agropecuarias (0.95%), utilizan tracción mecánica y 19,181 unidades agropecuarias (99.05%), no utilizan tracción mecánica.

El análisis de la información, permite apreciar que a nivel provincial el 99% de los agricultores hacen uso de la tracción animal; es decir, diecinueve de cada veinte agricultores utilizan tracción animal, esta fuente de energía no es mala, pero para el desarrollo de la agricultura es insuficiente, mucho más si tenemos en cuenta que los implementos de tracción animal no han merecido cambios tecnológicos, los animales como fuentes de energía son animales de bajo peso y tamaño, con deficiencias de manejo, alimentación y sanidad que afectan enormemente la capacidad de trabajo, el uso de estas fuentes de energía configuran un panorama desolador, que merece un tratamiento

excepcional, para impulsar el desarrollo agrícola de la provincia de Huari.

Es necesario hacer un balance del uso de las fuentes de energía que se utilizan en la provincia de Huari y proponer alternativas que mejoren el uso de energía para la agricultura y propiciar una agricultura sostenible.

En el estudio denominado: Diagnóstico de los sistemas de producción y mecanización en el Perú, los autores Rodríguez y Orbegoso (2018), en torno a la mecanización agrícola, como conclusiones proponen:

La mecanización agrícola permanece en bajos niveles de desarrollo debido al estrecho entendimiento del proceso de mecanización. En la costa, la mecanización está en un nivel intermedio, es decir se utiliza una combinación de los tres niveles tecnológicos: herramientas manuales, tracción animal y mecánica, pero los tractores son mayormente usados en preparación de tierras; la tracción animal es casi exclusiva de los agricultores de subsistencia y para las operaciones de labranza. En la sierra, principalmente en las montañas, las operaciones agrícolas son básicamente realizadas a mano, a excepción de la preparación de tierras que utiliza un arado de palo jalado por animales. La selva presenta una marcada influencia de la costa y la sierra; en los valles, las operaciones agrícolas se realizan como en la costa y en la ceja de selva se observan prácticas andinas.

La agricultura en la costa es fuertemente dependiente de maquinaria importada y de mano de obra; estas actitudes han hecho que se introduzca irresponsablemente maquinaria importada en las otras regiones sin una razón convincente de ser la más apropiada para esos sistemas de producción. En realidad, la mecanización agrícola para Perú debe ser selectiva y fuertemente soportada por otras mejoras y el cambio de una tecnología a otra debe ser gradual y justificado.

El sistema de mecanización agrícola en Perú está desorganizado y fuera de control por parte de las autoridades relacionadas. Las actividades de mecanización tienen que abordarse desde su raíz; se debe iniciar con el análisis de los sistemas de producción y no al revés, es decir evitar que las decisiones vengan de las instituciones gubernamentales hacia los centros de producción, sino al revés (pp. 493-494).

En el contexto de la mecanización agrícola en la sierra del Perú, es un tema que no debe ser visto únicamente con el propósito de incorporación de energía mecánica, debe ser analizado integralmente para abordar temas relacionados a la disponibilidad de fuentes de energía, tipos de suelo, tipos de cultivo, calendario agrícola y fundamentalmente el tema de los recursos humanos, que merecen un tratamiento especial para dotarles de competencias y

capacidades para afrontar los múltiples problemas de la agricultura

2.2.2. Importancia del problema de investigación

La mecanización agrícola hace uso de diferentes fuentes de energía, al inicio la energía para la producción de alimentos fue proporcionada por el hombre a modo de esfuerzo en el trabajo del campo para la ejecución de las labores culturales, paulatinamente el esfuerzo del hombre fue sustituido por otra fuente de energía proporcionada por los animales, dando origen a la tracción animal y posteriormente surge la energía mecánica, dando origen a la tracción mecánica, el objetivo del uso de diversas fuentes de energía es aliviar el esfuerzo del hombre para la realización de las duras tareas del campo, se entiende que la labor cultural que requiere mayor cantidad de energía es la preparación de suelos; se dice que, si una unidad de producción agrícola, tiene suficiente energía para ejecutar la labor de preparación de suelos, tiene suficiente energía para realizar las otras labores culturales.

La energía que hace uso la agricultura para la producción de alimentos, al margen de la fuente de origen, es costosa y es uno de los insumos de la producción agrícola que incrementa los costos de producción; por lo general, el uso de energía permite también obtener mejores rendimientos de producción; por lo tanto, la mecanización agrícola debe ser estudiada en función a los recursos naturales que utiliza la agricultura: el suelo, el agua, la planta y la energía.

Es necesario tener información sobre las fuentes de energía que se utiliza en un ámbito geográfico; en este caso, se ha seleccionado la provincia de Huari, del departamento de Ancash, sobre la base de la información disponible en el CENAGRO 2012, complementada con información primaria generada en el proceso de investigación, se propone realizar un balance de energía, determinar el índice de mecanización agrícola y cuantificar la demanda de energía animal y la energía mecánica y proponer el dimensionamiento de un parque de maquinaria agrícola que responda a las necesidades de los agricultores de la provincia de Huari, la investigación permitirá racionalizar el uso de las fuentes de energía, mejorar la productividad y producción de los cultivos, mejorar el rendimiento económico de la agricultura, mejorar los ingresos de los agricultores y desarrollar la agricultura con criterios de sostenibilidad.

2.2.3. Viabilidad técnica y económica de la investigación.

Desde el punto de vista técnico, en el ámbito del proyecto no se aprecia acontecimientos

sociales o económicos que podrían de alguna manera interferir la ejecución de la investigación, la investigación se focaliza en analizar la superficie agrícola bajo riego, estimar las áreas agrícolas bajo con pendientes menores al 20%, cuantificar la disponibilidad de energía de tracción animal y tracción mecánica que se utiliza en la provincia de Huari y proponer la constitución de un centro de servicios de mecanización agrícola que atienda las necesidades de energía y las máquinas e implementos necesarios. La ejecución de la investigación no demanda el uso de cuantiosos recursos económicos, se requiere levantar un informe sobre la disponibilidad de tractores e implementos agrícolas que se utilizan para la preparación de suelos y haciendo uso de tecnología digital estimar las áreas agrícolas bajo riego con pendientes menores al 20%, áreas agrícolas consideradas potencialmente para hacer uso de energía de tracción mecánica.

2.2.4. Limitaciones de la investigación.

Las áreas agrícolas que se cultivan en secano, se localizan en las partes altas de los valles interandinos del ámbito del proyecto, estas áreas son eminentemente aprovechadas para la agricultura de autoconsumo, es posible que en este rubro se localicen áreas agrícolas con pendientes menores al 20%, que tendrán que ser incorporadas como parte del alcance de la investigación, en este contexto es pertinente proponer un programa de reconversión de la actividad agropecuaria, decisión que escapa al alcance de la investigación.

2.3. Definición del problema de investigación

2.3.1. Problema general

El problema de la investigación queda definido de la siguiente manera:

- 1) ¿Qué relaciones se establecen entre la potencia del tractor, el ancho de trabajo de los implementos y los costos de operación del uso de energía de tracción mecánica para dimensionar un parque de maquinaria agrícola en la provincia de Huari, departamento de Ancash – 2021?

2.3.2. Problemas específicos

- 1) ¿Cómo estimar la potencia de los tractores para cuantificar el número de tractores para el ámbito del proyecto?
- 2) ¿Cómo estimar el ancho de trabajo de los implementos agrícolas para cuantificar el número de implementos agrícolas para el ámbito del proyecto?

- 3) ¿Cómo estimar las áreas agrícolas bajo riego y en secano que tengan una pendiente menor al 20%?

2.4. Marco conceptual

2.4.1. Dimensionar un parque de maquinaria agrícola.

El uso de maquinaria agrícola para el desarrollo de la agricultura reviste una gran diversidad de actividades que requieren de su fuerza y potencia, no siempre el trabajo lo realiza directamente en el campo, lo cual dificulta el registro de información que nos permita estimar la cantidad de hectáreas trabajadas por un tractor y la cantidad de horas dedicadas a labores específicas de campo como preparación de suelos, siembra, mantenimiento de cultivos o cosecha; por lo tanto, el índice de mecanización agrícola no refleja lo que realmente ocurre en el uso de maquinaria agrícola con fines de producción agrícola, al respecto, los autores (Colombo y Perujo-Villanueva, 2017), manifiestan que:

Las estadísticas oficiales no registran información para estimar la ratio número de tractores y horas trabajadas, no existe información registrada al detalle, los propietarios de maquinaria agrícola, no registran las hectáreas trabajadas cuando las máquinas son alquiladas, información que es insuficiente para estimar el índice de mecanización agrícola.

Al respecto, lo primero que se dimensiona es el tractor. El tractor es el elemento más importante del parque de maquinaria agrícola, su adquisición representa el 70% de la inversión de cualquier tipo de parque, de acuerdo a la potencia disponible del tractor y la potencia requerida por los implementos agrícolas se dimensiona el parque de maquinaria agrícola (Catalán, 2012)

En la misma orden de ideas, Cuauhtemoc, (2006), manifiesta que:

La mecanización, el mejoramiento genético, la aplicación de agroquímicos y modificaciones de la técnica de cultivo han sido factores decisivos en el aumento de la productividad del trabajo agrícola. Esto se manifiesta en el largo plazo a través de una reducción en el insumo de trabajo por hectárea (horas hombre/ha) y correlativamente en un aumento de la productividad del trabajo (cantidad de producto/hora-hombre. empíricamente, esto es un hecho bien conocido (p.33).

Además, (Ghelfi, 2019), sostiene que, el objetivo principal de los estudios de gestión la maquinaria agrícola es garantizar que una determinada operación de campo de manera efectiva y eficiente, en un determinado tiempo y a un costo total mínimo. Al participar en una amplia gama de operaciones, desde las operaciones de labranza del suelo hasta la cosecha, la maquinaria agrícola puede representar del 40 al 50% del costo total de

producción. Por lo tanto, las elecciones correctas de equipos junto con su uso racional son factores de toma de decisiones extremadamente importantes en la administración y gestión de la maquinaria agrícola.

Los autores, Alonso y Gadea, (2015), al desarrollar la tesis relacionada a lo costos de maquinaria agrícola; entre otros aspectos, concluyen lo siguiente:

El adecuado manejo de las operaciones de campo es un arte en sí mismo y constituye, en realidad la habilidad del productor empresario para lograr el máximo rendimiento de los esfuerzos disponibles. En la organización el productor parte de dos elementos básicos, es decir, de los trabajos que se van a realizar y del tiempo disponible para llevarlos a cabo. Se trata principalmente de la eficiencia con que se ejecuten los trabajos de campo. Esta eficiencia se refiere a: la calidad de los trabajos realizados, la ejecución de los trabajos a tiempo y a menor costo.

La administración de la maquinaria agrícola consiste básicamente en la determinación y comparación de los costos y el valor de los trabajos realizados, acompañada con el estudio de las decisiones derivadas de aquellas operaciones, con el fin de lograr el máximo beneficio. El rendimiento de una empresa agropecuaria depende tanto de las buenas técnicas que el productor sepa introducir, como también de la organización con la cual ejecute los trabajos necesarios, para hacer producir el campo en forma óptima (p. 21).

Definitivamente la falta de información registrada no permite estimar, con bastante aproximación, los indicadores de uso de los tractores e implementos agrícolas, esta limitación ha sido reportada por autores de diferente nacionalidad, entendiéndose que en este aspecto existe un cierto nivel de informalidad, deficiencia que debe ser superada, por quienes ostentan la propiedad de las máquinas e implementos agrícolas.

Al respecto, los autores Wong, Rios y Pin, (2015), proponen una metodología para el diseño de un sistema de información de la maquinaria agrícola, al respecto concluyen en lo siguiente:

- El procedimiento metodológico propuesto permite diseñar un sistema de información de la maquinaria agrícola que puede ser utilizado por personal del área que atiende la mecanización en las unidades productivas, y en las direcciones municipales y provinciales para la recogida y procesamiento de la información y tiene como usuario al personal dirigente y otros interesados a todos los niveles, desde la unidad productiva hasta la nación.
- El sistema de información general de la maquinaria agrícola elaborado está

compuesto por tres subsistemas, que son: subsistema de recopilación de la información; subsistema de procesamiento de la información y subsistema de aprovechamiento de la información y tiene dos salidas generales: implementos y tractores.

- Con el sistema de información general de la maquinaria propuesta se determinan una serie de indicadores relacionados con la composición, el estado técnico, la edad, el grado de pertenencia, la densidad de tractores e implementos por actividad productiva, permitiendo actualizar sistemática la información y esta pueda ser utilizada en la toma de decisiones (p. 20).

2.4.2. Tractores agrícolas

Los tractores agrícolas han sido diseñados para atender los requerimientos de energía de las actividades agrícolas, estas actividades, son tan variadas y diversas a tal extremo que la misma actividad realizada en dos suelos diferentes, también tienen requerimientos diferentes, dando una muestra que no solo depende de la máquina, intervienen los otros factores de la producción agrícola el suelo, el clima, la humedad, la altitud y el cultivo, cada quien con sus propias exigencias; por esta razón, es que el diseño de los tractores responde a rangos de velocidad y potencia, se entiende que a menores velocidades se logra disponer de una mayor fuerza y a altas velocidades baja la fuerza disponible, la actividad que demanda mayor energía es la preparación de suelos, en comparación con otras actividades como la siembra, la fertilización o la aplicación de agroquímicos, al respecto (Abarca 2017), considera que los tractores e implementos agrícolas, aun siendo diseñados para desarrollar labores específicas en el campo, son diseñados bajo normas de estandarización de cumplimiento mundial, entre ellas tenemos: ASAE (American Society of Agriculture Engineers), SAE (Society of Automotive Engineers) API (American petroleum Institute), ASTM (American Society of Testing Materials) AGMA (American Gear Manufactures Association) y NLGI (National Lubricating Institute).

Entre la demanda de máquinas e implementos agrícolas por los agricultores y la oferta de los productores, siempre existirá una brecha por atender la demanda, al respecto en la Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, de uno de sus artículos, se extrae lo siguiente:

La industria nacional de maquinaria agrícola debe estar conscientes de la necesidad de innovación y desarrollo de las máquinas e implementos agrícolas, con el propósito de satisfacer la demanda y exigencias de los agricultores y que la comercialización

les permita lograr beneficios razonables. Es importante que las instituciones de investigación establezcan alianzas con los fabricantes y distribuidores con la finalidad de incrementar el número, la pertinencia y calidad de las investigaciones, referentes a la utilización eficiente de las máquinas e implementos agrícolas y sus efectos sobre el medio ambiente, y que los resultados puedan replicarse y aplicarse al desarrollo de la industria de máquinas e implementos agrícolas (Cuauhtémoc, Tavares y Tavares, 2012).

Los autores, Ayala, Cervantes, Audelo, Velázquez y Vargas, (2013), publican el artículo titulado La normalización y certificación de tractors agrícolas en México, documento en el que consideran:

El tractor agrícola es la principal fuente de potencia dentro de una unidad de producción, fue construido principalmente para accionar máquinas a través de la toma de fuerza y el sistema hidráulico; para levantar a través de los brazos de levante o por medio de cargadores frontales accionados también por el sistema hidráulico; y para jalar equipos a través de la barra de tiro (sp).

2.4.2.1.Determinación de la potencia efectiva

Al tratar el tema de la potencia de los tractores agrícolas, es necesario tener en cuenta la diversa tipología en relación a la potencia, se hace referencia a diversas denominaciones como: potencia al motor, la potencia neta, la potencia al eje toma de fuerza y la potencia a la barra de tiro, se hace referencia también a la potencia nominal, la potencia teórica, la potencia disponible, para la investigación adoptamos la terminología de potencia a la volante o potencia efectiva y la potencia al eje toma de fuerza, esta potencia es la denominada potencia requerida; en torno a este tema, que ha sido analizado y estudiado por muchos autores, acogemos lo que Vargas, y otros (2013), refieren que:

La potencia a la toma de fuerza es aproximadamente el 86 % de la potencia del motor; y la potencia a la barra de tiro para un tractor probado en una pista de concreto, es también el 86 % de la potencia medida en la toma de fuerza (ASAE, 2005); por ejemplo, para un tractor con un motor de 100 hp de potencia máxima, la potencia máxima disponible para las labores agrícolas (rastreo o barbecho, por ejemplo) sería cercana a tan sólo 74 hp ($100 \times 0.86 \times 0.86$); sin embargo, esta regla del 86 % es una generalización obtenida a partir del estudio de un gran número de resultados de pruebas, en donde hubo equipos con comportamientos diferentes al promedio mencionado, por lo que esta regla sirve para tener una idea aproximada, no así para

tener datos certeros de un equipo en particular, mucho menos aún para servir como referencia de certificación (p.20).

Efectivamente esta aproximación de estimar la potencia disponible es adecuada teniendo en consideración que efectivamente, desde el motor hasta el eje toma de fuerza, hay pérdidas que se registran en el motor y el sistema de transmisión, de modo que la potencia disponible es mucho menor de la potencia que se genera en el motor.

Al respecto, Huascope (2019), al desarrollar la investigación titulada: Potencia óptima en tractores agrícolas en el CIP Illpa, presenta las siguientes conclusiones:

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.

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.

La menor compactación de suelo, fue con la potencia de tractor de 65 HP con 1,408.08 KPa, seguido de la potencia de tractor de 75 HP con 1,516.90 KPa. El tipo de suelo con menor compactación fue el suelo Franco Arcillo Arenoso con 1,622.81 KPa, seguido del tipo de suelo Franco Arcilloso con 1,766.67 KPa (p.54).

2.4.3. Labranza convencional

La labranza convencional, conocida también como labranza tradicional, son un conjunto de acciones mecánicas que se producen en la capa arable del suelo, con el propósito de lograr roturar la capa arable del suelo, mejorar la capacidad de infiltración del agua y la incorporación de materia orgánica al suelo, voltear la capa arable del suelo para el control de malezas y el control entomológico, con el uso de la reacción mecánica, estos objetivos se logran con el uso del arado y el uso de la rastra o grada, el arado rotura y voltea la capa arable del suelo, que incide en la infiltración del agua y el control de malezas y la rastra desmenuza las partículas del suelo, mejora la capacidad de aireación de la capa arable del suelo e incorpora y mezcla la materia orgánica del suelo, en épocas de precipitaciones o la presencia de corrientes de aire, la capa arable del suelo se vuelve vulnerable a los procesos de erosión

hídrica y ecológica, estos impactos negativos se mitigan con la ejecución de la labranza cuando el suelo se encuentra en su capacidad de campo.

En torno a la labranza convencional los autores, (Hunt D. , 1988), (Alvarez, 2004) y (Ortiz-Cañavate, y otros, 2012), consideran que la labranza convencional tiene como propósito generar condiciones favorables en la capa arable del suelo, para facilitar cambios físicos, químicos y biológicos y mejorar las condiciones del suelo,

La labranza convencional, como concepto es muy amplia, involucra una diversidad de actividades dependiendo de las características del suelo y las necesidades propias de cada cultivo; en general, la labranza convencional implica la ejecución de acciones mecánicas con diversas máquinas agrícolas y generar condiciones favorables en el suelo para la siembra y germinación de los cultivos; en resumen, es el uso intenso de máquinas e implementos agrícolas, para modificar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, para favorecer la siembra, la germinación, el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Dependiendo de las condiciones del suelo y las necesidades de los cultivos, la labranza convencional, puede implicar labores de subsolado, aradura, gradeo, nivelación, surcado o encajonado, las que son ejecutadas con diferentes implementos agrícolas.

En torno a la labranza convencional, se han desarrollado tecnologías complementarias como la labranza primaria, labranza secundaria, labranza horizontal y labranza vertical, las que tienen objetivos específicos.

La labranza primaria, tiene el propósito de roturar y voltear la capa arable del suelo, orientado a mejorar la infiltración del agua y el control entomológico y de malezas, este objetivo se logra con el uso del arado de discos o arado de vertederas.

La labranza secundaria, tiene como propósito desmenuzar las partículas del suelo y los residuos vegetales, mezclarlos e incorporarlos a la capa arable del suelo, mejorar las propiedades químicas del suelo y mejorar las condiciones para la siembra y germinación de los cultivos, hay cultivos que requieren la nivelación del suelo, la preparación de surcos o cajones para la siembra. Este objetivo se logra con el uso de rastras de discos o rastra de dientes, niveladoras, surcadoras o encajonadoras.

Labranza vertical, esta técnica se utiliza cuando se evidencia la compactación del suelo, que imposibilita la circulación del agua y limita el crecimiento y desarrollo radicular, su objetivo es romper la capa dura del sub suelo, con tal propósito se hace uso de arados subsoladores.

Labranza horizontal, esta técnica se utiliza para mejorar las condiciones de la capa arable del suelo y mejorar la textura del suelo, se hace uso de rastras de discos o dientes, arados rotativos.

