



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

DETERMINAR EXPERIMENTALMENTE EL RENDIMIENTO DEL CAMPO PARA LA ACTIVIDAD DE LABRANZA PRIMARIA EN LA FINCA (CENTRO EXPERIMENTAL AGRÍCOLA) DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA DEL MUNICIPIO DE LAS FLORES DEL DEPARTAMENTO DE MASAYA.

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por

Br. Hallmar Antonio Almendarez Ugarte

Tutor

Dr. Ricardo José Rivera Medina.

Managua, Marzo 2020

Dedicatoria

A DIOS, por ser el dador de nuestra vida de cada día, su misericordia que se renueva todos los días, y me dio la salud, la inteligencia, la guía para concluir con esta etapa de mi vida.

A mi apreciada madre Olivia Ugarte Sevilla por su amor infinito, sus consejos y motivaciones. Quien no me dejó caer antes todas las adversidades y fueron sus motivaciones quienes me ayudaron a terminar mi monografía, a mi hermana Ing. Cinthia Lilieth Almendarez Ugarte, quien estuvo conmigo dando su mano amiga en los momentos más difíciles de mi vida y alentándome seguir adelante, a mi papa Roger Almendarez Aguilar por su cariño y apoyo incondicional.

De manera muy especial.

Al Dr. Ricardo José Rivera Medina tutor guía, por haberme brindado orientaciones y aportar para la elaboración de este trabajo monográfico ya que sin su ayuda no hubiera sido posible realizar las pruebas, investigaciones y evaluaciones necesarias para que este trabajo brindara resultados confiables.

A cada uno de mis maestros por ser una inspiración en mi vida, por compartir sus conocimientos y experiencias de campo de la carrera y poder ejercerlas con paciencia, tolerancia y siempre tener tiempo para cualquier consejo profesional.

A mis amistades de gran confianza, Martha Fabiola Lumbi Álvarez, Yolanda Estefanía Otero, Miguel Ángel Rosales Guevara, Carmen del Socorro Guevara Marengo, gracias por su apoyo, sus ánimos y oraciones en cada lucha y desafíos que pude vencer gracias al acuerdo de todos en oración para mover la mano de Dios.

Agradecimientos

Le agradezco a mi mentor Ing. Dr. Ricardo José Rivera Medina (Catedrático Universidad Nacional de Ingeniería Recinto Universitario Pedro Arauz Palacio) por su apoyo incondicional, siendo mi guía hasta el final de este arduo trabajo.

A todas aquellas personas, programas de la Universidad Nacional de Ingeniería e instituciones del estado que nos ayudaron con sus conocimientos científicos y técnicos calificados para la realización de este proyecto.

A todos los catedráticos de la UNI por brindarme sus conocimientos, paciencia y comprensión durante toda la carrera, para formarnos como profesional con valores al servicio de nuestro país.

Muchos Gracias a todos, por acompañarme hasta este punto de mi vida.

ÍNDICE.

CAPITULO I. GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Justificación.....	6
1.4. Objetivos.....	7
1.4.1. Objetivos generales.....	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	7
1.5. Hipótesis.....	7
CAPITULO II. MARCO TEORICO.....	8
2.1. Maquinaria Agrícola.....	9
2.1.1. Rendimiento de la máquina.....	10
2.1.2. El Rendimiento de la potencia.....	13
2.1.3. Rendimiento del operador.....	14
2.1.4. Etapas de la mecanización agrícola.....	15
2.1.5. Normas de tiempos para el trabajo con máquinas.....	27
2.1.6. Fundamento del sistema de máquinas agrícola.....	29
2.2. Coeficiente de utilización del tiempo de turno.....	35
2.3. Viraje de un tractor.....	36
2.4. Seguridad en la operación de trabajo.....	38

2.5. Estadística Descriptiva.....	42
2.6. Error.....	46
CAPITULO III. DISEÑO METODOLOGICO.....	47
3.1. Metodología de evaluación en el estudio cinemático del movimiento del conjunto tractor Steyr 8130 y el arado de vertedera M950 en la labor de labranza primaria.....	48
3.1.1. Observación y organización del trabajo de campo en el sitio de estudio.....	48
3.1.2. Descripción del lote experimental agrícola.....	50
3.1.3. Planteamiento del problema.....	52
3.1.4. Análisis documental del conjunto compuesto de tractor con rueda arado de vertedera.....	53
3.1.5. Procedimiento y recolección de datos en el campo trabajado.....	53
3.1.6. Proceso de evaluación en el campo.....	55
3.2. Materiales y equipos utilizados.....	56
3.2.1. Organización y planificación de la recolección de datos de campo.....	59
3.2.2. Procesamiento de la información de cálculos y estadística.....	59
3.3. Estudio de la eficiencia de tiempo de la actividad del conjunto tractor steyr 8130 y arado de vertedera en la finca experimental agrícola.....	60
3.4. Rendimientos del conjunto tractor Steyr 8130 y arado de vertedera con rendimientos obtenidos en otras pruebas experimentales para la actividad de labranza primaria.....	61
3.5. Redacción del informe final.....	62

CAPITULO IV. RESULTADOS Y ANALISIS.....	63
4.1. Estudio cinemático del movimiento del conjunto tractor Steyr 8130 y arado de vertedera M950 en la labor de labranza primaria.....	64
4.1.1. Análisis de la calidad de los datos obtenido tiempo de trabajo del Steyr 8130 y arado de vertedera M950 de 3 cuerpos en el lote experimental.....	71
4.1.2. Determinación experimental del rendimiento de un tractor con rueda y arado de vertedera en hectáreas por horas.....	77
4.2. Análisis Eficiencia de tiempo de la actividad de laborar del conjunto tractor Steyr 8130 y arado de vertedera.....	78
4.3. Comparación de rendimientos del conjunto tractor Steyr 8130 y arado de vertedera M950 con rendimientos obtenidos en otras pruebas experimentales para la actividad de labranza primaria.....	80
4.3.1. Error.....	82
4.4. Determinación experimental del consumo de combustible del tractor con rueda y su implemento en litros por horas.....	86
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
5.1. Conclusiones.....	89
5.2. Recomendaciones.....	90
BIBLIOGRAFIA.....	91
ANEXOS	
Índice ilustración.	
Ilustración 1. Conjunto despiece de un cuerpo de arado.	19
Ilustración 2. Conjunto tractor con rueda y arado.....	20

Ilustración 3. Arado reversible.	22
Ilustración 4. Tipo de arado reversible.	23
Ilustración 5. Tipo de giro.	56
Ilustración 6. Gama de velocidades km/h [m/h) del tractor Steyr 8130.	96
Ilustración 7. Virajes del modelo continuo para variar en anchuras de cabeceras en el campo agrícola.	99
Ilustración 8. factura obtenida en la compra del combustible para el estudio experimental.	111

Índice de cuadro.

Cuadro 1. Velocidades de operación y rendimiento de implemento agrícolas.	32
Cuadro 2. Descripción del Perfil 02.	51
Cuadro 3. Formato de la libreta para recolección de datos.	54
Cuadro 4. Registro de Fallas.	54
Cuadro 5. Descripción del tracto Steyr 8130 y arado de vertedera.M950	56
Cuadro 6. Tabla de tiempos obtenidos de la maquinaria agrícola.	64
Cuadro 7. Filtrado de la información recopilada en el campo experimental agrícola.	68
Cuadro 8. Tabla de datos obtenidos experimental.	78
Cuadro 9. Primer dato obtenido (Ida) en el lote experimental.	78
Cuadro 10. Vuelta (primer dato obtenido en el lote experimental).	79
Cuadro 11. Tiempo trabajo total obtenidos con tractor con rueda y arado vertedera.	79

Cuadro 12. Comparación de los rendimientos obtenidos de la finca experimental con los autores. (ver anexo rendimientos).	80
Cuadro 13. Datos obtenidos experimental del consumo de combustible.	87
Cuadro 14. Especificaciones técnicas tractor Steyr 8130.	96
Cuadro 15. Tipos de virajes en el campo agrícola.	97
Cuadro 16. Patrones de movimientos de las maquinas en el campo.	98
Cuadro 17. índice promedio de rendimiento de maquinaria agrícola en Nicaragua.	106
Cuadro 18. Datos de la velocidad y rendimiento de diferentes maquinas en condiciones locales.	107
Cuadro 19. Comparación de velocidades y rendimientos dados por la fat con los obtenidos localmente.	108
Cuadro 20. Comparación del número de horas tractor totales por año calculados con datos FAT Y con datos locales.	109
Cuadro 21. Frecuencia de tiempos de trabajo (seg) en entrada.	118
Cuadro 22. Estadísticas de Tiempo trabajo Entrada (seg).	119
Cuadro 23. Frecuencia de tiempos de trabajo (seg) en salida.	120
Cuadro 24. Estadística de tiempo de trabajo Salida (seg).	121
Cuadro 25. Frecuencia de tiempos de virajes (seg).	122
Cuadro 26. Estadística tiempos de virajes (seg).	124

Índice fotografía.

Fotografía 1. Arado vertedera M950 (Vogel Noot) en aradura.	70
--	----

Fotografía 2. Lote labrado en la finca experimental agrícola.....	71
Fotografía 3. Medición del consumo del combustible.....	86
Fotografía 4. Lote experimental ante del estudio.	101
Fotografía 5. Arado de Vertedera trabajando lote experimental, levantamiento de mediciones con cinta y maquinaria iniciando laboreo.	101
Fotografía 6. (Izquierda) midiendo profundida del surco, barra telescópica mal estado en el esfuerzo del laboreo.	102
Fotografía 7. Condiciones Inseguras durante el estudio.	102
Fotografía 8. lote experimental después del estudio.	103
Fotografía 9. Tractor y arado de vertedera utilizado durante el estudio experimental.	103
Fotografía 10. Perfil del suelo finca experimental.....	104

Índice ecuaciones.

Ecuación 1. Ecuación Capacidad Teórica.....	29
Ecuación 2. Calculo de la capacidad de la maquina teórica	30
Ecuación 3.Capacidad Teórica de Campo	30
Ecuación 4.Capacidad efectiva de campo.	30
Ecuación 5.Rendimiento.	30
Ecuación 6.Capacidad de trabajo requerida.	31
Ecuación 7.Capacidad efectiva de trabajo	31
Ecuación 8.Metodos para medir la eficiencia del campo.....	33

Ecuación 9. Coeficiente de utilización del tiempo de turno.	35
Ecuación 10. Balance de tiempo del turno.	35
Ecuación 11. La media.	43
Ecuación 12. La desviación típica.	44
Ecuación 13. La desviación estándar.	44
Ecuación 14. Distribución normal.	45
Ecuación 15. Ecuación error absoluto.	46
Ecuación 16. Error relativo.	46
Ecuación 17. Descripción de la unidad cartográfica N° 02 suelos.	51
Ecuación 18. Velocidad promedio.	60
Ecuación 19. Ecuación matemática para la valoración confiable de los datos.	69
Ecuación 20. Capacidad tiempo requerido.	77

Índice figuras.

Figura 1. Equipo de seguridad laboral.	40
Figura 2. Paso 1. Abriendo SPSS 16.0 para Windows.	113
Figura 3. Paso 2. Seleccionando opción (Open an existing data source) para abrir archivos de Excel.	113
Figura 4. Paso 3. Seleccionando archivos de Excel en SPSS 16.0.	113
Figura 5. Paso 4. Datos de Excel trasladados a SPSS 16.0.	114
Figura 6. Paso 5. Seleccionando opciones de SPSS 16.0 para procesamiento de los datos de la prueba experimentalmente.	114

Figura 7. Paso 6. Seleccionando opciones de las variables analizar.	115
Figura 8. Procesando los datos en SPSS 16.0 de los datos obtenidos en el campo experimentalmente.	115
Figura 9. Datos procesados SPSS 16.0 finalmente.	116

CAPITULO I. GENERALIDADES.

1.1. Introducción.

La mecanización agrícola es el proceso en el cual la energía mecánica es puesta al servicio de la producción, ofreciendo la oportunidad de realizar en menor tiempo todo tipo de tarea, dado que el desarrollo intensivo exige el aumento de la calidad y rendimiento de las máquinas y aperos agrícolas. (Deikus, 1985).

La producción agrícola exige muchas actividades integradas para lograr un óptimo desarrollo de los cultivos, y la maquinaria participa en el 90% de las labores en la agricultura moderna. Es tan importante, que el agricultor sepa que sin la maquinaria sería muy poco o nada lo que se podría producir, y que una deficiente administración de ésta, lo llevaría a perder capital. (Hernandez, 2010).

En medio de la búsqueda de estrategias para elevar la productividad en Nicaragua, surge la opción de mecanizar los cultivos. Los niveles de rendimiento que han alcanzado algunos países vecinos en la mecanización de cultivos como caña de azúcar, maní, y arroz, reflejan lo que Nicaragua puede lograr (Zelaya, 2015).

Entre los agricultores del país, existe un desconocimiento de los métodos de cálculos de su utilización y cualidades técnicas de las máquinas, deben dar la posibilidad de realizar los trabajos con el consumo mínimo de energía y recursos para el movimiento de los conjuntos por los campos agrícolas, los cuales suministran al tomador de decisiones de elementos de juicios para justificar el conjunto de máquina y tractor, una combinación de las máquina y ásperos (implementos) con un tractor o no la adquisición de la maquinaria agrícola.

En este trabajo monográfico para nuestro propósito, entenderemos como equipo o maquinaria agrícola al tractor en primera instancia, y a todos los implementos que se acoplen a él (tales como los ásperos). El uso y eficiente, aplicación y selección de este equipo o maquinaria agrícola no es una tarea fácil para el agricultor, porque muchas veces confluyen intereses encontrados entre lo que este piensa que necesita.

Por lo tanto, plantea desarrollar una metodología accesible y de fácil aplicación que permita al agricultor conocer las estructuras de las máquinas y los métodos de su explotación determinando el estudio experimental para medir el rendimiento en horas por hectáreas o hectáreas por horas de la maquinaria agrícola en la preparación del suelo para Nicaragua.

En el país, actualmente no hay metodologías o tablas a seguir ni procedimiento lógico para obtener bajos costo de operación y rendimientos precisos de la maquinaria agrícola.

1.2. Antecedentes.

En los últimos años, la finca experimental agrícola de la Universidad Nacional de Ingeniería, adquirida el 23 de enero de 2001 un lote de 51 mz de la finca La Puebla (posterior llamado Centro Experimental Agrícola (CEA – UNI) de la comunidad Santa Clara, por medio de compra-venta pasa a formar parte de la Universidad Nacional de Ingeniería como unidad académica adscrita al departamento de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Tecnología de la Construcción (FTC).

Al presente, la finca experimental agrícola que tiene como misión general, la investigación y difundir sus resultados mediante la docencia y la transferencia, con el fin de contribuir a la transformación tecnológica y el desarrollo de la sociedad nicaragüense, mediante ensayos realizados de carácter monográficos y hoy en día la finca experimental agrícola cuenta con maquinaria agrícola, implementos y evaluaciones del uso y manejo eficiente del tractor agrícola y aperos elaborados empíricamente sin ninguna metodología a seguir, por ello el uso y mal manejo de las maquinarias es ineficiente.

En el año 1982 se realizaron pruebas en las Pampas, Tipitapa, en la labor de roturación y gradeo, para una longitud promedio de la parcela de 200 mt con un conjunto formado por: tractor T-150-K y grada pesada Rome, modelo Taw 20x2812. Datos obtenidos en el coeficiente de aprovechamiento fue de $\alpha=0.69$ rango permisible, $\alpha=0.65$ por debajo del rango permisible. Permitió reducir el recorrido en vacío en 25% - 30%. Esto tiene una relación directa con la reducción del consumo combustible, lubricantes y desgaste improductivo de la maquinaria agrícola. (Munguia, 1982).

A partir de recopilaciones bibliográficas, artículos de casos similares y del análisis documental, se encontraron registros en 2004 del libro Armando Alvarado se documenta la publicación en Costa Rica de datos experimentales de las actividades de arado, rastra y cosecha en horas por hectárea. (Chaves, 2004)

En Nicaragua, se tiene que la empresa Cooperativa de Servicios Agropecuarios Nicarao R.L. (Nicaraocoop), publicó hace unos nueve años, una metodología para el cálculo del Costo horario para tractores y máquinas agrícolas (Nicaraocoop, 2010), que es útil para la determinación de la cantidad de horas de uso de la maquinaria agrícola.

En el mes de febrero del año 2015 la empresa NIMAC realizó un ensayo de rendimiento en la finca de Don Salvador Bacca en Chinandega haciendo un par de pruebas con un tractor 6403 (106 hp) con doble tracción con una grada aradora (Romplona) 16 disco de 26 pulgada realizaron la evaluación de 30 minutos de labor para definir cuánto es el avance en media hora y cuánto combustible está consumiendo (rellenando el tanque de combustible para ver al final cuánto fue que lo gastó; utilizaron un envase de un galón graduado con 3.5 litros) se manejó el motor a 1700 rpm debido a las condiciones del suelo se operó en la gama B y en el cambio 3. Datos medidos se obtuvieron los resultados de 1.80 m²/hora consumiendo 3.88 litros/m² (Diésel). (<https://www.youtube.com/watch?v=mG4jpV4gMSM&t=53s>, NIMAC, 2015).

En resumen, esta prueba nos viene arrojar unos datos muy interesantes es un tractor de 106 caballos que opera un poco más holgado, el motor no necesariamente se puede o se tiene que andar a sus rpm nominales, puede andar a menores rpm y eso implica un ahorro utilizando el mismo implemento no necesariamente los 106 caballos implican un mayor gasto. Pero no analiza un equipo o labor en particular. No se tiene documentación de investigaciones similares realizadas en los centros universitarios agronómicos del país, ni tampoco de las instituciones gubernamentales afines. Para aprovechar un uso eficiente en el tractor agrícola. (<https://www.youtube.com/watch?v=mG4jpV4gMSM&t=53s>, NIMAC, 2015).

1.3. Justificación.

En la actualidad, la globalización de los mercados agropecuarios está impulsando cada día a que los productores administren con eficiencia los recursos disponibles en la empresa, cooperativas y finca ya que resultan importantes para la rentabilidad de la actividad.

El impacto económico de la maquinaria agrícola en los costos de implantación de la mayoría de los cultivos alcanza porcentajes hasta del 60%, y entre un 35 y 42% del total del costo de producción (J. Hilbert et.al, 1994), por lo que su utilización racional y eficiente requiere de un análisis metodológico complejo.

La principal motivación para desarrollar este estudio monográfico, reside en el hecho de que este es un primer trabajo –a nivel piloto-, que una vez finalizado permitirá que el sector agropecuario del país, específicamente los vinculados con el uso de maquinaria agrícola, cuente con una metodología para la estimación de los costos totales de mecanizado en base a la eficiencia y rendimiento de los equipos que dispongan.

Este estudio responde a la necesidad de documentación con tablas actualizadas en el uso eficiente del tractor agrícola donde se dispone la información en listada que faciliten el proceso de una preparación hacia la determinación del rendimiento en la labranza primaria en hectáreas por horas y publicar en el país; para que permita al productor conocer la eficiencia de su equipo en horas por hectáreas, en las actividades agrícolas primarias, ya que si el productor tuviera acceso a dicha información lograría reducir los tiempos de las actividades agrícolas así mismo los costos de operación de cada una de las labores alcanzando un mayor aprovechamiento para un aumento eficiente de la maquinaria agrícola y productivo.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivos generales.

Determinar experimentalmente el rendimiento de campo para la actividad de labranza primaria en la finca (Centro Experimental Agrícola) de la Universidad Nacional de Ingeniería en el municipio Las Flores del departamento de Masaya.

1.4.2. Objetivos específicos.

Realizar el estudio cinemático del movimiento del conjunto tractor Steyr 8130 y arado de vertedera M950 en la labor de labranza primaria.

Calcular la eficiencia de tiempo de la actividad de labranza primaria del conjunto tractor Steyr 8130 y arado de vertedera M950.

Comparar en documentos del conjunto tractor Steyr 8130 y arado de vertedera M950 con rendimientos obtenidos en otras pruebas experimentales para la actividad labranza primaria.

1.5. Hipótesis.

Cuanto mayor sea el rendimiento en el campo con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950, se aprovechará la eficiencia del tiempo y el operador. Para que el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 sea autosuficiente en el campo.

CAPITULO II.
MARCO TEORICO.

2.1. Maquinaria Agrícola.

El manejo óptimo de la maquinaria agrícola se logra cuando el rendimiento económico de todo el sistema de máquinas se ha maximizado. Indudablemente, muchas maquinarias agrícolas se usan por tradición, por gusto e incluso por su valor terapéutico; sin embargo, las fincas comerciales próspera, compuesta por varias tareas para las cuales las maquinas son solamente instrumentos de producción, hará uso de su maquinaria de una manera sistemática para bienes con una utilidad. (Hunt, 1991).

El rendimiento de un sistema de máquinas solo es lucrativo cuando puede agregar valor a los productos y procesos superior al costo de operación del sistema. Aparentemente, un costo mínimo debería ser una meta económica óptima, pero la maximización de las utilidades totales es la verdadera meta de la empresa y en la finca esto no ocurre necesariamente con un sistema de costos mínimos de operación. La utilidad de la empresa total también deberá ser primero a nivel de la maquina individual. (Hunt, 1991).

Esto se puede determinar que una maquina individual funcione con un costo diferente del mínimo posible. Por tanto, el buen manejo de la maquinaria requiere que las operaciones individuales en un sistema de máquinas deben ajustarse y combinarse de tal manera que su rendimiento total reditué las máximas ganancias a la empresa, cooperativas y fincas agrícolas. (Hunt, 1991).

Los tres componentes del rendimiento económico son:

1. El rendimiento de la máquina.
2. El rendimiento de la potencia.
3. El rendimiento del operador.

En ocasiones se alude a estos aspectos con términos tan inexactos como “eficiencia”, como si existiera un último valor sobre el cual pudiera basarse un rendimiento fraccional. Debería ser evidente que el costo cero es el único límite teórico del rendimiento económico potencial de los sistemas de máquinas y no hay

manera de expresar la eficiencia de un sistema de máquinas en porcentajes, puesto que la razón producción-costo está en términos de medidas económicas con factores físicos. (Hunt, 1991).

Las unidades dimensionales de los rendimientos de la máquina, de la potencia y de la mano de obra son cantidad por tiempo. estas tres cifras de rendimientos se suman para llegar a ser una cifra de rendimiento económico cuando el costo por tiempo de cada componente se divide entre la cantidad por tiempo. (Hunt, 1991).

2.1.1. Rendimiento de la máquina.

El rendimiento de las máquinas agrícolas se puede medir en términos de la rapidez y la calidad con las que efectúan las operaciones. La rapidez es una medida importante debido a que pocas industrias requieren de operaciones tan oportunas como la agricultura, que necesita contar con una especie de sensibilidad a las estaciones y al mal tiempo. la integralidad es el aspecto de la calidad que describe la capacidad de una máquina para funcionar sin producto desperdiciado. Como la mayoría de los materiales agrícolas son frágiles y muchos de ellos son perecederos, la cantidad daño al producto o la reducción de su calidad, debido al funcionamiento de una máquina, es otra medida importante del rendimiento de la máquina. Los operadores agrícolas están bastante conscientes de la necesidad de operaciones integrales y rápidas, con frecuencias pasan por alto las sanciones económicas que resultan del daño al cultivo y al suelo. Tanto la calidad como la cantidad deben considerarse cuando se evalúa el rendimiento de la máquina. (Hunt, 1991).

