

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Evaluación de consumo de combustible en maquinaria agrícola a través
de un sistema telemático en la Escuela Agrícola Panamericana
Zamorano

Estudiante

Gabriel Enrique Rodríguez Marín

Asesores

José A. Ordoñez, Mtr.

Allan Martínez, Ing.

Alina Castillo, Ing.

Honduras, julio 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos	8
Resumen	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Materiales y Métodos	14
Ubicación del Estudio.....	14
Acceso a la Plataforma MyJohnDeere®	14
Acceso a las Herramientas de MyJohnDeere®	15
Interfaz de JDLink™	16
Recolección de Datos	17
Equipo	18
Implementos	19
Rastra Pesada Civemasa GACCR-L	19
Asperjador Jacto Columbia 2000	19
Segadora CASE 8312	20
Vagones Forrajeros John Deere.....	20
Rastras Livianas de Discos Baldan y John Deere.....	20
Acamadora.....	20
Sembradora de Tiro John Deere 1750	20
Forrajera John Deere 3955	21
Forrajera New Pecus.....	21
Pala Niveladora.....	21
Embaladora New Holland 565	21

	4
VARIABLES MEDIDAS.....	21
ANÁLISIS DE DATOS.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
PROMEDIOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE, VELOCIDAD Y HORAS ANUALES POR IMPLEMENTO.....	23
CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR CABALLO DE FUERZA.....	24
CONSUMO DE COMBUSTIBLE PROMEDIO Y VELOCIDAD MENSUAL POR CADA IMPLEMENTO.....	25
RASTRA PESADA CIVEMASA GACCR-L.....	25
ASPERJADOR JACTO COLUMBIA 2000.....	26
SEGADORA CASE 8312.....	27
VAGÓN FORRAJERO JOHN DEERE.....	28
RASTRAS LIVIANAS DE DISCOS BALDAN Y JOHN DEERE.....	29
ACAMADOR.....	30
SEMBRADORA DE TIRO JOHN DEERE 1750.....	31
FORRAJERA JOHN DEERE 3955.....	32
FORRAJERA NEW PECUS.....	33
PALA NIVELADORA.....	34
EMBALADORA NEW HOLLAND 565.....	34
HORAS ANUALES, PORCENTAJE DE TRANSPORTE, RALENTÍ Y TRABAJO.....	35
CONCLUSIONES.....	38
RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS.....	40
ANEXOS.....	43

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Promedio de consumo de combustible y velocidad de trabajo de los tractores John Deere 6125M.....	23
Cuadro 2 Consumo de combustible por implemento expresado en litros por caballo de fuerza por hora, tomando como referencia el tractor 6125M.....	25
Cuadro 3 Horas anuales por temporada del año 2022, porcentaje de transporte, trabajo y ralentí por uso de implemento con el tractor 6125M	37

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación del estudio en los distintos lotes de producción de la EAP, Zamorano.	14
Figura 2 Acceso a la plataforma MyJohnDeere® mediante un motor de búsqueda online.	15
Figura 3 Plataforma MyJohnDeere®, acceso al panel de diferentes herramientas	16
Figura 4 Interfaz de la herramienta telemática JDLink™	17
Figura 5 Base de datos de los trabajos históricos por implemento en JDLink™	18
Figura 6 Tractor John Deere modelo 6125M-01	18
Figura 7 Tractor John Deere modelo 6125M-02.....	19
Figura 8 Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año de la Rastra Pesada Civemasa GACCR-L, utilizando los tractores 6125M	26
Figura 9 Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año del Asperjador Jacto Columbia 2000, utilizando los tractores 6125M.....	27
Figura 10 Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año de la segadora CASE 8312, utilizando los tractores 6125M	28
Figura 11 Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año del Vagón Forrajero John Deere, utilizando los tractores 6125M.....	29
Figura 12 Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año de las Rastra livianas Baldan y John Deere, utilizando los tractores 6125M	30
Figura 13 Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año del acamador, utilizando los tractores 6125M.....	31
Figura 14 Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año de la sembradora de tiro John Deere 1750, utilizando los tractores 6125M.....	32
Figura 15 Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año de la forrajera John Deere 3955, utilizando los tractores 6125M.....	33