Para fines de la investigación el concepto de labranza convencional se restringe a la labranza primaria y la labranza secundaria, la labranza primaria se refiere al uso del arado de discos y la labranza secundaria se refiere al uso de la rastra de discos, se hace referencia al uso de arados y rastras de discos, considerando que los discos se adecuan mejor a las condiciones de campo, su capacidad de giro puede evitar atascos y deterioro del implemento.

Una agricultura sostenible, sustenta su actividad en la conservación de los recursos suelo, agua, planta y energía, de modo que su utilización no genere impactos negativos, al respecto en el tema de la labranza o preparación de suelos, se ha estudiado muchos aspectos y hay quienes están de acuerdo con las actividades propias de la preparación desuelo y otros estudiosos que no aceptan esta tecnología por considerarla noconservacionista, existe mucha información al respecto; se dice que:

La labranza del suelo es considerada como una operación fundamental en la que se sustenta la producción de alimentos. Una labranza del suelo correctamente programada puede lograrse con el empleo de mecanización con la más novedosa tecnología mediante el uso de tractores, apropiadas herramientas, e implementos correctamente seleccionados. La preservación del potencial productivo de los suelos agrícolas depende principalmente de la selección correcta y del uso del equipo agrícola de labranza, su correcta programación y de los sistemas de labranza empleados, en especial cuando se busca incrementar los rendimientos y la calidad de los alimentos en correcto balance con la energía aplicada. Con base en lo anterior, se muestran técnicas de trabajo mecanizado para la labranza de los suelos bajo una labranza válida económicamente (Ortiz, y otros 2016).

En Honduras, en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, se desarrolló la investigación titulada: Efectos de la labranza convencional y labranza de conservación en la producción agrícola: Revisión de literatura, el autor Mendoza (2021), propone las siguientes conclusiones:

La labranza de conservación genera un mejor rendimiento en cosecha y así mismo da un mejor desarrollo de la zona radicular, una mayor altura y diámetro de tallo en el maíz. La labranza de conservación aporta y acumula más materia orgánica, así mismo retiene más humedad y mejora la densidad aparente del suelo. La pérdida de suelo es mayor en labranza convencional, debido a que el suelo queda expuesto luego de ser

laboreado y es susceptible a la erosión. La resistencia a la penetración es mayor en los primeros centímetros del suelo en labranza de conservación, pero a medida va aumentando la profundidad, es mayor para labranza convencional debido al tránsito y peso de la maquinaria.

La labranza de conservación evita la alta incidencia de malezas gracias al rastreo en la superficie, así mismo, la labranza convencional promueve una mayor cantidad de semillas de maleza a una mayor profundidad. La incidencia de plagas es similar en los primeros años para las dos labranzas, a medida pasan los años, la incidencia varía. Los costos de producción para la labranza de conservación son menores dado a que se trabaja menos horas y se gasta menos combustible y mano de obra (p. 35).

En la Facultad de Ciencias Agrícolas, de la Universidad Central del Ecuador, se desarrolla la investigación titulada Efectos de labranza convencional y siembra directa en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y en la producción de tres cultivos de la sierra; investigaciones en la proponen las siguientes conclusiones:

La siembra directa influyó positivamente sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, ya que se obtuvo mejores resultados en Da, Dr., porosidad, PMP, MO, CO, Nt, K, Fe, Cu y Zn en comparación a los de labranza convencional.

El comportamiento agronómico y de producción fue estadísticamente igual entre los sistemas de siembra, labranza convencional y siembra directa para el maíz, fréjol y arveja, pues no se apreciaron diferencias estadísticas significativas entre sistemas en cuanto a las variables en estudio.

El análisis económico B/C de la implementación de labranza convencional y siembra directa, para el cultivo de maíz fue mejor en labranza convencional ya que por cada dólar invertido se gana 43 centavos, mientras que para fréjol y arveja el análisis B/C fue negativo, encontrándose mayores pérdidas en labranza convencional, debido a un mayor costo de producción (Toapanta, 2016, p. 44).

2.4.4. Capacidad de trabajo

La capacidad de trabajo de máquinas e implementos agrícolas, nos permite tener un indicador de importancia, que nos permite establecer la cantidad de trabajo realizado por cada unidad de tiempo, al respecto (Álvarez 2004), refiere lo siguiente:

La capacidad se define como la cantidad de trabajo realizado por una máquina y el

tiempo empleado en dicho trabajo. De acuerdo con las unidades utilizadas para medir el trabajo, variarán las unidades en que se exprese la capacidad.

La fórmula general para calcularla es:

$$C = \frac{\text{Superficie trabajada}}{\text{Tiempo total utilizado}}$$

Donde:

Tiempo total utilizado, en (h, s, min, días, etc.).

C = capacidad en general de una máquina, en unidades de superficie por unidades de tiempo (las unidades dependen de las usadas para la superficie (A) y el tiempo de trabajo (T).

Superficie trabajada, cantidad de trabajo realizado por la máquina, medido en unidades de superficie (ha o m²), cuando son máquinas de trabajo sobre superficies tales como un tractor con arado, rastrillo, cortador de malezas, arados rotativos, entre otras.

2.4.4.1. Capacidad teórica

Se define como la relación entre la superficie trabajada que, una máquina puede desarrollar según las características del diseño, es decir trabajando a un 100% de sus posibilidades de diseño y en el tiempo realmente trabajado por la máquina, sin registrar pérdidas de tiempo durante la ejecución de la operación.

$$T = T_o + T_p \quad (1)$$

Dónde:

T = Tiempo total de trabajo, en horas

T_o = Tiempo operativo utilizado para ejecutar el trabajado, en horas

T_p = Tiempo perdido durante la ejecución de la operación, en horas

En la operación de campo de una máquina existen pérdidas tanto en la cantidad de trabajo esperado, desde el punto de vista del trabajo teórico, como en el tiempo teórico.

Estas pérdidas pueden ser debidas a:

Pérdida en la cantidad de trabajo teórico.

Esto sucede cuando hay pérdida de la cantidad de trabajo, a pesar de que la máquina trabaja normalmente, debido a necesidades del mismo trabajo, tales como traslapes entre dos franjas sucesivas: en la rastrillada, en la aspersión, en la siembra en hileras y en otras.

En otros casos esta pérdida en la cantidad de trabajo se debe a condiciones diversas:

cambios en la calidad del material a procesar, deficiencias en el suministro del material a procesar. Por lo anterior, en la operación de una máquina existirá una capacidad real de trabajo (C_r), menor que la capacidad teórica de trabajo (C_t) y desde el punto de vista administrativo es importante conocer la relación entre la capacidad real y la capacidad teórica (C_r / C_t), definida como la eficiencia de trabajo (efc), para adoptar medidas que aumenten la (efc) hasta su máximo posible.

Pérdidas de tiempo (T_p): el tiempo teórico (T), asignado a una máquina para la realización de un trabajo, se ve disminuido en la gran mayoría de las máquinas debido a factores tales como:

Paralizaciones del trabajo por paradas leves para realizar calibraciones, reparaciones o mantenimiento sencillas, tiempos utilizados en las vueltas de cabecera, donde la máquina está funcionando, pero no ejecuta trabajo alguno.

Por lo anterior:

$$C_r = (C_t) * efc \quad (2)$$

Donde:

C_r = Capacidad real de trabajo, en Ha/H

C_t = Capacidad teórica de trabajo, en Ha/h

efc = eficiencia de campo, en porcentaje.

2.4.5. Costos de operación

La estimación de costos de operación de maquinaria, por lo general, no reviste mayores dificultades, para su evaluación es necesario tomar en cuenta, aspectos que podrían variar significativamente su estimación (Garbers y Chen 2013), consideran:

El Costo de Operación (CO) de la maquinaria agrícola está compuesto por el Costo Fijo de operación (CFo) y el Costo Variable de operación (CVo), que ocurren durante la ejecución espacial y temporal de las labores agrícolas.

$$CO = CFo + CVo \quad (3)$$

Dónde:

CO = Costo de operación total, en Soles

CFo = Costo fijo de operación, en Soles

CVo = Costo variable de operación, en Soles

Como costo variable de operación es la parte del costo operación que varía al cambiar la variable independiente, en este caso el tiempo de uso anual. Por lo que el Costo Variable

de operación (CVo) puede ser desglosado en Costo Variable Medio (CVM) multiplicado por el tiempo de uso anual (T), dando lugar a la siguiente fórmula.

$$CT = CFo + CVM \times T \quad (4)$$

Dónde:

CT = Costo de operación total, en Soles por año

CFo = Costo fijo de operación, en Soles por año

CVM = Costo variable medio, en Soles por hora.

T = Tiempo de uso, en horas al año

2.4.5.1. Costo fijo

Es el costo que no varía en función de la variable independiente (hectáreas u horas) y se mantiene constante haya trabajo o no. El Costo Fijo está compuesto por los siguientes rubros:

Depreciación (D)

Tractores + Implementos + Infraestructura + Resguardo

Intereses (I)

Tractores + Implementos + Infraestructura + Resguardo

Alojamiento (A)

Galpón y oficinas

Seguro (S)

Seguros

$$CFo = Da + Ia + Sa + Aa \quad (5)$$

Dónde:

CFo = Costo fijo de operación, en Soles por año

Da = Depreciación, en Soles por año

Ia = Interés sobre la inversión media, en Soles por año

Sa = Seguros, en Soles por año

Aa = Resguardo (taller y galpón), en Soles por año

Depreciación

Se entiende por depreciación la pérdida de valor de un bien por el paso del tiempo, al respecto Ortiz-Cañavate, y otros (2012), considera que “La depreciación depende de varias causas, como el desgaste, la degradación debida a accidentes o mal uso, la obsolescencia y la evolución del mercado” (p. 483)

Si al inicio del año se adquiere un tractor, tendrá un avalor de adquisición (V_a), si despues de doce meses, al final del año se decide vender el tractor, tendrá un valor de reventa o valor residual (V_r); ed decir, el tractor se habra depreciado en un monto equivalente a la diferencia entre el $V_a - V_r$, que cuantifica la depreciacion anual.

Si esta cuantificación se realizara despues del segundo año de posesión del tractor, la depreciación total sería la diferencia entre el valor de adquisición y el valor residual o valor de reventa despues del segundo año ($V_a - V_r$), si se quisiera estimar la depreciación anual, sería igual a $(V_a - V_r)/2$.

La depreciación anual depende del número de años de posesión de la máquina, se computa este periodo mientras la máquina genera beneficios; es decir, mientras los ingresos sean mayores que los costos, en estas circuntancias este periodo recibe la denominación de vida útil.

Existen varios métodos para estimar la depreciación entre ellos: depreciación lineal, suma de dígitos de los años, por unidades de producción, por reducción de saldos y otros, cada uno de ellos responde a objetivos específicos fijados por la empresa, para la depreciación de máquinas e implementos agrícolas, se hará uso del método de la línea recta.

La aplicación de esta metodología requiere disponer de la siguiente información: valor de adquisición (V_a) en soles, valor de reventa o valor residual (V_r) en soles y la vida útil (VU) expresada en años u horas.

Se estima la depreciación medinte la siguiente función.

$$Da = \frac{Va - Vr}{VU} \quad (6)$$

Dónde:

Da = Depreciación anual en soles/ año

V_a = Valor de adquisición en soles.

V_r = Valor residual o valor de reventa en soles

VU = Vida útil en años

$$Dh = \frac{Va - Vr}{VU} \quad (7)$$

Dónde:

D_h = Depreciación horaria en soles/hora

V_a = Valor de adquisición en soles.

V_r = Valor residual o valor de reventa en soles

VU = Vida útil en horas.

Si la vida útil (VU) esta expresada en años, la depreciación será anual.

Si la vida útil (VU) esta expresada en horas, la depreciación es horaria

Para el caso de máquinas agrícolas, se acepta las siguientes consideraciones:

El valor residual (V_r) se estima como un porcentaje del valor de adquisición (V_a); por lo general, se considera el 10%

$$V_r = 10\%V_a = 0.1V_a$$

La vida útil de un tractor agrícola se estima en 10 años o 10,000 horas de trabajo en toda la vida útil o 1000 horas de trabajo al año.

De la ecuación (4) se tiene:

$$D_a = \frac{V_a - V_r}{VU} = \frac{V_a - 0.1V_a}{10} = \frac{0.9V_a}{10} = 0.09V_a = 9\%V_a$$

El análisis anterior permite definir la depreciación anual en función del valor de adquisición.

$$D_a = 9\%V_a \quad (8)$$

Dónde:

D_a = Depreciación, en Soles por año

V_a = Valor de adquisición del tractor, en Soles

Tener en cuenta que la relación establecida solo es válida si el valor residual (V_r) es el 10% del valor de adquisición (V_a) y la vida útil es de 10 años.

La vida útil de un implemento agrícola se estima en 20 años; por lo tanto:

De la ecuación (4) se tiene:

$$D_a = \frac{V_a - V_r}{VU} = \frac{V_a - 0.1V_a}{20} = \frac{0.9V_a}{20} = 0.045V_a = 4.50\%V_a$$

El análisis anterior permite definir la depreciación anual en función del valor de adquisición.

$$D_a = 4.50\%V_a \quad (9)$$

Dónde:

D_a = Depreciación, en Soles por año

V_a = Valor de adquisición del implemento, en Soles

Tener en cuenta que la relación establecida solo es válida si el valor residual (V_r) es el 10% del valor de adquisición (V_a) y la vida útil es de 10 años.

Impuestos.

El rubro de maquinaria agrícola esta exonerada del pago de impuestos; por esta razón, este rubro no se considera para estimar los costos de operación del tractor agrícola.

Interés sobre la inversión media.

Este rubro comprende los cargos por interés sobre la inversión realizada con la compra del tractor agrícola.

El acápito se refiere a inversión media y esta esta definida por la media entre el valor de adquisición (V_a) y el valor residual (V_r) del tractor, estos valores han sido definidos para el cálculo de la depreciación.

Se requiere además tener en cuenta la tasa de interés anual, del sistema financiero, con fines metodológicos, considerar una tasa de interés del 10% anual.

Se estima el interés sobre la inversión media utilizando la siguiente función.

$$I_a = \left(\frac{V_a + V_r}{2} \right) i$$

Dónde:

I_a = Inetrés sobre la inversión media, en Soles por año.

V_a = Valor de adquisición, en Soles

V_r = valor residual, en Soles,

i = tasa de interes anual, en porcentaje.

Si el valor residual es el 10% del valor de adquisición y la tasa de interés es 10% anual, la ecuación (7) permite establecer lo siguiente:

$$I_a = \left(\frac{V_a + V_r}{2} \right) i = \left(\frac{V_a + 0.1V_a}{2} \right) i = \left(\frac{1.1V_a}{2} \right) 0.1 = 0.055V_a = 5.5\%V_a$$

El análisis anterior permite definir el interés sobre la inversión media en función del valor de adquisición.

$$I_a = 5.5\%V_a \quad (10)$$

Dónde:

I_a = Inetrés sobre la inversión media, en Soles por año.

V_a = Valor de adquisición, en Soles

Tener en cuenta que la relación establecida solo es válida si el valor residual (V_r) es el 10% del valor de adquisición (V_a) y la tasa de interés anual es 10%.

Seguro

La maquinaria agrícola por la naturaleza del trabajo que realiza está muy expuesta a accidentes; por lo tanto, es recomendable que se asegure la inversión.

El análisis de este componente requiere que se tenga información sobre la tasa de imposición de seguros, información que es muy variable, para fines de estimar costos de operación de maquinaria agrícola, se considera que este rubro representa anualmente el 1.25% del valor de adquisición (Va); por lo tanto, se tiene:

$$Sa = 0.0125Va = 1.25\%Va$$

El análisis anterior permite definir el costo del seguro anual en función del valor de adquisición.

$$Sa = 1.25\%Va \quad (11)$$

Dónde:

Sa = Seguro, en Soles por año.

Va = Valor de adquisición, en Soles

Alojamiento.

El tractor agrícola por el monto de inversión para su adquisición, para una mejor conservación y seguridad, requiere protección para su cuidado se construye un cobertizo que lo proteja de las inclemencias del clima, lo recomendable sería estimar el costo del cobertizo, información que es muy variable, para fines de estimar costos de operación de maquinaria agrícola, se considera que este rubro representa anualmente el 0.75% del valor de adquisición (Va); por lo tanto, se tiene:

$$Aa = 0.0075Va = 0.75\%Va$$

El análisis anterior permite definir el costo del seguro anual en función del valor de adquisición.

$$Aa = 0.75\%Va \quad (12)$$

Dónde:

Aa = Alojamiento, en Soles por año.

Va = Valor de adquisición, en Soles

Para el tractor agrícola.

Haciendo uso de la ecuaciones (8), (10), (11) y (12) los costos fijos de operaciona anual de un tractor se pueden expresar como una función porcentual del valor de adquisición (Va)

$$CFo = Da + Ia + Sa + Aa$$

$$CFot = 9\%Va + 5.5\%Va + 0.0125\%Va + 0.0075\%Va$$

$$CFo = 16.5\%Va = (\%CF) * Va \quad (13)$$

Dónde:

CFo = Costo fijo de operación, en Soles por año

(%CF) = Porcentaje del costo fijo, porcentaje anual.

Va = Valor de adquisición, en Soles

Como ya se manifestó anteriormente, esta función es válida para:

Vr = 10% Va

Vida útil de 10 años.

Tasa de interés 10% anual

Seguro 1.25% Va anual

Alojamiento 0.75% Va anual

Si se estima que el costo de un tracor de mediana potencia, 100 Kw de potencia efectiva, es de 120,000 mil soles, la ecuación (13) se cuantifica como:

$$CFo = 16.5\% * 120,000$$

$$CFo = 16.5\% * 120,000 = 19,800 \frac{\text{Soles}}{\text{año}}$$

Si se considera que el tiempo de trabajo del tractor es de 1000 horas al año, el costo fijo de operación por hora es:

$$CFo = 16.5\% * 120,000 = 19.80 \frac{\text{Soles}}{\text{hora}}$$

Para el implemento agrícola.

Haciendo uso de la ecuaciones (9), (10), (11) y (12) los costos fijos de operaciona anual de un tractor se pueden expresar como una función porcentual del valor de adquisición (Va)

$$CFo = Da + Ia + Sa + Aa$$

$$CF_{ot} = 4.5\%Va + 5.5\%Va + 0.0125\%Va + 0.0075\%Va$$

$$CF_o = 12\%Va = (\%CF) * Va \quad (14)$$

Dónde:

CF_o = Costo fijo de operación, en Soles por año

(%CF) = Porcentaje del costo fijo, porcentaje anual.

Va = Valor de adquisición del implemento, en Soles

Como ya se manifestó anteriormente, esta función es válida para:

V_r = 10% Va

Vida útil de 20 años.

Tasa de interés 10% anual

Seguro 1.25% Va anual

Alojamiento 0.75% Va anual

Si se estima que el costo de un arado o rastra de discos, es de 30,000 mil soles, la ecuación (14) se cuantifica como:

$$CF_o = 12\% * 30,000$$

$$CF_o = 12\% * 30,000 = 3,600 \frac{\text{Soles}}{\text{año}}$$

Si se considera que el tiempo de trabajo del arado o la rastra de discos es de 300 horas al año, el costo fijo de operación por hora es:

$$CF_o = 12\% * 30,000/300 = 12.00 \frac{\text{Soles}}{\text{hora}}$$

2.4.5.2. Costo variable

Los costos variables de la operación de máquinas agrícolas, está conformado por el consumo de combustible, lubricantes, la mano de obra del operador y la reparación y mantenimiento, estos costos son cuantificados en soles por hora.

Por la naturaleza de los costos variables, se espera que se encuentren registrados en los libros contables de la empresa, de modo que estos sean la fuente de información para su análisis y cuantificación, siempre que sea información confiable; de no ser así, los costos variables merecen un tratamiento específico.

Combustibles

De acuerdo al modelo y la marca, todo tractor tiene un catálogo de información y en la sección de especificaciones técnicas, desde la óptica del fabricante, consignan la información correspondiente al consumo específico de combustible que establece una relación entre el consumo de combustible, el tiempo y la potencia del motor

Por ejemplo: un tractor Jhon Deere, modelo 6125D, de 110.7 HP de potencia a la toma de fuerza, tiene un consumo de combustible de 23.36 (l/h), un consumo específico de combustible de 238 (g/Kw-h) y una energía específica de 3.535 (Kw-h/l).

La información presentada, permite calcular el consumo de combustible, refiere que el consumo de combustible es de 23.36 (l/h), equivalente a 6.23 (gl/h), considerando que un galón, es equivalente a 3.75 litros.

Se puede estimar el consumo de combustible a partir del consumo específico de combustible 238 (g/Kw-h), para esto es necesario tener la información de la densidad del petróleo y la equivalencia entre HP y Kw y hacer las transformaciones pertinentes.

Se determina el consumo de combustible por horas en (gl/h) y con el costo del combustible en soles/galón, se estima el costo por del consumo de combustible por hora.