Una manera de expresar la rapidez del rendimiento de la maquina es en términos de cantidad por tiempo. la mayoría de los rendimientos de campo de máquinas agrícolas se expresan en área por hora. (Hunt, 1991).

➤ Capacidades.

La capacidad, cuando solo se expresa en áreas por tiempo, no es por lo general un indicador suficiente del verdadero rendimiento de una máquina, particular para las máquinas agrícolas, pueden significar que una maquina tenga una capacidad baja

en área por hora, pero una capacidad alta en masa por hora cuando se compara con una máquina idéntica en un campo diferente. En este caso, una capacidad comparativa válida sería masa por hora. (Hunt, 1991).

Los conceptos de peso y masa se deben comprender con seguridad al expresar las capacidades de las máquinas y los rendimientos de la mecanización agrícola, por tanto, en unidades del sistema inglés como en las del SI. La masa se debe entender como la sustancia de un cuerpo que resiste la aceleración y que es atraída por la masa de la tierra. Un cuerpo es acelerado rápidamente hacia el centro de la tierra, a menos que se contenga. Esta fuerza de contención es igual al peso del cuerpo. (Hunt, 1991).

La relación entre masa y peso es:

$$F = m \times a \quad \text{[Ecuación 2.1]}$$

Dónde:

F = la fuerza que actúa sobre el cuerpo.

m = la masa del cuerpo.

a = la aceleración resultante en unidades de $\frac{\text{distancia}}{\text{seg}^2}$.

Cuando la aceleración se produce por la atracción gravitacional de la tierra, el término, a , se denomina g y la fuerza f , se llama peso. Al nivel del mar, g se estima en $32.2 \text{ pies}/\text{seg}^2$ en unidades del sistema inglés y en $9.807 \text{ m}/\text{seg}^2$ en unidades del SI. El valor de g disminuye ligeramente con la elevación sobre el nivel del mar. (Hunt, 1991).

➤ **Eficiencia del Tiempo.**

La eficiencia del tiempo es un porcentaje que expresa la razón del tiempo que una máquina funciona efectivamente con el tiempo total que se asigna a la máquina para

la operación. Cualquier tiempo que la maquina no este procesando efectivamente el campo se considera tiempo desperdiciado. Son necesarias definiciones bastante estrictas de lo que en realidad deberá considerarse como tiempo desperdiciado atribuible a la máquina. En la siguiente lista se describen los elementos del tiempo que comprende mano de obra, que se asocian con las operaciones de campo típicas y que deberían incluirse cuando se calculen las capacidades o los costos de la maquinaria relacionados con las diferentes tareas agrícolas:

1. El tiempo de preparación de la maquina en las empresas, fincas (incluye traslado del lugar de almacenamiento y la preparación para el mismo, así como el trabajo de taller).
2. El tiempo recorrido de ida y vuelta al campo.
3. El tiempo de preparación de la maquina en el campo, tanto antes como después de las operaciones (incluye el servicio diario, la preparación para el remolque).
4. El tiempo teórico de campo (el tiempo en que la maquina funciona en la aradura con una velocidad hacia adelante óptima y con su ancho de acción total.
5. El tiempo de virajes y el tiempo para cruzar vías de agua de pastizales (los mecanismos de la maquina continúan funcionando).
6. El tiempo de ajuste de la máquina, si no se hace sobre la marcha (incluye el apagado de esta).
7. el tiempo de mantenimiento (abastecimiento de combustible, lubricación)
8. el tiempo para reparaciones (el tiempo empleado en el campo para cambiar o restaurar las partes que se hayan descompuesto).
9. El tiempo del operador.

No todos los elementos del tiempo anterior se atribuyen generalmente a las operaciones de la máquina. El tiempo del operador, 9, es una cantidad que varía considerablemente y por lo general no tiene relación con la eficiencia del funcionamiento de la maquina; en consecuencia, con frecuencia se omite como una pérdida de tiempo atribuida a la máquina, análogamente, con frecuencia no se consideran (Hunt, 1991).

2.1.2. El Rendimiento de la potencia.

Una segunda medida del rendimiento económico de una maquina es la efectividad con la que se aplica la potencia para alcanzar los objetivos de la producción agrícola. La comprensión cabal de la naturaleza de la potencia y de su uso óptimo es esencial para el buen uso de la maquinaria.

La potencia de los tractores continuara siendo un factor decisivo en la producción agrícola. El número total de trabajadores ocupados en la agricultura ha descendido a aproximadamente 2% de la población norteamericana; no obstante, la producción agrícola total continúa elevándose. Un número menor de tractores y de implemento autopropulsados con mayor capacidad de potencia se usaran en el futuro si la producción del trabajador agrícola individual debe continuar incrementándose. (Hunt, 1991).

La potencia se define como la razón para producir un trabajo. El trabajo en un sentido técnico es la aplicación de una fuerza a través de una distancia, por lo que el trabajo mecánico se puede determinar multiplicando la fuerza por la distancia. La potencia es entonces el trabajo realizado por la unidad de tiempo. (Hunt, 1991).

El problema de medir la potencia en unidades surgió por primera vez en Inglaterra con el desarrollo de la máquina de vapor. En la última parte del siglo XVIII, James Watt quiso determinar la capacidad de sus máquinas de vapor en términos de caballos de competencia. Realizo una serie de pruebas con caballos promedio y encontró que un caballo podía sacar 366 lb de carbón de una mina con una velocidad de $1 \text{ pie}/\text{seg}$. En otras unidades esto era $22000 \text{ pies} * \text{lb}/\text{min}$. Watt arbitrariamente incremento en un 50% este valor para subestimar de una manera deliberada la capacidad de sus máquinas. La cifra resultante, $33000 \text{ pies} * \text{lb}/\text{min}$ ó $550 \text{ pies} * \text{lb}/\text{seg}$, se ha usado desde entonces como la unidad básica del caballo de fuerza (hp). (Hunt, 1991).

Los tractores transmiten potencia de varias maneras. Los implementos tirados o remolcados obtienen potencia de la tracción de las ruedas motrices y del tiro o arrastre de la barra de tiro. Las potencias rotatorias se obtienen del eje de la toma de fuerza (TF) o de una polea de banda. Tanto la potencia lineal como la rotatoria pueden ser producidas por el sistema hidráulico de un tractor. Algunos implementos necesitan potencia eléctrica de los tractores. (Hunt, 1991).

➤ **Consumo combustible.**

La mayoría de los operadores de tractores se interesan en las estimaciones del consumo de combustible. Weber y otro (Universidad de Illinois) han encontrado una estrecha correlación entre el consumo.

2.1.3. Rendimiento del operador.

El tercer componente del rendimiento económico de un sistema de máquinas es el rendimiento del operador. Un administrador de equipo puede ser capaz de obtener altos rendimientos de las máquinas y de la potencia; pero a menos que el rendimiento del operador de la maquina también sea elevado, el rendimiento del sistema total puede ser bajo. (Hunt, 1991).

Un administrador debe considerar el tipo, la cantidad y el valor del trabajo que se va a requerir de un operador, cuando se planea para una producción agrícola mecanizada. Además, actualmente se requiere por ley que el administrador proporcione un ambiente seguro y educación de seguridad en lo que se refiere a la operación del equipo. (Hunt, 1991).

El tipo de trabajo que se necesita para cultivar ha cambiado a través de los años, de una función física a funciones de vigilancia y control de las máquinas. Actualmente, el empleo de operador de maquinaria agrícola quizás no sea intenso físicamente, pero produce fatiga debido la necesidad de que haya una atención continua. (Hunt, 1991).

La necesidad de que el operador esté atento se incrementa con el tamaño y la complejidad de las máquinas. Las máquinas pequeñas y simples solo pueden requerir actividades de dirección por parte del operador. Las máquinas grandes y complejas requieren solamente un poco más de atención para conducir las, pero una actividad mucho mayor para vigilar la operación de la máquina (Hunt, 1991).

Para aumentar el rendimiento del operador, los implementos de gran capacidad están provistos de indicadores automáticos de malos funcionamientos. Uno de estos dispositivos es el auxiliar de vigilancia. (Hunt, 1991).

Un factor importante en el rendimiento de la mano de obra es el individualismo de la gente. Kenneth Von Bargen (Universidad Nebraska) encontró que las diferencias en habilidad, motivación, atención y entrenamiento de un operador pueden tener efecto significativo en el rendimiento del operador. En casos bajo condiciones de campo similares, un operador de una andanadora de 4.27 m [14 pies] fue capaz de hacer 2 ha [5a] /día extras debido, entre otras cosas, a que pudo promediar con regularidad una anchura de corte 15 cm [6 pulg.] mayor que la de cualquier operador. (Hunt, 1991).

La seguridad de los operadores de maquinaria agrícola es una preocupación principal de los administradores de maquinaria. A pesar de las preocupaciones, suceden muchos accidentes en las labores agrícolas. El Consejo Nacional de Seguridad (NSC) informa de aproximadamente 2,000 muertes y 200,000 lesiones de incapacidad anuales debidas a accidentes relacionados con el trabajo de residentes en granjas o rancho de EE.UU. (Hunt, 1991).

2.1.4. Etapas de la mecanización agrícola.

Estas etapas suelen ser muy diferentes y dependen de las condiciones iniciales en que se encuentren los terrenos antes de prepararlos para la producción de cultivos. Por ejemplo, un terreno podría estar cubierto de árboles y arbustos, otros por gramíneas u otras plantas forrajeras para la alimentación del ganado (potrero), también podría darse el caso de que el terreno se encuentre limpio porque ha sido

cultivado recientemente o, en su defecto, estar cubierto de rastrojo o residuos de la última cosecha. (Chaves, 2004).

En cada caso las etapas de la mecanización son diferentes, porque influyen en ellas topografía del terreno, el tipo de suelo y el cultivo a establecer, entre otros. Por ejemplo, si se quiere preparar un terreno para la siembra de un cultivo denso (como el arroz), y este se encuentra cubierto por árboles y arbustos mediante el volteo), para luego extraer las raíces, troncos y demás obstáculos, hasta dejar el terreno apto para las demás etapas de la mecanización, tales como arar, sembrar y las labores de cultivo. (Chaves, 2004).

La preparación de suelos o labranza, puede dividirse en tres etapas: Prelabranza, labranza primaria y labranza secundaria, etapas a las que haremos referencia en los párrafos venideros. Además de estas tres fases de la labranza, nos referimos a las siguientes etapas de la mecanización, conocidas como siembra, protección de cultivos y cosecha. (Chaves, 2004).

Sin embargo, en algunos casos no se hace necesario llevar a cabo las operaciones de Pre-labranza, debido a que las condiciones del terreno no lo ameritan. De igual manera, pero menos frecuente, pueden encontrarse terrenos que solo requieren las operaciones de labranzas secundaria quedando listo para la siembra, ahorrando así tiempo y dinero, al no ser necesarias las labores de Pre-labranza y labranzas primaria. (Chaves, 2004).

En cada etapa de la mecanización agrícola se utilizan distintos tipos de aperos (implementos) que se estudiarán en el momento en que nos referimos a cada una de ellas. Pero, debido a que, tanto los aperos de labranza, como los de las demás etapas tienen una clasificación que es como a todos ellos, nos detendremos para estudiarla. Por lo tanto, nos vamos a referir a su clasificación en cuanto a la forma como los aperos se enganchan al tractor. (Chaves, 2004).

Los aperos se clasifican de la siguiente manera:

- Aperos integrales, también suspendidos o colgados. Son los que se unen al tractor por medio de los tres puntos de levante del sistema hidráulico. Cuando se elevan, el tractor soporta todo su peso, de tal manera que la dirección y profundidad de trabajo, depende totalmente del tractor. Son muy maniobrables y de fácil transporte, producen una gran transferencia de peso al eje trasero del tractor, lo que ayuda a mejorar la tracción, además de ser más baratos que los otros tipos de aperos de esta clasificación. Sin embargo, este tipo de apero no puede ser muy grande porque, al ser levantado, puede desestabilizar al tractor, o hacer que el suelo se compacte debido a su peso, y al peso que debe adherirse al tractor, en su parte delantera, para contrarrestar la inestabilidad que pueda sufrir. (Chaves, 2004).

- Aperos semisuspendidos. Se conocen también como semi-integrales o semi-colgados son muy parecidos a los suspendidos, pero se diferencia de ellos en cuanto a la presencia de una o varias ruedas de apoyo en su parte trasera. Los aperos semi-colgados, al tener apoyo, pueden ser más largos y más pesados que los aperos integrales. (Chaves, 2004).

- Aperos de tiro. Conocidos también como arrastrados o remolcados. Se acoplan al tractor en un solo punto, que puede ser la barra de tiro del tractor o una barra horizontal situada entre los brazos inferiores del sistema hidráulico de levante. Normalmente, el peso de los aperos de tiro lo soportan sus ruedas con neumáticos, de tal manera que el tractor solamente los arrastra, halándolos por medio de un timón que se conecta a la barra tiro o a la barra horizontal (al insertar un pin o pasador por el orificio del timón y por el de cualquier de las barras utilizadas para la conexión), para finalmente introducir un seguro o chaveta en el pin, para que el pasador no se salga de los agujeros. Estos aperos son más fáciles y rápidos de enganchar y desenganchar que los dos tipos mencionados anteriormente; además, sus movimientos son un poco más independientes de los del tractor, lo que constituye una ventaja (Chaves, 2004).

Es claro que, como existen otras clasificaciones de los aperos, no menos importantes que la anterior, se irán abordando de acuerdo con el apero que esté estudiando, ya que algunas características propias de cada uno de ellos en particular y no generales como las que hemos apuntado en la clasificación anterior. (Chaves, 2004).

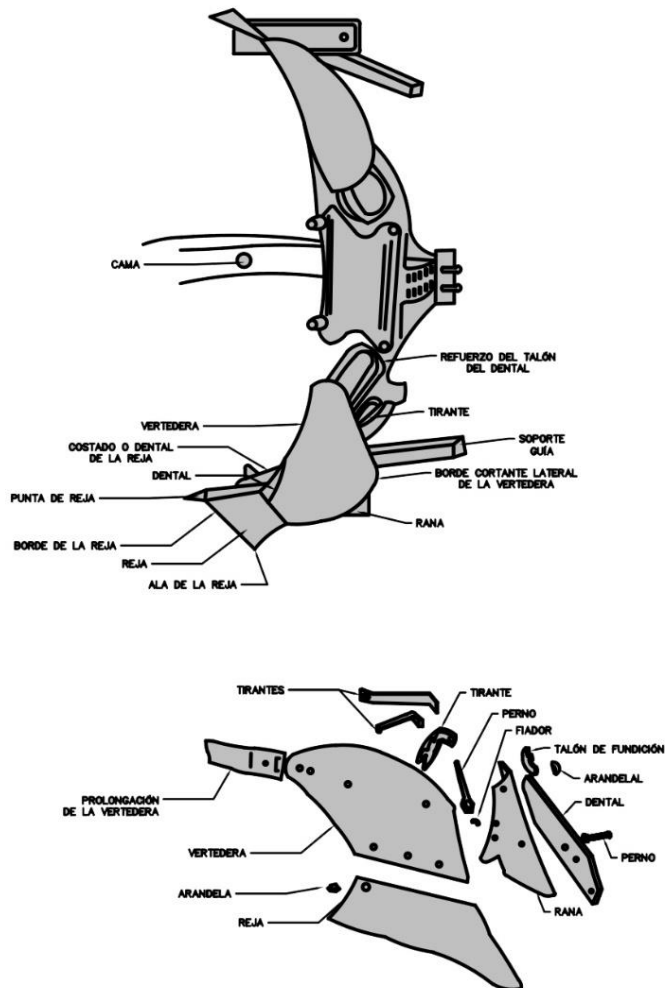
➤ **Arados de vertedera.**

Es un arado bastante antiguo, usado desde la edad media. Trabaja mejor en suelos sin obstáculos, tales como troncos, raíces y malas hierbas en exceso (arbustos o gramíneas que lo sacan del surco). Es muy susceptible a averías en terrenos con obstáculos. Es el apero que mejor realiza la labor de aradura. Este arado corta, eleva y voltea totalmente el prisma de suelo. Su nombre es derivado de la vertedera, que es la pieza encargada de elevar, voltear y pulverizar en mayor o menor grado, la tierra que cortada y levantada por la reja. (Chaves, 2004).

Cuando se labra una tierra, el arado abre una zanja llamada surco. La faja de tierra cortada, elevada y volteada sobre si misma se llama prisma. Cuando se inicia la labor de arado, en la primera pasada se abre un surco con su correspondiente caballón; en la pasada siguiente, un nuevo prisma de tierra será apoyado sobre el anterior, y así sucesivamente, pero el primero sobresaldrá siempre sobre los demás constituyen lo que se conoce con el nombre de lomo o cordón. (Smith, 1967).

El surco abierto por la ultima pasada, al no caer sobre las nuevas bandas de tierra, quedara más ancho que los demás y recibe el nombre de surco suerte. El lado del surco correspondiente al costado opuesto a la vertedera, se pueden dar labores asurcadas o acaballonadas (<<planas>>), cuando la tierra se labra por surcos contiguos solapando sucesivamente los caballones; y labor en tablas cuando se alternan los lomos con los surcos muertos o vados. (Smith, 1967).

Ilustración 1. Conjunto despiece de un cuerpo de arado.



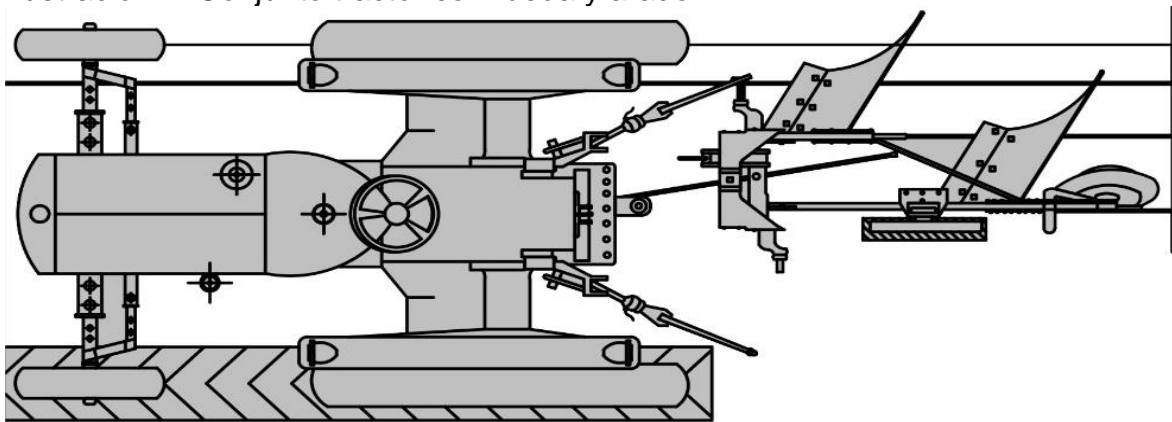
Fuente: Elaboración propia.

La vertedera es la parte del arado que va inmediatamente detrás de la reja (ver ilustración 1), cuya función es recibir el prisma de tierra de la reja y voltearlo. Es la pieza más importante del arado, ya que sobre ella tiene lugar la rotura, desmenuzamiento y pulverización del prisma de tierra. Algunas vertederas van provistas de un suplemento para que la tierra gire más gradualmente y por completo. No todos los tipos de terrenos necesitan el mismo grado de pulverización, por lo que existen diferentes formas de vertederas, que se pueden agrupar, en términos generales, en vertederas para rastros, vertedera para usos generales, vertederas para tierras negras, vertederas para roturación y vertederas para gran velocidad,

pero esta clasificación no puede comprender todos los tipos existentes ya que cada fabricante se esfuerza por conseguir un modelo apropiado para todas las clases de terrenos; no obstante, aún no se ha encontrado ninguno que de buenos resultados en todos los tipos de suelos. Un tipo especial, llamado vertedera para tierras negras se emplea mucho en Texas y otros lugares en los que la tierra se pega y apelmaza. (Smith, 1967).

La curvatura de succión horizontal se mide también por la desviación de la punta de la reja respecto al talón de la misma, pero tomando como referencia la línea de la pared del surco. Esta penetración marca la anchura del surco que debe abrir el cuerpo de arado. (Smith, 1967).

Ilustración 2. Conjunto tractor con rueda y arado.



Fuente: Elaboración propia.

Se llama Dental o Resguardado a la parte del cuerpo del arado que se desliza a lo largo de la superficie de la pared del surco, sirve para contrarrestar los empujes laterales ejercidos por el prisma de tierra que va cortando la reja, contra la vertedera (ver ilustración 2), así como de estabilizador para el arado. (Smith, 1967).

Tamaño de un arado de vertedera. Se expresa por la distancia entre el extremo del ala al del dental, medida perpendicularmente a este. Los arados para tractores suelen ser de 25 a 45 cm. Otros tipos especiales de desbroce llegan hasta los 50 cm. (Smith, 1967).

Tipos de arados de vertedera. De un modo general, los arados de vertedera para tractores pueden agruparse en dos tipos: remolcado, semi-colgados y suspendidos o montados. (Smith, 1967).

Arados de vertedera remolcados. Estos arados constituyen una unidad completa en sí mismos y van soportados por 2 ó 3 ruedas; cuando se enganchan al tractor, trabajan inmediatamente detrás de este. (Smith, 1967).

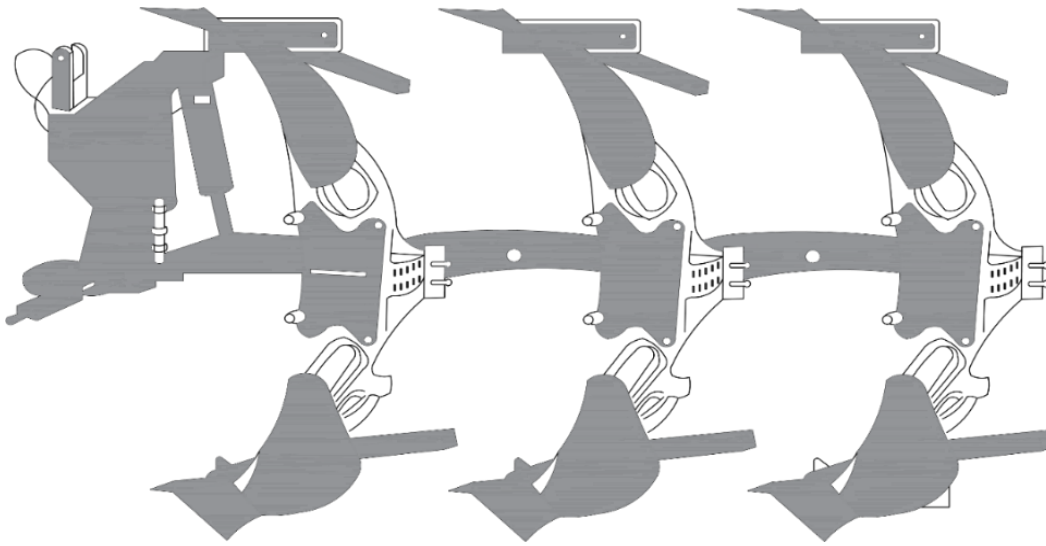
Arados remolcados corrientes. Estos arados se fabrican con un número de rejas variable entre 1 y 5, cuyos tamaños van de 30 a 45 cm, siendo el más normal el de 35 cm. (Smith, 1967).

- Arados semi-colgados de vertedera. Este tipo de arado tiene su extremo frontal directamente unido al tractor y soportado por el mismo. El extremo posterior esta soportado por una rueda de surco y una de rastrojo. La elevación o descenso de la parte posterior del arado respecto a la rueda de surco se consigue, o bien por un dispositivo mecánico, o bien por un cilindro hidráulico con mando a distancia. El extremo anterior del arado se alza o se baja con el enganche en 3 puntos del tractor. Corrientemente, este tipo de arado se une al tractor por un mecanismo de enganche rápido. (Smith, 1967).

- Arados de veredera suspendidos o montados. Este tipo de arados se conoce también con el nombre de arados de conexión directa, portados o montados.

- Arados suspendidos corrientes. Un arado suspendido constituye realmente un accesorio del tractor ya que depende de este para su elevación y funcionamiento general. Cuando se levanta el arado, todo su peso carga sobre el tractor. La profundidad de la labor se controla en algunos casos por procedimientos hidráulicos y en otros mediante palancas y ruedas reguladoras. El número de cuerpos de estos arados varia de uno a cinco, según la potencia del tractor al que se acoplen. (Smith, 1967).

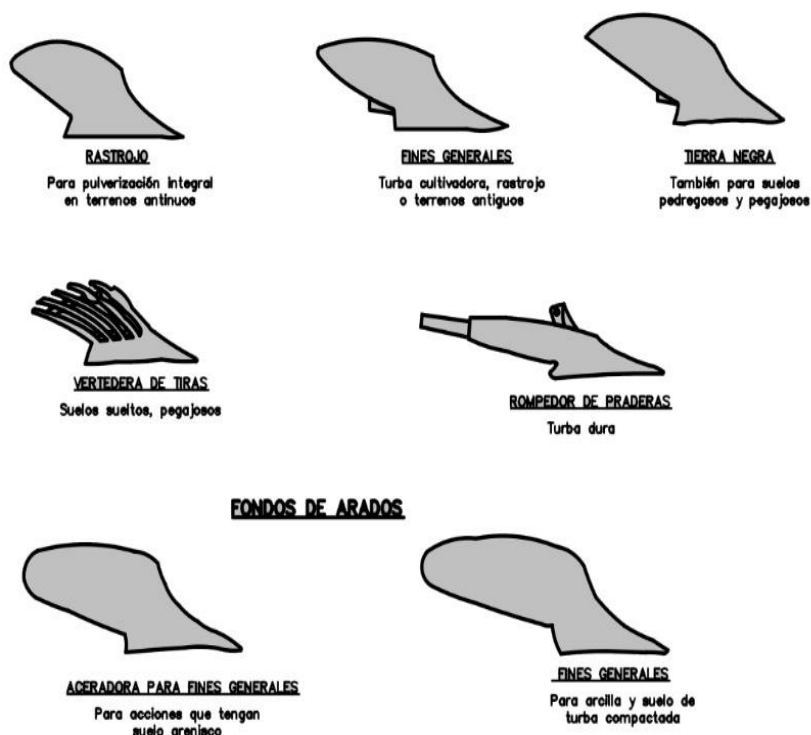
Ilustración 3. Arado reversible.



Fuente: Elaboración propia.

Arados de vertederas reversibles, giratorios y basculante, suspendidos. Estos arados suspendidos realizan idénticas funciones que los remolcados del mismo tipo, pero el dispositivo de cambio de cuerpo para trabajos a derechas o a izquierda varía con relación a aquellos, puesto que en este caso se hace como se ve en la (Ver en la ilustración 3), mediante un giro de 180° en unos tipos y de 90° en otros. (Smith, 1967).

Ilustración 4. Tipo de arado reversible.



TIPOS DE ARADOS

Fuente: Elaboración propia.

Arados alomadores suspendidos. El arado alomador se conoce con diversos nombres según las regiones. El cuerpo está constituido por una reja derecha y otra izquierda unidas entre sí, con alas que se adaptan contra ambas vertederas. Las formas de vertederas varían desde los tipos para rastrojos a los propios para tierras negras (Ver ilustración. 4). (Smith, 1967).

Diseño de los arados de vertedera. El conseguir un modelo de arado de vertedera que produzca resultados satisfactorios en todos los tipos y condiciones de terreno es un gran problema que no ha sido todavía completamente resuelto, a pesar de que es precisamente el arado el áspero al que más esfuerzo ha dedicado la investigación agrícola. Del buen trabajo realizado por el arado dependerá la calidad de la preparación del terreno para sementera, lo que a su vez influirá en la germinación de la simiente, en el crecimiento de la planta y, finalmente, en el

rendimiento general de la cosecha, por lo que el agricultor debe esforzarse en realizar una labranza perfecta. Una buena labor de arada consiste en voltear la tierra y formar unos surcos limpios, uniformes y de conformación redondeada. (Smith, 1967).

Los puntos principales que deben considerarse al efectuar la labranza son los siguientes:

1. La parte superior de los caballones debe estar ligeramente alomada.
2. La tierra removida debe quedar completamente pulverizada, desde arriba hasta abajo del surco.
3. En terrenos uniformes, todos los surcos deben ser completamente rectos, de punta a punta.
4. Todos los lomos o cordones que quedan en el centro de las amelgas al labrar <<alomado>> deben estar ligeramente levantados y la maleza totalmente cubierta.
5. El trazado general de los surcos se hará de forma que estos no presenten roturas ni depresiones.
6. La maleza y hojarasca deben quedar completamente enterrada en la parte inferior derecha de cada surco.
7. Los surcos deben ser totalmente uniformes.
8. La profundidad de los surcos debe ser uniformes y la misma para todos ellos.
9. Los surcos muertos deben estar limpios de maleza.

10. Cuando se labre siguiendo curvas de nivel, no dejen espacios sin labrar entre cada dos surcos consecutivos.

Estas son las normas generales que deben tenerse presentes al emplear el arado, que, naturalmente, no son de aplicación cuando interese dejar el rastrojo o los residuos de cosecha sobre el terreno. El objetivo fundamental que debe perseguirse al efectuar la labranza es que el suelo debe romperse completamente y que la tierra debe quedar totalmente pulverizada. (Smith, 1967).

Cada uno de los componentes del cuerpo de arado tiene su misión fundamental que desempeñar en el conjunto de la labranza; la reja, cortando e iniciando la elevación del prisma de tierra, el dental controlando y estabilizando el movimiento del arado, y la vertedera completando la elevación, pulverización e inversión del prisma de tierra. De todas estas piezas, la vertedera es la que mayor influencia ejerce en el buen desarrollo de una labor de arada, ya que su curvatura y su longitud determinan el grado de pulverización de la tierra. (Smith, 1967).

La mecanización agrícola, sobre todo la preparación de suelos, tiene muchos de tractors pues a ella se le hace responsable de la erosión y deterioro de los suelos agrícolas. Sin embargo, la erosión y el deterioro de los suelos, son causados, principalmente, por el mal uso de las máquinas, por la mecanización de terrenos que no son aptos para este fin (ya sea por su erodabilidad, o por su topografía), por la sobre mecanización y por la época que se escoge para realizar esas labores, que no siempre es la adecuada. (Chaves, 2004).

Tomando en cuenta las observaciones anteriores, podemos dar una definición de lo que entendemos por mecanización agrícola, pero con la advertencia de que se trata, únicamente, de dejar claro, a que nos estamos refiriendo, cuando hablamos de ella. (Chaves, 2004).

Por tanto, se dice que la mecanización agrícola es el estudio de las labores de producción agrícola, que se realizan con la ayuda de máquinas, tomando en cuenta los factores que la afectan, a fin de seleccionar y operar las máquinas adecuadas

en la época más conveniente y bajo condiciones propicias para llevarlas a cabo, con el propósito de alcanzar el máximo rendimiento de los recursos disponibles, para beneficios del agricultor, sin causar daños al ambiente. (Chaves, 2004).

Ahora bien, la selección de aperos debe llevarse a cabo teniendo en cuenta aspectos tales como el tipo de cultivo de que se trata, la topografía que presente el terreno, la textura del suelo, el grado de “pedregrosidad”, o presencia de otros obstáculos, así como el tipo de malezas que posea el terreno y contenido de humedad (generalmente está asociada a la época del año en que se realiza el trabajo). Sin embargo, suelos susceptibles a la erosión o con una topografía compleja, no deberían mecanizarse, si no se realizan antes algunas prácticas conservacionistas, utilizando la misma maquinaria agrícola, (como, por ejemplo, bancales de base angosta, acequias de ladera y, en mayor escala, las terrazas). Ayudando así a proteger el suelo y el ambiente. (Chaves, 2004).

Se sabe también, que existen diferentes tipos de suelos, de acuerdo con su textura y composición, que presenta características disimiles durante cada época del año, dependiendo del grado de humedad que contengan. Esto significa que cada tipo de suelo debe tratarse de manera particular en lo que se refiere a su mecanización. Por ejemplo, un suelo arcilloso, cuando está muy húmedo, se toma pegajoso y difícil de trabajar, lo mismo que cuando está seco, porque es casi imposible penetrarlo y desmoronarlo, o cuando es arcilloso en condiciones húmedas, pues es muy susceptible a la compactación, es por eso que debe seleccionarse el momento apropiado en el que el suelo tenga el contenido de humedad idóneo para su mecanización, o sea, que el suelo presente un estado friable. De igual manera, un suelo húmedo y con maleza, por ejemplo, con gramíneas (zacates), no debe prepararse con implementos de discos, ya que estos cortan el pasto en muchas partes y con el suelo húmedo, se convierten nuevas plantas, ocasionando una reproducción masiva de malezas. En este caso la mecanización, en vez de ayudar a combatir las malezas, contribuye a su reproducción. (Chaves, 2004).

2.1.5. Normas de tiempos para el trabajo con máquinas.

En la actualidad es cada vez más común que las tareas industriales estén compuestas en parte por elementos ejecutados a mano por el trabajador y en parte por elementos realizados automáticamente por máquinas o aparatos, mientras el trabajador permanece forzosamente inactivo o se ocupa de otra cosa. Para fijar normas de tiempo a las operaciones de ese tipo hay que adaptar un tanto los métodos básicos de estudio de tiempos, e incluso se han ideado técnicas especiales para algunas operaciones muy complejas. A continuación, se describirán los métodos de uso más corriente. (Kanawaty, 2014).

a. Control de instalaciones y máquinas.

Se entiende por control de instalaciones y máquinas los procedimientos y medios para planificar y verificar el buen funcionamiento y utilización de las diversas partes de la fábrica y de su maquinaria. (Kanawaty, 2014).

Por tanto, el analista, antes de concentrarse en tal o cual puesto de trabajo haría bien en examinar primero qué partido sacan de las máquinas, sucesivamente, la firma, la empresa en general, casa sección y, tratándose de modelos de máquinas particularmente caros, los encargados de cada uno. Estaría entonces en mejores condiciones para decidir dónde aplicar con mayor provecho el estudio del trabajo y verá más claramente si predomina en importancia la productividad del trabajo o la utilización de las máquinas. (Kanawaty, 2014).

A continuación, se citan algunos términos y conceptos empleados cuando se estudia la utilización de las máquinas (o de la fábrica, o del proceso). En su mayoría no requieren explicaciones. (Kanawaty, 2014).

- Tiempo Máximo de Máquina, es el máximo teórico durante el cual podía funcionar una máquina o grupo de máquinas en un periodo dado, por ejemplo: 168 horas por semana ó 24 por día.

- Tiempo Utilizable, es aquel en la máquina tiene quien la atiende: la jornada o semana de trabajo, más las horas extraordinarias.
- Tiempo Inactivo, es aquel en que la máquina podría utilizarse para producir o con otros fines, pero no se aprovecha por falta de trabajo, de materiales o de obreros, comprendido el tiempo en que falla la organización de la fábrica.
- Tiempo Accesorio, es aquel en que la máquina deja momentáneamente de funcionar con fines de producción, mientras la adaptan, la ajustan, la limpian, etc.
- Tiempo Muerto, es aquel en que la máquina no puede funcionar con fines de producción por avería, operaciones de mantenimiento u otras razones análogas.
- Tiempo en Marcha, es aquel en que la máquina efectivamente funciona: el tiempo utilizable, menos los eventuales tiempos muertos, inactivos o accesorios.
- Tiempo de Marcha de Normal, o sea el que debería tardar la máquina en producir determinada cantidad funcionando en condiciones óptimas.

Para apreciar la utilización de las máquinas, la técnica más práctica de medición del trabajo es el muestreo del trabajo. En efecto, esta técnica permite conseguir la información necesaria mucho más fácilmente que con el estudio de tiempos, especialmente cuando las maquinas son numerosas (Kanawaty, 2014).

2.1.6. Fundamento del sistema de máquinas agrícola.

La capacidad de las máquinas agrícolas se puede medir en términos de la rapidez y la calidad con las que se efectúan las operaciones. (Alvarado, A., 2004).

Los cálculos de la capacidad de la maquina comprenden la medición de áreas [hectáreas, ha] o masas [toneladas, t] y de tiempos. [horas]. Se definen dos tipos de capacidad de maquina: a) Teórica y b) Efectiva.

- **Capacidad.**

La capacidad, cuando solo se expresa en áreas por tiempo, no es por lo general un indicador suficiente del verdadero rendimiento de una máquina, particular para las máquinas. (Hunt, 1991)

- **Capacidad Teórica.**

Los cálculos de la capacidad de la maquina teórica [Ctr, ha/h] en términos de áreas se define como: (Chaves, 2004).

$$C_{TR} = 0.1VA \quad [Ecuación. 2.2]$$

Donde

V = Velocidad de avance, [km/h]

A = Ancho del Implemento, [m]

0.1=

Factor de Convesión para que el ancho del trabajo (*A*) se Obtenga en metros.

- **El cálculo de la capacidad de la maquina teórica.**

$$C_{TR} = 0.1VAy \quad [Ecuación. 2.3]$$

Donde:

y = Rendimiento, unidades/áreas

a. Capacidad Teórica de Campo (CTC).

Es el resultado del ancho de trabajo del implemento por la velocidad de trabajo, entre un área. (Aantares, 1993).

$$CTC = \frac{(\text{ancho de trabajo (m)} \times \text{Velocidad}(\frac{m}{h}))}{\text{Área (m}^2\text{)}} = \quad [Ecuación. 2.4]$$

b. Capacidad Efectiva de Campo (C.E.C).

Es el resultado de la capacidad teórica de campo tomando en cuenta un factor de corrección en la realización de la labor. (Aantares, 1993).

$$CEC = \frac{CTC}{\%R} \quad [Ecuación. 2.5]$$

c. Rendimiento.

Es el resultado del trabajo realizado por la eficiencia que tenemos.

$$\%R = \frac{CTC}{CEC} \quad [\text{Ecuación. 2.6}]$$

- **Capacidad efectiva.**

Por capacidad efectiva de una maquina podemos entender a la cantidad de trabajo producida en una determinada cantidad de tiempo. (Chaves, 2004).

El cálculo de la capacidad de la maquina efectiva [$CTR = \left(\frac{ha}{h}\right), \left(\frac{h}{ha}\right)$], [$CET = \left(\frac{ha}{h}\right), \left(\frac{h}{ha}\right)$] en términos de áreas se define como:

- **Capacidad de trabajo requerida.**

$$CTR = \frac{\text{Cantidad de un tipo de trabajo (ha)}}{\text{Tiempo Disponible (h)}} \quad [\text{Ecuacion. 2.7}]$$

- **Capacidad efectiva de trabajo o Capacidad real.**

$$CET = \frac{\text{Capacidad de trabajo requerida (ha/h)}}{R (\%)} \quad [\text{Ecuación. 2.8}]$$

Donde:

R = Rendimiento del Implemento. Ver cuadro 1.

Cuadro 1. Velocidades de operación y rendimiento de implemento agrícolas.

IMPLEMENTOS	VELOCIDADES KM/H	RENDIMIENTO %
Subsolador	2-5	60
Arado de vertedera	4-5	60
Arado discos	4-7	60
Fresadora	2-5	63
Rotavator	2-5	63
Rastra disco	5-10	68
Rastra dientes	5-10	68
Cultivadoras	3-8	69
Distribuidora Fertilizante	6-9	64
Sembradora Chorro	4-8	55
Sembradora precisión	4-8	55
Cultivadora hileras	3-8	70
Cosechadora de granos	3-6	62
Fumigadora	5-10	40
Chapeadora	4-10	70

Fuente: (Chaves, 2004).

- **Eficiencia de Tiempo.**

La eficiencia del tiempo es un porcentaje que expresa la razón del tiempo que una maquina funciona efectivamente con el tiempo total que se asigna a la máquina para la operación. (Aantares, 1993).

Cualquier tiempo que la maquina no este procesando efectivamente el campo se considera tiempo desperdiciado. (Aantares, 1993).

- **Métodos para medir la eficiencia de tiempo.**

La eficiencia del tiempo es un porcentaje que se expresa la razón del tiempo que una máquina funciona efectivamente con el tiempo total que se asigna a la máquina para la operación. Cualquier tiempo que la maquina no este procesado efectivamente el campo se considera tiempo desperdiciado. Son necesarias definiciones bastantes estrictas de lo que en realidad deberá considerarse como tiempo desperdiciado. (Lesur, 2006).

Para calcular la eficiencia del campo se considera los tiempos a partir del momento en que la maquina ingresa el terreno de operaciones, la eficiencia de tiempo es llamada eficiencia de campo, que también se defina como la relación entre la capacidad efectiva de campo y la capacidad teórica de campo. Si se conoce la eficiencia de campo, se puede emplear la siguiente ecuación para calcular la capacidad efectiva de campo de la máquina. (Aguilar, 2015).

Ecuación 8. Metodos para medir la eficiencia del campo.

$$C = \frac{(V * W * E)}{10} \quad [Ecuación. 2.9]$$

Donde:

C = Capacidad efectiva en hectarea por hora

V = Velocidad de operacion en km por hora.

W = Ancho efectivo de trabajo en metro.

E = Eficiencia de campo como porcentaje.

- **Eficiencia de Potencia.**

Existe un rango de velocidad para el motor de la máquina, en el cual la eficiencia del mismo será óptima y operará en un mínimo de desgaste. La eficiencia de combustible también depende de la carga aplicada al motor. A mayor carga, mayor es la eficiencia de combustible, por lo que es conveniente emplear un tractor con demasiado exceso de potencia para una tarea que se puede efectuar con un tractor más pequeño. (Aguilar, 2015).

- **Eficiencia de la Mano de Obra.**

Cuando el agricultor mecaniza su finca la eficiencia de la mano de obra se toma un factor crítico si se quiere aprovechar completamente la capacidad de los implementos empleados. Consideramos mano de obra tanto la que aporta el operador de la maquina en sí. Como la tarea de administrador de la finca en lo que respecta a la planificación de las operaciones. El agricultor debe planear sus actividades por un periodo que le permita incluir, rotación de cultivos, labores a realizar en un año o para un ciclo agrícola y las operaciones a efectuar , en tal forma que se pueda cuantificar exactamente los requerimiento de mano de obra, es decir si hoy se va a preparar el suelo (Labranza primarias) o sembrar, el operador de labranza debe estar disponible y capacitado para realizar la labor, los lubricantes y combustibles, lo mismo que los impreviso, herramientas, y remplazo deben estar disponible los patrones de trabajo o sistemas de laboreo deben estar ya señalizados en el campo, el implemento a emplear debe estar calibrado y cargado. (Aguilar, 2015).

2.2. Coeficiente de utilización del tiempo de turno.

El aprovechamiento del tiempo del turno (T_{tur}) en el trabajo útil se caracteriza por el coeficiente de utilización del tiempo del turno (z). El rendimiento de los conjuntos depende del tiempo del trabajo neto (T_C) del conjunto durante el turno (T_{tur}) y del coeficiente z ó sea.

$$T_C = (z)T_{tur} \quad [Ecuación. 2.10]$$

Donde:

$$z = \frac{T_C}{T_{tur}} \quad [Ecuación. 2.11]$$

Cuanto mayor (z), tanto mayor será el rendimiento del conjunto.

Veamos de que factores depende el valor de (z) y el tiempo de trabajo neto del conjunto. (Munguia, 1982).

El balance de tiempo del turno tiene el aspecto general siguiente:

$$T_{tur} = T_C + T_{pa} + T_v + T_{st} + T_{ser} + T_{p*f} + T_d + T_{or} + T_{cm}, \quad [Ecuación. 2.12]$$

Donde:

T_C = es el tiempo de trabajo neto.

T_{pa} = es el tiempo de preparación y acabado

(recepcion y entrega del conjunto, ida hasta el lugar de trabajo y venidad.

T_v = es tiempo de movimiento en vacio por el lote.

T_{st} = es el tiempo de paradas del conjunto paa realizarel servicio tecnologico

(llenado de las sembradoras, descarga del grano desde la cosechadora.

T_{ser} = es el tiempo de paradas para realizadas el servicio tecnico planificado.

T_{p*f}

= es el tiempo de paradas forzosas (para limpiar los organos de trabajos, etc).

T_d = es el tiempo de paradas debidas a los desarreglos tecnicos.

T_{or} = es el tiempo de paradas por causas de organizaciones y otras.

T_{cm} = es el tiempo de paradas por condiciones meteorologicas.

2.3. Viraje de un tractor.

El espacio que debe dejarse sin laborar en las cabeceras y en los lados de las parcelas es un área que generalmente se desaprovecha, por lo cual es necesario disponer de agregaciones de tractores con sus máquinas e implementos que viren en el espacio más reducidos posible. Esto es especialmente necesario en espacios muy reducidos como es el interior de las casas de cultivos protegidos. Se analiza la fundamentación teórica y el procedimiento de cálculo de la franja de viraje mínimo de los tractores, así como los factores condicionantes. Se muestra su aplicación y preparación de suelo dentro de la parcela, con arado, subsolador y retoacanterador.

➤ **Determinación del radio mínimo de virajes.**

Las condiciones de un viraje correcto radican en un movimiento sin perjuicio de los mecanismos. Este perjuicio puede surgir si las ruedas del agregado tienden a deslizarse lateralmente o si las partes del agregado tienden a deslizarse lateralmente o si las partes del agregado se acercan mucho entre ellas. (Munguia, 1982).

Los deslizamientos de las ruedas pueden ser producto de una incorrecta instalación o formación del agregado, o de que el viraje se ese realizando con un radio muy pequeño, lo cual deforma las ruedas, se pueden doblar los ejes o producir alguna rotura. (Munguia, 1982).

Por lo antes dicho, para determinar el valor del menor radio de virajes (r_0) se debe tener en cuenta dos exigencias: (Munguia, 1982).

- a) Todas las ruedas del agregado deben rodar sin deslizamiento laterales, en caso extremo con un deslizamiento pequeño.
- b) Las partes del agregado no deben acercarse, debiéndose guardar cierta distancia entre ellas a la hora del viraje, distancia que depende de la construcción de las máquinas, de la velocidad y de otras condiciones de movimiento.

Los dos métodos más utilizados para determinar el radio mínimo de viraje son:

- El experimental.
- El grafico analítico.

El experimental consiste en realizar pruebas en un terreno adecuado hasta determinar el radio mínimo viraje, mientras que el grafico analítico es más complicado y para su realización es necesario conocer una serie de datos del agregado que permitan determinar gráficamente el movimiento de este y luego, ayudado por el cálculo, obtener todos los resultados necesarios. Este método no es muy seguro, ya que en la realidad la trayectoria del viraje, en gran medida, depende de la calificación del tractorista y de las condiciones de movimiento. (Munguia, 1982).

Comparativamente, el método más seguro para determinar el radio mínimo de viraje es el experimental. Para los agregados con un gran frente de labor, el radio mínimo de viraje, durante los cálculos de explotación, se puede tomar igual al ancho de labor del agregado $r_0=B$. (Munguia, 1982).