Cálculo del consumo de combustible (Cc) en soles por hora, sabiendo que:

Consumo de combustible 6.23 gl/h y precio del combustible 12.00 Soles/h

$$Cc = 6.23 \left(\frac{gl}{h} \right) * 18.00 \left(\frac{soles}{gl} \right) = 112.14 \left(\frac{soles}{h} \right) \quad (15)$$

Dónde:

Cc = Costo del consumo de combustible, en Soles por hora

Lubricantes.

De no estar registrado los gastos por lubricantes, para fines del presente documento, se considera que el consumo de lubricante (Cl) es el 4% del consumo de combustible (Cc).

Para el ejemplo, se tiene consumo de combustible 6.23 (gl/h).

Consumo de lubricante = 4% (Cc) = 0.04 * 6.23 (gl/h) = 0.25 (gl/h)

Consumo de lubricante 0.25 (gl/h) y precio del lubricante 48 soles/gl.

$$Cl = 4\%(Cc) * 48 \left(\frac{soles}{gl} \right) = 0.04 * 6.23 \left(\frac{gl}{h} \right) * 48 \left(\frac{soles}{gl} \right) = 12.00 \left(\frac{soles}{h} \right) \quad (16)$$

Dónde:

Cl = Costo del consumo de lubricante, en Soles por hora

Mano de obra.

El costo de la mano de obra (MO) se estima a partir de la remuneración que se le asigna al tractorista, se expresa en soles por hora.

Si el sueldo del tractorista es de 3600 Soles mensuales, es equivalente a 120 soles por día y equivalente a 15 Soles por hora, considerando meses de 30 días y jornadas laborales de 8 horas.

$$MO = 15 \left(\frac{\text{Soles}}{h} \right) \quad (17)$$

Dónde:

MO = Costo de la mano de obra del operador, en Soles por hora

Reparación y mantenimiento

Para el tractor agrícola

Estos gastos deben estar registrados, de no ser así, se estima de la siguiente manera:

La reparación y mantenimiento (RM), se considera que durante la vida útil de un tractor, los gastos en reparación y mantenimiento es el 120% del valor de adquisición.

Si la vida útil (VU) del tractor es de 10 años, o durante su vida útil ha trabajado 10,000 horas, se entiende que anualmente el tractor ha trabajado 1,000 horas.

Se tiene:

RMvu = 120%*(Va) para toda la vida útil (para 10 años) o para 10,000 horas

RMa = 12%*(Va) para un año o para 1,000 horas.

RMh = 1.2*(Va)/10000 en soles por hora.

RMh = 0.12*(Va)/1000 en soles por hora.

Dónde:

RMvu = Reparación y mantenimiento por toda la vida útil, en soles

RMa = Reparación y mantenimiento por un año, en soles por año

RMh = Reparación y mantenimiento por hora, en soles por hora

$$RM = \frac{12\%*Va}{1000} = \frac{0.12*Va}{1000} \quad (18)$$

Dónde:

RM = Costo de la reparación y mantenimiento, en Soles por hora

Va = Valor de adquisición, en Soles

Haciendo uso de las ecuaciones (15), (16), (17) y (18), los costos variables de operación del tractor, se estiman de acuerdo a la siguiente expresión matemática.

$$CVoh = Cc + Cl + MO + RM$$

$$CVoh = 112.14 \frac{\text{Soles}}{h} + 12 \frac{\text{Soles}}{h} + 15 \frac{\text{Soles}}{h} + (\%RM) * Va \frac{\text{soles}}{h}$$

Si el valor de adquisición es de 120,000 Soles, la vida útil es 10 años y el tiempo de trabajo anual es 1000 horas, la ecuación (18), se cuantifica en 14.4 Soles/h

Por lo tanto:

$$CVoh = 112.14 \frac{\text{Soles}}{h} + 12 \frac{\text{Soles}}{h} + 15 \frac{\text{Soles}}{h} + 14.4 \frac{\text{soles}}{h}$$

$$CVoh = 153.54 \frac{\text{Soles}}{h}$$

Para el implemento agrícola

Estos gastos deben estar registrados, de no ser así, se estima de la siguiente manera:

La reparación y mantenimiento (RM), se considera que durante la vida útil de un implemento, los gastos en reparación y mantenimiento es el 120% del valor de adquisición.

Si la vida útil (VU) del implemento es de 20 años y el tiempo de trabajo del arado o la rastra se estima en 300 horas al año.

Se tiene:

RMvu = 120%*(Va) para toda la vida útil (para 20 años)

RMa = 6%*(Va) para un año o para 300 horas.

RMh = 0.06*(Va)/300 en soles por hora.

RMh = 0.06*(Va)/300 en soles por hora.

Dónde:

RMvu = Reparación y mantenimiento por toda la vida útil, en soles

RMa = Reparación y mantenimiento por un año, en soles por año

RMh = Reparación y mantenimiento por hora, en soles por hora

$$RM = \frac{6\%*Va}{300} = \frac{0.06*Va}{300} \quad (19)$$

Dónde:

RM = Costo de la reparación y mantenimiento, en Soles por hora

Va = Valor de adquisición, en Soles

Considerando que las ecuaciones (15), (16) y (17), para el caso de los implementos agrícolas toman el valor de CERO, los costos variables del implemento se estiman con la ecuación (19), los costos variables de operación del implemento, se estiman de acuerdo a la siguiente expresión matemática.

$$CVoh = Cc + Cl + MO + RM$$

$$CVoh = (\%RM) * Va \frac{\text{soles}}{h} \quad (20)$$

Si el valor de adquisición es de 30,000 Soles, la vida útil es 20 años y el tiempo de trabajo anual es 300 horas, la ecuación (19), se cuantifica en 6 Soles/h

Por lo tanto:

$$CVoh = 6.00 \frac{\text{soles}}{h}$$

$$CVoh = 6.00 \frac{\text{Soles}}{h}$$

Los valores que toma cada uno de los componentes de los costos variables de operación del tractor, depende de varias consideraciones como: el valor de adquisición del tractor, el consumo de combustible, el consumo de lubricante, el costo de la mano de obra y los costos de reparación y mantenimiento que, indudablemente son muy variables, los costos variables se cuantifican en Soles por hora.

2.4.5.3. Costos de operación total

El costo de operación es la suma de los costos de operación del tractor más los costos de operación del implemento, los costos de operación se expresan en soles por hora.

En general, el costo de operación de máquinas e implementos agrícolas, es la sumatoria de los costos fijos y costos variables del tractor y del implemento y matemáticamente se define con la siguiente función.

$$CO = CFo + CVo$$

Dónde:

CO = Costos de operación en Soles/año

CFo = Costos fijo de operación, en Soles/año

CVo = Costos variable de operación, en Soles/año

Costo de operación para el tractor agrícola.

Reemplazando los valores de los costos fijos de operación y los costos variables de operación, para el tractor, se tiene:

$$COt = CFo + CVo$$

$$COt = 19.80 \frac{\text{Soles}}{\text{hora}} * 151.14 \frac{\text{Soles}}{\text{hora}} = 170.94 \frac{\text{Soles}}{\text{hora}}$$

Costo de operación para los implementos agrícolas.

Reemplazando los valores de los costos fijos de operación y los costos variables de operación, para el arado o la rastra, se tiene:

$$COi = CFo + CVo$$

$$COi = 12.00 \frac{\text{Soles}}{\text{hora}} * 6.00 \frac{\text{Soles}}{\text{hora}} = 18.00 \frac{\text{Soles}}{\text{hora}}$$

Costo de operación total.

El costo de operación de la labor agrícola, es el costo de operación del tractor más el costo de operación del implemento.

$$COt = 170.96 \frac{\text{Soles}}{\text{hora}}$$

$$COi = 18.00 \frac{\text{Soles}}{\text{hora}}$$

$$CO = 188.96 \frac{\text{Soles}}{\text{hora}}$$

2.4.5.4. Costo variable medio

En el caso de los costos variables de operación (CVo), se entiende que siempre será posible cuantificar un costo variable medio (CVM), en Soles por hora que, multiplicado por el tiempo de uso anual de máquinas e implementos agrícolas, permita cuantificar el costo variable de operación (CVo), de modo que:

$$CVo = CVM * T$$

Dónde:

CVo = Costo variable de operación, en Soles por año

CVM = Costo variable medio, en Soles por hora

T = Tiempo de uso, en horas por año

El costo variable, en Soles por hora, es el costo medio variable, en Soles por hora; por lo tanto:

$$CVh = CMV$$

De modo que la ecuación (18), se transforma en:

$$CO = CFo + CVM * T \quad (21)$$

Dónde:

CO = Costo de operación, en Soles por año

CFo = Costo fijo de operación, en Soles por año

CVM = Costo variable medio, en Soles por hora

T = Tiempo de uso anual, en Horas por año

2.4.6. La agricultura en Huari

La provincia de Huari, forma parte de la región de los Conchucos y la cuenca alta del río Marañón. Limita por el norte con las provincias de Antonio Raymondi, Carlos Fermín Fitzcarrald y Asunción, por el este con el departamento de Huánuco, por el sur con la provincia de Bolognesi y por el oeste con las provincias de Recuay, Huaraz y Carhuaz. Políticamente está integrada por dieciséis distritos, todos ellos, con vocación agrícola, se presenta la información de dos fuentes secundarias y una fuente primaria, con el propósito de hacer una evaluación sobre la calidad de la información y adoptar una de ellas para la investigación.

Los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria de Producción y Ventas del año 2004 (ENAPROVE), fue ejecutada y procesada por la Dirección General de Información Agraria (DGIA), del Ministerio de Agricultura y Riego (MINGRI), elaborada sobre la base de imágenes captadas por satélites artificiales para la investigación de recursos naturales, el sistema seleccionado fue el LANDSAT con el sensor remoto ENHACED, THEMATIC, MAPPER, PLUS ETM+ con ocho bandas que capta el espectro electromagnético desde la parte visible al infrarrojo termal. (Ministerio de Agricultura, 2004)

Los resultados del IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (CENAGRO), ejecutada y procesada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, elaborad sobre la base de encuestas presenciales face to face y analizadas con Software Especializado, los resultados

son oficiales que pueden ser utilizados con fines de planificación y/o investigación, sobre la precisión de la información; es necesario señalar, que su utilización sea contratada con otras fuentes de información, con el propósito de emitir juicios de valor sobre la precisión de las cifras.

La Información primaria, generada por el autor de la tesis, se sustenta en información cartográfica existente, el uso de herramientas tecnológicas de última generación y el análisis de información cartográfica existente a nivel distrital, la información ha sido analizada a fines del año 2022 e inicios del año 2023, lo cual le da significación a la información por su actualidad y comparada con la información generada por el ENAPROVE, muestra valores muy similares con pequeñas diferencias, para fines de la investigación, se utiliza la información primaria generada por la investigación.

En la tabla 1, se presenta la información de la superficie total, desagregada en superficie agrícola y no agrícola, la superficie esta expresada en hectáreas (Has), a nivel distrital y provincial.

Tabla 1: Superficie agrícola y no agrícola en Has, por distritos de la provincia de Huari

Distrito	Superficie en Has		
	Agrícola	No agrícola	Total
Anra	1898.68	5856.08	7754.76
Cajay	3192.22	13304.28	16496.50
Chavín de Huantar	2666.08	39338.56	42004.64
Huacahi	2710.55	6326.99	9037.54
Huacchis	2024.03	5537.87	7561.90
Huachis	3749.67	11489.37	15239.04
Huantar	1826.60	14392.90	16219.5
Huari	4014.55	36139.13	40153.68
Masin	3088.27	4532.66	7620.93
Paucas	2259.30	11700.29	13959.59
Pontó	4078.67	7838.98	11917.65
Rahuapampa	356.90	579.50	936.40
Rapayan	2339.99	12018.63	14358.62
San Marcos	5019.11	51142.61	56161.72
San Pedro de Chaná	2435.98	11908.80	14344.78
Uco	1932.46	3281.49	5213.95
Total, provincial	43593.06	235388.14	278981.20

Fuente secundaria: Encuesta Nacional Agropecuaria de producción y ventas - ENAPROVE 2004

Se observa en la tabla, que la superficie total de la provincia de Huari es de 278,981.20 Has, de ellas 43,593.06 Has (15.63%) es superficie agrícola y 235,388.14 Has (84.37%) es superficie no agrícola.

La misma fuente de información reporta, que la superficie total del departamento de Ancash es de 2,598.215.66 Has, de ellas 386,745.90 Has (14.88%) es superficie agrícola y 2,211,469.76 Has (85.12%) es superficie no agrícola.

En la tabla 2, se presenta la información de la superficie agropecuaria total, desagregada en superficie agrícola y pecuaria, la superficie esta expresada en hectáreas (Has), a nivel distrital y provincial.

Tabla 2: Superficie agropecuaria, agrícola y pecuaria en Has, por distritos de la provincia de Huari

Distrito	Superficie agropecuaria en Has		
	Agrícola	Pecuaria	Total
Anra	1898.68	2893.58	4792.26
Cajay	3192.22	8506.65	11698.87
Chavín de Huantar	2666.08	9033.90	11699.98
Huacahi	2710.55	3378.17	6088.72
Huacchis	2024.03	3529.24	5553.27
Huachis	3749.67	9294.07	13043.74
Huantar	1826.60	2309.75	4136.35
Huari	4014.55	10645.82	14660.37
Masin	3088.27	3659.69	6747.96
Paucas	2259.30	8393.43	10652.73
Pontó	4078.67	4379.89	8458.56
Rahuapampa	356.90	579.50	936.40
Rapayan	2339.99	6988.63	9328.62
San Marcos	5019.11	12908.80	17927.91
San Pedro de Chaná	2435.98	6290.75	8726.73
Uco	1932.46	3281.49	5213.95
Total, provincial	43593.06	96073.36	139666.42

Fuente secundaria: Encuesta Nacional Agropecuaria de producción y ventas - ENAPROVE 2004

Se observa en la tabla, que la superficie agropecuaria total de la provincia de Huari es de 139,666.42 Has, de ellas 43,593.06 Has (31,21%) es superficie agrícola y 96,073.36 Has (68.79%) es superficie pecuaria.

En la tabla 3, se presenta la información de la superficie total, desagregada en superficie agrícola y no agrícola, información generada por dos fuentes secundarias ENAPROVE 2004 y CENAGRO 2012 y por la fuente de información primaria generada por el investigador.

Entre las fuentes de información secundaria, se observa que hay información muy diferenciada, por ejemplo, para la superficie total, ENAPROVE reporta 278,981.20 Has y el CENAGRO 2012 reporta 151,173.63 Has, información que muestra una diferencia de 127,807.57 Has, poniendo en evidencia una fuerte inconsistencia.

La información generada por ENAPROVE 2004, para la superficie total reporta 278,981.20 Has y la fuente de información primaria generada por el investigador reporta 279161.62 Has, información que muestra una diferencia de 180.42 Has, cifra que representa el 0.065% de la superficie declarada por ENAPROVE, poniendo en evidencia consistencia en la información.

Tabla 3: Superficie total desagregada en superficie agrícola y no agrícola en Has, según fuentes de información primaria y secundaria, por distritos de la provincia de Huari

Distrito	Superficie en Has, según fuentes de información								
	Información secundaria						Información primaria		
	ENAPROVE 2004			CENAGRO 2012			TESISTA 2022		
	Agrícola	No agrícola	Total	Agrícola	No agrícola	Total	Agrícola	No agrícola	Total
Anra	1898.68	5856.08	7754.76	1716.50	6225.15	7941.65	2275.62	5793.10	8068.72
Cajay	3192.22	13304.28	16496.50	2276.08	10274.47	12550.55	2653.88	13900.21	16554.09
Chavín de Huantar	2666.08	39338.56	42004.64	5831.02	15813.06	21644.08	5815.79	36149.82	41965.61
Huacahi	2710.55	6326.99	9037.54	2062.55	2150.47	4213.02	2836.17	6052.00	8888.17
Huacchis	2024.03	5537.87	7561.90	692.44	4450.03	5142.47	2340.69	5339.07	7679.76
Huachis	3749.67	11489.37	15239.04	2040.28	6519.81	8560.09	3384.86	11829.63	15214.49
Huantar	1826.60	14392.90	16219.50	1834.27	3041.84	4876.11	3108.87	13077.70	16186.57
Huari	4014.55	36139.13	40153.68	2574.58	7538.89	10113.47	5434.83	34559.25	39994.08
Masin	3088.27	4532.66	7620.93	1499.53	1369.10	2868.63	1743.02	5782.96	7525.98
Paucas	2259.30	11700.29	13959.59	1435.38	1316.62	2752.00	2668.97	11299.78	13968.75
Pontó	4078.67	7838.98	11917.65	3019.84	3117.81	6137.65	4373.94	7529.94	11903.88
Rahuapampa	356.90	579.50	936.40	141.44	47.94	189.38	289.81	665.33	955.14
Rapayan	2339.99	12018.63	14358.62	1087.42	753.18	1840.60	1600.69	12897.72	14498.41
San Marcos	5019.11	51142.61	56161.72	5981.04	49552.80	55533.84	5631.58	50546.94	56178.52
San Pedro de Chaná	2435.98	11908.80	14344.78	2285.69	2971.79	5257.48	2651.07	11761.16	14412.23
Uco	1932.46	3281.49	5213.95	1265.07	287.54	1552.61	2054.54	3112.68	5167.22
Total, provincial	43593.06	235388.14	278981.20	35743.13	115430.50	151173.63	48864.33	230297.29	279161.62

Fuente secundaria: Encuesta Nacional Agropecuaria de producción y ventas - ENAPROVE 2004

Fuente secundaria: Censo Nacional Agropecuario - CENAGTO 2012

Fuente primaria: Generada por el tesista

Considerando que la fuente de información generada por el investigador es parte de la investigación y que es información actualizada y trabajada distrito por distrito con tecnología mucho más avanzadas que la de ENAPROVE, para la investigación, se toma la determinación de utilizar la información primaria generada por el investigador.

Tabla 4: Superficie total desagregada en superficie agrícola y no agrícola en Has, por distritos de la provincia de Huari

Distrito	Superficie en Has		
	Agrícola	No agrícola	Total
Anra	2275.62	5793.1	8068.72
Cajay	2653.88	13900.21	16554.09
Chavín de Huantar	5815.79	36149.82	41965.61
Huacahi	2836.17	6052	8888.17
Huacchis	2340.69	5339.07	7679.76
Huachis	3384.86	11829.63	15214.49
Huantar	3108.87	13077.7	16186.57
Huari	5434.83	34559.25	39994.08
Masin	1743.02	5782.96	7525.98
Paucas	2668.97	11299.78	13968.75
Pontó	4373.94	7529.94	11903.88
Rahuapampa	289.81	665.33	955.14
Rapayan	1600.69	12897.72	14498.41
San Marcos	5631.58	50546.94	56178.52
San Pedro de Chaná	2651.07	11761.16	14412.23
Uco	2054.54	3112.68	5167.22
Total, provincial	48864.33	230297.29	279161.62

Fuente primaria: Generada por el tesista

En el cuadro se muestra que, la provincia de Huari tiene una superficie total de 279,161.62 Has, de ellas corresponde 48,864.33 Has (17.50%) de superficie agrícola y 230,297.29 Has (82.50%) de superficie no agrícola.

Tomando en cuenta la superficie agrícola de la provincia de Huari, se ha desagregado la superficie agrícola en superficie agrícola con pendientes menores o iguales al 20%, que potencialmente son áreas agrícolas en las que se puede utilizar maquinaria agrícola para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas y en superficie agrícola con pendientes mayores al 20%, que potencialmente son áreas agrícolas en las que no se puede utilizar máquinas agrícolas para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, la información se presenta en la tabla 5.

Tabla 5: Superficie agrícola total desagregada en superficie agrícola con pendiente igual o menor al 20% y con pendiente mayor al 20%

Distrito	Superficie Agrícola en Has		
	Agrícola	Pendiente = o < a 20%	Pendiente > a 20%
Anra	2275.62	188.16	2087.46
Cajay	2653.88	422.07	2231.81
Chavín de Huantar	5815.79	703.34	5112.45
Huacahi	2836.17	284.71	2551.47
Huacchis	2340.69	82.73	2257.96
Huachis	3384.86	272.58	3112.28
Huantar	3108.87	671.53	2437.35
Huari	5434.83	1496.11	3938.72
Masin	1743.02	185.91	1557.11
Paucas	2668.97	371.15	2297.82
Pontó	4373.94	1043.36	3330.58
Rahuapampa	289.81	51.59	238.22
Rapayan	1600.69	109.05	1491.64
San Marcos	5631.58	508.35	5123.23
San Pedro de Chaná	2651.07	265.91	2385.16
Uco	2054.54	443.29	1611.25
Total, provincial	48864.33	7099.84	41764.51

Fuente primaria: Generada por el tesista

De las 48,864.33 Has de superficie agrícola que tiene la provincia de Huari, 7099.84 Has que representa el 14.53%, son áreas agrícolas que tienen pendientes menores a 20%; por lo tanto, son áreas agrícolas en las que es posible el uso de maquinaria agrícola para la ejecución de labores agrícolas mecanizadas y 41,764.51 Has que representa el 85.47%, son áreas agrícolas que tienen pendientes mayores a 20%; por lo tanto, son áreas agrícolas en las que no es posible el uso de maquinaria agrícola para la ejecución de labores agrícolas mecanizadas.