En agregados con gran frente de labor, el viraje con un radio menor que B puede traer problemas de rotura en los implementos. Para agregados con máquinas de suspensión, el radio de viraje del tractor, ya que las maquinas no tienen tren de rodaje propio. (Munguia, 1982).

- **Forma de viraje y su longitud.**

Los principales virajes que se utilizan en las franjas de viraje, durante el trabajo en vacío de los agregados son: de 90° y de 180°. (Munguia, 1982).

Las formas más usuales de los virajes, de acuerdo con esta clasificación, se muestran en la tabla. Los virajes de 90° se emplean en el método de movimiento circular y el agregado recorre un arco igual a la cuarta parte de la circunferencia; es decir: $\frac{2\pi r}{4} = \frac{\pi r}{2}$. (Munguia, 1982).

El viraje de 180° se produce fundamentalmente durante el trabajo en vacío en las franjas de viraje. En dependencia de la distancia entre las pasadas (recorrido) de trabajo (x) del agregado, los movimientos en los virajes pueden ser de lazos y sin lazos. (Munguia, 1982).

Si la distancia entre los recorridos de trabajos es menor a dos radios mínimos ($X < 2r_0$) hay que realizar el viraje de lazo. La longitud del viraje de lazo, por regla general, es mayor que la longitud de otros virajes. (Munguia, 1982).

2.4. Seguridad en la operación de trabajo.

Es el conjunto de acciones que permiten localizar y evaluar los riesgos y establecer las medidas para prevenir los accidentes de trabajo. Es la responsabilidad tanto de las autoridades como de los empleadores y los trabajadores. (Machinery, Company NIMAC – Nicaragua, 2016).

a) Riesgo de trabajo.

Son aquellos accidentes y/o enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicios o con motivos del trabajo.

Una vez que se han identificado los riesgos, el paso siguiente es proceder a su evaluación. Evaluar quiere decir estimar en lo posible la gravedad potencial de los riesgos para poder implantar las medidas preventivas más adecuadas. (Machinery, Company NIMAC – Nicaragua, 2016).

A la hora de evaluar los riesgos debemos tener en cuenta dos factores por un lado la probabilidad de que ocurra un hecho, y por otro, la gravedad que puede tener sobre una persona. (Machinery, Company NIMAC – Nicaragua, 2016).

b) Causas de los accidentes de trabajo.

En los accidentes de trabajo intervienen varios factores. Entre estos, las llamadas causas inmediatas, que pueden clasificarse en dos grupos:

➤ **Condiciones Inseguras.**

Son las causas que se derivan del medio en que los trabajadores realizan sus labores (ambiente de trabajo), y se refieren al grado de inseguridad que pueden tener los locales, la maquinaria, los equipos y los puntos de operación.

c) Actos inseguros.

Son las causas que depende de las acciones del propio trabajador y que puede dar como resultado un accidente.

d) Seguridad personal.

➤ La seguridad personal Incluye:

1. Vestimenta del Operador.
2. Sitio de trabajo alrededor del operador.
3. Operación de las máquinas.

Figura 1. Equipo de seguridad laboral.



Fuente: (Machinery, Company NIMAC – Nicaragua, 2016).

➤ **Tomar en cuenta otras Seguridades del Maquinista o Responsabilidades.**

1. No se acerque a una maquina en movimiento.
2. Evitar el arranque imprevisto de la máquina. ¡Peligro de Muerte!
3. No arrancar la maquina haciendo puentes. La máquina puede ponerse en marcha al arrancarla cuando se ha trabajado en el sistema de arranque.
4. No arrancar nunca el motor estando al lado de la máquina. Solo arrancar el motor desde el asiento del operador con el cambio en punto muerto o en posición de estacionamiento.
5. No usar el cinturón de seguridad si la estructura protectora contra vuelcos abatible esta plegada.
6. Solo se admite al operador en la máquina.
7. El uso inadecuado de la maquina puede resultar en accidentes innecesarios.
8. Estar preparado en caso de incendios.
9. Tomar en cuenta los símbolos o etiqueta de seguridad en su máquina, sea siempre consciente del riesgo de lesiones o accidentes implicado por el manejo de la máquina.

10. Nunca lubricar o de servicio a la maquina mientras este en movimiento.

La seguridad de la maquinaria agrícola. Las operaciones con maquinaria agrícola tienen muchos riesgos y los accidentes pueden reducirse si se siguen cuidadosamente las medidas de seguridad que se dan en la figura (Machinery, Company NIMAC – Nicaragua, 2016).

Gráfico 1. Responsabilidades del maquinista en varios factores que afectan a su seguridad al trabajar con maquinaria agrícola.



Fuente: (Smith, 1967)

2.5. Estadística Descriptiva.

La estadística es un conjunto de procedimientos que tiene por objeto presentar masas de datos por medios de tablas, gráficos y otras medidas de resumen. De acuerdo a lo anterior, la estadística descriptiva es la primera etapa a desarrollar en un análisis de información (Steel, 1985).

Tipos de frecuencias.

1. Frecuencia absoluta.

Es el número de repeticiones que presentan una observación se denota por n_i .

2. Frecuencia relativa.

Es la frecuencia absoluta dividida por el número total se denota por f_i .

3. Frecuencia absoluta acumulada.

Es la suma de los distintos valores de la frecuencia absoluta tomando como referencia un individuo. La ultima frecuencia absoluta acumulada es igual al número de casos se denota por N_i .

Tipos de datos.

La naturaleza de las observaciones será de gran importancia a la hora de elegir el método estadístico más apropiado para abordar un análisis. Con este fin se clasifica la variable, en dos tipos: variables cuantitativas o variables cualitativas. (Steel, 1985)

a. Variables cuantitativas.

Son las variables que pueden medirse, cuantificarse o expresarse numéricamente. Las variables cuantitativas pueden ser de dos tipos:

- ✓ Variables cuantitativas continuas, si admiten tomar cualquier valor dentro de un rango numérico determinado.

✓ Variables cuantitativas discretas, si no admite todos los valores intermedios en un rango.

b. Variables cualitativas.

Este tipo de variables representan una cualidad o atributos que clasifica a cada caso en una de varias categorías.

Las medidas de tendencia centrales son valores numéricos que tienden a localizar la parte central de un conjunto de datos. (Steel, 1985).

c. La Media.

No es más que la suma de todos los valores de una variable dividida entre el número total de datos de los que se disponen. (Steel, 1985).

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n x_i}{n} \quad [\text{Ecuación. 2.13}]$$

d. La Moda.

Es el valor de la variable que más veces se repite, es decir, aquella cuya frecuencia absoluta es mayor. Puede haber más de una moda en una distribución se denota por M_0 (Steel, 1985).

e. Medidas de dispersión.

Las medidas de dispersión indican la mayor o menor concentración de los datos con respecto a las medias de centralización. (Steel, 1985).

f. La desviación típica (S_t).

Es la raíz cuadrada de la varianza. Expresa la dispersión de la distribución y se expresa en la misma unidad de media de la variable la desviación típica es la media de dispersión más utilizada en estadísticas. (Steel, 1985).

$$s_t = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \text{Media}(x))^2}{n}} \quad [\text{Ecuación. 2.14}]$$

g. La desviación estándar (S_e).

Es el promedio de la distancia de cada punto respecto del promedio. Se suele representar por una S o con la sigma, σ , según se calcule en una muestra. (Steel, 1985).

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - x)^2}{n - 1}} \quad [\text{Ecuación. 2.15}]$$

h. Histograma.

Está formado por rectángulos cuya base es la amplitud de intervalo puede representarse gráficamente una distribución de frecuencia o una distribución de frecuencia relativas. Al construir un histograma, los valores de la variable en consideración constituyen el eje horizontal, mientras que el eje vertical tiene como escala a la frecuencia (o frecuencias relativas si se desea de ocurrencias. Por encima de cada intervalo de base sobre el eje horizontal se levanta una barra rectangular, o celda, como a veces se conoce, de modo que su altura corresponda con la frecuencia correspondientes. (Steel, 1985).

i. Distribución Normal (X).

La distribución de una variable normal está completamente determinada por dos parámetros, su media y sus desviaciones estándar, denotadas generalmente por μ y σ . Con esta notación, la densidad de la normal viene dada por la ecuación: (Steel, 1985).

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right\} \quad [\text{Ecuación. 2.16}]$$

Que determina la curva en forma de campana que tan bien conocemos. Así, se dice que una característica que sigue una distribución normal de media μ y varianza σ^2 , y se denota como $X = N(\mu, \sigma)$.

j. Propiedades de la distribución normal.

1. Tiene una única moda, que coinciden con su media y su mediana.
2. La curva normal es asintótica al eje de abscisas.
3. Es simétrica con respecto a su media μ . Según esto, para este tipo de variables existe una probabilidad de un 50% de observar un dato mayor que la media, y un 50% de observar un dato menor.
4. La distancia entre la línea trazada en la media y el punto de inflexión de la curva es igual a una desviación típica (σ) cuando mayor sea σ , más aplanada será la curva de la densidad.
5. El área bajo la curva comprendida entre los valores situados aproximadamente a dos desviaciones estándar de la media es igual a 0.95. En concreto, existe un 95% de posibilidad de un valor comprendido en el intervalo $(\mu - 1.96; \mu + 1.96 \sigma)$.

6. La forma de la campana de Gauss depende de los parámetros μ y σ . La media indica la posición de la campana de modo que para diferentes valores de μ la gráfica es desplazada a lo largo del eje horizontal. Por otra parte, la desviación estándar determina el grado de apuntamiento de la curva. Cuanto mayor sea el valor de σ , más se dispersan los datos en torno a la media y la curva será más plana. Un valor pequeño de este parámetro indica, por tanto, una gran probabilidad de obtener cercanos al valor medio de la distribución.

2.6. Error.

En general, se denomina error a todo juicio o valoración que contraviene el criterio que se reconoce como válido, en el campo al que se refiere el juicio.

- **Error absoluto:**

Es la diferencia entre el valor de la medida y el valor tomado como exacto. Puede ser positivo o negativo, según si la medida es superior al valor real o inferior (la resta sale positiva o negativa). Tiene unidades, las mismas que las de la medida.

$$ea = |\text{Valor Real} - \text{Valor Aproximado}| \quad [\text{Ecuación. 2.17}]$$

- **Error relativo:**

Es el cociente (la división) entre el error absoluto y el valor exacto. Si se multiplica por 100 se obtiene el tanto por ciento (%) de error. Al igual que el error absoluto puede ser positivo o negativo (según lo sea el error absoluto) porque puede ser por exceso o por defecto. no tiene unidades.

$$er = \frac{ea}{\text{Valor Real}} \quad [\text{Ecuación. 2.18}]$$

CAPITULO III.
DISEÑO METODOLOGICO.

3.1. Metodología de evaluación en el estudio cinemático del movimiento del conjunto tractor Steyr 8130 y el arado de vertedera M950 en la labor de labranza primaria.

La investigación en su fase experimental se desarrolló en los campos de la finca experimental agrícola de la Universidad Nacional de Ingeniería, ubicada en la comarca de las Flores del departamento de Masaya.

El método utilizado para la realización de esta fue un experimento observado, descriptivo, correlacional o confirmado, el cual se emplea para determinar el resultado y confirmar las variables que realmente influyen en el estudio.

Las fases experimentales se detallan a continuación:

3.1.1. Observación y organización del trabajo de campo en el sitio de estudio.

Se organizaron varias reuniones con el administrador de la finca experimental agrícola, con el objetivo de ubicar el lote para su experimentación, organización de equipos, personal de trabajo, coordinación de fechas y metodologías de medición en el campo,

Gráfico 2. Microlocalización del área de estudio realizado.



Fuente: Elaboración propia.

a. Características climáticas.

En esta zona se aprecian dos estaciones bien marcadas

- Estación lluviosa, comprendida entre los meses de mayo - octubre.
- Estación seca, comprendida entre los meses de noviembre - abril.

En el sitio de estudio el clima está clasificado como tropical sub húmedo, la fisiografía corresponde a terrenos con alturas menores de 300 msnm, con temperaturas que oscilan entre los 25° C a 28°C, precipitación media anual de 1100 a 1600 mm con presencia de periodo canicular definido. (Tellez Garcia, Cerrato Cortes, & Romo trujillo, 2006).

Gracias a la obtención de información por parte del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) en donde se muestran precipitaciones por menor 35 mm de lluvia para el mes de octubre del 2019 (INETER, 2020). Esto ayudo obtener un suelo óptimo para el desarrollo del estudio experimental y un día adecuado para que el mismo presentara condiciones que permitiera que estuviera semi húmedo.

b. Descripción fisiográfica finca experimental agrícola.

La finca experimental se ubica en la comunidad “Santa Clara” cercana a la “provincia de la depresión de Nicaragua, perteneciente a las sub provincia de la planicie de Tipitapa” que comprende las llanuras de relieve bajo, constituida en la superficie por depósitos sedimentarios reciente. El drenaje superficial escurre hacia el Rio Tipitapa, laguna de Tisma y Rio Malacatoya para desembocar luego en el lago de Nicaragua.

c. Estudios realizados en los suelos de la finca experimental agrícola.

En el laboratorio de edafología del departamento de ingeniería agrícola de la Universidad Nacional de Ingeniería se llevan a cabo una serie de estudios básicos de suelos para respuesta a algunas necesidades sobre los mismos. En 1971 la serie Zambrano, consiste en suelos profundos a moderadamente superficiales, bien

drenados, con subsuelos arcilloso de color pardo rojizo oscuro y que esa sobre un estrato endurecido continuo pero fragmentado. Los suelos se han desarrollados de cenizas volcánicas que descansa sobre arcillas, toba parcialmente meteorizada o arena y escoria cementada. Se encuentra en las planicies ligeramente onduladas a fuertemente onduladas. (Tellez Garcia, Cerrato Cortes, & Romo trujillo, 2006).

La textura de estos suelos varia de franco a franco arcilloso limoso y tienen un estrato endurecido fragmentado debajo de 60 centímetros de profundidad. Este estrato obstruye ligeramente la penetración de las raíces. Esto suelos correspondientes a las unidades de capacidad descrita corresponde principalmente a la producción de cultivos. Son bien adaptados para la mayoría de los cultivos propios de la zona, moderadamente bien adaptados para hortalizas, tabaco, maní., arroz sin riego, caña de azúcar y plátanos, aunque pobremente adaptados para arroz, banano, caña de azúcar y plátanos. (Tellez Garcia, Cerrato Cortes, & Romo trujillo, 2006).

Los problemas de conservación de suelo son ligeros y se requieren prácticas de conservación tales como en contornos, mínimas labores de labranzas de gradiente con desagües empastados. Se necesita fertilización, especialmente altas en fosforo, para la mayoría de los cultivos. (Tellez Garcia, Cerrato Cortes, & Romo trujillo, 2006).

3.1.2. Descripción del lote experimental agrícola.

La investigación en campo se realizó durante el mes de octubre del 2019 en la finca experimental agrícola ubicada geográficamente con coordenadas (UTM: X:608793; Y: 13280039) con una pendiente de 0° a 2°, con una abundante maleza óptimo para el estudio experimental.

La descripción morfológica del perfil del suelo 02 con dos clasificaciones taxonómicas por la USDA Humic Haplustands y una clasificación taxonómica por la FAO Andosol histico, con la ubicación del perfil segunda entrada de la finca 100 m al este 100 al sur . (Tellez Garcia, Cerrato Cortes, & Romo trujillo, 2006)

Ubicada exactamente en el estudio experimental donde se llevó a cabo la determinación experimental del rendimiento de la maquinaria agrícola en labranza primaria.

Cuadro 2. Descripción del Perfil 02.

Horizonte	Profundidad	Descripción de las características
A _p	0-17	Parduzco oscuro (10 YR 2/3), Textura arcilloso limoso, estructura en bloques angulares y sub angulares grueso y moderados, abundantes micro poros muy pocos raíces finas, limite difuso y ondulado consistencia firme, sin presencia de grava.
AB	17-30	Parduzco oscuro (10 YR 2/2), textura arcillosa, estructura en bloques sub – angulares fuertes, abundantes micro poros, muy pocas raíces finas, limite difuso y ondulado y consistencia friable.

Fuente: (Tellez Garcia, Cerrato Cortes, & Romo trujillo, 2006).

Humic Haplustands. Estos suelos pertenecen al orden andisol característicos de suelos volcánicos, se encuentra en un régimen de humedad ústico, además presenta un epipedon Molico con alto contenido en materia orgánica y horizontes bien desarrollado y características morfológicas definidas (ver anexo fotografía).. (Tellez Garcia, Cerrato Cortes, & Romo trujillo, 2006).

➤ Descripción de la unidad cartográfica N° 02 suelos.

Unidad PI_{E3-4}
AT-I

Ecuación 3.1

Esta unidad cartográfica de suelo se encuentra en terrenos planos con pendientes de 0 – 2%, son considerados en dependencia de su profundidad efectiva, como suelos muy superficiales menos de 25 cm de profundida, lo cual es la mayor limitante para el tipo de uso de cultivo en consideraciones. Este horizonte descansa sobre un contacto lítico. El porcentaje de materia orgánica es media en el horizonte A presenta textura franca, con estructuras en bloques sub – angulares unidos fuertemente y bien drenada. Posee un pH muy ligeramente alcalino con saturación de bases mayor del 50%. Presenta un epipedon histico y clasificado taxonómicamente como lithic Ustorthens (Tellez Garcia, Cerrato Cortes, & Romo trujillo, 2006).

según análisis realizado a los suelos de la finca experimental agrícola por parte del laboratorio de edafología del departamento de ingeniería agrícola, estos suelos se clasifican en: franco arcilloso con un contenido de partícula de 37% arcilla, 40% Limo y 23% arena del lote experimental. (Tellez Garcia, Cerrato Cortes, & Romo trujillo, 2006).

Otra información Obtenida por parte del laboratorio de edafología ha dado seguimiento a estos estudios siempre en monografías anteriores, presentes. Realizando exhaustivos muestreos de suelo a nivel de detalle caracterizándose de acuerdo a la morfología y génesis que presenta cada uno de los perfiles de suelo.

También, dicho lo anterior se espera obtener una profundida constante con el arado de vertedera así obtener unas mediciones aproximada y precisa para el estudio experimental.

3.1.3. Planteamiento del problema.

Este estudio responderá a la necesidad nacional del sector agropecuario de determinar experimentalmente el rendimiento en horas por hectáreas de las actividades mecanizadas de labranza primaria, las cuales en la actualidad no existen metodologías que realice, el agricultor para emplear en sus fincas y obtener

mejores resultados en sus operaciones, así como también no hay rangos permisibles que establezca en sus estudios índices que alcance un aumento.

En el caso de este estudio del tractor de ruedas con arado de vertedera se dispondrá las etapas que faciliten el proceso de una preparación determinada al rendimiento de la labranza primaria en horas por hectáreas. Facilitando al productor conocer la eficiencia y el rendimiento de su equipo en horas por hectáreas de las actividades agrícolas alcanzando un mayor aprovechamiento de la maquinaria para un aumento eficiente de la misma y productivo.

3.1.4. Análisis documental del conjunto compuesto de tractor con rueda arado de vertedera.

Esta etapa se realizó con la finalidad de fundamentar el conjunto formado por el tractor y maquina agrícola más adecuado para la investigación. Esta se logró mediante una exhaustiva revisión bibliográfica relacionada con el tema y con la evaluación de los equipos existentes en la finca.

Por otra parte, se procedió a la consulta con docentes y especialista en el área de maquinaria sobre la labranza primaria en métodos de arado con vertedera más eficientes, así como la revisión en la base datos electrónica de universidades extranjeras.

Una vez recopilada la información de las fuentes primarias y secundarias, se procedió a organizar, clasificar y analizar la información relativa a los equipos, métodos de medición y fundamentación teórica vinculada a esta monografía.

3.1.5. Procedimiento y recolección de datos en el campo trabajado.

Se elaboraron formatos para el registro de los datos de campo, en función de los requerimientos de cálculos posteriores. Ejemplo de estos se muestran a continuación:

Cuadro 3. Formato de la libreta para recolección de datos.

Hora	Inicio:	Final:		Observaciones
Apero:		Tractor:		
N°	Ida/Vuelta	Virajes(seg)	Tiempos (m)	
Consumo				
Combustible				

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 3 se obtendrá recopilado los datos del campo experimental resultado del procesamiento que se procederá a analizar y discutir los resultados.

Cuadro 4. Registro de Fallas.

Actividad	Época	Sistema Hidráulico			Sistema Eléctrico			Sistema Mecánico		
		Fuga sello	Fuga manguera	Bomba Hidráulica	Batería	Motor de arranque	Arnés Eléctrico	Motor	Transmisión	Ejes

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 4 se obtendrá registro de fallas del conjunto tractor y arado de vertedera en el campo experimental resultado del procesamiento a tomarse en el momento de operar la maquinaria en las condiciones que imprevistamente se presente y se observen en la operación y la manipulación del conjunto del tractor con rueda y arado de vertedera.

3.1.6. Proceso de evaluación en el campo.

➤ Elección del área de estudio.

- **Tamaño del lote experimental.**

En la elección del lote experimental esta operación ha de ser precisa para evitar aclareos (espacio sin labrar) y por cuyo laboreo posterior se gasta mucho tiempo de trabajo y además de manera que no aumente la longitud total de las carreras en vacío en los virajes.

Durante la elección se observa el campo y se elige la dirección de movimiento principal del conjunto y es conveniente alternar anualmente la dirección de aradura, o sea, arar.

- **Tiempo por el lote experimental.**

En el estudio del lote experimental se determinará el tiempo que se demorará en pasar el operador y su conjunto del tractor con rueda y el arado de vertedera a medida que labra la tierra en forma recta de un punto a otro de los extremos del lote.

- **Tiempo giro o viraje.**

Al realizar el estudio cinemático del movimiento se consigue el tiempo que demora en girar el operador con el conjunto del tractor con rueda y el arado de vertedera para iniciar un nuevo surco, pero esta vez de vuelta, es decir, en sentido contrario al surco anterior.

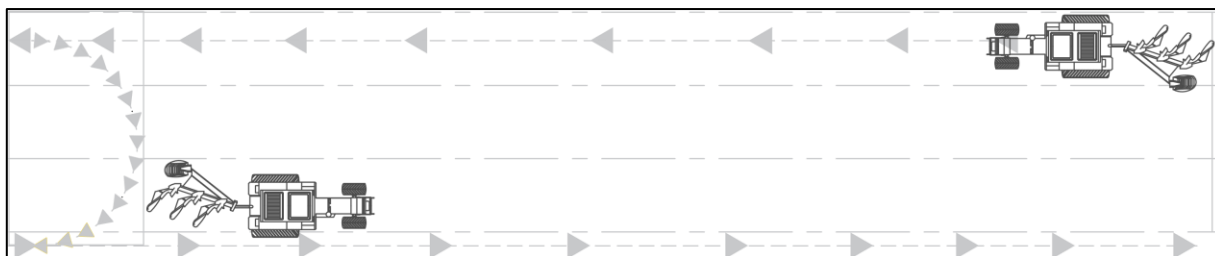
- **Tipo de virajes y Tiempo.**

En el proceso de realizar los movimientos de virajes y un tiempo determinado del conjunto que se mueva a lo largo de las besanas, habrá la necesidad de hacer virajes en forma de lazo abierto o cerrado en el campo y en el tiempo se tendrá el

gasto al final de cada pasada cuando interrumpe el proceso de aradura y la maquina realiza el viraje para continuar con el tiempo de trabajo.