En la misma tabla, se presenta los resultados para cada uno de los distritos, esta información es fundamental para determinar el ancho óptimo de trabajo y los requerimientos de potencia óptima para la labranza convencional que, comprende la primera aradura para lo que se propone el uso de arado de discos y para la segunda aradura se propone la rastra de discos.

La información del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2012), del IV Censo Nacional Agropecuario, reporta la información correspondiente a los cultivos de la provincia

de Huari, reporta la información 47 cultivos transitorios, de ellos sólo nueve cultivos ocupan más del 98% de las áreas agrícolas de la provincia, estos cultivos son de interés para fines del presente estudio. En las tablas 6 y 7, se presenta la información referida.

Tabla 6: Cultivos por superficie, en hectáreas por distritos de la provincia de Huari

Ítem	Tipo de cultivos, en Has	Cifras absolutas, en Has	Cifras relativas, en %	
			Simples	Acumuladas
1	Papa blanca	2572.98	27.31%	27.31%
2	Maíz amiláceo	2115.97	22.46%	49.76%
3	Papa huayro	960.29	10.19%	59.95%
4	Maíz choclo	759.48	8.06%	68.01%
5	Trigo	616.81	6.55%	74.56%
6	Haba	421.81	4.48%	79.03%
7	Oca	322.3	3.42%	82.45%
8	Cebada grano	305.65	3.24%	85.70%
9	Papa nativa	297.66	3.16%	88.86%
10	Papa amarilla	223.04	2.37%	91.22%
11	Olluco	187.68	1.99%	93.22%
12	Tarhui	161.6	1.71%	94.93%
13	Arveja	157.59	1.67%	96.60%
14	Maíz amarillo duro	84.69	0.90%	97.50%
15	Vergel hortícola	45.86	0.49%	97.99%
16	Avena forrajera	42.31	0.45%	98.44%
17	Maíz morado	33.9	0.36%	98.80%
18	Avena grano	23.51	0.25%	99.05%
19	Frijol	16.76	0.18%	99.22%
20	Quinua	13.53	0.14%	99.37%
21	Mashua	10.75	0.11%	99.48%
22	Centeno grano	10.34	0.11%	99.59%
23	Col	4.07	0.04%	99.64%
24	Tomate	3.56	0.04%	99.67%
25	Nuña	3.35	0.04%	99.71%
26	Cebolla china	2.86	0.03%	99.74%
27	Zapallo	2.81	0.03%	99.77%
28	Papa amarga	2.65	0.03%	99.80%
29	Lenteja	2.62	0.03%	99.82%
30	Granadilla	2.19	0.02%	99.85%
31	Zanahoria	1.91	0.02%	99.87%
32	Camote	1.57	0.02%	99.88%
33	Linaza	1.44	0.02%	99.90%
34	Cebada forrajera	1.12	0.01%	99.91%
35	Maíz chala	1.03	0.01%	99.92%

36	Lechuga	1.01	0.01%	99.93%
37	Ají	0.78	0.01%	99.94%
38	Calabaza	0.75	0.01%	99.95%
39	Fresa	0.63	0.01%	99.96%
40	Ajo	0.55	0.01%	99.96%
41	Culantro	0.52	0.01%	99.97%
42	Arvejón	0.5	0.01%	99.97%
43	Vainita	0.5	0.01%	99.98%
44	Coliflor	0.32	0.00%	99.98%
45	Cebolla	0.3	0.00%	99.99%
46	Centeno forrajero	0.25	0.00%	99.99%
47	Flores varias	0.2	0.00%	99.99%
48	Kiwicha	0.19	0.00%	99.99%
49	Perejil	0.16	0.00%	99.99%
50	Espinaca	0.13	0.00%	100.00%
51	Yuca	0.13	0.00%	100.00%
52	Clavel	0.13	0.00%	100.00%
53	Beterraga	0.07	0.00%	100.00%
54	Yacón	0.05	0.00%	100.00%
55	Apio	0.03	0.00%	100.00%
56	Manzanilla	0.03	0.00%	100.00%
57	Caña de azúcar	0.03	0.00%	100.00%
Superficie cultivada		9422.95	100.00%	

Fuente: INEI - IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

Según el Censo Nacional Agropecuario del año 2012, la provincia de Huari tiene 57 cultivos transitorios que, ocupan 9,422.95 Has.

Tabla 7: Cultivos que cubren el 89% de la superficie agrícola en la provincia de Huari.

Ítem	Tipo de cultivos, en Has	Cifras absolutas, en Has	Cifras relativas, en %	
			Simples	Acumuladas
1	Papa	4056.62	43.05%	43.05%
2	Maiz	2995.07	31.78%	74.84%
3	Trigo	616.81	6.55%	81.38%
4	Haba	421.81	4.48%	85.86%
5	Oca	322.3	3.42%	89.28%
6	Cebada	306.77	3.26%	92.53%
7	Olluco	187.68	1.99%	94.53%
8	Tarhui	161.6	1.71%	96.24%
9	Arveja	157.59	1.67%	97.91%

Superficie cultivada	9226.25	97.91%
----------------------	---------	--------

Fuente: INEI - IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

La tabla 7, muestra que los primeros nueve cultivos ocupan 9,226.25 Has, que representa el 97.91% y los 38 cultivos restantes ocupan 196.70 Has, que representa el 2.09% de la superficie agrícola de la provincia de Huari.

Con el propósito de que el 100% de la superficie agrícola de pendientes igual o menor al 20%, sea integrado al análisis pertinente de la investigación, la diferencia de 196.70 Has, será distribuido proporcionalmente entre los primeros nueve cultivos y se obtendrá los resultados que se presenta en la tabla 8.

Tabla 8: Superficie agrícola con cobertura al 97.91% y corregida al 100%, según cultivos de la provincia de Huari

Ítem	Tipo de cultivos, en Has	Cifras absolutas, al 97.91%	Reparto proporcional de 196.70 Ha	Cifras absolutas, al 100%
1	Papa	4056.62	86.49	4143.11
2	Maíz	2995.07	63.85	3058.92
3	Trigo	616.81	13.15	629.96
4	Haba	421.81	8.99	430.80
5	Oca	322.3	6.87	329.17
6	Cebada	306.77	6.54	313.31
7	Olluco	187.68	4.00	191.68
8	Tarhui	161.6	3.45	165.05
9	Arveja	157.59	3.36	160.95
Superficie cultivada		9226.25	196.70	9422.95

Fuente: INEI - IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

En la tabla 9, se presenta la información de los nueve cultivos de mayor cobertura en la provincia de Huari, con estas cifras ya corregidas se ha cuantificado la cobertura de cultivos en la provincia de Huari, las cifras relativas de esta tabla, será utilizada para la distribución de las áreas agrícolas que potencialmente podrían hacer uso de máquinas agrícolas para las operaciones agrícolas mecanizadas.

Tabla 9: Superficie agrícola con cobertura corregida al 100%, según cultivos de la provincia de Huari

Ítem	Tipo de cultivos, en Has	Cifras absolutas	Cifras relativas	
			Simples	Acumuladas
1	Papa	4143.11	43.97%	43.97%
2	Maíz	3058.92	32.46%	76.43%
3	Trigo	629.96	6.69%	83.12%
4	Haba	430.80	4.57%	87.69%
5	Oca	329.17	3.49%	91.18%
6	Cebada	313.31	3.32%	94.51%
7	Olluco	191.68	2.03%	96.54%
8	Tarhui	165.05	1.75%	98.29%
9	Arveja	160.95	1.71%	100.00%
Superficie cultivada		9422.95	100.00%	

Fuente: INEI - IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

En la tabla 10, se presenta la información relacionada a la superficie agrícola que, potencialmente podrían hacer uso de máquinas agrícolas para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, la información ha sido desagregada por cultivos, estas áreas serán utilizadas para estimar el ancho óptimo de trabajo para la selección de implementos agrícolas y estimar la potencia óptima para la selección de tractores agrícolas o unidades mecánicas autopropulsadas.

Tabla 10: Superficie agrícola por cultivos que, potencialmente podrían utilizar máquinas agrícolas para la ejecución de labores agrícolas, en la provincia de Huari

Ítem	Tipo de cultivos, en Has	Cifras absolutas	Cifras relativas	
			Simples	Acumuladas
1	Papa	3121.80	43.97%	43.97%
2	Maíz	2304.61	32.46%	76.43%
3	Trigo	474.98	6.69%	83.12%
4	Haba	324.46	4.57%	87.69%
5	Oca	247.78	3.49%	91.18%
6	Cebada	235.71	3.32%	94.51%
7	Olluco	144.13	2.03%	96.54%
8	Tarhui	124.25	1.75%	98.29%
9	Arveja	121.41	1.71%	100.00%
Superficie cultivada		7099.84	100.00%	

Fuente: INEI - IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

La información de superficie por cultivos, ha sido generada con las cifras relativas determinadas en la tabla 9; por lo tanto, las 7,099.84 Ha que potencialmente pueden hacer uso de máquinas e implementos agrícolas en la provincia de Huari, ha sido distribuidas por cultivos de acuerdo a las cifras relativas de la tabla 9.

2.4.7. Fundamentación teórica de la metodología

La investigación se sustenta en el marco teórico metodológico desarrollado para estimar los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas, al respecto muchos autores han desarrollado la metodología para el cálculo de costos, con fines de investigación, tomamos los conceptos y la metodología desarrollada por Hunt, Ortiz Cañavate, Claramonte, entre otros, que se presenta a continuación:

(Claramonte, 2020), al desarrollar la investigación, con fines de graduación a nivel de maestría, al desarrollar el tema de los costos de operación de maquinaria agrícola, considera que: Es posible estimar costos de operación de máquinas agrícolas, antes de ser utilizadas, los costos verdaderos se conocerán al ser utilizadas las máquinas y recomienda que los costos se sustenten en entrevistas a técnicos operadores de maquinaria agrícola, lo cierto es que los costos de maquinaria agrícola no están pertinentemente definidas, deficiencias originadas por la cantidad de reparaciones que tiene las máquinas, la obsolescencia o la diversidad de actividades que se ejecutan en la agricultura; por lo tanto, solo es posible estimar costos aproximados, sustentados en métodos y cálculos bibliográficos.

El método que se propone para el cálculo de los costes de maquinaria, es el de la amortización lineal propuesto por la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas (ASABE) y que se detalla en las publicaciones ASABE (2014, 2015), debido a su sencillez y suficiente precisión.

Los datos técnicos sobre la maquinaria; tales como potencia (Kw), horas de uso anual (h), vida máxima en años (N), vida máxima en horas (H) y valor de adquisición (Va), se obtienen de la información que proporcionan las casas comerciales, datos propios y, en caso de no disponer de ninguno de ellos, estimaciones a partir de los valores orientativos proporcionados por ASABE.

La estimación de las horas de uso, se sustenta en la capacidad real de trabajo de las máquinas en determinadas labores, en la que se consideran la velocidad de trabajo expresada en Km/Hr, el ancho de trabajo del implemento expresada en m, la eficiencia de trabajo o eficiencia de campo, expresada en porcentaje, resultado de la relación que se establece entre el tiempo realmente utilizado en ejecutar una determinada labor y el tiempos total asignado

para su ejecución; es decir, considera los tiempos perdidos, en la tabla 7, se presenta algunos tiempos de uso de maquinaria agrícola utilizada en España.

Tabla 11: Vida máxima de las máquinas agrícolas en horas

Máquina	Vida máxima (H)
Tractor 4 RM y motores estacionarios	16000
Fresadora	1500
Pulverizador hidroneumático	2000
Remolque	3000
Rastrillo - hileradora	3000
Abonadora	1200
Segadora rotativa	2000

Fuente: ASABE D497.7

La amortización puede considerarse un costo fijo anual si la máquina se usa en menor medida y un coste variable si el desgaste es mayor que la obsolescencia (Rodríguez, 2004). Se ha procedido a desglosar este apartado de los costes fijos y variables que se presentan en los apartados siguientes.

Para el cálculo de la amortización se utiliza el método lineal, lo que implica que el valor de la máquina disminuye con el paso del tiempo por obsolescencia o por uso. La máquina se cambiará por obsolescencia o por uso cuando se amortice por una de las dos razones. El valor residual (Vr) se calcula en función del valor de adquisición (Va), el número de horas de uso anual (h) de la máquina y la vida en años (n), mediante la Ecuación 1 y los coeficientes que aparecen en la Tabla 8.

$$Vr = Va * (c1 - c2*(n) ^ (1/2 - c3*(h) ^ (1/2))$$

Tabla 12: Coeficientes de valor residual de las máquinas agrícolas, conocida la vida en años y horas

Máquina	c1	c2	c3
Tractor de 60 a 112 Kw	0.942	0.1	0.0008
Elevadores en equipos de recolección	0.791	0.091	
Abonadoras	0.943	0.111	
Segadoras	0.756	0.067	

Fuente: ASABE D 497.7

Con estos coeficientes, se podrá estimar el valor residual del tractor, el elevador, al considerarlo un equipo de recolección, del microgranulador, al asemejarse a un estercolador o un abonador y de la prepodadora y despuntadora al asemejarse a la segadora. En el resto de aperos, se asume un valor residual equivalente al 10-20% del valor de adquisición

(Rodríguez, 2004). Al ser el objetivo una mecanización muy elevada, el uso y desgaste de los aperos será elevado, por lo que se decide establecer el valor residual como el 10% del valor de adquisición.

Bajo las mismas consideraciones (Hunt D. L., 1987), en torno a la selección de equipos, desarrolla una metodología teórica, sustentada en los costos de operación de maquinaria agrícola, al respecto el autor considera que: entre la demanda y la oferta de máquinas e implementos agrícolas, se establece una relación cíclica, desde las necesidades de los agricultores y la producción de máquinas y equipos por parte de los fabricantes; es decir, que los fabricantes solo producirán máquinas e implementos agrícolas, requeridas por los agricultores, un equilibrio entre la demanda de los agricultores y la oferta de máquinas y equipos agrícolas por parte de los fabricantes, generará bienestar para los involucrados en el proceso de producción agrícola.

La selección de equipos agrícolas es una tarea compleja que debe responder a características propias de cada una de las unidades productivas, la diversidad de tamaños de las unidades productivas, las características propias de cada una de las unidades productivas, la disponibilidad de mano de obra calificada y no calificada, imponen condiciones especiales que deben ser atendidas para una selección adecuada de equipos agrícolas. La agricultura es una actividad estacional; por lo tanto, existirá periodos cortos donde la demanda de máquinas e implementos agrícolas es muy alta y habrá periodos en la que la demanda será nula. La mayor cantidad de implementos agrícolas son accionadas por la misma unidad operativa que genera fuerza y potencia, que es el tractor y finalmente debemos señalar también las limitaciones de tiempo disponible que caracterizan a las actividades agrícolas; por lo tanto, se debe tener en cuenta la oportunidad en las que se ejecutaran las actividades propias de la producción agrícola.

Por lo tanto, una adecuada selección de máquinas e implementos agrícolas debe responder a un ajuste adecuado entre el rendimiento de operación del implemento, la disponibilidad de potencia, la mano de obra calificada y no calificada, la oportunidad para la ejecución de actividades agrícolas y los costos que permitan obtener rendimientos económicos para los agricultores.

Tanto la selección de máquinas que, atiende la demanda del tamaño de implementos agrícolas como la selección de la potencia que, atiende la demanda de potencia de los tractores agrícolas, se sustenta en la metodología del cálculo de costos de operación de maquinaria agrícola, sustentada con metodologías desarrolladas para determinar los costos fijos y los costos variables, temas que han sido desarrolladas al detalle en el marco teórico

de la investigación; sin embargo, a continuación se presente las funciones matemáticas utilizadas, para estimar la selección de máquinas y la selección de la potencia.

2.5. Definición de términos

2.5.1. Índice de mecanización

Es la intensidad del uso de energía mecánica en la agricultura, es un indicador de la cantidad de energía mecánica, expresada en unidades de potencia, por cada unidad de superficie, expresada en hectáreas, utiliza las unidades de Kw/Ha.

2.5.2. Labranza

Conjunto de acciones mecánicas que se ejecutan sobre la capa arable del suelo, con el propósito de generar condiciones favorables en el suelo para la instalación, germinación, enraizamiento, crecimiento y desarrollo de las plantas.

2.5.3. Primera aradura.

Conjunto de acciones mecánicas que se ejecutan en la capa arable del suelo, cuyo propósito es roturar y voltear la capa arable del suelo, orientado a mejorar la infiltración del agua, el control entomológico y el control de malezas, este objetivo se logra con el uso del arado de discos o arado de vertederas.

2.5.4. Segunda aradura.

Conjunto de acciones mecánicas que se ejecutan en la capa arable del suelo, cuyo propósito es desmenuzar las partículas del suelo y los residuos vegetales, mezclarlos e incorporarlos a la capa arable del suelo, mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y mejorar las condiciones para la siembra y germinación de los cultivos.

2.5.5. Potencia disponible

Es la potencia que se miden en el eje toma de fuerza del tractor; por lo tanto, considera las pérdidas de potencia en el motor y el sistema de transmisión, se estima que esta potencia, representa el 80% de la potencia del motor.

2.5.6. Labranza primaria

Conjunto de acciones mecánicas que se ejecutan sobre la capa arable del suelo, con el propósito de roturar y voltear el prisma de suelo cortado por el implemento, se utiliza arados de discos o vertederas, es la labor cultural que demanda mayor potencia para su ejecución.

2.5.7. Labranza secundaria

Conjunto de acciones mecánicas que se ejecutan sobre la capa arable del suelo, después de la primera aradura, tiene el propósito de desmenuzar los terrones generados por la primera aradura y la nivelación de la superficie del suelo, se realiza con rastras de discos o de dientes.

2.5.8. Labranza convencional

La labranza convencional, conocida también como labranza tradicional, son un conjunto de acciones mecánicas que se producen en la capa arable del suelo, con el propósito de lograr roturar la capa arable del suelo, mejorar la capacidad de infiltración del agua y la incorporación de materia orgánica al suelo.

2.5.9. Parque de maquinaria Agrícola

Es el conjunto de maquinas autopulsadas, tractores agrícola, implementos y herramientas agrícolas, adecuadamente seleccionadas en función a la potencia efectiva y el ancho de trabajo de los implementos, teniendo en cuenta los aspectos ideológicos, climáticos ,técnicos y ambientales para contribuir a la sostenibilidad de la mecanización agrícola.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

La investigación por su naturaleza, se sustentó en el análisis de información primaria y secundaria; entre ellos señalamos:

3.1.1. Información primaria

La superficie agrícola que potencialmente puede hacer uso de maquinaria agrícola para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, fue uno de los objetivos de la investigación, con este propósito se ha utilizado información cartográfica existente y técnicas de análisis e interpretación de datos cartográficos, a continuación, se muestra a detalle la ayuda memoria de la generación de información primaria para una correcta interpretación y entendimiento:

Fuentes de información Utilizada

Para la elaboración de los mapas temáticos y la determinación de las áreas agrícolas y no agrícolas; así como las áreas agrícolas con pendientes menores a 20% y mayores a esta, de la provincia de Huari, se hizo uso de la siguiente información:

a. Límites distritales, provinciales y Departamentales

Descargado en formato Shapefile a partir del geoportal del Instituto Geográfico Nacional (IGN)

b. Redes Viales

Información actualizada en el año 2018 en formato Shapefile, descargada a partir de la página del Ministerio de Transportes (MTC)

c. Infraestructura Hidráulica

Información obtenida de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)

d. Clasificación Climática

Información obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

e. Zonas de Vida

Información elaborada por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) y Ministerio del Ambiente (MINAM)

f. Ecosistemas

Información obtenida a partir del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) el cual pertenece al Ministerio del Ambiente (MINAM).

g. Cobertura Vegetal

Información obtenida del Ministerio del Ambiente (MINAM)

h. Hidrografía (Ríos y Lagunas)

Información obtenida de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)

i. Pendientes

Fue elaborado en base al modelo digital de elevación (DEM) del satélite Alos Palsar con resolución espacial de 12.5, el cual fue descargado de la página oficial de Alaska Satellite Facility.

j. Geología

Información obtenida del INGEMMET que publica la nueva versión del Mapa Geológico del Perú a la escala 1:1'000,000, corrigiendo y actualizando la primera versión editada en el año 1999 que fue elaborada en base a los 501 cuadrángulos de la Carta Geológica Nacional realizados entre los años 1960 y 1999. En esta nueva versión 2016 se integra además el cartografiado geológico de los cuadrángulos revisados y actualizados entre los años 2000 y 2003 que pertenecen a la segunda edición de la Carta Geológica Nacional a escala 1:100,000 y 1: 50,000.

k. Geomorfología

El Mapa Geomorfológico del Perú, se elaboró en el marco de los proyectos: GA24A - Mapas geomorfológicos por regiones. Etapa I: Regiones del norte del Perú del 2012; GA24A – Mapas Geomorfológicos y cambio climático del 2013; GA24B - Desarrollar mapas geomorfológicos de las regiones Moquegua, Tacna, Cusco, Madre de Dios y Puno del 2014, 2015 y 2016. Cuyos objetivos fueron de empalmar, estandarizar y actualizar las unidades geomorfológicas cartografiadas en los estudios de riesgos geológicos entre los años 2005 al 2015.

l. Imágenes satelitales RapidEye (2012)

Las imágenes RapidEye son procedentes de los sensores con el mismo nombre, los cuales operan comercialmente desde el año 2009. Con cinco satélites en órbita ubicados a 630 km de altitud y un ancho de barrido de 77 km, se capturan imágenes de color con cinco metros de resolución espacial y cinco bandas en el espectro electromagnético.

m. Imágenes satelitales Sentinel (2018)

Se trata de una misión constituida por una constelación de 2 satélites multiespectrales de órbita polar, para la monitorización de la Tierra. Proporciona imágenes, entre otras aplicaciones, para vegetación, suelo y agua, vías de navegación interior y zonas costeras. Sentinel-2 también puede proporcionar información para servicios de emergencia.