En la siguiente ilustración 8 se muestra el giro que se realizara en el lote experimental agrícola para obtener los tiempos de giros.

Ilustración 5. Tipo de giro.



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Materiales y equipos utilizados.

3.2.1. Equipos.

- **Tractor.**

Un tractor de marca Steyr de 120 hp (89.5 kW) (ver anexos especificaciones técnicas) de potencia del año 1995 con las siguientes especificaciones: chasis 4 X 2 2WD, transmisión sincronizada, engranajes 18 adelante y 6 atrás (Seis engranajes 1-6, en tres rangos L-M-V). En el siguiente cuadro 5 se muestra la descripción del tractor con rueda y arado de vertedera. Véase a sí misma la fotografía 2 del mismo que se utilizó para la realización de este estudio experimental (ver anexos especificaciones técnicas).

Cuadro 5. Descripción del tracto Steyr y arado de vertedera.

Descripción	Marca	Modelo
Tractor	Steyr	8130

Arado vertedera	Vogel Noot	M950
-----------------	------------	------

Fuente: Elaboración propia.

En la fotografía 2 se muestra el conjunto Steyr 8130 y Arado de vertedera M950 (Vogel Noot), maquinaria agrícola para ser utilizada en el lote experimental agrícola.

Fotografía 1. Tractor Steyr 8130 y arado vertedera M950.



Fuente: propia.

- Arado de Vertedera.

Un arado de vertedera reversible marca Vogel Noot con las siguientes características: 95 cm entre vertederas, altura de marco 72/78 cm. con un ancho de labor de 2.20 m y con una profundidad de aradura de 25 cm.

➤ **Equipo de medición.**

- Reloj de cronometro.
- Libreta de anotaciones con formatos diseñados para el experimento.
- Cinta métrica de 100 m.
- Probeta de 100 ml.

➤ **Operario y ayudante.**

El operador Carlos Arroliga, con una práctica en la maquinaria agrícola en labranza primaria, el cual se considera un operador lento en el manejo del volante del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950.

Por otro lado, se puede describir que ha experimentado diversas situaciones en las actividades de la mecanización agrícola nacional. Debido a inhabilidad en el manejo del tractor se obtuvieron algunos errores en la prueba con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 uno de ellos es la precisión en los virajes al momento de realizar el movimiento de laza cortado y abierto ya que no tiene formación técnica que lo califique como “operador certificado”.

Además, se contó con la participación de un ayudante para apoyar labores de ajuste del arado y llenar tanque de combustible.

Fotografía 2. Operando tractor en el lote experimental.



Fuente: propia.

- **Personal de apoyo para la medición:**

Se contará con un total de tres estudiantes de la carrera ingeniería agrícola: Martha Fabiola Álvarez, Miguel Ángel Rosales y Yolanda Estefanía Otero. Quienes apoyaron en los extremos de los lotes y en la realización de las tomas de mediciones, controlando y midiendo tiempos de salidas y entradas del tractor al lote experimental.

3.2.1. Organización y planificación de la recolección de datos de campo.

Una vez elaborados los formatos de campo e identificadas las variables a medir, la forma de movimiento del tractor en el campo (método de ida y vuelta), se dieron las instrucciones para la realización de la medición al operador, ayudantes y personal de apoyo para el registro de los datos de campo, posteriormente se procedió a tomar datos como:

- a) Distancia.
- b) Velocidad de trabajo
- c) Mediciones del tiempo de recorrido en labor de trabajo.
- d) Mediciones del tiempo de virajes en las cabeceras.

3.2.2. Procesamiento de la información de cálculos y estadística.

Una vez finalizada la etapa descrita en el ítem anterior, se procedió a organizar y procesar la información de los cálculos y estadística recopilada en el campo.

Durante el desarrollo de esta etapa; se utilizaron herramientas para el análisis de la información tales como las hojas de cálculo de Excel versión 2016 y Paquete Estadístico IBM Statistics Package for the Social Sciences (SPSS) versión 16 (ver anexos SPSS 16.0).

3.3. Estudio de la eficiencia de tiempo de la actividad del conjunto tractor Steyr 8130 y arado de vertedera en la finca experimental agrícola.

Como se mencionó anteriormente en la metodología de evaluación en el rendimiento del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 en labranza primaria se debe tomar aspecto importante para conseguir el tiempo óptimo de trabajo realizado en la aradura y el tiempo menor en virajes para obtener rangos permisibles que ayuden a mejorar al agricultor en la operación teniendo un mejor uso y eficiencia de la maquinaria agrícola.

Una vez calculado el estudio cinemático del movimiento del conjunto tractor Steyr 8130 y arado de vertedera M950 en la labor de labranza primaria, con los datos obtenidos en campo se utilizarán para realizar los cálculos de la eficiencia del tiempo de la actividad en aradura.

Si se calcula la capacidad de trabajo efectiva (CET), en hectáreas por hora, con los datos promedio del experimento, (velocidad operación km/hr; ancho de labor arado de vertedera metros y rendimiento del trabajo realizado), y utilizando la ecuación respectiva, se obtendrá el valor de la capacidad efectiva de trabajo o capacidad real obtenido experimentalmente.

A continuación, posteriormente obtenido los datos del estudio experimental se utilizarán las siguientes ecuaciones 3.4 para estudio experimental del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera.

- **Calculo de la velocidad promedio.**

Debido a que el velocímetro del tractor se encontraba en mal estado, se procedió a calcular la velocidad promedio de aradura. Esto se logró mediante la medición de la distancia y el tiempo en que tardaba en recorrer dicha distancia, para ellos utilizando la ecuación de física:

Ecuación 18. Velocidad promedio.

$$V = \frac{d}{t} \quad [\text{Ecuacion 3.4.}]$$

Donde:

$$V = \text{Velocidad} \quad \left[\frac{km}{hr} \right]$$

$$d = \text{Distancia} \quad [m]$$

$$t = \text{Tiempo} \quad [hr]$$

- **Capacidad efectiva de trabajo.**

Una vez calculada la velocidad promedio obtenida experimentalmente en el campo, podemos conocer la capacidad efectiva de trabajo o capacidad real (CET) en hectáreas por horas. Seguidamente, se estarán presentando los resultados y análisis en el siguiente capítulo IV.

3.4. Rendimientos del conjunto tractor Steyr 8130 y arado de vertedera con rendimientos obtenidos en otras pruebas experimentales para la actividad de labranza primaria.

En lo estudiado hasta el momento, hemos hablado de cálculos, lo que nos podríamos inducir a creer que los resultados obtenidos experimentalmente del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 son exactos e irrefutables. Si bien es cierto que los cálculos en si son exactos y precisos.

Los cálculos efectuados del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 se realizará una comparación de pruebas realizadas en Costa Rica por el autor Armando Alvarado Chávez, datos que obtuvo en fincas de Guanacaste, publicado en uno de sus libros maquina y mecanización agrícola en el año 2004 y por otro

lado datos proporcionados por la FAT, que es una institución Suiza dedicada a la investigación en maquinaria agrícola.

Nos parece importante llevar a cabo estos cálculos adquiridos a fin de comparar los resultados obtenidos en la finca experimental agrícola ya que, en ambos casos al modificar las condiciones de trabajo, varían los datos y los resultados que se obtienen de esos cálculos. De esta manera se puede cambiar algunos datos, para obtener resultados más favorables para las empresas, cooperativas y fincas de agricultores agrícola así permitiendo un margen suficientemente permisible en los rendimientos.

Es de suma importancia aclarar que, si se realiza este tipo de cálculos con el propósito de tomar decisiones, los datos de entrada deben ser reales tal como fue descrito en el estudio experimentalmente en el rendimiento del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 de labranza primaria y sean útil para la toma decisiones para las empresas, cooperativas y fincas de agricultores agrícola.

3.5. Redacción del informe final.

Una vez realizada toda la actividad experimental incluyendo las de campo y recolección de datos con su respectivo análisis estadístico, se procede a la elaboración del informe final, en el cual se tomará en cuenta todos los resultados de los análisis para determinar experimentalmente el rendimiento para la actividad de labranza primaria finca experimental agrícola en horas por hectáreas.

CAPITULO IV.
RESULTADOS Y ANALISIS.

4.1. Estudio cinemático del movimiento del conjunto tractor Steyr 8130 y arado de vertedera M950 en la labor de labranza primaria.

En el capítulo IV se identificó el objetivo y se establecieron los resultados como una parte importante del proceso del análisis para conocer el rendimiento en horas por hectárea de esta actividad.

En el siguiente cuadro se presenta los datos obtenidos en campo experimentalmente con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 los cuales serán utilizados posteriormente para el cálculo del rendimiento horas por hectáreas.

Cuadro 6. Tabla de tiempos obtenidos de la maquinaria agrícola.

Entrada	N°	Virajes (seg)	Tiempo trabajo (seg)	Salida	N°	virajes (seg)	Tiempo trabajo (seg)
E	1		84	S	2	51.2	80.4
E	3	53.88	78.6	S	4	38.2	134.4
E	5	34.31	71	S	6	41.9	133.8
E	7	34.28	77.4	S	8	144	77.4
E	9	14.12	69	S	10	18.7	72.6
E	11	17.4	71.4	S	12	26.4	63
E	13	28.48	66.6	S	14	29.7	69
E	15	28.6	69	S	16	31.1	66
E	17	30.06	72	S	18	27.6	75
E	19	33.5	68.4	S	20	14.9	73.2
E	21	18.2	67.2	S	22	29	72
E	23	39.1	64	S	24	23.2	91.2
E	25	18.92	69.6	S	26	29.4	73.8
E	27	27.23	75	S	28	31.3	70.8
E	29	28.03	69.6	S	30	30.3	69.6
E	31	33.4	73.22	S	32	31.5	73.8
E	33	34.19	71.4	S	34	30	72
E	35	29.82	78	S	36	27.5	72
E	37	35.65	74	S	38	54.4	70.8
E	39	34.84	77.4	S	40	22.9	71.4
E	41	60.67	76.2	S	42	179	74.4
E	43	48.16	84	S	44	40.7	83
E	45	55.14	74.4	S	46	42.5	73.8
E	47	69.6	65.4	S	48	48.1	81
E	49	202.2	79	S	50	48.1	72.6
E	51	61.8	71.4	S	52	43.4	69.6
E	53	43.99	70.8	S	54		69

Fuente: Elaboración propia.

En base a los datos mostrados en el cuadro anterior se hará el debido procesamiento de la información y recursos lógicos para la obtención de los resultados.

En el siguiente cuadro 7 se presenta fallas en la prueba del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 en la actividad de labranza primaria.

Cuadro 7. Registro de Fallas.

Registro Fallas Steyr 8130										
Actividad	Época	Sistema Hidráulico			Sistema Eléctrico			Sistema Mecánico		
		Fuga sello	Fuga manguera	Bomba Hidráulica	Batería	Motor de arranque	Arnés Eléctrico	Motor	Transmisión	Ejes
Labranza primaria	Octubre	Aceite (Retenedores)	Regular	Regular	Excelente	Excelente	Mal estado	Buen estado	Buen estado	Buen estado
Registro Fallas Arado vertedera										
Actividad	Época	Sistema Hidráulico			Sistema Mecánico			Observaciones del conjunto		
		Fuga sello	Fuga manguera	Bomba Hidráulica	Regulador Angulo	Transmisión	Ejes			
Labranza primaria	Octubre	Buen estado	Regular	Mal estado	Buen estado	Buen estado	Excelente	Arado de vertedera reversible mal estado y frenos tractor Steyr 8130 mal estado.		

Fuente: Elaboración propia.

En base al cuadro 7 mencionado el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera se obtuvieron algunos imprevistos durante la prueba como:

1. Realizando el movimiento cinemático en el lote experimental el conjunto Steyr 8130 presento una variación en la velocidad y observando el equipo el sistema de freno de disco se frenaba (recalentándose) lo cual no favorecía a mantener una velocidad constante. Se tuvo que desactivar el sistema de freno para evitar dicha inconveniencia (ver anexo de fotografía).
2. En la actividad de la aradura durante el proceso la barra telescópica se dividió en dos debido a las fuerzas ejercida sobre ella.
3. El sistema hidráulico del arado reversible tenia fallas de presión en el cual notifiqué al operador (Carlos Arroliga) del mal funcionamiento.

- **Personal de apoyo para la medición:**

Se contará con un total de tres estudiantes de la carrera ingeniería agrícola: Martha Fabiola Álvarez, Miguel Ángel Rosales y Yolanda Estefanía Otero.; quienes apoyaron en los extremos del lote y en la realización de las tomas de mediciones en las cabeceras, controlando y midiendo tiempos de salidas, entradas y virajes del conjuntó Steyr 8130 y arado de verterá M950 al lote experimental.

Fotografía 3 Estudiante carrera de ingeniería agrícola presente en el campo experimental.



Fuente: propia.

4.1.1. Métodos.

- **Virajes.**

En las cabeceras se realizaron vueltas en “Lazo cortado y abierto”, se midieron sus tiempos de maniobra desde que elevaba el arado hasta que se volvía a bajarlo para ingresar al surco. En la siguiente grafico 3. Se muestra el movimiento cinemático que operador realizo en el lote de la finca experimental donde se observó el patrón de movimientos en los virajes de lazo cortado y abierto.

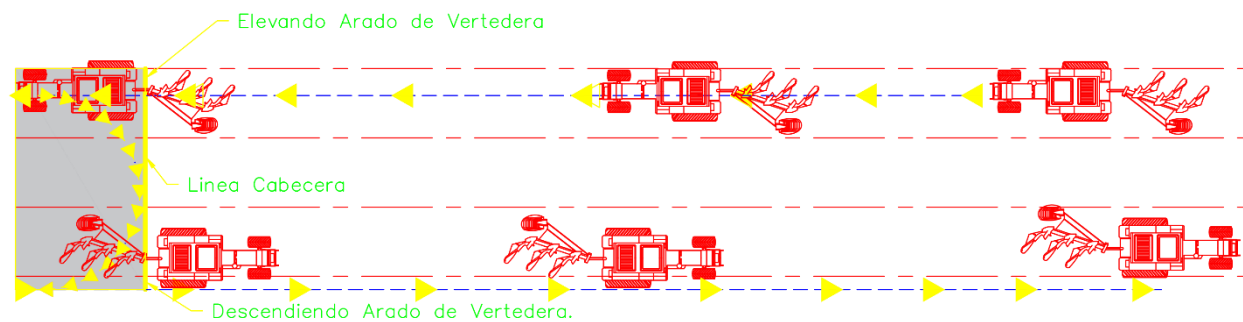
Gráfico 3. Patrón de movimiento en los virajes (lazo cortado y abierto).



Fuente: Elaboración propia.

En el grafico 4., se muestra maniobra realizada en el trayecto del tiempo de trabajo a los finales de las cabeceras llegándose (línea de cabecera) al tiempo justo elevando el arado de vertedera y a la vez la maquinaria posicionados al entrar en marcha nuevamente descendía el arado de vertedera continuando así sucesivamente en el inicio de la cabecera del lote de la finca experimental.

Gráfico 4. Maniobra utilizada elevada y bajada del arado de vertedera.



Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó un proceso de filtración de datos, el cual consiste en eliminar los datos más alejados de la moda, media y la mediana, esto permitirá que los resultados se ajusten de forma aproximada.

Cuadro 7. Filtrado de la información recopilada en el campo experimental agrícola.

No Vueltas Confiable	Trabajo realizados
1	70
2	70
3	70
4	70
5	71
6	71
7	71
8	68
9	71
10	71
11	71
12	71
13	72
14	72
15	72
16	72
17	73
18	73
19	73
20	73
21	74
22	74
23	74
24	74
25	74

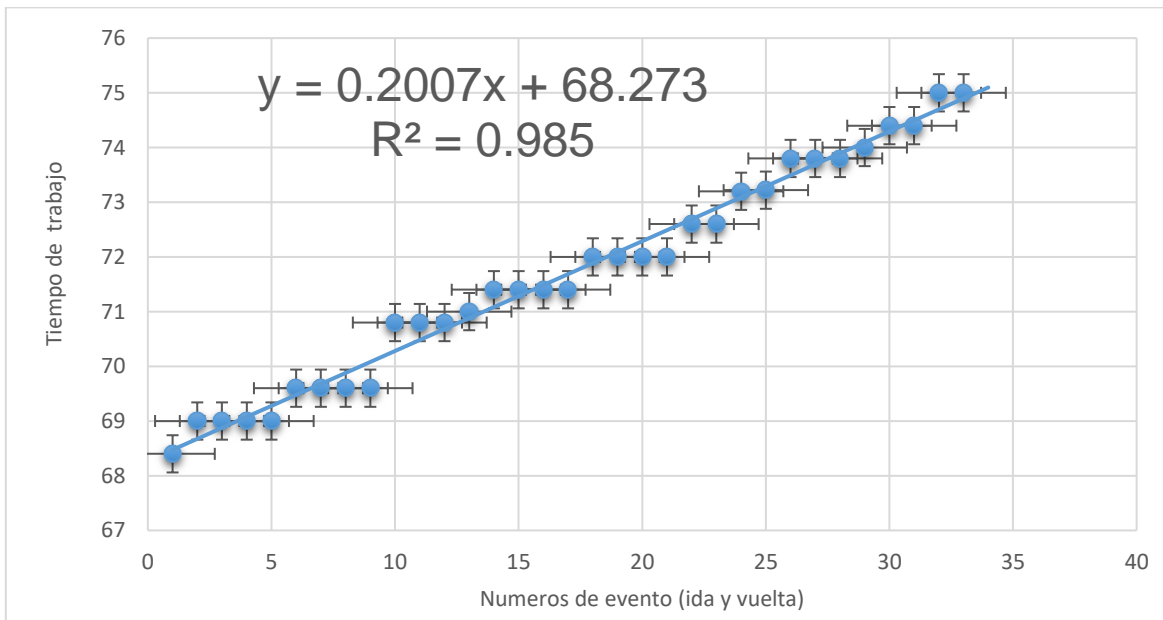
26	74
27	74
28	75
29	75
30	77
31	76
32	76
33	76
34	76
35	76

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado este filtraje se obtuvo el siguiente gráfico 5 del cual las mediciones tomadas más cercanas tiende a una confiabilidad del 98.5% en nuestros datos recopilados.

Ecuación 19. Ecuación matemática para la valoración confiable de los datos.

Gráfico 5. Ecuación matemática para la valoración confiable de los datos.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez procesada la información con ayuda de la estadística, se procedió a aplicar la metodología y fórmulas de cálculo para la estimación del rendimiento en horas por hectárea para la labor de aradura con vertedera.

En la siguiente fotografía 4 se muestra arado de vertedera M950 realizando labranza primaria en el lote de la finca experimental agrícola.

Fotografía 1. Arado vertedera M950 (Vogel Noot) en aradura.



Fuente: Propia.

En la fotografía 5 se muestra el lote en labrado por el conjunto Steyr 8130 con el arado de vertedera M950 en el sitio realizado el estudio experimental en labranza primaria.

Fotografía 2. Lote labrado en la finca experimental agrícola.



Fuente: Propia.

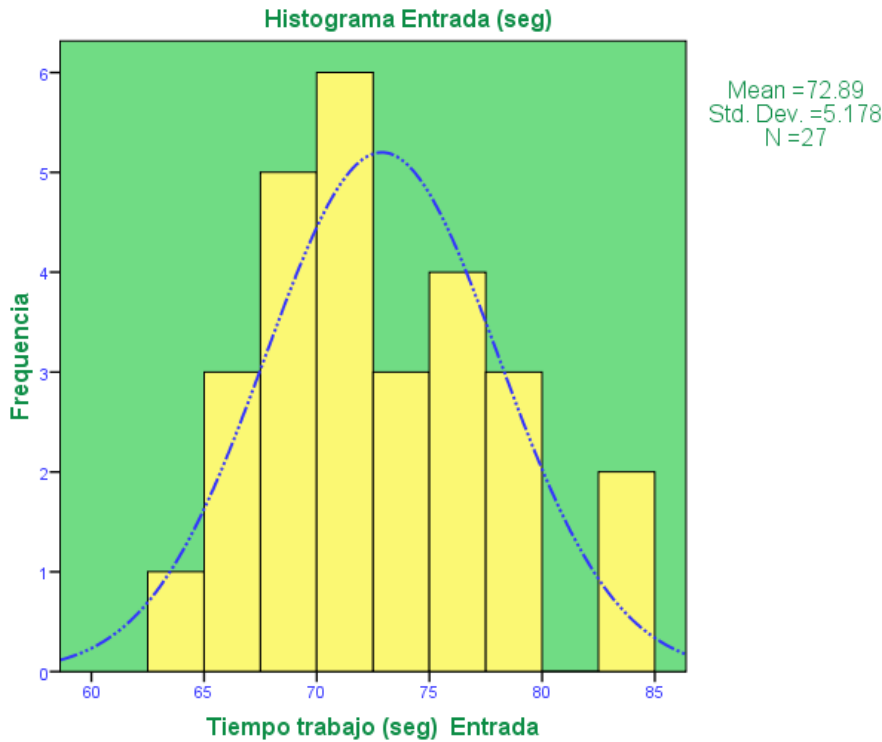
Durante la prueba en el lote experimental el tractor Steyr 8130 (120 hp [89.48 kW]) con tracción trasera y arado de vertedera M950 con 815 kg de 3 cuerpos trabajando durante 1.76 horas en 0.7524 ha.

4.1.1. Análisis de la calidad de los datos obtenido tiempo de trabajo del Steyr 8130 y arado de vertedera M950 de 3 cuerpos en el lote experimental.

En base a los datos obtenidos con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 (Vogel Noot) de 3 cuerpos se procesó SPSS 16.0 (ver anexo cuadros de datos experimentalmente) para obtener los siguientes histogramas con información de los tiempos de entradas de 27 eventos, tiempos salidas de 27 eventos, datos filtrados de 35 eventos y tiempos de virajes de 52 eventos.

En el siguiente grafico 6: Histogramas de entrada de tiempos, datos obtenidos en el lote experimentalmente del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950.

Gráfico 6. Histogramas de entradas en los tiempos de trabajo. (Ida).

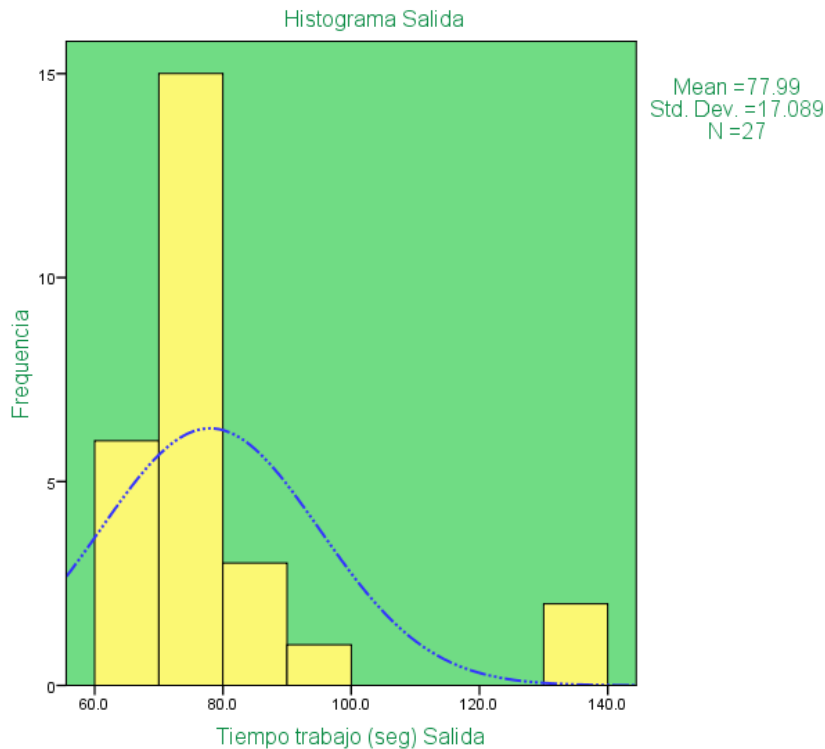


Fuente: Elaboración propia.

En base a lo observado en el grafico 6 histograma de entradas se llevó a cabo el análisis del estudio experimental lo cual representa una distribución con normalidad donde tiene una forma de campana la curva de los datos de tiempos de trabajo realizado y la frecuencia, con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 lo cual se puede observar este, que la continuidad de los datos obtenidos se aproxima a la curva teórica en los histogramas de entradas, los valores son: Media 72.89, Desviación estándar 5.178 para un numero de 27 evento.

En el siguiente grafico 7: Histogramas de salida de tiempos, datos obtenidos en el lote experimentalmente del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950.

Gráfico 7. Histogramas de salidas en los tiempos de trabajo. (Vuelta).

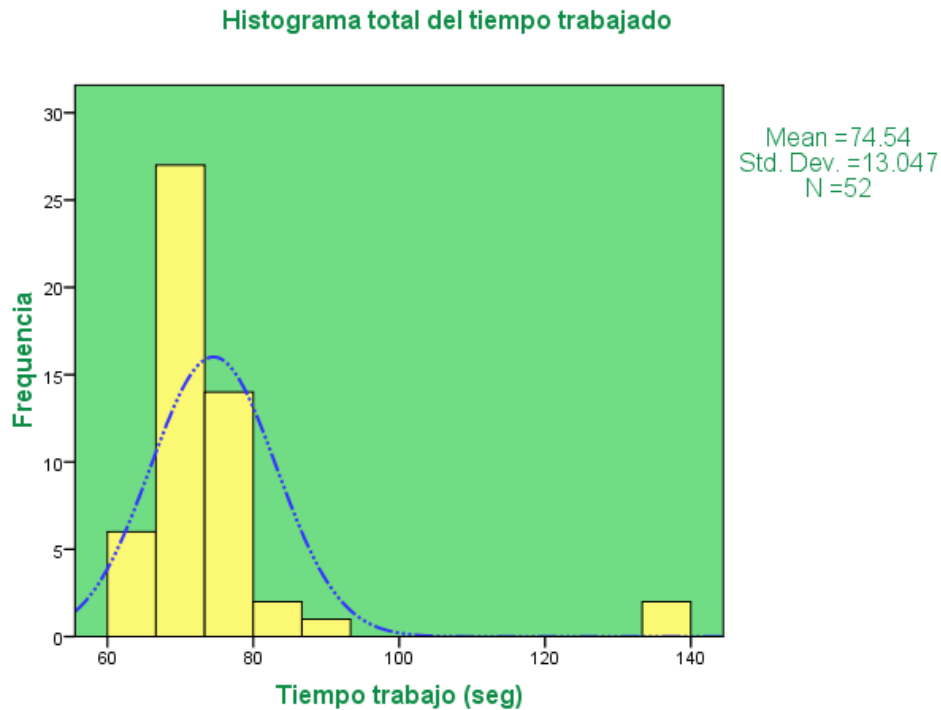


Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 7 muestra el histograma de salida con un numero de evento 27 lo cual el estudio experimental representa una distribución sesgada positivamente que son valores comunes a la normalidad de los datos de tiempos de trabajo realizado y la frecuencia, con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950. Donde se puede observar (grafico 6) que la continuidad de los datos obtenidos se aproxima a la curva teórica en los histogramas de salida, los valores son: Media 77.99, Desviación Estándar 17.089 para un número de 27 eventos.

En el siguiente grafico 8: Histogramas de la totalidad del tiempo de trabajo, nos muestran datos obtenidos en el lote experimentalmente del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950.

Gráfico 8. Histograma total del tiempo trabajo realizado.

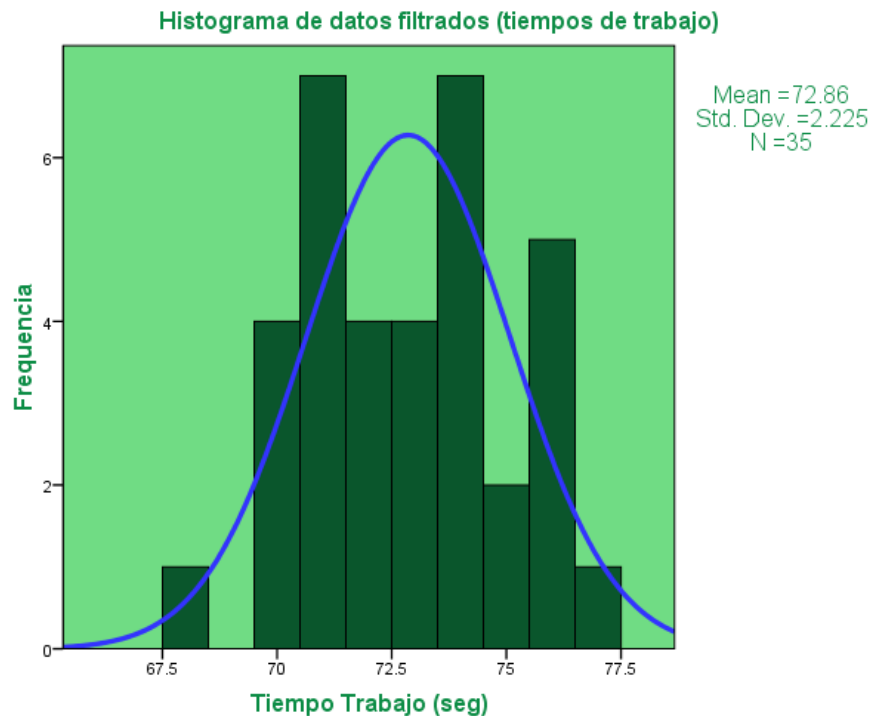


Fuente: Elaboración propia.

Revisando la normalidad de los datos de tiempos de trabajo realizado con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 se puede observar (ver gráfico 6 y 7) que la continuidad de los datos obtenidos se aproxima a la curva teórica tanto en los histogramas de entradas, salidas, totales y en el histograma de datos filtrados, los valores son: Media 74.54, desviación estándar 13.047 para un número de 52 eventos.

En el siguiente gráfico 9: Histogramas de datos filtrados del tiempo de trabajo, datos obtenidos en el lote experimentalmente del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950.

Gráfico 9. Histogramas de datos filtrados.

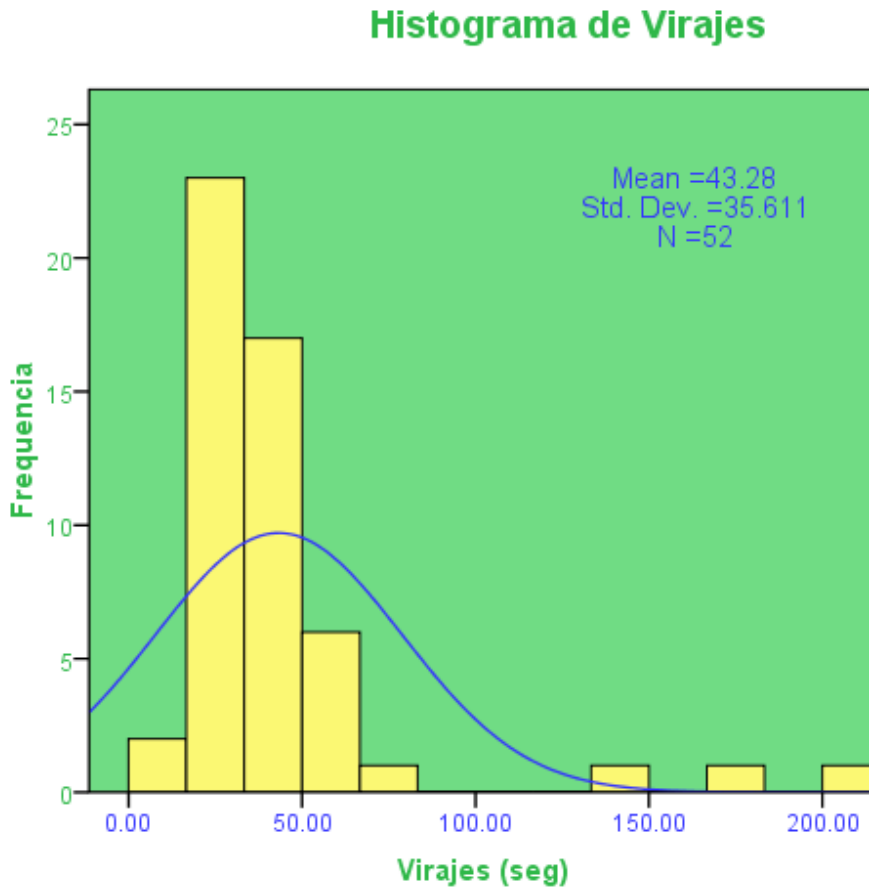


Fuente: Elaboración propia.

En este histograma de datos filtrados se observa la normalidad de los datos de tiempos de trabajo realizado con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 se puede observar (ver gráfico 6,7 y 8) que la continuidad de los datos obtenidos se aproxima a la curva teórica tanto en los histogramas de entradas, salidas, totales y en el histograma de datos filtrados, los valores son: Media 72.86, Desviación Estándar 2.225 para un número de 35 eventos.

En el siguiente gráfico 10: Histogramas de virajes de tiempos en segundos obtenidos en el lote experimentalmente del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950.

Gráfico 10. Histograma de tiempo virajes (seg).



Fuente: Elaboración propia.

En base al gráfico 10 se muestra una distribución de datos asimétrica lo cual la curva oblicua se aproxima con regularidad en los datos obtenidos experimentalmente de los tiempos de viraje con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 con una media 43.12, desviación estándar 35.948 para un número de evento 52.

- **Análisis de la calidad de los datos obtenidos en el tiempo de trabajo y tiempos de virajes del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 (Vogel Noot).**

Revisando la normalidad de los datos de tiempos de trabajo realizado con el tractor con rueda y arado de vertedera se puede observar (ver ítem 4.1.1) que la continuidad de los datos obtenidos se aproxima a la curva teórica tanto en los histogramas de entradas, salidas, totales, virajes y en el histograma de datos filtrados.

En otras palabras, esta normalidad para tener confianza que las estimaciones que se hicieron son válidas ya que las misma se pueden distribuir normalmente (Ampie, 2011). En el caso de los histogramas, hay que tener en cuenta que la distribución se aproxima asimétricamente en las curvas, en efecto se ajusta a una función lineal (ver gráfico 5). Por otra parte, el ajuste alcanza un $R^2 = 98.5\%$. (98% que fue excelente).

4.1.2. Determinación experimental del rendimiento de un tractor con rueda y arado de vertedera en hectáreas por horas

El lote experimental utilizado tenía un área de 0.7524 hectárea, por lo que fue necesario extrapolar este valor a una hectárea. En la tabla que se muestra a continuación se puede apreciar el resultado obtenido en hectáreas y en manzanas.

Por lo tanto, el tiempo total de trabajo realizado es igual a 1.76 hr y la superficie de trabajo es igual a 0.7524 ha, usando la ecuación 3.1 de la siguiente manera:

$$CTR = \frac{1.76 \text{ hr}}{0.7524} = 2.3348 \quad [\text{Ecuacion. 3.1}]$$

Con el valor calculado experimentalmente en la ecuación 3.1 se obtuvo un rendimiento de 2.33 hr/ ha extrapolando este valor se obtuvo un rendimiento de 3.10 hr/ha.

Cuadro 8. Tabla de datos obtenidos experimental.

0.7524 ha	1 ha	1 manzana
2.33 hr/ha	3.10 hr/ha	2.17 hr/mz

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 8 se obtuvieron los resultados en un área de 0.7524 ha a su vez se calculó para una manzana que resulto un valor de 2.17 hr/mz.

4.2. Análisis Eficiencia de tiempo de la actividad de laborar del conjunto tractor Steyr 8130 y arado de vertedera.

4.2.1. Calculo de la velocidad promedio.

Debido a que el velocímetro del tractor se encontraba en mal estado, se procedió a calcular la velocidad promedio de aradura. Esto se logró mediante la medición de la distancia y el tiempo en que tardaba en recorrer dicha distancia, (la marcha se colocó en 3, Conejo) para ellos utilizando la ecuación 4.1 de física ante mencionada:

$$V = \frac{d}{t} \quad [\text{Ecuacion 4.1.}]$$

Ejemplo: Calculo tomando el primer dato de entrada tractor y arado de vertedera.

Cuadro 9. Primer dato obtenido (Ida) en el lote experimental.

Primer Tiempo (s)	Tiempo (hr)	Distancia (km)	Tiempo (min)	Velocidad Trabajo $\frac{km}{hr}$
84	0.023	0.096	1.4	4.17

Fuente: Elaboración propia.

$$V = \frac{0.096 \text{ km}}{0.023 \text{ hr}} = 4.17 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

Cuadro 10. Vuelta (primer dato obtenido en el lote experimental).

Primer Tiempo (s)	Tiempo (hr)	Distancia (km)	Tiempo (min)	Velocidad Trabajo $\frac{\text{km}}{\text{hr}}$
164.4	0.045	0.192	2.74	4.26

Fuente: Elaboración propia.

$$V = \frac{0.192 \text{ km}}{0.045 \text{ hr}} = 4.26 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

Cuadro 11. Tiempo trabajo total obtenidos con tractor con rueda y arado vertedera.

Tiempo Total (s)	Tiempo (Hr)	Distancia (km)	Tiempo (min)	Velocidad Trabajo $\frac{\text{km}}{\text{hr}}$
4015.62	1.115	5.184	83.654	4.64

Fuente: Elaboración propia.

$$V = \frac{5.184 \text{ km}}{1.115 \text{ hr}} = 4.64 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

La velocidad de trabajo para la labor de aradura es 4-5 km/hr y está en función del tipo de suelo. A la velocidad de 4.64 km/hr el tractor y arado funcionaron sin esfuerzo con una profundida promedio de 25 cms.

La eficiencia de tiempo, fue medida en un 64%. Si se calcula la capacidad de trabajo efectiva (CET), en hectáreas por hora, con los datos promedio del experimento, (velocidad operación 4.64 km/hr; ancho de labor 2.2 metros y rendimiento del 64%), y utilizando la ecuación 2.7 y 2.8 respectiva, se obtuvo el valor de 0.65 ha/hr.

4.3. Comparación de rendimientos del conjunto tractor Steyr 8130 y arado de vertedera M950 con rendimientos obtenidos en otras pruebas experimentales para la actividad de labranza primaria.

En el siguiente cuadro 12 se resumen los rendimientos obtenidos en labranza primaria con tractor con rueda y arado de vertedera.

Cuadro 12. Comparación de los rendimientos obtenidos de la finca experimental con los autores. (ver anexo rendimientos).

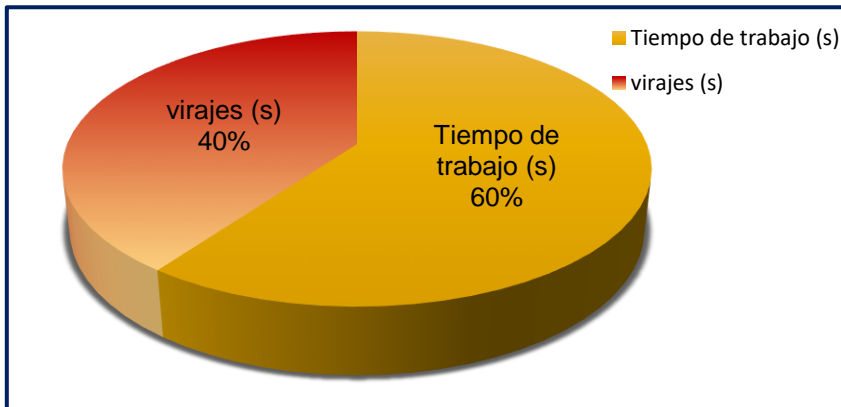
Autores	Rendimiento hr/ha	Rendimiento del Arado Vertedera hr/ha	Consumo combustible gal / hr	CET ha/hr
Chávez Alvarado (2004)	3.05	0.6		0.67
Suiza (Investigación Maquinaria Agrícola)	4	0.75		0.8
Experimental	3.1	0.64	2.33	0.65
Revista INTA			1.83	
Diferencia de Chaves y experimental.	0.05	0.04	0.5	0.02

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 12 se observa pruebas realizadas en Costa Rica, y la Institución de Maquinaria Agrícola (FAT) de Suiza. Comparando resultados obtenidos experimentalmente con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950.

En el gráfico 11 se muestra datos obtenido por el autor Armando chaves Alvarado realizado el ensayo en Costa Rica ubicación Guanacaste en el año 2004.

Gráfico 11. Tiempo de trabajo y Virajes (Armando Chaves).

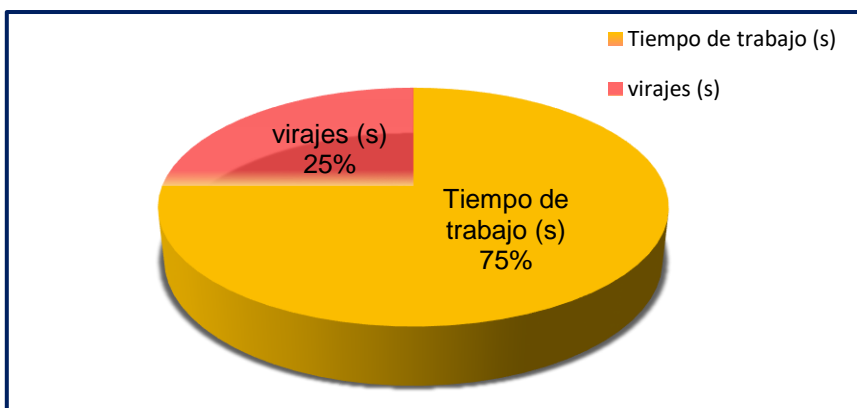


Fuente: (Chaves, 2004).

Se observa datos obtenidos de las pruebas en Costa Rica (ver anexo rendimiento) con un tiempo trabajo realizado de 60% y virajes un 40%, hay que hacer notar los datos que obtuvo el autor Alvarado Chaves (2004) fueron en fincas en la provincia de Guanacaste.

En el gráfico 12 se muestra datos obtenido por la Institución de Investigación de Maquinaria Agrícola en Suiza (FAT).

Gráfico 12. Tiempo de trabajo y Virajes (Suiza).

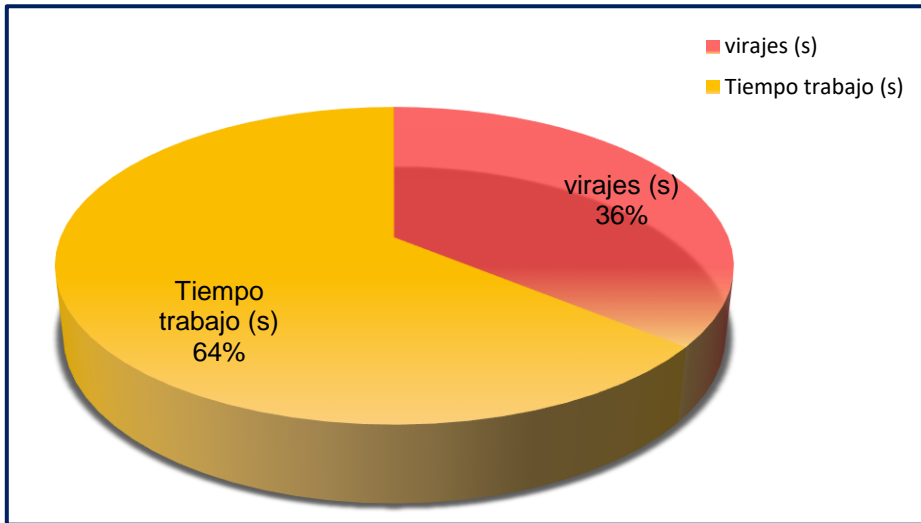


Fuente: (Chaves, 2004).

Se observa el tiempo de trabajo de 75% y de virajes un 25%, es decir datos de la Institución de Investigación de Maquinaria Agrícola Suiza (FAT).

En el grafico 13. Se muestran datos obtenidos experimentalmente con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 en labranza primaria.

Gráfico 13. Gráfico Tiempo de trabajo y Virajes (Experimentalmente).



Fuente: Elaboración propia.

Grafico 13 se observa que el tiempo de trabajo realizado fue un 64% aprovechado en la aradura del lote experimental tanto como ida y vuelta en cada uno de los recorridos a una profundida de 25 cm en suelos franco arcilloso y un 36% en virajes realizados, es posible reducir la duración de los virajes en más de un 36% manteniendo el arado de vertedera en estela del tractor. En los giros la duración y recorrido promedio es 38.04 segundos en la condición presentada de la cinemática del movimiento con el Steyr 8130 y arado de vertedera M950.

4.3.1. Error.

Se define el error absoluto como la diferencia entre el valor de la medida y el valor tomado como exacto. El error relativo se define como el cociente entre el valor absoluto y el valor exacto. Para evaluar la eficiencia esperada por el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 (Vogel Noot). Con rendimiento obtenidos en otras pruebas experimentales para la actividad labranza primaria.

Tomando los datos obtenidos del autor Alvarado Chaves el rendimiento que obtuvo en Costa Rica en horas por hectáreas es 3.05 hr/ha (ver anexo), se aplicó la ecuación 2.17 se obtuvo el siguiente resultado.

$$ea = \left| 3.05 \frac{hr}{ha} - 3.10 \frac{hr}{ha} \right| = 0.05 \text{ hr/ha} \quad [\text{Ecuación. 2.17}]$$

En la ecuación 2.17 el error absoluto obtenido representa una diferencia de 0.05 centésima. Es decir, la diferencia en el rendimiento experimentalmente y el rendimiento del autor Alvarado Chaves en términos porcentuales de un 5%. Con lo que se concluye que el rendimiento experimentalmente con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 mantiene actualmente un rango permisible en horas por hectáreas.

Aplicando la ecuación 2.18 error relativo se presenta el siguiente resultado:

$$er = \frac{0.05 \frac{hr}{ha}}{3.10 \frac{hr}{ha}} \times 100 = 1.61\% \quad [\text{Ecuación. 2.18}]$$

El valor experimental obtenido del rendimiento en horas por hectáreas (hr/ha), dio como resultado un valor de 3.10 hr/ha. Valor que lo sitúa 0.05 centésimas por encima del valor obtenido por Chaves Alvarado (2004), de 3.05 hr/ha. El error relativo resultante fue de 1.63%.

También teniendo los datos del autor Alvarado Chaves se obtuvieron datos por la institución de investigación de maquinaria agrícola en Suiza (FAT), donde obtuvieron un rendimiento en horas por hectáreas es 4 hr/ha.

Aplicando la ecuación 2.17 con datos de la institución de maquinaria agrícola en Suiza (FAT) se obtuvo el siguiente resultado.

$$ea = \left| 4 \frac{hr}{ha} - 3.10 \frac{hr}{ha} \right| = 0.9 \text{ hr/ha} \quad [\text{Ecuación. 2.17}]$$

Obteniendo el error absoluto de la ecuación 2.17 representando una diferencia de 0.9 decima. Es decir, la diferencia en el rendimiento experimentalmente y el rendimiento de la Institución de Investigación Maquinaria Agrícola en Suiza (FAT) en términos porcentuales de un 90%. Con lo que se concluye que el rendimiento experimentalmente con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 está sobre bajo del rango permisible.