Metodología

Los diversos mapas temáticos fueron elaborados en base a la información validada por las diferentes entidades tales como el Instituto Geográfico Nacional (IGN), Ministerio de Transportes (MTC), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA),

La superficie agrícola está constituida por el conjunto de tierras que son dedicadas a la producción agrícola, incluyen las que poseen cultivos transitorios y permanentes, tierras en barbecho, y en descanso. Es así que, para la provincia de Huari, la superficie agrícola fue determinada con procesamiento de imágenes satelitales RapidEye (2012) y actualizada mediante interpretación de imágenes satelitales Sentinel (2018) obteniendo un total de 48864.33 hectáreas en toda la provincia. Esta información fue elaborada y publicada mediante Resolución Ministerial N.º 0230-2019-MINAGRI.

Para la determinación de las áreas agrícolas con pendientes menores a 20% y mayores a esta se realizó una superposición de información, entre la superficie agrícola y el mapa de pendientes, el cual dio como resultado un total de 7099.84 Ha de áreas agrícolas con pendientes menores a 20% y 41764.49 Ha de áreas agrícolas con pendientes mayores a 20%.

Herramientas tecnológicas utilizadas

- Software ArcGIS 10.8
- Excel
- Word

3.1.2. Información secundaria

Censo Nacional Agropecuario del año 2012.

XII Censo Nacional de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Esta información permitió hacer un análisis y caracterización socio económica de la provincia de Huari, con énfasis, en el sector agrícola; en consecuencia, también fue necesario analizar:

El Plan de cultivos de la Dirección Regional de Agricultura.

El calendario Agrícola y los tiempos disponibles para la ejecución de las labores culturales.

Estudio de suelos semidetallado del Callejón de Conchucos.

El Estudio de Suelos del Callejón de Conchucos, desarrollado por la ONERN el año 1975, esta fuente de información permite determinar las áreas agrícolas en las que es posible el uso de máquinas agrícolas; con tal propósito, se estima que las áreas agrícolas con pendientes menores al 25% son adecuadas para ser trabajadas con maquinaria agrícola, esta información ha sido analizada a nivel distrital y permitió estimar el Índice de Mecanización.

Encuesta Nacional Agropecuaria de producción y ventas del año 2004

La Encuesta Nacional Agropecuaria de producción y ventas del año 2004, fue ejecutada y analizada por la Dirección General de Información Agraria, del Ministerio de Agricultura y el año 2004, se publicó los resultados de la Construcción del Marco de Área para la región natural sierra, para el Departamento de Ancash, en ella se reporta entre otros aspectos, la superficie agropecuaria y la superficie agrícola, a nivel distrital, provincial y departamental, es de interés de la investigación tomar como referencia los resultados consignados para la provincia de Huari y sus distritos.

3.2. Metodología

3.2.1. Determinación de los costos de operación

La metodología utilizada, se sustenta en el análisis de los costos anuales de operación de máquinas e implementos agrícolas; en este contexto, los costos anuales de operación están

integrado por los costos de posesión o costos fijos y los costos de uso o costos variables, la estimación de estos costos ha sido ampliamente analizada y responde a las operaciones financieras propias, las normas de tributación, los precios de los insumos y las leyes en materia laboral, que caracterizan el comportamiento de los costos de operación de maquinaria e implemento agrícola en cada país.

En general se tiene que:

$$CO = CFo + CVo$$

Dónde:

CO = Costo de operación, en Soles por año.

CFo = Costo fijo de operación, en Soles por año.

CVo = Costo variable de operación, en Soles por año

Para la aplicación de la ecuación general de costos, como es de esperar, el Costo de Operación (CO) debe estar expresado en costos anuales; es decir en Soles por año. Los costos fijos de operación (CFo) están expresados en Soles por año; por lo tanto, los costos variables de operación (CVo) fueron expresados también en Soles por año; con este propósito, los costos variables de operación (CVo), fueron definidos como una función del costo variable medio (CVM) y el tiempo de uso (T) de las máquinas o implementos agrícolas en la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, expresadas en horas por año.

$$CVo = CVM * T \quad (22)$$

Dónde:

CVo = Costo variable de operación, en Soles por año

CVM = Costo variable medio, en Soles por hora.

T = Tiempo de uso de máquinas o implementos agrícolas, en horas por año.

Es de entender que el costo variable medio (CVM), es el costo variable de operación, expresado en Soles por hora, de modo que:

$$CVM = ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va) \quad (23)$$

Dónde:

CVM = Costo variable medio, en Soles por hora.

CVo = Costo variable de operación, en Soles por hora.

Cc = Costo por el consumo de combustible, en Soles por hora.

Cl = Costo por el consumo de lubricante, en Soles por hora.

CMO = Costo de la mano de obra del operador, en Soles por hora

$(\%RM)$ = Porcentaje de Reparación y Mantenimiento, en porcentaje por año.

Va = Valor de adquisición, en Soles.

La ecuación general para los costos de operación, quedó definida como:

Ecuación general de costos de operación

$$CO = CFo + CVo$$

Ecuación (14)

$$CFo = (\%CF) * Va$$

Ecuación (22)

$$CVo = CVM * T$$

Ecuación (23)

$$CVM = ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va)$$

Reemplazando las igualdades de las ecuaciones (14), (22) y (23), en la ecuación general de costos de operación, se obtuvo:

$$CO = (\%CF) * Va + ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va) * T \quad (24)$$

Dónde:

CO = Costo de operación, en Soles por año

$(\%CF)$ = Porcentaje del costo fijo, en años

Va = Valor de adquisición, en Soles

Cc = Costo del consumo de combustible, en Soles por hora

Cl = Costo del consumo de lubricante, en Soles por hora

CMO = Costo de mano de obra del operador de la máquina, en Soles por hora

(%RM) = Porcentaje de reparación y mantenimiento, en años

T = Tiempo de uso de máquinas o implementos agrícolas, en horas por año

3.2.2. Determinación del tiempo anual, de máquinas e implementos agrícolas

3.2.2.1. Determinación del tiempo de uso de los implementos agrícolas (Ti).

El tiempo de uso, en horas por año, de los implementos agrícolas fue definido a partir de la capacidad real de trabajo (Cr) de los implementos agrícolas, expresadas en Ha/h, esta capacidad real depende de ancho de trabajo del implemento, de la velocidad de trabajo y de la eficiencia de campo, bajo estas consideraciones la capacidad real de trabajo (CR), se cuantificó mediante la siguiente ecuación:

$$Cr = \frac{w*v*efc}{10} \quad (25)$$

Dónde:

Cr = Capacidad real de trabajo, en Ha por hora

w = Ancho de trabajo del implemento, en metros

v = Velocidad de trabajo, en Km por hora

Efc = Eficiencia de campo, en porcentaje

10 = Constante para el cambio de unidades

La superficie (A), en hectáreas, trabajada por cada implemento durante el año, es información conocida; por lo tanto, el cociente entre la superficie trabajada durante el año y la capacidad real de trabajo, permitió cuantificar el tiempo de uso del implemento.

$$Ti = \frac{A}{Cr} = \frac{A}{\frac{w * v * efc}{10}}$$

$$Ti = \frac{A}{Cr} = \frac{10*A}{w*v*efc} \quad (26)$$

Dónde:

Ti = Tiempo de uso del implemento, en horas por año

A = Superficie trabajada por el implemento, en Has por año

Cr = Capacidad real de trabajo del implemento, en Has por hora

w = Ancho de trabajo del implemento, en metros

efc = Eficiencia de campo, en porcentaje

v = Velocidad de trabajo, en Km por hora

10 = Constante para el cambio de unidades.

3.2.2.2. Determinación del tiempo de uso de los tractores (Tt)

En condiciones de campo, un tractor no solo trabaja con un implemento, puede desarrollar labores agrícolas mecanizadas con una diversidad de implementos agrícolas ejecutando trabajos de campo, puede dedicarse al transporte en general, accionar maquinas estacionarias utilizando el eje toma de fuerza, cada una de estas actividades tiene un procedimiento establecido para estimar el tiempo de uso por actividad que realiza el tractor en el campo.

Tiempo de actividades de campo (Tac)

Este tiempo está relacionado con la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, su evaluación depende de la superficie trabajada (A), expresadas en Ha por año, le energía utilizada (Ec), expresada en Kw por hora por Ha, la potencia (pw) en Kw y la constante r1, que relaciona la potencia de salida con la potencia al eje toma de fuerza.

$$Tac = A * \frac{Ha}{año} * Ec * \frac{Kw*h}{Ha} * \frac{1}{r1*pw} * \frac{1}{Kw} = \frac{A*Ec}{r1*pw} \quad (27)$$

Dónde:

Tac = Tiempo de uso en actividades de campo, en horas por año

A = Superficie trabajada, en Ha por año

Ec = Energía utilizada, en Kw por hora por Ha

pw = Potencia unitaria, en Kw

r1= relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional

Tiempo de actividades de transporte (Tat)

El tiempo de uso en horas por año de esta actividad está relacionada con las actividades de transporte que realiza el tractor, por lo general, realiza el trabajo de remolcar carretas para la carga y descarga de semillas, agroquímicos y productos de la cosecha, depende de una constante del uso de energía, expresada en Kw por hora por Tn por Km, de la cantidad de producto transportado, expresado en Tn por año, una constante adimensional r2, que relaciona la potencia de salida, la potencia a la barra de tiro y la potencia unitaria (pw), expresada en Kw.

$$T_{at} = Q_t * \frac{T_n}{\text{año}} * E_t * \frac{Kw * h}{T_n * Km} * \frac{1}{r2 * pw} * \frac{1}{Kw} * D (Km) = \frac{Q_t * E_t * D}{r2 * pw} \quad (28)$$

Dónde:

Tat = Tiempo de uso en actividades de transporte, en horas por año

Qt = Cantidad de material transportado, en Tn por año

Et = Energía utilizada para el transporte, en Kw por hora por Tn por Km

D = Distancia de transporte, en Km

pw = Potencia unitaria, en Kw

r2= relación entre la potencia de salida y la potencia a la barra de tiro adimensional

Tiempo de actividades de procesamiento (Tap)

El tiempo de uso en horas por año de esta actividad está relacionada con las actividades de procesamiento que realiza el tractor, por lo general, realiza el trabajo de molienda de productos, con tal propósito hace uso de energía (G), expresada en Kw por hora por Tn, de la cantidad de producto Procesado, expresado en Tn por año, una constante adimensional r3, que relaciona la potencia de salida, la potencia al eje toma de fuerza, esta constante toma el valor de 1, y la potencia unitaria (pw), expresada en Kw.

$$T_{ap} = Q_p * \frac{T_n}{\text{año}} * E_p * \frac{Kw * h}{T_n} * \frac{1}{r3 * pw} * \frac{1}{Kw} = \frac{Q_p * E_p}{r3 * pw} \quad (29)$$

Dónde:

Tap = Tiempo de uso en actividades de procesamiento, en horas por año

Qp = Cantidad de producto procesado, en Tn por año

Ep = Energía utilizada para el procesamiento, en Kw por hora por Tn

p_w = Potencia unitaria, en Kw

r_3 = relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional y se estima que tiene el valor de 1

Finalmente, el tiempo de uso de los tractores (T_t), se estimó con:

$$T_t = T_{ac} + T_{at} + T_{ap}$$
$$T_t = \frac{A \cdot E_c}{r_1 \cdot p_w} + \frac{Q_t \cdot E_t \cdot D}{r_2 \cdot p_w} + \frac{Q_p \cdot E_p}{r_3 \cdot p_w} \quad (30)$$

Dónde:

T_t = Tiempo de uso del tractor, en horas por año

A = Superficie trabajada, en Ha por año

E_c = Energía utilizada en labores agrícolas de campo, en Kw por hora por Ha

p_w = Potencia unitaria, en Kw

Q_t = Cantidad de material transportado, en Tn por año

E_t = Energía utilizada para el transporte, en Kw por hora por Tn por Km

D = Distancia de transporte, en Km

Q_p = Cantidad de producto procesado, en Tn por año

E_p = Energía utilizada en el procesamiento, en Kw por hora por Tn

r_1 = relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional

r_2 = relación entre la potencia de salida y la potencia a la barra de tiro adimensional

r_3 = relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional y se estima que tiene el valor de 1

3.2.3. Costo de oportunidad

La ejecución inoportuna de las labores agrícolas, definitivamente ocasionan pérdidas en la rentabilidad de los cultivos, una cosecha demorada genera pérdidas de calidad y pérdidas en el precio de los productos; por lo tanto, se deben realizar las labores agrícolas en forma oportuna de acuerdo al calendario agrícola. (Hunt, 1988)

$$COP = \frac{K*Y*R*A}{(sc)*(nt)*U*h} \quad (31)$$

Donde:

COP = Costo de oportunidad, en Soles por hora

K = Factor de pérdidas por oportunidad que varía de acuerdo a la labor cultural y tipo de cultivo, la información se presenta en la tabla 15.

Y = precio del producto en chacra, expresado en soles/ Kilogramo

R = rendimiento de producción, expresado en Kilogramos/hectárea

A = área del cultivo, expresado en hectáreas

sc = ejecución de la labor en forma oportuna, toma el valor de 4 y para programas adelantados o retardados, toma el valor de 2, para la investigación asumimos que las actividades agrícolas se realizaron oportunamente y se tomó el valor de 4.

nt = número de veces que se realiza la labor cultural en una campaña, tomó el valor de 1

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas, a los días mensuales se les resta los días no laborales del mes, domingos y feriados y, se descuenta jornadas laborales de 4 horas al día en los meses lluviosos de diciembre, enero, febrero y marzo.

h = Jornada laboral de trabajo en horas.

Para la investigación se tomará el valor máximo de K y se hará uso del valor de 0.002

Tabla 13: Factor de pérdidas por oportunidad

Operaciones agrícolas mecanizadas	Valores de K (Pérdidas por oportunidad)
Labranza	0.0001 - 0.002
Siembra	0.002
Mantenimiento de cultivo	0.01
Cosecha	
Maíz	0.003
Forraje verde	0.001
Alfalfa	0.01
Cereales	0.004
Frijol, soya	0.005

Fuente: Hunt Donnell: Manual de Maquinaria Agrícola.

Tabla 14: Determinación del porcentaje del tiempo disponible mensual y anual

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Domingos	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
Feridos	1	0	0	2	1	1	2	1	0	0	1	2	11
Media jornada por lluvias	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15	60
Tiempo disponible	11	9	12	24	26	25	25	26	26	27	25	10	246
% tiempo disponible	35.48 %	32.14 %	38.71 %	80.00 %	83.87 %	83.33 %	80.65 %	83.87 %	86.67 %	87.10 %	83.33 %	32.26 %	67.40 %
Promedio anual	67.28%												

Fuente: Calendario del año 2022 - Elaborado por el tesista.

Para fines de la investigación se hará uso de 0.70

h = jornada laboral de trabajo, se toma el valor de 8

Los costos de oportunidad (COP), deben ser incluidos como parte de los costos variables medios; por lo tanto, la ecuación (23), se transforma en:

$$CO = (\%CF) * Va + ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va + COP) * T \quad (32)$$

Dónde:

CO = Costo de operación, en Soles por año

(%CF) = Porcentaje del costo fijo, en años

Va = Valor de adquisición, en Soles

C_c = Costo del consumo de combustible, en Soles por hora

C_l = Costo del consumo de lubricante, en Soles por hora

CMO = Costo de mano de obra del operador de la máquina, en Soles por hora

(%RM) = Porcentaje de reparación y mantenimiento, en años

COP = Costo de oportunidad, en Soles por hora

T = Tiempo de uso de máquinas o implementos agrícolas, en horas por año

La ecuación (31) para estimar los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas, es la ecuación genérica básica que fue utilizada para la determinación del ancho óptimo de trabajo de los implementos agrícolas y la potencia óptima de las máquinas agrícolas, tal como se detalla a continuación.

3.2.4. Optimización del ancho de trabajo y de la potencia

Como ya se manifestó la ecuación (32), definida para estimar los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas, es la ecuación básica para cuantificar el ancho de trabajo óptimo para los implementos agrícolas y la potencia óptima de máquinas agrícolas: unidades autopropulsadas o tractores agrícolas; con tal propósito, algunas variables de la ecuación (32), las que sean pertinentes, serán puestas en función del ancho de trabajo o la potencia a la barra de tiro y adecuarlas correctamente para su aplicación, los detalles se desarrollan en los numerales siguientes.

3.2.4.1. Optimización del ancho de trabajo de implementos agrícolas.

En la ecuación (32)

$$CO = (\%CF) * Va + ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va + COP) * T$$

El valor de adquisición (V_a), debe ser desarrollada como una función del valor de adquisición unitario (valor de adquisición por metro de ancho de trabajo); de modo que:

$$Va = Vu * w$$

Dónde:

V_a = Valor de adquisición del implemento, en Soles

V_u = Valor de adquisición unitario, en Soles por metro

w = Ancho de trabajo del implemento, en metros

El costo del consumo de combustible (C_c), debe ser expresada como una función de costo de combustible unitario (costo de combustible por metro de ancho de trabajo); de modo que:

$$C_c = C_u * w$$

Dónde:

C_c = Costo del consumo de combustible, en Soles

C_u = Costo de combustible unitario, en Soles por metro

w = Ancho de trabajo del implemento, en metros

El costo del consumo de lubricante (C_l), debe ser expresada como una función de costo de lubricante unitario (costo de lubricante por metro de ancho de trabajo); de modo que:

$$C_l = L_u * w$$

Dónde:

C_l = Costo del consumo de lubricante, en Soles

L_u = Costo de lubricante unitario, en Soles por metro

w = Ancho de trabajo del implemento, en metros

El costo de la mano de obra del operador y el costo por oportunidad, son independientes del ancho de trabajo del implemento, bajo estas consideraciones, la ecuación (32), se desarrolla como:

$$CO = (\%CF)V_u * w + (C_u * w * T + L_u * w * T + CMO * T + (\%RM) * V_u * w * T + COP * T)$$

Haciendo uso de la ecuación (25), dónde T es el tiempo de uso del implemento, definido como T_i

$$T_i = \frac{A}{Cr} = \frac{10 * A}{w * v * efc}$$

La ecuación del costo de operación, se transforma en:

$$CO = (\%CF)Vu * w + \left(Cu * w * \frac{10*A}{w*v*efc} + Lu * w * \frac{10*A}{w*v*efc} + CMO * \frac{10*A}{w*v*efc} + (\%RM) * Vu * w * \frac{10*A}{w*v*efc} + COP * \frac{10*A}{w*v*efc} \right)$$

$$CO = (\%CF)Vu * w + \left(\frac{Cu*10*A}{v*efc} + \frac{Lu*10*A}{v*efc} + \frac{CMO*10*A}{w*v*efc} + \frac{(\%RM)*Vu*10*A}{v*efc} + \frac{COP*10*A}{w*v*efc} \right)$$

La ecuación anterior del costo de operación (CO), debe ser derivada con respecto al ancho de trabajo (a), se obtiene el siguiente resultado.

$$\frac{d(CO)}{w} = (\%CF) * Vu - \frac{10 * CMO * A}{w^2 * v * efc} - \frac{10 * COP * A}{w^2 * v * efc}$$

Si la ecuación anterior se iguala a cero, se obtiene el ancho óptimo

$$(\%CF) * Vu - \frac{10 * CMO * A}{w^2 * v * efc} - \frac{10 * COP * A}{w^2 * v * efc} = 0$$

$$(\%CF) * Vu = \frac{10 * CMO * A}{w^2 * v * efc} + \frac{10 * COP * A}{w^2 * v * efc}$$

$$w^2 = \frac{10 * CMO * A}{(\%CF) * Vu * v * efc} + \frac{10 * COP * A}{(\%CF) * Vu * v * efc}$$

$$w^2 = \frac{10 * A}{(\%CF) * Vu * v * efc} * (CMO + COP)$$

En la ecuación (31), el costo de oportunidad (COP), se definió como:

$$COP = \frac{K*Y*R*A}{(sc)*(nt)*U*h}$$

Por lo tanto, el ancho óptimo al cuadrado se expresa como:

$$w^2 = \frac{10 * A}{(\%CF) * Vu * v * efc} * \left(CMO + \frac{K * Y * R * A}{(sc) * (nt) * U * h} \right)$$

$$w = \sqrt{\frac{10 * A}{(\%CF) * Vu * v * efc} * \left(CMO + \frac{K * Y * R * A}{(sc) * (nt) * U * h} \right)}$$

$$w = \sqrt{\frac{10*100*A}{(CF)*Vu*v*efc} * \left(CMO + \frac{K*Y*R*A}{(sc)*(nt)*U*h} \right)} \quad 33)$$

Dónde:

w = ancho óptimo de trabajo, en metros

10 = Constante para el cambio de unidades, adimensional

100 = Constante del porcentaje, adimensional

A = Superficie trabajada, en Has por año

(CF) = Valor absoluto del costo fijo.

Vu = Valor de adquisición unitario, en Soles por metro de ancho de trabajo

v = Velocidad de trabajo, en km por hora

efc = eficiencia de campo, en porcentaje, adimensional

CMO = Costo de la mano de obra, en Soles por hora

K = Factor de pérdidas por oportunidad que varía de acuerdo a la labor cultural y tipo de cultivo, la información se presenta en la tabla 15.

Y = precio del producto en chacra, expresado en soles/ Kilogramo

R = rendimiento de producción, expresado en Kilogramos/hectárea

A = área del cultivo, expresado en hectáreas

sc = ejecución de la labor en forma oportuna, toma el valor de 4 y para programas adelantados o retardados, toma el valor de 2, para la investigación asumimos que las actividades agrícolas se realizaron oportunamente y se tomó el valor de 4.

nt = número de veces que se realiza la labor cultural en una campaña, tomó el valor de 1

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas, a los días mensuales se les resta los días no laborales del mes, domingos y feriados y, se descuenta jornadas laborales de 4 horas al día en los meses lluviosos de diciembre, enero, febrero y marzo.

h = Jornada laboral de trabajo en horas

3.2.4.2. Optimización de la potencia de máquinas agrícolas.

El procedimiento para optimizar la potencia de máquinas agrícolas, sigue la misma metodología aplicada a la optimización del ancho de trabajo de implementos agrícolas, teniendo en consideración las siguientes diferencias:

El Tiempo de uso de la máquina agrícola; en este caso del tractor (Tt), tiene tres componentes, que dependen de las actividades que realiza el tractor: tiempo para la ejecución

de labores agrícolas en el campo (T_{ac}), tiempo para la ejecución de actividades de transporte de productos (T_{at}) y el tiempo para la ejecución de actividades de procesamiento de productos (actividades estacionarias) (T_{ap}); de modo que:

$$T_t = T_{ac} + T_{at} + T_{ap}$$

Con la ecuación (27), se cuantifica las actividades de campo:

$$T_{ac} = A * \frac{Ha}{año} * E_c * \frac{Kw * h}{Ha} * \frac{1}{r1 * pw} * \frac{1}{Kw} = \frac{A * E_c}{r1 * pw}$$

Con la ecuación (28), se cuantifica las actividades de transporte:

$$T_{at} = Q_t * \frac{T_n}{año} * E_t * \frac{Kw * h}{T_n * Km} * \frac{1}{r2 * pw} * \frac{1}{Kw} * D (Km) = \frac{Q_t * E_t * D}{r2 * pw}$$

Con la ecuación (29), se cuantifica las actividades de procesamiento:

$$T_{ap} = Q_p * \frac{T_n}{año} * E_p * \frac{Kw * h}{T_n} * \frac{1}{r2 * pw} * \frac{1}{Kw} = \frac{Q_p * E_p}{r3 * pw}$$

Reemplazando las igualdades de las ecuaciones (27), (28) y (29), en la ecuación del tiempo del tracto (T_t), se obtiene:

$$T_t = \frac{A * E_c}{r1 * pw} + \frac{Q_t * E_t * D}{r2 * pw} + \frac{Q_p * E_p}{r3 * pw} \quad (34)$$

Dónde:

T_t = Tiempo de uso del tractor, en horas por año

A = Superficie trabajada, en Ha por año

E_c = Energía utilizada en labores agrícolas de campo, en Kw por hora por Ha

pw = Potencia unitaria, en Kw

Q_t = Cantidad de material transportado, en Tn por año

E_t = Energía utilizada para el transporte, en Kw por hora por Tn por Km

D = Distancia de transporte, en Km

Q_p = Cantidad de producto procesado, en Tn por año

E_p = Energía utilizada en el procesamiento, en Kw por hora por Tn

r1= relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional

r2= relación entre la potencia de salida y la potencia a la barra de tiro adimensional

r3= relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional y se estima que tiene el valor de 1

El costo de oportunidad forma parte del análisis de las actividades de campo y no se aplica a actividades de transporte y procesamiento.

En las actividades que desarrolla un tractor, las de transporte y las de procesamiento, por lo general son esporádicas, pero deben ser tomadas en cuenta para obtener resultados mucho más precisos; sin embargo, para fines de la presente investigación, se considera que el tractor no ejecuta actividades de transporte y procesamiento; por lo tanto, la ecuación (34), se transforma en:

$$Tt = \frac{A*Ec}{r1*pw} \quad (35)$$

Dónde:

Tt = Tiempo de uso del tractor, en horas por año

A = Superficie trabajada, en Ha por año

Ec = Energía utilizada en labores agrícolas de campo, en Kw por hora por Ha

pw = Potencia unitaria, en Kw

r1= relación entre la potencia de salida y la potencia al eje toma de fuerza, adimensional.

En la ecuación (32)

$$CO = (\%CF) * Va + ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va + COP) * T$$

El valor de adquisición (Va), debe ser desarrollada como una función del valor de adquisición unitario (valor de adquisición por potencia a la barra de tiro); de modo que:

$$Va = Vu * pw$$

Dónde:

Va = Valor de adquisición del tractor, en Soles

Vu = Valor de adquisición unitario, en Soles por Kw a la barra de tiro

pw = Potencia a la barra de tiro, en Kw

El costo del consumo de combustible (Cc), debe ser expresada como una función de costo de combustible unitario (costo unitario de combustible, en Soles por Kw de potencia a la barra de tiro); de modo que:

$$Cc = Cu * pw$$

Dónde:

Cc = Costo del consumo de combustible, en Soles

Cu = Costo de combustible unitario, en Soles por Kw a la barra de tiro

pw = Potencia a la barra de tiro, en Kw

El costo del consumo de lubricante (Cl), debe ser expresada como una función de costo de lubricante unitario (costo de lubricante por Kw de potencia a la barra de tiro); de modo que:

$$Cl = Lu * pw$$

Dónde:

Cl = Costo del consumo de lubricante, en Soles

Lu = Costo de lubricante unitario, en Soles por Kw a la barra de tiro

pw = Potencia a la barra de tiro, en Kw

El costo de la mano de obra del operador y el costo por oportunidad, son independientes de la potencia del tractor, bajo estas consideraciones, la ecuación (32), se desarrolla como:

$$CO = (\%CF)Vu * pw + (Cu * pw * T + Lu * pw * T + CMO * T + (\%RM) * Vu * pw * T + COP * T)$$

Haciendo uso de la ecuación (35), dónde T es el tiempo de uso del tractor, definido como Tt

$$Tt = \frac{A * Ec}{r1 * pw}$$

La ecuación del costo de operación, se transforma en:

$$CO = (\%CF)Vu * pw + \left(Cu * pw * \frac{A*Ec}{r1*pw} + Lu * pw * \frac{A*Ec}{r1*pw} + CMO * \frac{A*Ec}{r1*pw} + (\%RM) * \right. \\ \left. Vu * pw * \frac{A*Ec}{r1*pw} + COP * \frac{A*Ec}{r1*pw} \right)$$

$$CO = (\%CF)Vu * pw + \left(\frac{Cu*A*Ec}{r1} + \frac{Lu*A*Ec}{r1} + \frac{CMO*A*Ec}{r1*(pw)^2} + \frac{(\%RM)*Vu*A*Ec}{r1} + \frac{COP*A*Ec}{r1*(pw)^2} \right)$$

La ecuación anterior del costo de operación (CO), debe ser derivada con respecto a la potencia unitaria (pw), se obtiene el siguiente resultado.

$$\frac{d(CO)}{pw} = (\%CF) * Vu - \frac{CMO * A * Ec}{r1 * (pw)^2} - \frac{COP * A * Ec}{r1 * (pw)^2}$$

Si la ecuación anterior se iguala a cero, se obtiene el ancho óptimo

$$(\%CF) * Vu - \frac{CMO * A * Ec}{r1 * (pw)^2} - \frac{COP * A * Ec}{r1 * (pw)^2} = 0$$

$$(\%CF) * Vu = \frac{CMO * A * Ec}{r1 * (pw)^2} + \frac{COP * A * Ec}{r1 * (pw)^2}$$

$$(pw)^2 = \frac{CMO * A * Ec}{(\%CF) * Vu * v * efc} + \frac{COP * A * Ec}{(\%CF) * Vu * v * efc}$$

$$(pw)^2 = \frac{A * Ec}{(\%CF) * Vu * r1} * (CMO + COP)$$

En la ecuación (31), el costo de oportunidad (COP), se definió como:

$$COP = \frac{K*Y*R*A}{(sc)*(nt)*U*h}$$

Por lo tanto, el ancho óptimo al cuadrado se expresa como:

$$(pw)^2 = \frac{A * Ec}{r1 * (\%CF) * Vu} * \left(CMO + \frac{K * Y * R * A}{(sc) * (nt) * U * h} \right)$$

$$(pw) = \sqrt{\frac{A * Ec}{r1 * (\%CF) * Vu} * \left(CMO + \frac{K * Y * R * A}{(sc) * (nt) * U * h} \right)}$$

$$(pw) = \sqrt{\frac{100 * A * Ec}{r1 * (CF) * Vu} * \left(CMO + \frac{K * Y * R * A}{(sc) * (nt) * U * h} \right)} \quad (36)$$

Dónde:

(pw) = Potencia óptima a la barra de tiro, en Kw

100 = Constante del porcentaje, adimensional

A = Superficie trabajada, en Has por año

Ec = Energía utilizada en labores de campo, en Kw por Ha

(CF) = Valor absoluto del costo fijo.

Vu = Valor de adquisición unitario, en Soles por Kw a la barra de tiro

CMO = Costo de la mano de obra, en Soles por hora

K = Factor de pérdidas por oportunidad que varía de acuerdo a la labor cultural y tipo de cultivo, la información se presenta en la tabla 15.

Y = precio del producto en chacra, expresado en soles/ Kilogramo

R = rendimiento de producción, expresado en Kilogramos/hectárea

A = área del cultivo, expresado en hectáreas

sc = ejecución de la labor en forma oportuna, toma el valor de 4 y para programas adelantados o retardados, toma el valor de 2, para la investigación asumimos que las actividades agrícolas se realizaron oportunamente y se tomó el valor de 4.

nt = número de veces que se realiza la labor cultural en una campaña, tomó el valor de 1

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas, a los días mensuales se les resta los días no laborales del mes, domingos y feriados y, se descuenta jornadas laborales de 4 horas al día en los meses lluviosos de diciembre, enero, febrero y marzo.

h = Jornada laboral de trabajo en horas

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Áreas agrícolas con potencial para mecanización agrícola.

La información primaria generada por el tesista, se sustentó en información cartográfica de la provincia de Huari, en ella se identificó las áreas agrícolas, las que fueron clasificadas en áreas agrícolas con pendiente igual o menor al 20% y áreas agrícolas con pendientes mayores al 20%, se establece que las áreas agrícolas con pendientes menores al 20% son áreas que potencialmente pueden utilizar maquinaria agrícola para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas; con fines de la investigación, son áreas agrícolas donde se puede hacer uso de máquinas agrícolas para la labranza convencional: primera aradura o labranza primaria que se ejecuta con arados de discos y segunda aradura o labranza secundaria que se ejecuta con rastra de discos, la información se presenta en la tabla 15.

Tabla 15: Superficie agrícola total desagregada en superficie agrícola con pendiente igual o menor al 20% y con pendiente mayor al 20%

Distrito	Superficie Agrícola en Has		
	Agrícola	Pendiente = o < a 20%	Pendiente > a 20%
Anra	2275.62	188.16	2087.46
Cajay	2653.88	422.07	2231.81
Chavín de Huantar	5815.79	703.34	5112.45
Huacahi	2836.17	284.71	2551.47
Huacchis	2340.69	82.73	2257.96
Huachis	3384.86	272.58	3112.28
Huantar	3108.87	671.53	2437.35
Huari	5434.83	1496.11	3938.72
Masin	1743.02	185.91	1557.11
Paucas	2668.97	371.15	2297.82
Pontó	4373.94	1043.36	3330.58
Rahuapampa	289.81	51.59	238.22
Rapayan	1600.69	109.05	1491.64
San Marcos	5631.58	508.35	5123.23
San Pedro de Chaná	2651.07	265.91	2385.16
Uco	2054.54	443.29	1611.25
Total, provincial	48864.33	7099.84	41764.51

Fuente: Primaria generada por el tesista

La tabla muestra que, de 48,864.33 has de superficie agrícola de la provincia de Huari, 7,099.84 has (14.53%) de superficie agrícola tienen pendiente igual o menor al 20%, que

son áreas que potencialmente pueden hacer uso de maquinaria agrícola para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas.

4.2. Determinación del tiempo disponible.

El tiempo disponible para la ejecución de las operaciones agrícolas mecanizadas, depende del calendario agrícola y las precipitaciones estacionales, en el departamento de Ancash y en forma específica en la provincia de Huari, las precipitaciones con intensidad se presentan entre los meses de diciembre a marzo; por lo general, las precipitaciones ocurren en horas de la tarde y se pierde media jornada de trabajo, el tiempo disponible mensual ha sido estimado siguiendo la metodología desarrollada por Hunt Donnell, los resultados se presentan en la tabla 16.

Tabla 16: Determinación del porcentaje del tiempo disponible mensual y anual

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Domingos	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
Feriatos	1	0	0	2	1	1	2	1	0	0	1	2	11
Media jornada por lluvias	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15	60
Tiempo disponible	11	9	12	24	26	25	25	26	26	27	25	10	246
% tiempo disponible	35.48 %	32.14 %	38.71 %	80.00 %	83.87 %	83.33 %	80.65 %	83.87 %	86.67 %	87.10 %	83.33 %	32.26 %	67.40 %
Promedio anual	67.28%												

Fuente: Calendario del año 2022 - Elaborado por el tesista.

La tabla muestra que, los meses que ofertan mayor tiempo disponible son los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre, 27 días para el mes de noviembre (87.10%) y los meses que ofertan menor tiempo disponible son los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, 9 días para el mes de febrero (32.14%), el promedio anual del tiempo disponible en porcentaje es 67.28%, esta cifra fue utilizada para cuantificar el ancho óptimo de trabajo y la potencia óptima.

4.3. Ancho óptimo de trabajo

La cuantificación del ancho óptimo de trabajo de la labranza primaria y la labranza secundaria de las labores de campo para la labranza convencional, sustenta su fundamento teórico en los rendimientos económicos de máquinas e implementos agrícolas, cuyo propósito se logra con los costos mínimos de operación y la máxima producción de los

servicios que oferta las máquinas e implementos agrícolas al proceso de producción agrícola. La determinación de los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas se fundamenta en la ecuación (32), función del costo de operación, expresada en Soles por año y definida mediante la ecuación (32)

$$CO = (\%CF) * Va + ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va + COP) * T$$

Dónde:

CO = Costo de operación, en Soles por año

(%CF) = Porcentaje del costo fijo, en años

Va = Valor de adquisición, en Soles

Cc = Costo del consumo de combustible, en Soles por hora

Cl = Costo del consumo de lubricante, en Soles por hora

CMO = Costo de mano de obra del operador de la máquina, en Soles por hora

(%RM) = Porcentaje de reparación y mantenimiento, en años

COP = Costo de oportunidad, en Soles por hora

T = Tiempo de uso de máquinas o implementos agrícolas, en horas por año

En la ecuación (32), que permite cuantificar los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas, las variables pertinentes han sido puestas en función del ancho de trabajo del implemento (w) y el tiempo de uso de los implementos agrícolas han sido estimados con la capacidad real de trabajo de los implementos y se obtuvo la siguiente ecuación:

$$CO = (\%CF)Vu * w + \left(\frac{Cu*10*A}{v*efc} + \frac{Lu*10*A}{v*efc} + \frac{CMO*10*A}{w*v*efc} + \frac{(\%RM)*Vu*10*A}{v*efc} + \frac{COP*10*A}{w*v*efc} \right)$$

La ecuación anterior, fue derivada con respecto al ancho de trabajo (w), el resultado de la derivada ha sido igualado a CERO, para optimizar el ancho de trabajo y se obtuvo la siguiente igualdad.

$$w = \sqrt{\frac{10*100*A}{(CF)*Vu*v*efc} * \left(CMO + \frac{K*Y*R*A}{(sc)*(nt)*U*h} \right)} \quad (33)$$

Dónde:

w = ancho óptimo de trabajo, en metros

10 = Constante para el cambio de unidades, adimensional

100 = Constante del porcentaje, adimensional

A = Superficie trabajada, en Has por año

(CF) = Valor absoluto del costo fijo.

Vu = Valor de adquisición unitario, en Soles por metro de ancho de trabajo

v = Velocidad de trabajo, en km por hora

efc = eficiencia de campo, en porcentaje, adimensional

CMO = Costo de la mano de obra, en Soles por hora

K = Factor de pérdidas por oportunidad que varía de acuerdo a la labor cultural y tipo de cultivo, la información se presenta en la tabla 15.

Y = precio del producto en chacra, expresado en soles/ Kilogramo

R = rendimiento de producción, expresado en Kilogramos/hectárea

A = área del cultivo, expresado en hectáreas

sc = ejecución de la labor en forma oportuna, toma el valor de 4 y para programas adelantados o retardados, toma el valor de 2, para la investigación asumimos que las actividades agrícolas se realizaron oportunamente y se tomó el valor de 4.

nt = número de veces que se realiza la labor cultural en una campaña, tomó el valor de 1

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas, a los días mensuales se les resta los días no laborales del mes, domingos y feriados y, se descuenta jornadas laborales de 4 horas al día en los meses lluviosos de diciembre, enero, febrero y marzo.

h = Jornada laboral de trabajo en horas

La estimación de (w), cuantifica el ancho de trabajo óptimo total, para la labranza primaria y la labranza secundaria, los resultados se presentan en las tablas 17 y 18.

En la tabla 17, se presenta los resultados para el ancho óptimo de trabajo total del arado de discos, se selecciona un ancho de trabajo comercial para el arado y se estima el número de arados de discos.

En la tabla 18, se presenta los resultados para el ancho óptimo de trabajo total de la rastra de discos, se selecciona un ancho de trabajo comercial para la rastra y se estima el número de rastra de discos.