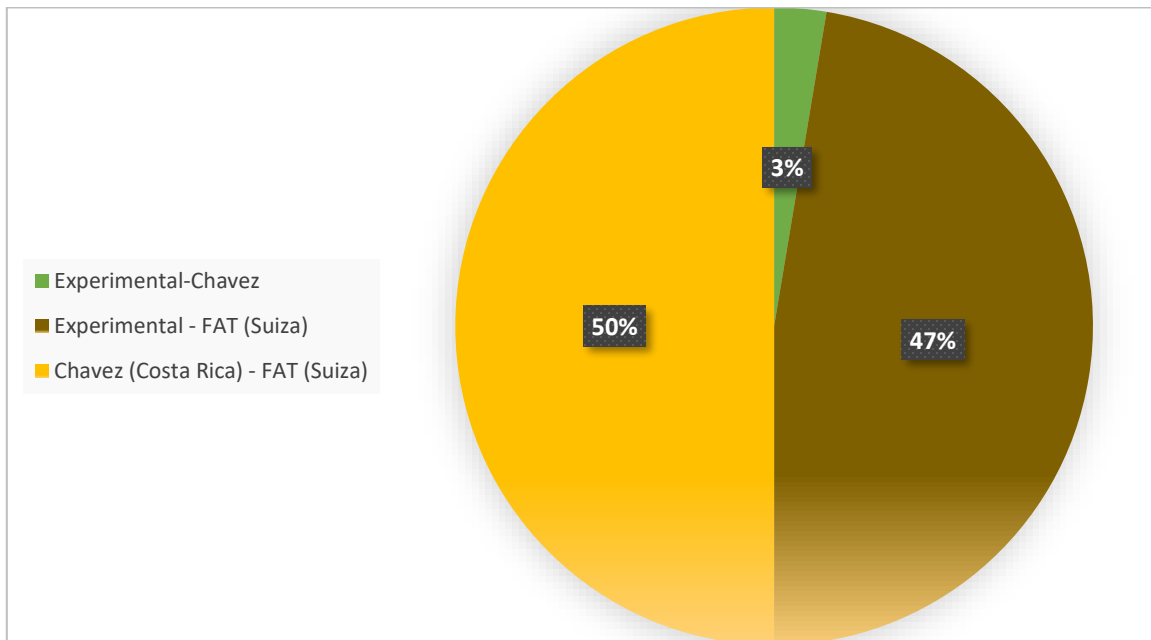
Aplicando la ecuación 2.18 error relativo se presenta el siguiente resultado:

$$er = \frac{0.9 \frac{hr}{ha}}{3.10 \frac{hr}{ha}} \times 100 = 29\% \quad [Ecuación. 2.18]$$

El valor experimental obtenido en horas por hectáreas es 3.10 hr/ha y valor obtenido por Chaves Alvarado (2004) es 3.05 hr/ha. Valores que sitúa 0.9 decima mayor a la Institución de Investigación de Maquinaria Agrícola (Suiza), mientras que el error relativo fue de 29% con datos experimental mientras que por el autor Chaves Alvarado es 31%

En el siguiente Grafico 14 se representa términos porcentuales la diferencia de rendimiento obtenidos.

Gráfico 14. Diferencia de rendimiento obtenidos (porcentual) en las distintas pruebas.



Fuente: Elaboración propia.

En base a los datos porcentual mostrados en el grafico 14 anterior se obtuvo los siguientes resultados en las diferencias de rendimientos experimentalmente, pruebas de Chaves Alvarado e institución de investigación Maquinaria Agrícola Suiza (FAT).

En base los datos obtenidos experimentalmente se obtuvo una diferencia porcentual es 3% con respecto al autor Alvarado Chaves, mientras que con la Institución de Investigación Maquinaria Agrícola (Suiza) es 47%. En el caso de Chaves (Costa Rica) y Institución de Investigación de Maquinaria Agrícola (Suiza) es 50%.

4.4. Determinación experimental del consumo de combustible del tractor con rueda y su implemento en litros por horas.

En base a la prueba realizada con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 (Vogel Noot), se presentará aproximadamente el consumo del combustible.

Fotografía 3. Medición del consumo del combustible.



Fuente: Propia.

Durante las pruebas experimentales se estimó el consumo de combustible mediante la medición del tiempo de recorrido y la cantidad de combustible consumido.

Para ello, se procedió a utilizar un envase de un galón graduado con 3.7 litros, a la vez se etiquetó con una probeta los mililitros. Posteriormente se midió el gasto de combustible sobrante.

Una vez finalizada la prueba se estableció mediante fórmulas que el consumo fue de 9.46 lt/hr de diésel tal a como se puede observar en el siguiente cuadro 13.

En el cuadro 13 se presenta datos experimentales del consumo de combustible durante la prueba con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950.

Cuadro 13. Datos obtenidos experimental del consumo de combustible.

0.7524 ha	1 manzana	1 ha
9.46 lt/hr	8.80 lt/hr	12.57 lt/hr
2.49 galones / hr	2.33 galones / hr	3.32 galones / hr

Fuente: Elaboración propia.

En base los datos obtenidos mostrados en el cuadro 13 se presenta las hectáreas trabajada en lote experimental es 0.7524 ha con el consumo de combustible con el conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 obtenido es 9.46 lt/hr. En las siguientes columnas se presenta su respectivo consumo para una manzana es 8.80 lt/hr y una hectárea es 12.57 lt/hr a la vez en galones por hora con sus respectivas áreas calculados.

En resumen, el consumo de combustible en la prueba experimentalmente con una duración de trabajo realizado aradura es 1.76 horas. El precio total es C\$485.169. (ver anexo factura).

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones

- El valor experimental obtenido del rendimiento en horas por hectáreas (hr/ha), dio como resultado un valor de 3.10 hr/ha a una velocidad promedio 4.64 km/hr del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 (Vogel Noot).
- La eficiencia de tiempo en el laboreo mecanizado, fue calculada en un 64%. Valor que sitúa la capacidad trabajo efectiva 0.65 ha/hr del conjunto Steyr 8130 y arado de vertedera M950 (Vogel Noot).
- El rendimiento obtenido experimentalmente el error absoluto es 0.05 centésima por encima del autor Alvarado Chaves (2004) con un error relativo resultante fue 1.63%, mientras que el error absoluto de 0.9 décima mayor por la Institución de Investigación de Maquinaria Agrícola (FAT) con un error relativo resultante fue 29%.

5.2. Recomendaciones.

1. Realizar estos estudios para determinar los rendimientos en las distintas labores de la maquinaria agrícola como: arado de disco, arado fresadora, arado rotavator, arado cincel, rastra de disco, rastra de dientes, chapeadora, sembradora, y fumigadora y así obtener una tabla de labor completa nacional, con el fin de validar los métodos utilizados y permita encontrar puntos de equilibrio económico nacional.
2. Capacitar a los operadores de las empresas mediana, pequeños productores para que le permitan estimar los costos y el uso eficiente de la maquinaria agrícola, para que el conocimiento de la maquinaria agrícola permita establecer tiempos óptimos en la operación de las actividades y logre encontrar un equilibrio óptimo en las labores agropecuarias.
3. Valorar los equipos a utilizar no mayores de 25 años por su deterioro en la maquinaria debido al sobre trabajo y a sus bajos rendimiento con respecto al tiempo, consumo de combustible y diseño de fabricación.

BIBLIOGRAFÍA.

- Aantares, A. (1993). *Tractores y Motores Agrícolas*. Madrid: Mundi-Prensa 427pp.
- Aguilar, J. (02 de Junio de 2015). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/267443633/Uso-Eficiente-de-Maquinaria-Agricola-se-considera-la-eficiencia-del-operador-del-campo-y-potencia-mano-de-obra>
- Ampie. (2011). *Estadística Descriptiva*. Madrid: Mundi prensa.
- Bravo, J. E. (25 de Febrero de 2015). *John Deere 6403 prueba de avance y rendimiento - Nicaragua Machinery Co. NIMAC*. (J. E. Bravo, Intérprete) Chinandega, Chinandega, Nicaragua.
- Chaves, A. A. (2004). *Maquinaria y Mecanización Agrícola*. Costa Rica: Universal Estata a Distancia.
- Deikus, D. (1985). *Mecanización Agropecuaria II*. 1.
- Ferguson, M. (2001). <http://roa.ult.edu.cu/>. Obtenido de Insumos agropecuarios : <http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/362/1/Maquinaria%20agricola%20varias.pdf>
- Fonseca, R. (22 de Marzo de 2018). *Años en la historia de Nicaragua*. Obtenido de <http://www.nimac.com.ni/>: <http://www.nimac.com.ni/wp-content/uploads/2018/03/Publication-La-Prensa.pdf>
- Hernandez, O. (2010). *Mecanización Agraria*. 1.
- <https://www.youtube.com/watch?v=mG4jpV4gMSM&t=53s>, NIMAC. (25 de Febrero de 2015). *Nicaragua Machinery Co. NIMAC*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=mG4jpV4gMSM&t=53s>
- Hunt, D. (1991). *Maquinaria Agrícola, Rendimiento Económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipos*. . México: Editorial Limusa S.A de C.V.

- INETER. (28 de Enero de 2020). *Instituto Nicaraguense Estudios Territoriales*.
Obtenido de <https://www.ineter.gob.ni/met.html>
- Kanawaty, G. (2014). *Introducción al estudio del trabajo*. Mexico: Limusa.
- Lesur. (2006). *Manual de Maquinaria agrícola de potencias y selección de equipos*.
Mexico: Ed. Trilla.
- Machinery, Company NIMAC – Nicaragua. (2016). *Uso y Eficiente de la Maquinaria agrícola*. Managua.
- Munguia, D. A. (09 de Agosto de 1982). *Calculo del Coeficiente de Aprovechamiento de la Utilización del Motor*. Managua, Tipitapa, Nicaragua.
- Smith, H. P. (1967). *Maquinaria y Equipos agrícola* . Barcelona: Omega S.A.
- Steel, R. G. (1985). *Steel Robert G - Bioestadística Principios Y Procedimientos 2ed*.
Bogota - Colombia: McGraw-Hill.
- Steyr. (2006). *Tractor data*. Obtenido de www.tractordata.com
- Tellez Garcia, E. I., Cerrato Cortes, L. S., & Romo trujillo, J. (2006). *Caracterización Física - Química y morfológica para el uso y Manejo de suelos de la Finca "La puebla"*. Masaya, Las Flores, Nicaragua.
- Zelaya, C. (2015). Investigador del Centro de Agricultura Tropical. *La Prensa*, 1.
- Zorrilla, A. (1993). *Introducción a la Metodología de la Investigación*. Mexico: Leon y Cal.

ANEXOS

ANEXO
ESPECIFICACIONES TECNICAS.

Cuadro 14. Especificaciones técnicas tractor Steyr 8130.



Tractores > Steyr > 8130

Tractores Tractores De Césped Comparar Artículos / Noticias Tractor Shows Contacto

Steyr 8130 - transmisión



1984 - 1995

Modelo anterior:	Steyr 8120
Serie de vuelta:	Steyr 8110
más especificaciones Steyr 8130 ...	

Visión de conjunto	Motor	Transmisión	Dimensiones	Fotos
--------------------	-------	-------------	-------------	-------

Transmisión:

Tipo: sincronizado
 Engranajes: 18 adelante y 6 atrás
 Seis engranajes (1-6) en tres rangos (L / M / V) más rango inverso. En algunas áreas, la sexta marcha no estaba disponible, proporcionando un total de 15 hacia adelante y 5 hacia atrás.

Velocidades:

(Steyr, 2006)

Ilustración 6. Gama de velocidades km/h [m/h] del tractor Steyr 8130.



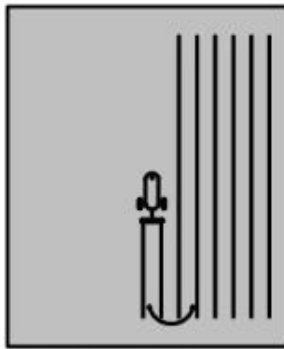
(Steyr, 2006)

Cuadro 15. Tipos de virajes en el campo agrícola.

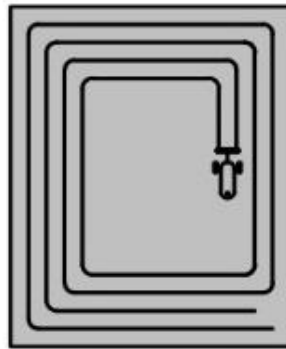
CLASIFICACIÓN DEL VIRAJE	NOMBRE DEL VIRAJE	FORMA
VIRAJES DE 90° (DURANTE EL TRABAJO CIRCULAR)	1. SI LAZO	
	2. DE LAZO ABIERTO	
	3. DE LAZO CERRADO	
	4. DE LAZO CON MOVIMIENTO HACIA ATRAS	
VIRAJES DE 180° (PREFERENTEMENTE DURANTE EL TRABAJO EN CARRERA)	5. SIN LAZO EN LA CIRCUNFERENCIA	
	6. SIN LAZO CON PARTE RECTA	
	7. DE LAZO PERIFORME	
	8. DE LAZO EN FORMA DE OCHO	
	9. DE LAZO LATERAL	
	10. DE DOBLE LAZO	
	10. DE LAZO CORTADO Y ABIERTO	
	11. DE LAZO CORTADO Y CERRADO	
12. DE AGUJA		

Fuente: (Munguia, 1982).

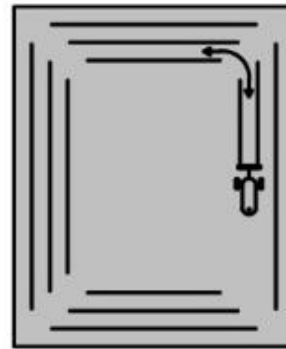
Cuadro 16. Patrones de movimientos de las maquinas en el campo.



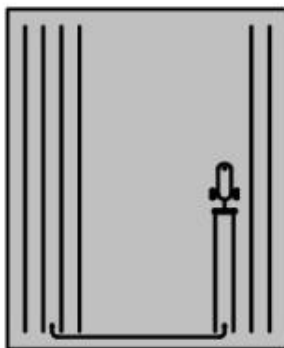
CONTINUO, CON FAJAS DE GIRO EN CADA EXTREMO



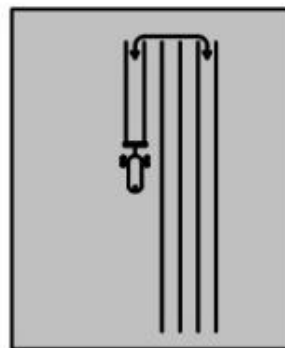
EN CIRCUITO, CON ESQUINAS REDONDADAS



EN CIRCUITO, CON FAJAS DE GIRO EN LAS DIAGONALES DE LAS ESQUINAS



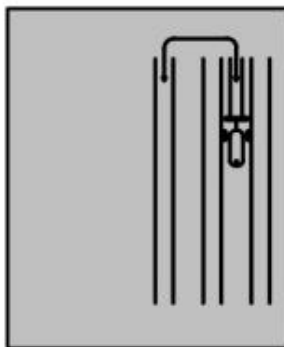
MODELO DE CABECERA, DESDE LOS EXTREMOS



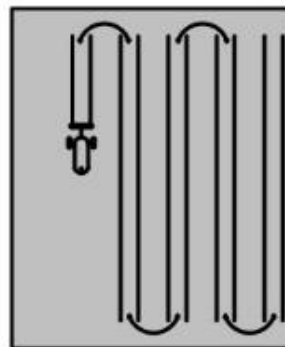
MODELO DE CABECERA, DESDE LOS SURCOS POSTERIORES



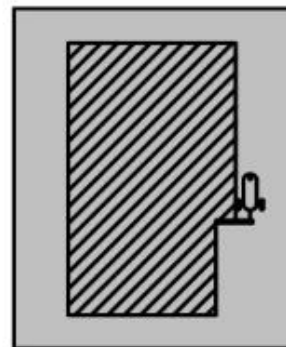
EN CIRCUITO, DE GIROS DE 270° DESDE LOS EXTREMOS O DESDE EL CENTRO



MODELO DE ALTERNACIÓN TRASLAPADA



MODELO DE ALTERNACIÓN DIRECTA



EN CIRCUITO, CON ESQUINAS CUADRADA

Fuente: (Smith, 1967).

Ilustración 7. Virajes del modelo continuo para variar en anchuras de cabeceras en el campo agrícola.

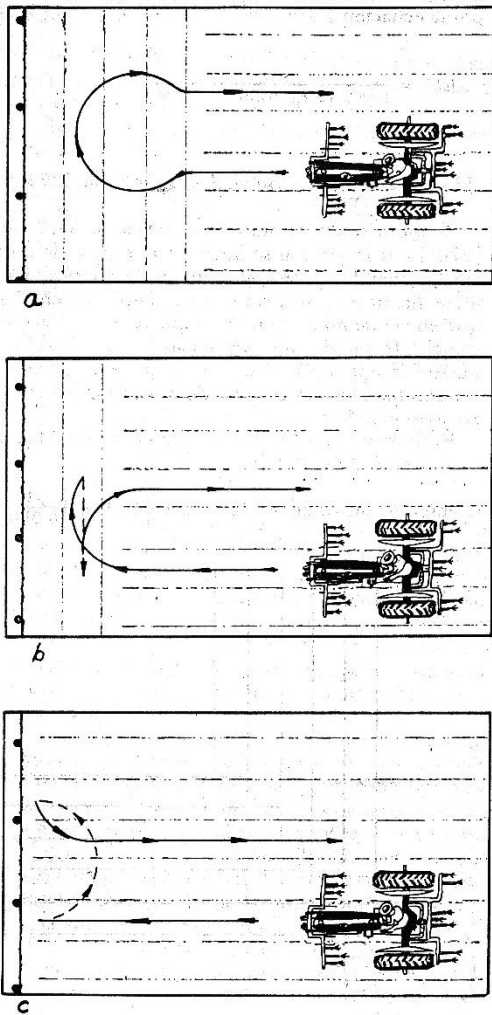


FIGURA 1.10. Virajes del modelo continuo para varias anchuras de cabeceras.

Fuente: (Hunt, 1991)

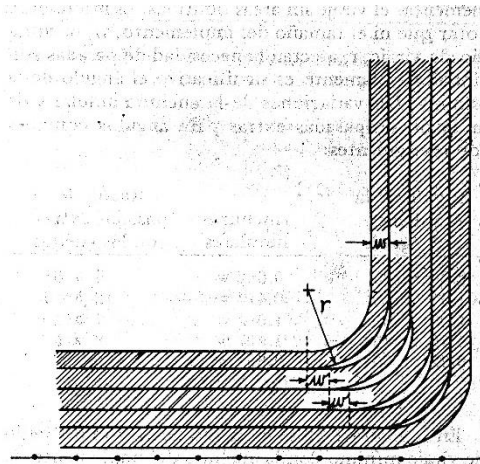


FIGURA 1.11. Trayectorias de los implementos en un viraje de $\pi/2$ -rad $[90^\circ]$ para un modelo de esquinas redondeadas; $r/w = 4$.

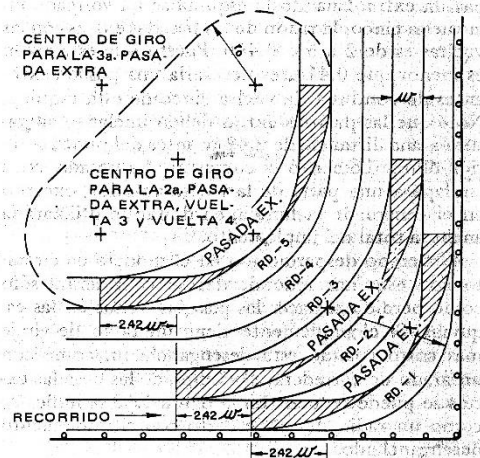


FIGURA 1.12. Requerimientos de pasadas extra para esquinas redondeadas de $\pi/2$ -rad $[90^\circ]$; $r/w = 4$.

ANEXO
FOTOGRAFIA.

Fotografía 4. Lote experimental ante del estudio.



Fuente: Propia.

Fotografía 5. Arado de Vertedera trabajando lote experimental, levantamiento de mediciones con cinta y maquinaria iniciando laboreo.



Fuente: Propia.

Fotografía 6. (Izquierda) midiendo profundida del surco, barra telescópica mal estado en el esfuerzo del laboreo.



Fuente: Propia.

Fotografía 7. Condiciones Inseguras durante el estudio.



Fuente: propia.

Fotografía 8. lote experimental después del estudio.



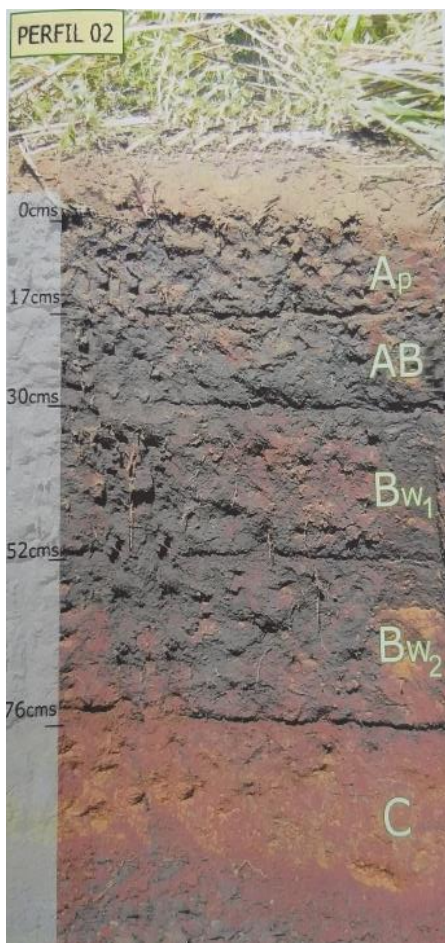
Fuente: Propia.

Fotografía 9. Tractor y arado de vertedera utilizado durante el estudio experimental.



Fuente: Propia.

Fotografía 10. Perfil del suelo finca experimental.



(Tellez Garcia, Cerrato Cortes, & Romo trujillo, 2006).

ANEXO RENDIMIENTO.

Cuadro 17. índice promedio de rendimiento de maquinaria agrícola en Nicaragua.

LABORES	Mz. x Hora	GLNS Diésel x Hora	GLNS. Diésel x Mz.
Subsoleo	1.25	3.16	2.53
Arado	0.47	1.83	3.91
Romplona	1.20	4.80	4.00
Grada 1	1.45	1.98	1.37
Grada 2	1.50	2.02	1.35
Grada 3	1.55	2.06	1.33
Siembra+ Fert (4 surco): Maíz, Maní	1.70	1.97	1.16
Siembra + Fert: (Sorgo, Arroz)	3	3.48	1.16
Cultivo 1 + Fert (4 Surco)	1.25	1.27	1.02
Cultivo 2 + Fert (4 Surco)	1.30	1.36	1.05
Cultivo Aporque + Fert (4 Surco)	1.35	1.44	1.07
Chapoda	1.25	1.36	1.09
Basureo	2.25	2.29	1.02
Cosecha Sorgo	1.20	4.80	4.00
Aplicación Herbicida Incorporado	2.00	2.02	1.35
Cosechadora Caña de Azúcar.	1.40	5.02	4.40

Fuente: INTA- Nicaragua

Cuadro 18. Datos de la velocidad y rendimiento de diferentes maquinas en condiciones locales.