Tabla 17: Determinación del ancho de trabajo óptimo en metros y el número de implementos para la primera labranza, por distritos y la provincia de Huari

Cultivos	Constante de porcentaje (100)	Constante cambio de unidades (10)	Valor del costo fijo (%C)	Precio del implemento por metro de ancho de trabajo (w) Soles/m	Velocidad de trabajo (S) Km/Hr	Eficiencia de campo (e) en decimales	Costo de la mano de obra (MO) Soles/Hr	Costo de alquiler del implemento (AM) Soles/Hr	Factor de oportunidad (K) adimensional	Precio en chacra (Y) Soles/Kg	Producción (R) Kg/Has	Superficie del cultivo (A) Has	Oportunidad de ejecutar la actividad (sc)	Número de veces que se ejecuta la actividad en una campaña (nt) adimensional	Tiempo disponible (U) en decimales	Jornada laboral (h) horas	Ancho óptimo de trabajo al cuadrado (w ²) metros cuadrados	Ancho óptimo de trabajo (w) en metros	Ancho de trabajo del implemento (wi) en metros	Número de implementos	
Papa	100	10	12.0	36000	6.4	0.75	0	0	0.002	1.25	10000	3121.80	4	1	0.68	8	5399.66	73.48	1.5	49	
Máiz	100	10	12.0	36000	6.4	0.75	0	0	0.002	1.5	1800	2304.61	4	1	0.68	8	635.63	25.21	1.5	17	
Trigo	100	10	12.0	36000	6.4	0.75	0	0	0.002	1	1000	474.98	4	1	0.68	8	10.00	3.16	1.5	2	
Habas	100	10	12.0	36000	6.4	0.75	0	0	0.002	1.2	1200	324.58	4	1	0.68	8	6.72	2.59	1.5	2	
Oca	100	10	12.0	36000	6.4	0.75	0	0	0.002	1	2400	247.78	4	1	0.68	8	6.53	2.56	1.5	2	
Cebada	100	10	12.0	36000	6.4	0.75	0	0	0.002	1	1000	235.71	4	1	0.68	8	2.46	1.57	1.5	1	
Olluco	100	10	12.0	36000	6.4	0.75	0	0	0.002	1	2400	144.43	4	1	0.68	8	2.22	1.49	1.5	1	
Tarhui	100	10	12.0	36000	6.4	0.75	0	0	0.002	1.4	1200	124.54	4	1	0.68	8	1.15	1.07	1.5	1	
Arveja	100	10	12.0	36000	6.4	0.75	0	0	0.002	1.2	1200	121.41	4	1	0.68	8	0.94	0.97	1.5	1	
Primera aradura												Superficie total mecanizable, en Has	7099.84				Sumatoria del ancho óptimo de trabajo al cuadrado	6065.32	112.11	1.5	75

Fuente: Donnel Hunt - Manual de maquinaria agrícola

Tabla elaborada por el tesista

Tabla 18: Determinación del ancho de trabajo óptimo en metros y el número de implementos para la segunda labranza, por distritos y la provincia de Huari

Cultivos	Constante de porcentaje (100)	Constante cambio de unidades (10)	Valor del costo fijo (%CF)	Precio del implemento por metro de ancho de trabajo (w) Soles/m	Velocidad de trabajo (S) Km/Hr	Eficiencia de campo (e) en decimales	Costo de la mano de obra (MO) Soles/Hr	Costo de alquiler del implemento (AM) Soles/Hr	Factor de oportunidad (K) adimensional	Precio en chacra (Y) Soles/Kg	Rendimiento de producción (V) Kg/Ha	Superficie del cultivo (A) Has	Oportunidad de ejecutar la actividad (sc) adimensional	Número de veces que se ejecuta la actividad en una capaña (nt) adimensional	Tiempo disponible (U) en decimales	Jornada laboral (h) horas	Ancho óptimo de trabajo al cuadrado (w ²) metros cuadrados	Ancho óptimo de trabajo (w) en metros	Ancho de trabajo del implemento (wi) en metros	Número de implementos	
Papa	100	10	12.0	17000	8.1	0.75	0	40	0.002	1.25	10000	3121.80	4	1	0.68	8	9135.48	95.58	2.75	35	
Máiz	100	10	12.0	17000	8.1	0.75	0	40	0.002	1.5	1800	2304.61	4	1	0.68	8	1137.92	33.73	2.75	12	
Trigo	100	10	12.0	17000	8.1	0.75	0	40	0.002	1	1000	474.98	4	1	0.68	8	32.06	5.66	2.75	2	
Habas	100	10	12.0	17000	8.1	0.75	0	40	0.002	1.2	1200	324.58	4	1	0.68	8	21.73	4.66	2.75	2	
Oca	100	10	12.0	17000	8.1	0.75	0	40	0.002	1	2400	247.78	4	1	0.68	8	18.93	4.35	2.75	2	
Cebada	100	10	12.0	17000	8.1	0.75	0	40	0.002	1	1000	235.71	4	1	0.68	8	11.73	3.42	2.75	1	
Olluco	100	10	12.0	17000	8.1	0.75	0	40	0.002	1	2400	144.43	4	1	0.68	8	8.37	2.89	2.75	1	
Tarhui	100	10	12.0	17000	8.1	0.75	0	40	0.002	1.4	1200	124.54	4	1	0.68	8	5.95	2.44	2.75	1	
Arveja	100	10	12.0	17000	8.1	0.75	0	40	0.002	1.2	1200	121.41	4	1	0.68	8	5.49	2.34	2.75	1	
Segunda aradura												Superficie total mecanizable, en Has	7099.84				Sumatoria del ancho óptimo de trabajo al cuadrado	10377.67	155.09	2.75	56

Fuente: Donnel Hunt - Manual de maquinaria agrícola

Tabla elaborada por el tesista

4.4. Potencia óptima a la barra de tiro y la potencia efectiva

La cuantificación de la potencia óptima a la barra de tiro y la potencia efectiva para la labranza primaria y la labranza secundaria de las labores de campo para la labranza convencional, sustenta su fundamento teórico en los rendimientos económicos de máquinas e implementos agrícolas, cuyo propósito se logra con los costos mínimos de operación y la máxima producción de los servicios que oferta las máquinas e implementos agrícolas al proceso de producción agrícola. La determinación de los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas se fundamenta en la ecuación (32), función del costo de operación, expresada en Soles por año y definida mediante la ecuación (32)

$$CO = (\%CF) * Va + ((Cc + Cl + CMO + (\%RM) * Va + COP) * T$$

Dónde:

CO = Costo de operación, en Soles por año

(%CF) = Porcentaje del costo fijo, en años

Va = Valor de adquisición, en Soles

Cc = Costo del consumo de combustible, en Soles por hora

Cl = Costo del consumo de lubricante, en Soles por hora

CMO = Costo de mano de obra del operador de la máquina, en Soles por hora

(%RM) = Porcentaje de reparación y mantenimiento, en años

COP = Costo de oportunidad, en Soles por hora

T = Tiempo de uso de máquinas o implementos agrícolas, en horas por año

En la ecuación (32), que permite cuantificar los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas, las variables pertinentes han sido puestas en función de la potencia a la barra de tiro del tractor (P_w) y el tiempo de uso del tractor agrícola en: actividades agrícolas, actividades de transporte y actividades de procesamiento, el tiempo de uso para el tractor, se estima a partir del consumo de energía del tractor, para lograr los objetivos de la investigación, solo se considera el tiempo de uso del tractor en la ejecución de labores agrícolas; en este caso, para ejecutar labranza primaria y labranza secundaria y se obtiene la siguiente ecuación;

$$CO = (\%CF)Vu * pw + \left(\frac{Cu*A*Ec}{r1} + \frac{Lu*A*Ec}{r1} + \frac{CMO*A*Ec}{r1*(pw)^2} + \frac{(\%RM)*Vu*A*Ec}{r1} + \frac{COP*A*Ec}{r1*(pw)^2} \right)$$

La ecuación anterior, fue derivada con respecto al ancho de trabajo (pw), el resultado de la derivada ha sido igualado a CERO, para optimizar la potencia a la barra de tiro y se obtuvo la siguiente igualdad.

$$(pw) = \sqrt{\frac{100*A*Ec}{r1*(CF)*Vu} * \left(CMO + \frac{K*Y*R*A}{(sc)*(nt)*U*h} \right)} \quad (36)$$

Dónde:

(pw) = Potencia óptima a la barra de tiro, en Kw

100 = Constante del porcentaje, adimensional

A = Superficie trabajada, en Has por año

Ec = Energía utilizada en labores de campo, en Kw por Ha

(CF) = Valor absoluto del costo fijo.

Vu = Valor de adquisición unitario, en Soles por Kw a la barra de tiro

CMO = Costo de la mano de obra, en Soles por hora

K = Factor de pérdidas por oportunidad que varía de acuerdo a la labor cultural y tipo de cultivo, la información se presenta en la tabla 15.

Y = precio del producto en chacra, expresado en soles/ Kilogramo

R = rendimiento de producción, expresado en Kilogramos/hectárea

A = área del cultivo, expresado en hectáreas

sc = ejecución de la labor en forma oportuna, toma el valor de 4 y para programas adelantados o retardados, toma el valor de 2, para la investigación asumimos que las actividades agrícolas se realizaron oportunamente y se tomó el valor de 4.

nt = número de veces que se realiza la labor cultural en una campaña, tomó el valor de 1

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas, a los días mensuales se les resta los días no laborales del mes, domingos y feriados y, se descuenta jornadas laborales de 4 horas al día en los meses lluviosos de diciembre, enero, febrero y marzo.

h = Jornada laboral de trabajo en horas

La estimación de (pw) , cuantifica la potencia óptima total, para la labranza primaria y la labranza secundaria, los resultados se presentan en las tablas 19 y 20.

En la tabla 19, se presenta los resultados para la potencia óptima total del tractor para ejecutar la labranza primaria, se selecciona una potencia comercial a la barra de tiro para el tractor y se estima el número de tractores.

En la tabla 20, se presenta los resultados para la potencia óptima total del tractor para ejecutar la labranza secundaria, se selecciona una potencia comercial a la barra de tiro para el tractor y se estima el número de tractores.

Tabla 19: Determinación de la potencia óptima a la barra de tiro y la potencia efectiva, en Kw y el número de tractores para la labranza primaria, por distritos y la provincia de Huari

Cultivos	Constante de porcentaje (100)	Superficie del cultivo (A) Has	Energía a la barra de tiro (Ebt) en Kw	Valor del costo fijo (% CF)	Relación de la Pbt y la Pm del tractor (r) en decimales	Precio del tractor en relación a la Pbt (t) Soles/Kw a la barra de tiro	Costo de la mano de obra (MO) Soles /Hr	Factor de oportunidad (K) adimensional	Precio en chacra (Y) Soles/Kg	Rendimiento de producción (V) Kg/Ha	Oportunidad de ejecutar la actividad (sc) adimensional	Número de veces que se ejecuta la actividad en una capaña (nt) adimensional	Tiempo disponible (U) en decimales	Jornada laboral (h) horas	$100 * A * E / ((r * (\%CF) * t))$	$(L + (K * Y * V * A) / ((sc) * (nt) * (U) * (h)))$	(pwr) ²	Potencia a la barra de tiro (pwr) en Kw	Potencia al motor (Pm) en Kw	Potencia al motor de los tractores, en Kw	Número de tractores
Papa	100	3121.80	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.25	10000	4	1	0.68	8	608.03	3596.63	218684.749	1478.80	1848.50	100.00	18
Máiz	100	2304.61	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.5	1800	4	1	0.68	8	448.86	581.92	261201.61	511.08	638.85	100.00	6
Trigo	100	474.98	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	1000	4	1	0.68	8	92.51	53.66	4963.79	70.45	88.07	100.00	1
Habas	100	324.58	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.2	1200	4	1	0.68	8	63.22	52.96	3347.96	57.86	72.33	100.00	1
Oca	100	247.78	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	2400	4	1	0.68	8	48.26	64.66	3120.34	55.86	69.83	100.00	1
Cebada	100	235.71	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	1000	4	1	0.68	8	45.91	31.66	1453.68	38.13	47.66	100.00	0
Olluco	100	144.43	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	2400	4	1	0.68	8	28.13	41.86	1177.52	34.32	42.89	100.00	0
Tarhui	100	124.54	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.4	1200	4	1	0.68	8	24.26	29.23	709.03	26.63	33.28	100.00	0
Arveja	100	121.41	47	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.2	1200	4	1	0.68	8	23.65	26.07	616.45	24.83	31.04	100.00	0
Primera aradura		7099.84															246343.787	2297.95	2872.44	100.00	29

Fuente: Donnell Hunt - Manual de maquinaria agrícola

Tabla elaborada por el tesista

Tabla 20: Determinación de la potencia óptima a la barra de tiro y la potencia efectiva, en Kw y el número de tractores para la labranza secundaria, por distritos y la provincia de Huari

Cultivos	Constante de porcentaje (100)	Superficie del cultivo (A) Has	Energía a la barra de tiro (Ebt) en Kw	Porcentajes del costo fijo (%CF)	Relación de la Pbt y la Pm del tractor (r) en decimales	Precio del tractor en relación a la Pbt (t) Soles/Kw a la barra de tiro	Costo de la mano de obra (MO) Soles/Hr	Factor de oportunidad (K) adimensional	Precio en chacra (Y) Soles/Kg	Rendimiento de producción (V) Kg/Ha	Oportunidad de ejecutar la actividad (sc) adimensional	Número de veces que se ejecuta la actividad en una capaña (nt) adimensional	Fracción del tiempo disponible (U) en decimales	Jornada laboral (h) horas	$100 * A * E / ((r * (\%CF) * t))$	$(L + (K * Y * V * A) / ((sc) * (nt) * (U) * (h)))$	$(pwr)^2$	Potencia a la barra de tiro (pwr) en Kw	Potencia al motor (Pm) en Kw	Potencia al motor de los tractores, en Kw	Número de tractores
Papa	100	3121.80	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.25	10000	4	1	0.68	8	388.10	3596.63	139586.010	1181.47	1476.83	100	15
Máiz	100	2304.61	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.5	1800	4	1	0.68	8	286.51	581.92	166724.43	408.32	510.40	100	5
Trigo	100	474.98	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	1000	4	1	0.68	8	59.05	53.66	3168.38	56.29	70.36	100	1
Habas	100	324.58	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.2	1200	4	1	0.68	8	40.35	52.96	2137.00	46.23	57.78	100	1
Oca	100	247.78	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	2400	4	1	0.68	8	30.80	64.66	1991.71	44.63	55.79	100	1
Cebada	100	235.71	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	1000	4	1	0.68	8	29.30	31.66	927.88	30.46	38.08	100	0
Olluco	100	144.43	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1	2400	4	1	0.68	8	17.96	41.86	751.61	27.42	34.27	100	0
Tarhui	100	124.54	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.4	1200	4	1	0.68	8	15.48	29.23	452.57	21.27	26.59	100	0
Arveja	100	121.41	30	16.5	0.65	2250	10	0.002	1.2	1200	4	1	0.68	8	15.09	26.07	393.48	19.84	24.80	100	0
Segunda aradura		7099.84															157240	1835.92	2294.89	100	23
Sumatoria de la potencia a la barra de tiro al cuadrado																	7.15	92	89	100	

Fuente: Donnel Hunt - Manual de maquinaria agrícola

Tabla elaborada por el tesista

4.5. Índice de mecanización agrícola

El índice de mecanización agrícola, es la relación que se establece entre la potencia efectiva disponible y la superficie agrícola que potencialmente podría hacer uso de máquinas e implementos agrícolas; en este caso, superficies agrícolas con pendientes iguales o menores al 20%.

En la tabla 21, se presenta los resultados de la evaluación del índice de mecanización agrícola para la provincia de Huari.

Tabla 21: Determinación del índice de mecanización agrícola para la provincia de Huari

Cultivos	Superficie en Has	Potencia efectiva (Kw)			Índice de mecanización agrícola
		Primera aradura	Segunda aradura	Labranza convencional	
Papa	3121.80				
Maíz	2304.61				
Trigo	474.98				
Habas	324.58				
Oca	247.78				
Cebada	235.71	2872.44	2294.89	5167.33	0.73
Olluco	144.43				
Tarhui	124.54				
Arveja	121.41				
Total	7099.84				

Fuente: Donnel Hunt - Manual de maquinaria agrícola

Tabla elaborada por el tesista

4.6. Discusión

4.6.1. Áreas agrícolas con potencial para mecanización agrícola

Según el estudio Semidetallado de suelos del Callejón de Conchucos, realizado por la ONERN, el año 1975, el Callejón de Conchucos cuenta con 67,210 Has de tierras aptas para el desarrollo de las actividades agropecuarias, de ellas 18,150 Has, son suelos aptos para el desarrollo de la agricultura, cifra que representa el 27%, considera todos los suelos aptos para el desarrollo de la agricultura intensiva y agricultura para el desarrollo de cultivos permanentes, el estudio se realizó con tecnología no muy desarrollada para estos fines.

La Encuesta Nacional Agropecuaria de Producción y Ventas – ENAPROVE, cuya ejecución y análisis de resultados estuvo a cargo de la Dirección General de Información Agraria –

DGIA del Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI, en año 2004 publica los resultados de la Construcción del Marco de área, Región Natural Sierra, departamento de Ancash, en el que consigna 136,666.42 Has de tierras destinadas a la producción agropecuaria, de ellas corresponde 43,593.06 Has para el desarrollo de la agricultura, que representa el (31.21%) de la superficie agropecuaria.

Para la tesis, se ha hecho uso de tecnología avanzada, se hizo uso del ArcGIS 10.8, para la determinación de áreas agrícolas con pendientes menores al 20%, los resultados, permiten establecer que la provincia de Huari, cuenta con 48,864.33 Has de tierras aptas para el desarrollo de la agricultura, de ellas 7,099.84 Has, cifra que representa el 14.53%, son suelos agrícolas con pendientes menores al 20%, la información reportada para la tesis muestra consistencia con los resultados reportados por ONER, en el Estudio Semidetallado de Suelos del Callejón de Conchucos, que considera en el reporte 18,150 Has, de tierras aptas para el desarrollo de la agricultura, con pendientes menores al 25%, consideradas aptas para la mecanización agrícola, que representa el 14.12% de la superficie total 128,500 Has.

4.6.2. Costos de operación de máquinas e implementos agrícolas

Los costos anuales de operación de maquinaria agrícola e implementos agrícolas expresadas en Soles, tiene como componentes: costos fijos anuales y los costos variables anuales, los costos fijos o costos de posesión están conformados por la depreciación, el interés sobre la inversión media, el seguro y el alojamiento y los costos variables o costos de uso están conformados por el costo por el consumo de combustible, el costo por el consumo de lubricante, el costo de la mano de obra del operador y los costos por reparación y mantenimiento.

Los costos fijos, pueden ser expresados como una función del valor de adquisición del tractor o del implemento, al respecto Donnell Hunt, en el Manual de Maquinaria Agrícola: Rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipos, al tratar el tema de Selección de Equipos, para estimar el ancho de trabajo óptimo de implementos agrícolas, hace uso de un porcentaje de 14%, como porcentaje del Valor de adquisición del implemento (%CF) * Va, en Soles por año.

Al tratar el tema de la Selección de la Potencia óptima a la barra de tiro del tractor, el mismo autor, para estimar la potencia óptima a la barra de tiro del tractor, hace uso de un porcentaje de 16%, como porcentaje del Valor de adquisición del tractor (%CF) * Va, en Soles por año.

Para fines de la investigación, se ha desarrollado en proceso metodológico para estimar los porcentajes del valor de adquisición y cuantificar los costos fijos del implemento agrícola y del tractor.

4.6.2.1. Costos fijos anuales para implementos agrícolas

El porcentaje del valor de adquisición del implemento para estimar los costos fijos o costos de posesión del implemento, en Soles por año, es válido para los siguientes valores asignados a las variables del costo fijo, cualquier cambio en la asignación de valores a cualquier variable, modificará los valores del porcentaje del valor de adquisición para estimar los costos fijos o de posesión para los implementos.

Valor de adquisición V_a .

Valor residual $V_r = 10\% V_a$.

Vida útil = 20 años.

Tasa de interés 10%

Seguro = $0.75\% V_a$.

Alojamiento = $1.25\% V_a$.

Depreciación.

$$D_a = \frac{V_a - V_r}{20} = \frac{V_a - 0.1V_a}{20} = \frac{0.9V_a}{20} = 0.045V_a = 4.5\%V_a$$

Interés sobre la inversión media.

$$I_a = \frac{V_a + V_r}{2} * i = \frac{V_a + 0.1V_r}{2} * 0.1 = 0.55V_a * 0.1 = 0.055V_a = 5.5\%V_a$$

Seguro = $S_a = 0.75\% V_a$.

Alojamiento = $A_a = 1.25\% V_a$.

$$CF = D_a + I_a + S_a + A_a$$

$$CF = 4.5\%V_a + 5.5\%V_a + 0.75\%V_a + 1.25\%V_a$$

$$CF = 12.00\%V_a.$$

Verificar la información en la ecuación (33)

La investigación se ha desarrollado con un valor de (%CF) = 12%, cifra que no difiere significativamente con la utilizada por Donnell Hunt, quien utiliza 14%, lo que pone en evidencia la coherencia y consistencia de la propuesta de la investigación.

4.6.2.2. Costos fijos anuales para tractores.

El porcentaje del valor de adquisición de los tractores para estimar los costos fijos o costos de posesión del tractor, en Soles por año, es válido para los siguientes valores asignados a las variables del costo fijo, cualquier cambio en la asignación de valores a cualquier variable, modificará los valores del porcentaje del valor de adquisición para estimar los costos fijos o de posesión para los tractores.

Valor de adquisición Va .

Valor residual $Vr = 10\% Va$.

Vida útil = 10 años.

Tasa de interés 10%

Seguro = 0.75% Va .

Alojamiento = 1.25% Va .

Depreciación.

$$Da = \frac{Va - Vr}{10} = \frac{Va - 0.1Va}{10} = \frac{0.9Va}{10} = 0.09Va = 9.0\%Va$$

Interés sobre la inversión media.

$$Ia = \frac{Va + Vr}{2} * i = \frac{Va + 0.1Vr}{2} * 0.1 = 0.55Va * 0.1 = 0.055Va = 5.5\%Va$$

Seguro = $Sa = 0.75\% Va$.

Alojamiento = $Aa = 1.25\% Va$.

$$CF = Da + Ia + Sa + Aa$$

$$CF = 9.0\%Va + 5.5\%Va + 0.75\%Va + 1.25\%Va$$

$$CF = 16.50\%Va.$$

La investigación se ha desarrollado con un valor de (%CF) = 16.50%, cifra que no difiere significativamente con la utilizada por Donnell Hunt, quien utiliza 16%, lo que pone en evidencia la coherencia y consistencia de la propuesta de la investigación.