Implementos	Potencia hp	Ancho trabajo (m)	Velocidad operación (km/hr)	Tipo suelo	Rendimientos %
Subsolador 2 picos	100	2.10	1.5-4	Pesado	70
Subsolador 2 picos	80	2.10	1.5-4	Pesado	80
Arado 4 vertedera	100	3.10	4-7	Pesado	60%
Arado 4 disco	80 y 100	1.20	4-7	Pesado liviano	75
Arado 3 discos	65	0.90	4-6	liviano	60
Rastra rompedora	80	2.00	3-4	medio	75
Rastra afinadora	80	2.20	5-7	medio	75
Rotavator	75	1.80	3-4	Liviano quebrado	80
Sembradora de precisión	80	3.20	7-8	medio	60
Sembradora de chorro	75	3.20	7-8	medio	65
Sembradora de hortaliza	35	2.00	3-4	liviano	75
Fumigadora 600 lts	80	12.00	6-7	medio	40
Aporcadora de zanahorias	35	2.00	4-5	liviano	60
Surcador para papa	35	1.60	2-3	liviano	75
Chapeadora	80	1.20	2-3	pesado	70
Cosechadora de granos	115	3.60	3-6	medio	60
Cultivador en hileras	65	2.40	4-6	medio	70

Fuente: (Chaves, 2004)

Cuadro 19. Comparación de velocidades y rendimientos dados por la fat con los obtenidos localmente.

Implemento	Velocidad (km/hr)		Rendimiento %	
	FAT	LOCAL	FAT	LOCAL
Subsolador	2-5	1.5-4	60	70
Arado discos	4-7	4-7	60	75
Arado vertedera	4-5	4-5	85	70
Fresadora	2-5	3-4	63	80
Rotavator	2-5	3-4	63	80
Rastra de disco	5-10	3-4	68	75
Rastra de dientes	5-10	5-7	68	60
Cultivadoras	3-8	4-6	69	70
Distribuidora fertilizante	6-9	7-8	64	65
Sembradora de chorro	4-8	7-8	55	65
Sembradora de precisión	3-8	7-8	55	60
Cultivadora de hilera	3-8	4-6	70	70
Cosechadora de grano	3-6	3-6	62	60
Fumigadora	5-10	6-7	40	40
Chapeadora	4-10	2-3	70	70

Fuente: (Chaves, 2004)

Cuadro 20. Comparación del número de horas tractor totales por año calculados con datos FAT Y con datos locales.

Implementos	Horas por Hectáreas Fat	Horas por Hectárea Locales	Uso anual Hectáreas por año	Horas de trabajo de FAT	Horas de trabajo Locales
Arado de disco de 26 pulgada	4	3.05	140	560	427
Rastra afinadora de disco 3 puntos	1.5	1.30	230	345	299
Sembradora de chorro	1.5	1.20	60	90	72
Sembradora de precisión	1.5	1.20	30	45	36
Fumigadora	1.5	0.80	440	660	352
Rayador cultivador	2	1.02	1.0	200	102
Total de horas de operación				1900	1288
Horas imprevistas de tractor				190	128.8
Total de horas tractor por año				2090	1416.8

Fuente: (Chaves, 2004)

ANEXO
FACTURA.

Ilustración 8. factura obtenida en la compra del combustible para el estudio experimental.

Precio del combustible en un litro es 29.14 del 10 de octubre del 2019.

VIOLETA MAGDALENA OROZCO MORALES
E/S LAS COLINAS
 Km. 9.3 Carretera a Masaya
 2da. entrada a Las Colinas 100 mts.
 al Sur, MD Tel.: 2276 1282 - 2276 1289
 admon.lascalinas@ibw.com.ni

SERIE C
No. 8676

FACTURA DE VENTA RUC: 0011905890003L

TIPO: <input checked="" type="checkbox"/> CONTADO/ANTICIPO <input type="checkbox"/> CRÉDITO	DÍA	MES	AÑO
	10	7	19

CLIENTE: *Halman Almendares*
 RUC:

CANT.	PRODUCTOS	P.UNIT.	VALOR
	Gasolina Súper		
	Gasolina Regular		
<i>45.402</i>	Diésel	<i>29.14</i>	<i>1,323</i>
<i>1</i>		<i>1</i>	<i>1</i>
	<i>3:33pm</i>		

I.M. RUC 0012006660005W AIMP/2/0004/12-2018
 OT: 2580/06-2019 100B (1V) 50J # 8.501 - 13.500

Sub-Total C\$	
I.V.A C\$	
TOTAL C\$	<i>1,323</i>

Original: Cliente / Copia verde: Contabilidad

Fernando #12
 ENTREGUÉ CONFORME

 FIRMA Y SELLO AUTORIZADO E/S

 FIRMA Y SELLO RECIBIDO CLIENTE

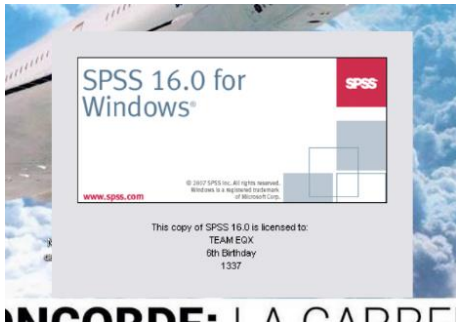
El pago de las facturas de crédito se comprueba únicamente con el recibo oficial de caja.
 Si esta factura no es pagada en su fecha de vencimiento se aplicará recargo por mora.

Fuente: Propia.

ANEXO

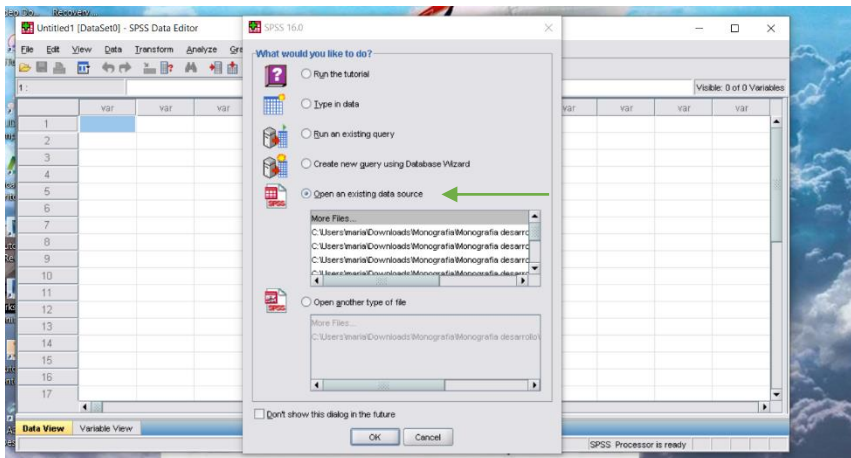
SPSS 16.0.

Figura 2. Paso 1. Abriendo SPSS 16.0 para Windows.



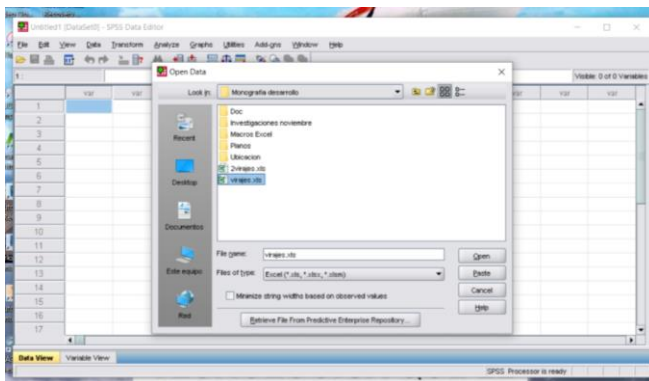
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Paso 2. Seleccionando opción (Open an existing data source) para abrir archivos de Excel.



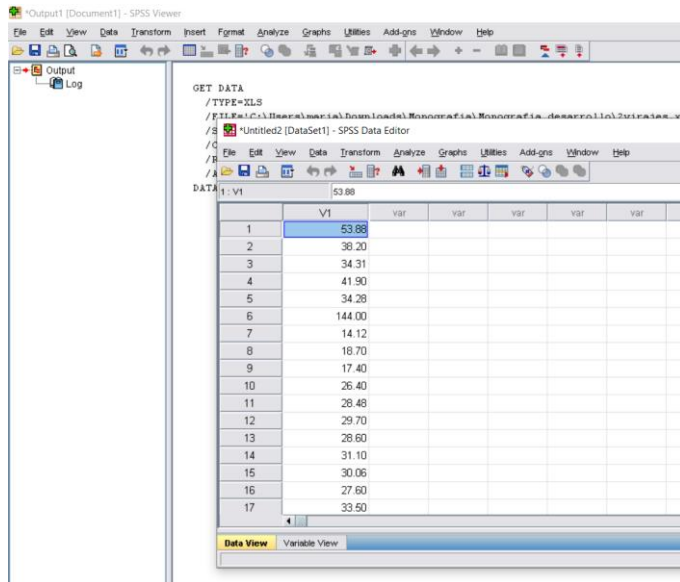
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Paso 3. Seleccionando archivos de Excel en SPSS 16.0.



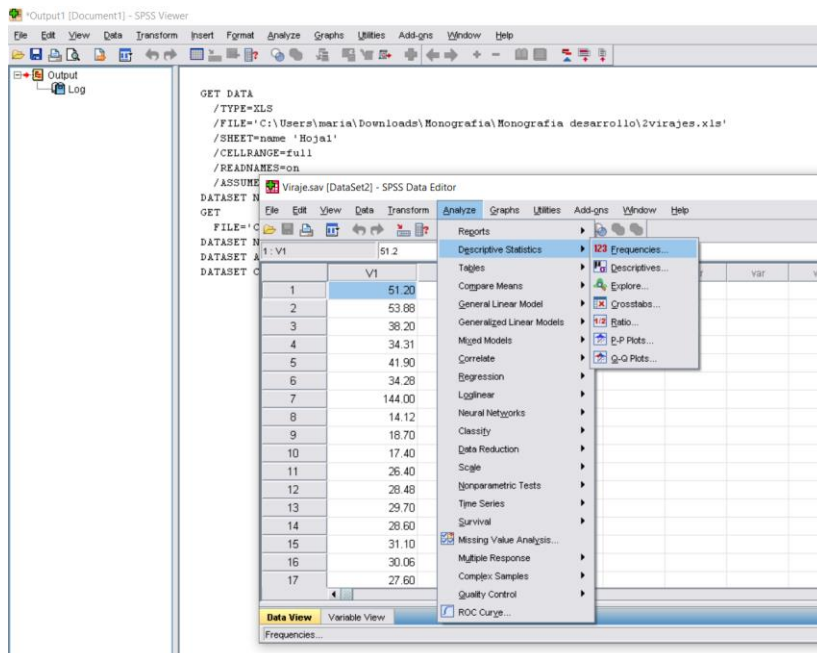
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Paso 4. Datos de Excel trasladados a SPSS 16.0.



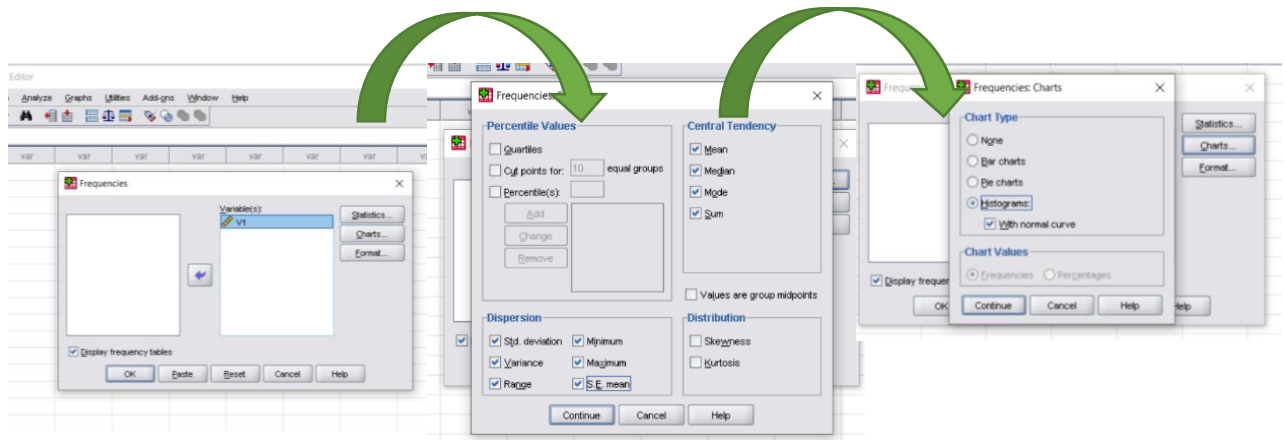
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Paso 5. Seleccionando opciones de SPSS 16.0 para procesamiento de los datos de la prueba experimentalmente.



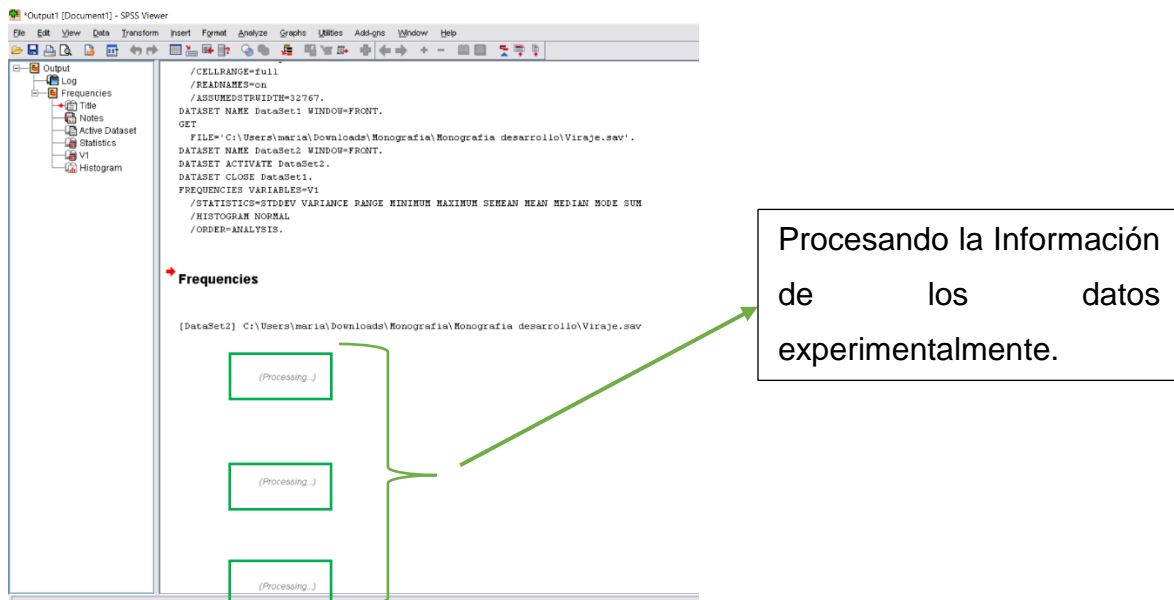
Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Paso 6. Seleccionando opciones de las variables analizar.



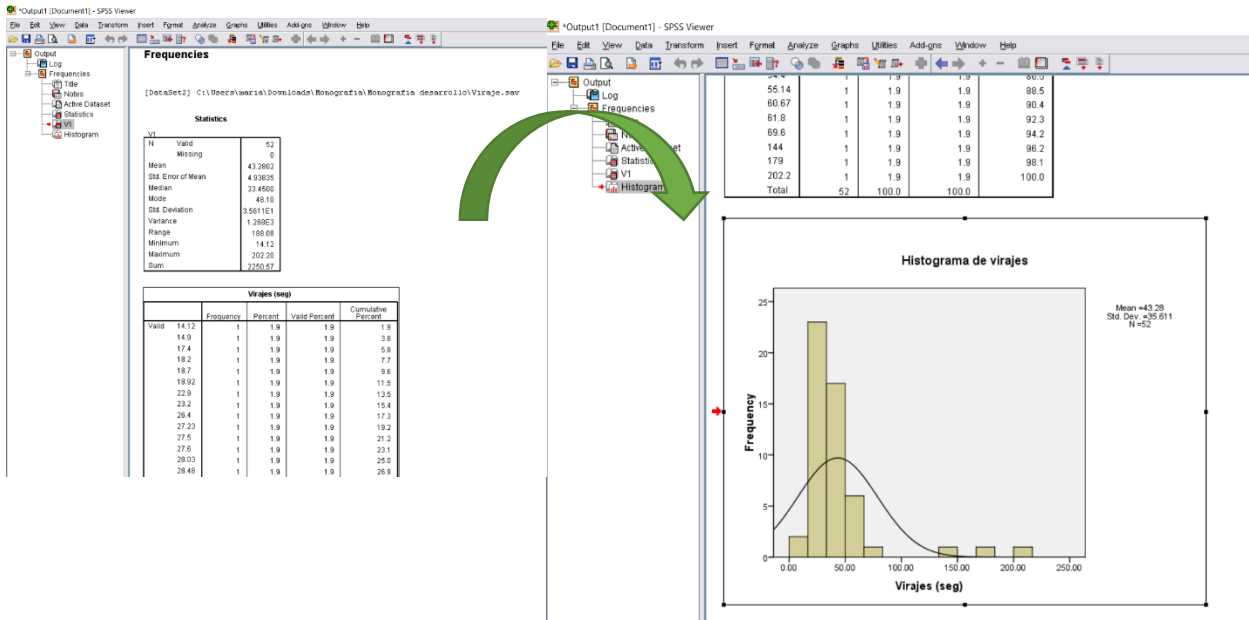
Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Procesando los datos en SPSS 16.0 de los datos obtenidos en el campo experimentalmente.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Datos procesados SPSS 16.0 finalmente.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO
CUADROS DE DATOS
EXPERIMENTALMENTE.

Cuadro 21. Frecuencia de tiempos de trabajo (seg) en entrada.

	Número eventos	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje valido	Porcentaje Acumulativo
Valido	64	1	3.6	3.7	3.7
	65.4	1	3.6	3.7	7.4
	66.6	1	3.6	3.7	11.1
	67.2	1	3.6	3.7	14.8
	68.4	1	3.6	3.7	18.5
	69	2	7.1	7.4	25.9
	69.6	2	7.1	7.4	33.3
	70.8	1	3.6	3.7	37.0
	71	1	3.6	3.7	40.7
	71.4	3	10.7	11.1	51.9
	72	1	3.6	3.7	55.6
	73.22	1	3.6	3.7	59.3
	74	1	3.6	3.7	63.0
	74.4	1	3.6	3.7	66.7
	75	1	3.6	3.7	70.4
	76.2	1	3.6	3.7	74.1
	77.4	2	7.1	7.4	81.5
	78	1	3.6	3.7	85.2
	78.6	1	3.6	3.7	88.9
	79	1	3.6	3.7	92.6
84	2	7.1	7.4	100.0	
	Total	27	96.4	100.0	
Total		27	100.0		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 22. Estadísticas de Tiempo trabajo Entrada (seg).

Numero Validos	27
Media	72.89
Mediana	71.40
Moda	71
Desviación estándar	5.178
Variancia	26.814
Rango	20
Mínimo	64
Máximo	84
Suma	1968

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 23. Frecuencia de tiempos de trabajo (seg) en salida.

	Número eventos	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje acumulativo
Valido	63	1	3.6	3.7	3.7
	66	1	3.6	3.7	7.4
	69	2	7.1	7.4	14.8
	69.6	2	7.1	7.4	22.2
	70.8	2	7.1	7.4	29.6
	71.4	1	3.6	3.7	33.3
	72	3	10.7	11.1	44.4
	72.6	2	7.1	7.4	51.9
	73.2	1	3.6	3.7	55.6
	73.8	3	10.7	11.1	66.7
	74.4	1	3.6	3.7	70.4
	75	1	3.6	3.7	74.1
	77.4	1	3.6	3.7	77.8
	80.4	1	3.6	3.7	81.5
	81	1	3.6	3.7	85.2
	83	1	3.6	3.7	88.9
	91.2	1	3.6	3.7	92.6
	133.8	1	3.6	3.7	96.3
	134.4	1	3.6	3.7	100.0
	Total	27	96.4	100.0	
Total		27	100.0		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 24. Estadística de tiempo de trabajo Salida (seg).

Numero Validos	27
Media	77.985
Mediana	72.600
Moda	72.0 ^a
Desviación estándar	17.0886
Variancia	292.021
Rango	71.4
Mínimo	63.0
Máximo	134.4
Suma	2105.6

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 25. Frecuencia de tiempos de virajes (seg).

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje valido	Porcentaje acumulativo
Validos	14.12	1	1.9	1.9	1.9
	14.9	1	1.9	1.9	3.8
	17.4	1	1.9	1.9	5.8
	18.2	1	1.9	1.9	7.7
	18.7	1	1.9	1.9	9.6
	18.92	1	1.9	1.9	11.5
	22.9	1	1.9	1.9	13.5
	23.2	1	1.9	1.9	15.4
	26.4	1	1.9	1.9	17.3
	27.23	1	1.9	1.9	19.2
	27.5	1	1.9	1.9	21.2
	27.6	1	1.9	1.9	23.1
	28.03	1	1.9	1.9	25.0
	28.48	1	1.9	1.9	26.9
	28.6	1	1.9	1.9	28.8
	29	1	1.9	1.9	30.8
	29.4	1	1.9	1.9	32.7
	29.7	1	1.9	1.9	34.6
	29.82	1	1.9	1.9	36.5
	30	1	1.9	1.9	38.5
	30.06	1	1.9	1.9	40.4
	30.3	1	1.9	1.9	42.3
	31.1	1	1.9	1.9	44.2
	31.3	1	1.9	1.9	46.2
	31.5	1	1.9	1.9	48.1
	33.4	1	1.9	1.9	50.0
	33.5	1	1.9	1.9	51.9
	34.19	1	1.9	1.9	53.8
	34.28	1	1.9	1.9	55.8
	34.31	1	1.9	1.9	57.7
34.84	1	1.9	1.9	59.6	
35.65	1	1.9	1.9	61.5	
38.2	1	1.9	1.9	63.5	
39.1	1	1.9	1.9	65.4	
40.7	1	1.9	1.9	67.3	

	41.9	1	1.9	1.9	69.2
	42.5	1	1.9	1.9	71.2
	43.4	1	1.9	1.9	73.1
	43.99	1	1.9	1.9	75.0
	48.1	2	3.8	3.8	78.8
	48.16	1	1.9	1.9	80.8
	51.2	1	1.9	1.9	82.7
	53.88	1	1.9	1.9	84.6
	54.4	1	1.9	1.9	86.5
	55.14	1	1.9	1.9	88.5
	60.67	1	1.9	1.9	90.4
	61.8	1	1.9	1.9	92.3
	69.6	1	1.9	1.9	94.2
	144	1	1.9	1.9	96.2
	179	1	1.9	1.9	98.1
	202.2	1	1.9	1.9	100.0
	Total	52	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 26. Estadística tiempos de virajes (seg).

Numero Validos	
Media	52
Mediana	43.2802
Moda	33.4500
Desviación estándar	48.10
Variancia	3.561101
Rango	1.2683
Mínimo	188.08
Máximo	14.12
Suma	202.20

Fuente: Elaboración propia.

ANEXOS

PLANOS

DOCUMENTOS ACADEMICOS

INFORMACION PERSONAL

hallugarte@gmail.com

claro 8333-1167

movistar 8328-3431

Dios lo bendiga siempre y
recuerden ustedes son propios de
su decisiones de donde quieren
estar.