4.6.2.3. Costo de oportunidad

Los costos de oportunidad, solo serán aplicados a las labores agrícolas para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas de los tractores e implementos agrícolas; es necesario

aclarar que, en el caso de los tractores solo se aplicará los costos de oportunidad a las operaciones de campo, los costos de oportunidad no serán aplicables a las actividades de transporte y procesamiento que ejecutan los tractores.

Para estimar la pérdida de costos por oportunidad (OP), se adopta la propuesta de Donnell Hunt, con las adecuaciones pertinentes del costo de la mano de obra del operador, la jornada laboral, el coeficiente de los tiempos disponibles, los precios de los productos en chacra y los rendimientos de producción.

$$OP = \frac{(K * Y * R * A)}{sc * nt * U * h} = \frac{K * Y * R * A}{sc * nt * U * h}$$

K = Factor de pérdidas por oportunidad

Y = precio del producto en chacra, expresado en soles/ Kilogramo

R = rendimiento de producción, expresado en Kilogramos/hectárea

A = área del cultivo, expresado en hectáreas

sc = ejecución de la labor en forma oportuna

nt = número de veces que se realiza la labor cultural en una campaña

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas

h = jornada laboral de trabajo, se toma el valor de 8

Los costos de oportunidad, ponen en evidencia posibles pérdidas de calidad y precio por la ejecución inoportuna de las actividades agrícolas, al respecto Donnell Hunt, en el Manual de Maquinaria Agrícola: Rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipos, al tratar el tema de Selección de Equipos, en el Capítulo V, y la selección de la potencia, en el Capítulo VI, para estimar el ancho óptimo de implementos agrícolas y los requerimientos de la potencia a la barra de tiro, hace uso de 0.7

Para los fines de la investigación, se ha determinado el valor de U, para la investigación.

U = % de días disponibles al mes para la ejecución de labores agrícolas, los días mensuales se les resta los días no laborales del mes, domingos y feriados y, se descuenta jornadas laborales de 4 horas al día en los meses lluviosos de enero, febrero, marzo y diciembre.

Días del mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Domingos	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
Feriados	1	0	0	2	1	1	2	1	0	0	1	2	11
Media jornada por lluvia	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15	60
Tiempo disponible	11	9	12	24	26	25	25	26	26	27	25	10	246
% de tiempo disponible	35.48 %	32.14 %	38.71 %	80.00 %	83.87 %	83.33 %	80.65 %	83.87 %	86.67 %	87.10 %	83.33 %	32.26 %	67.40 %
Promedio anual	67.28%												

Fuente: Calendario del año 2022 – Elaborado por el tesista.

Para fines de la investigación se hará uso de 0.70

h = jornada laboral de trabajo, se toma el valor de 8 horas que es la jornada legal de trabajo en el Perú.

4.6.3. Determinación del ancho óptimo de trabajo

Determinada la función de los costos de operación de los implementos agrícolas, en Soles por año, las variables pertinentes de la ecuación deben ser puestas en función del ancho de trabajo del implemento, expresados en Soles por metro de ancho de trabajo, derivar la función con respecto al ancho de trabajo, el resultado de la función derivada debe ser igualada a CERO, para cuantificar el valor del ancho de trabajo, el resultado es el ancho óptimo de trabajo del implemento, se obtiene a partir de la asignación de valores a la ecuación (33).

4.6.3.1. Para la primera aradura: ancho óptimo de arado de discos

La cuantificación de la ecuación (33), asignándole valores a las variables correspondientes al arado de discos, permite determinar el ancho de trabajo óptimo para el arado de discos, se obtiene un valor de 112.11 metros, si se selecciona 1.50 metros de ancho de trabajo comercial para el arado, la provincia de Huari requiere de 75 arados de discos.

4.6.3.2. Para la segunda aradura: ancho óptimo de rastra de discos

La cuantificación de la ecuación (33), asignándole valores a las variables correspondientes a la rastra de discos, permite determinar el ancho de trabajo óptimo para la rastra de discos, se obtiene un valor de 155.04 metros, si se selecciona 2.75 metros de ancho

de trabajo comercial para la rastra de discos, la provincia de Huari requiere de 56 rastras de discos.

4.6.4. Determinación de la potencia óptima a la barra de tiro

Determinada la función de los costos de operación de los tractores agrícolas, en Soles por año, las variables pertinentes de la ecuación deben ser puestas en función de la potencia requerida a la barra de tiro del tractor, expresados en Soles por Kw de potencia a la barra de tiro, derivar la función con respecto a la potencia requerida a la barra de tiro, el resultado de la función derivada debe ser igualada a CERO, para cuantificar el valor de la potencia requerida a la barra de tiro, el resultado es la potencia óptima requerida a la barra de tiro, se obtiene a partir de la asignación de valores a la ecuación (34).

4.6.4.1. Potencia óptima a la barra de tiro para la primera aradura

La cuantificación de la ecuación (34), asignándole valores a las variables correspondientes al tractor utilizado en la primera aradura, haciendo uso del arado de discos, permite determinar la potencia óptima a la barra de tiro para la primera aradura, se obtiene un valor de 2,297.87 Kw a la barra de tiro, con una eficiencia de transmisión de potencia de 65%, entre la potencia efectiva y la potencia a la barra de tiro se obtiene 2,872.44 Kw de potencia efectiva, si se selecciona 100 Kw de potencia comercial para los tractores agrícolas, la provincia de Huari requiere de 29 tractores agrícolas para la primera aradura.

4.6.4.2. Potencia óptima a la barra de tiro para la segunda aradura

La cuantificación de la ecuación (34), asignándole valores a las variables correspondientes al tractor utilizado en la segunda aradura, haciendo uso de la rastra de discos, permite determinar la potencia óptima a la barra de tiro para la segunda aradura, se obtiene un valor de 1,835.92 Kw a la barra de tiro, con una eficiencia de transmisión de potencia de 65%, entre la potencia efectiva y la potencia a la barra de tiro se obtiene 2,294.89 Kw de potencia efectiva, si se selecciona 100 Kw de potencia comercial para los tractores agrícolas, la provincia de Huari requiere de 23 tractores agrícolas, para la segunda aradura. Hacemos la aclaración que los tractores de la primera aradura o labranza primaria son los mismos para la segunda aradura o labranza secundaria; por lo tanto, la provincia de Huari requiere de 29 tractores de 100 Kw.

4.6.5. Determinación del Índice de Mecanización Agrícola (IMA)

La investigación ha generado información primaria para analizar las áreas agrícolas de la provincia de Huari, a partir de la cartografía existente para la provincia de Huari, se ha desagregado la superficie agrícola total en áreas agrícolas con pendiente igual o menor al 20%, áreas que potencialmente pueden hacer uso de máquinas e implementos agrícolas para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, esta superficie es de 7,099.84 Ha.

Se ha determinado el requerimiento de la potencia efectiva para ejecutar la labranza convencional y tiene un valor de 2,872.44 Kw; para primera aradura y 2,294.89 Kw, para la segunda aradura, en total la potencia efectiva total requerida es 5,167.33 Kw; por lo tanto, el índice de mecanización agrícola de la provincia de Huari es de:

$$IM = \frac{\text{Potencia requerida}}{\text{Superficie agrícola mecanizable}} = \frac{5,167.33 \text{ Kw}}{7,099.74 \text{ Ha}} = 0.73 \frac{\text{Kw}}{\text{Ha}}$$

La FAO, para América Latina recomienda 0.37 Kw/Ha de índice de mecanización y para países en vías de desarrollo recomienda 0.75 Kw/Ha de índice de mecanización.

La investigación permite establecer un índice de mecanización de 0.73 Kw/Ha, para la provincia de Huari, indicador que tiene un valor bastante cercano a lo recomendado por la FAO, poniendo evidencia la significación del resultado de la investigación, respecto de la recomendación por la FAO y la consistencia de la metodología establecida, la validez de las adecuaciones realizadas en variables de la función de los costos operativos, en Soles por año, y la consistencia de la justificación teórica de la investigación, adecuadamente contextualizada para la provincia de Huari.

V. CONCLUSIONES

Conclusión general.

Los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas, se cuantifican como costos fijos y costos variables, los costos fijos o costos de posesión pueden ser expresados como un porcentaje del valor de adquisición de la máquina o del implemento y los costos variables dependen del tiempo de uso de las máquinas e implementos agrícolas. En los costos de operación hay variables que deben ser puestas en función al ancho de trabajo de los implementos y la potencia a la barra de tiro del tractor: el valor de adquisición de un implemento puede ser expresado como una función del ancho de trabajo y el valor de adquisición del tractor puede ser expresado como una función de la potencia a la barra de tiro, el costo de combustible y lubricante puede ser expresado como una función del ancho de trabajo del implemento y de la potencia a la barra de tiro del tractor.

Conclusión específica 1

El ancho óptimo de trabajo para la primera aradura, para la provincia de Huari es de 112.11 metros; si se considera, la adquisición de arados de discos de 1.50 metros de ancho de trabajo, se requiere 75 arados de discos. El ancho óptimo de trabajo para la segunda aradura, para la provincia de Huari es de 155.09 metros; si se considera, la adquisición de rastras de discos de 2.75 metros de ancho de trabajo, se requiere 56 rastras de discos.

Conclusión específica 2

La potencia óptima a la barra de tiro para la primera aradura, para la provincia de Huari es de 2,297.95 Kw, estimando una pérdida de potencia del 35%, entre la potencia efectiva y la potencia a la barra de tiro, se determina una potencia efectiva de 2,872.44 Kw; si se considera, la adquisición de tractores de mediana potencia de 100 Kw, se requiere 29 tractores. La potencia óptima a la barra de tiro para la segunda aradura, para la provincia de Huari es de 1,835.92 Kw, estimando una pérdida de potencia del 35%, entre la potencia efectiva y la potencia a la barra de tiro, se determina una potencia efectiva de 2,294.89 Kw; si se considera, la adquisición de tractores de mediana potencia de 100 KW, se requiere 23 tractores.

Conclusión específica 3

La superficie agrícola, que potencialmente puede hacer uso de máquinas e implementos agrícolas para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas, con pendientes menores o iguales al 20%, abarca una extensión de 7,099.48 Ha, consideradas como áreas agrícolas potencialmente mecanizables en la provincia de Huari.

Conclusión específica 4

El índice de mecanización de la provincia de Huari se estima en 0.73 Kw/Ha, la potencia efectiva requerida para la ejecución de la labranza de convencional es de 5,167.33 Kw, la superficie agrícola que potencialmente pueden hacer uso máquinas e implementos agrícolas para la ejecución de operaciones agrícolas mecanizadas es de 7,099.48 Ha, el indicador de mecanización agrícola se encuentra dentro de los límites establecidos y recomendados por la FAO, para américa latina.

VI. RECOMENDACIONES

Recomendación 1.

La metodología desarrollada en la investigación, sustentada en la teoría de los costos de operación de máquinas e implementos agrícolas, permite determinar el tamaño de implementos agrícolas y la potencia a la barra de tiro de los tractores agrícolas; por lo tanto, debe ser replicada para otras provincias de la sub región de los Conchucos y del departamento de Ancash, de modo que se disponga de información contextualizada y relevante, generada por la investigación, para adoptar decisiones y mejorar la productividad y producción agraria.

Recomendación 2.

Dada la diversidad de los espacios territoriales de la provincia de Huari y la localización de los principales centros de producción agropecuaria, con el propósito de optimizar la administración y gestión de las máquinas e implementos agrícolas del Parque de Maquinaria Agrícola de la provincia de Huari, se propone instalar tres centros de servicios localizados en los distritos de Huari, Chavín y Yunguilla en el distrito de Pontó, propuesta que debe ser analizada y mejorada con un estudio de localización.

Recomendación 3.

La implementación de programas de mecanización agrícola debe incrementar la capacidad de trabajo de máquinas e implementos agrícolas, adoptar el uso de componentes electrónicos para el registro de datos, mejorar las competencias de los recursos humanos, para incorporar el uso de las tecnologías de la información y la comunicación a la producción agropecuaria y proponer la implementación de la agricultura de precisión, que permita registrar y analizar información en tiempo real y generar nueva información y conocimientos de calidad que, permitan tomar decisiones en forma oportuna y en tiempo real y mejorar el uso de los recursos sociales, económicos, físicos y ambientales, para optimizar la producción agrícola y mitigar los impactos ambientales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, V. I. (2017). *Centro de apoyo mecanizado a cultivos agrícolaS*. Recuperado el 12 de Mayo de 2020, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=X3IrDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=tractores+agr%C3%ADcolas&ots=ZOslfqWwyZ&sig=KLY_akYHGEX3bj1BDCuzQm9DcAs#v=onepage&q=tractores%20agr%C3%ADcolas&f=false
- Alonso, P., & Gadea, A. (2015). *Cálculo de costos de maquinaria agrícola. Estudio de caso: agropecuaria La Lucía S. A., localidad de Vedía (provincia de Buenos Aires)*. Informe final de tesis, Buenos Aires.
- Alvarez, C. A. (2004). *Administración de maquinaria agrícola*. Bogotá, Colombia: Universidad nacional de Colombia, Unibiblos. Recuperado el 25 de Mayo de 2019
- Ayala, G. A., Cervantes, O., Audelo, B., Velázquez, L., & Vargas, S. (2013). La normalización y certificación de tractores agrícolas en México. *Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(Supl. 1). Recuperado el 19 de Agosto de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000500016
- Catalán, H. (Enero de 2012). DISEÑO DE UN PARUQUE DE MAQUINARIA AGRÍCOLA ¿CUÁNTAS MÁQUINAS NECESITO? *Agricultura*, 46-51. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de http://oa.upm.es/22255/1/parque_maquinaria_enero_2012.pdf
- Chucchu, R. E. (2017). *Estimación del rendimiento real, construcción de gráficas y ecuaciones, de un tractor agrícola de mediana potencia, en barbecho, sector Caral - Supe (barranca)*. Informe final de tsesi, Ancash, Huaraz. Recuperado el 16 de Agosto de 2022
- Claramonte, M. C. (2020). *Planteamiento y cálculo del parque de maquinaria agrícola necesario para una empresa de gestión de tierras cítricas y estudio de su viabilidad económica: en las comarcas de la Planta Alta y Baja, en la provincia de Castellón*. forme final de tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. Recuperado el 23 de julio de 2022, de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/156041/Claramonte%20-%20Planteamiento%20y%20c%C3%A1lculo%20del%20parque%20de%20maquinaria%20necesario%20para%20una%20empresa%20de%20gesti...pdf?sequence=3&>
- Cuauhtémoc, N. J., Tavares, M., & Tavares, M. (2012). Diseño de tractores agrícolas en México. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 21(1). Recuperado el 21 de Agosto de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542012000100001
- Cuauhtemoc, R. N. (2006). *MECANIZACIÓN AGRÍCOLA EN MEXICO*. Mexico. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REN20R333.pdf>

- Delgado, M. F. (2016). *SELECCIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA PARA EL EMPACADO DE RASTROJO DE ARROZ EN EL VALLE DE MAJES - AREQUIPA*. Informe de tesis, Puno. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4622/Delgado_Mendoza_Fernando_Alvaro.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Garbers, R. E., & Chen, Y. (2013). *Costos operativos de maquinaria agrícola (Síntesis básica para su calculo)*. Recuperado el 26 de Marzo de 2020
- Ghelfi, D. G. (2019). *ESTudio sobre el Dimensionamiento Tecnológico-Mecánico del Parque de Maquinaria Agrícola, según la superficie a trabajar: Un caso en el Partido Suipach*. Informe final de tesis.
- Hernández, Á. J., Gutiérrez, R., Díaz, V., González, H., & Serrato, C. (2022). Evaluación del nivel de mecanización tecno-agrícola en seis municipios del valle de Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3). Recuperado el 16 de Agosto de 2022
- Huansha, A. E. (2002). *Dimensionar un parque de maquinaria agrícola para el Callejón de Huaylas*. Informe final de tesis, Universidad Nacional de Ancash Santiago Antúnez de Mayolo, Ancash, Huaraz. Recuperado el 20 de Junio de 2022
- Huascupe, H. J. (2019). *POTENCIA ÓPTIMA EN TRACTORES AGRÍCOLAS EN EL CIP ILLIPA*. Informe de tesis, Puno. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Huascupe_Huanca_Justo%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Huascupe_Huanca_Justo%20(2).pdf)
- Hunt, D. (1988). *Manual de maquinaria agrícola: Rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipos*. México: Ciencia y Técnica. Recuperado el 14 de Marzo de 2022, de <https://www.worldcat.org/title/manual-de-maquinaria-agricola-rendimiento-economico-costos-operaciones-potencia-y-seleccion-de-equipo-manual-de-laboratorio-y-cuaderno-de-trabajo/oclc/20141707?referer=di&ht=edition>
- Hunt, D. L. (1987). *Manual de Maquinaria Agrícola: Rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipos* (Primera reimpresión ed.). México, México: Editorial imusa s. A. de c. V.
- Lujan, C. E. (2017). *DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MECANIZACIÓN AGRÍCOLA Y DEMANDA DE MAQUINARIA AGRÍCOLA EN LOS SECTORES: EL MORO, VICHANZO, MOCHICA ALTA Y COMACHE, DEL VALLE MOCHE - REGIÓN LA LIBERTAD*. Informe de tesis, Trujillo. Recuperado el 7 de Mayo de 2020
- Machaca, H. G. (2017). *COMPARATIVO DE DOS TIPOS DE TRACTORES AGRÍCOLAS EN EL LABOREO DEL SUELO EN EL C. I. P. ILLIPA*. Informe de tesis, Puno. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4817/Machaca_Huayta_Goyo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mendoza, M. M. (2021). *Efectos de la labranza convencional y labranza de conservación en la*

- producción agrícola: Revisión de literatura*. Informe final de graduación. Recuperado el 21 de Agosto de 2022, de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a8681a48-2637-44e2-9867-5b12a8ee8a51/content>
- Ministerio de Agricultura. (2004). *Resultados de la construcción del marco de área - regiónh natural sierra departamento de Ancash*. Ancash, Lima.
- Navarro, G. F. (2017). *COMPARACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN EMPLEANDO DOS SEMBRADORAS DE PRECISIÓN EN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN VS. AGRICULTURA CONVENCIONAL*. Informe de tesis, Lima. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2719/E16-N38-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortiz, Z. J. (2016). *COMPARACIÓN TECNICO-ECONÓMICO DEL TRASPLANTE TRADICIONAL VS EL TRASPLANTE EN HILERAS DEL ARROZ (Oryza sativa L.) EN BELLAVISTA - SAN MARTÍN*. Informe de tesis, Tarapoto. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de La presente investigación se fundamenta en la comparación de los métodos de trasplante
- Ortiz-Cañavate, J., Barreiros, E. P., Diezma, I., García, R., Gil, S., Moya, G., . . . Valerio, U. (2012). *Las máquinas agrícolas y su aplicación* (7° Edición ed.). Madrid, España: Mundi Prensa.
- Reina, C. J. (2004). *Análisis del p'arque de Tractores Agrícolas en el Ecuador*. Informe final de tesis, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, Energía y Mecanización, Chillán. Recuperado el 16 de Agosto de 2022, de <http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/8309/1/An%c3%a1lisis%20del%20parque%20de%20tractores%20agr%c3%adcolas%20en%20el%20Ecuador.pdf>
- Rodríguez, D. S., & Orbegoso, N. (25 de Septiembre de 2018). *DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y MECANIZACIÓN EN PERÚ*. *Revista Tzhoecoen*, 10(3), 483-494. Recuperado el 6 de Mayo de 2020, de ISSN: 1997-8731
- Toapanta, L. O. (2016). *Efecto de labranza convencional y siembra directa en las propiedades Físicas, Químicas y Biológicas del suelo y en la producción de tres cultivos de la sierra*. Informe final de graduación, Quito. Recuperado el 21 de Agosto de 2022, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10130/1/T-UCE-0004-90.pdf>
- Valdez, D. E. (2019). *Evaluación de las fuentes de energía utilizadas en la producción agrícola, distrito de Mancos, Provincia de Yungay, Ancash - 2019*. Informe final de tesis, Universidad Nacionalo Santiago Antúnes de Mayolo, Ancash, Huaraz. Recuperado el 20 de Junio de 2022, de http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4417/T033_47010756_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Vargas, S. J., Audelo, B., Jiménez, R., Ayala, G., & Cervantes, O. (Diciembre de 2013). POTENCIA Y FUERZA DE TRACCIÓN EN LA BARRA DE TIRO DE LOS TRACTORES AGRÍCOLAS. Coatlinchán - Mexico. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3950/CIRCE_010208300100052501ok.pdf;sequence=1
- Wong, B. M., Rios, H., & Pin, G. (2015). Procedimiento metodológico para el diseño de un sistema de información de la maquinaria agrícola. *Revista de Ingeniería Agrícola*, 5(1), 14-20.

VIII ANEXOS

