Figura 16 Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año de la forrajera New Pecu, utilizando los tractores 6125M34

Índice de Anexos

Anexo A Rastra pesada Civemasa GACCR-L	43
Anexo B Asperjador Jacto Columbia 2000	44
Anexo C Segadora CASE 8312	45
Anexo D Vagón forrajero John Deere	46
Anexo E Rastras Pulidoras Baldan Y John Deere	47
Anexo F Acamadora	48
Anexo G Sembradora de tiro John Deere 1750	49
Anexo H Forrajera John Deere 3955	50
Anexo I Forrajera New PecuS	51
Anexo J Pala Niveladora	52
Anexo K Embaladora New Holland 565	53

Resumen

La población enfrenta una creciente demanda de alimentos, por ello la agricultura se ve en la necesidad de implementar y desarrollar nuevas tecnologías que ayuden a una producción más eficiente y sostenible en el ámbito económico y de la mano del medio ambiente. Una de estas tecnologías es la gestión de maquinaria agrícola a través de sistemas telemáticos. El objetivo de este estudio fue evaluar el consumo de combustible, velocidad promedio y trabajo efectivo de los tractores John Deere modelo 6125M con diferentes implementos agrícolas a través de la herramienta telemática JDLink™. El análisis y recolección de datos se realizó mediante una comparación entre las bitácoras mensuales de registro de uso de la maquinaria agrícola con sus implementos y la base de datos de JDLink™ para posteriormente aplicar estadística descriptiva. Los implementos agrícolas relacionados con la preparación del suelo fueron los que tuvieron un mayor consumo de combustible destacando la rastra pesada con un promedio de 12.69 L/h. Las rastras livianas obtuvieron el promedio de velocidad de trabajo más alto con 7.81 Km/h. Así mismo el vagón forrajero y la asperjadora presentaron el mejor comportamiento con relación al consumo de combustible y velocidad de trabajo. Se obtuvieron las horas anuales por cada implemento agrícola sobresaliendo el vagón forrajero con un total de 407 horas. Con relación a los porcentajes de tiempos de trabajo efectivo, transporte y ralentí, se encontró con un elevado porcentaje de tiempo en ralentí en todos los implementos, especialmente en los relacionados con la cosecha de forraje para ensilaje.

Palabras clave: Agricultura de precisión, implementos agrícolas, telemetría.

Abstract

The world population faces a growing demand for food, for this reason agriculture needs implementing and developing new technologies that help a more efficient and sustainable production in the economic field and hand in hand with the environment. One of these technologies is the management of agricultural machinery through telematic systems. The objective of this study was to evaluate the fuel consumption, average speed, and effective work of John Deere model 6125M tractors with different agricultural implements through the JDLink™ telematics tool. The analysis and collection of data was carried out through a comparison between the monthly logs of the use of agricultural machinery with its implements and the JDLink™ database to later apply descriptive statistics. The agricultural implements related to soil preparation were the ones with the highest fuel consumption, highlighting the heavy harrow with an average of 12.69 L/h. The light harrows obtained the highest working speed average with 7.81 km/h. Likewise, the forage wagon and the sprayer presented the best behavior in relation to fuel consumption and work speed. The annual hours were obtained for each agricultural implement, standing out the forage wagon with a total of 407 hours. Regarding the percentages of effective work, transport and idling times, a high percentage of idling time was found in all implements, especially those related to the harvesting of forage for silage.

Key words: Agricultural implements, precision farming, telemetry.

Introducción

La tecnología en agricultura avanza de una manera significativa tanto en los equipos agrícolas como en la medición de sus eficiencias. Actualmente en agricultura está siendo aplicada la digitalización, automatización e inteligencia artificial, o lo que llamamos la agricultura 4.0, que permiten y promueven la producción sostenible de alimentos, ya que la explosión demográfica ejerce presión para poder abastecer la creciente demanda alimenticia (Santos Valle y Kienzle 2020). Dentro de los avances que se han alcanzado en la agricultura 4.0 para la maquinaria agrícola, se ha implementado la telemetría, que permiten al ser humano realizar labores más eficientes con respecto al tiempo y la utilización de insumos (Barreiro et al. 2007).

Estos avances tecnológicos van de la mano con la agricultura de precisión que tiene origen desde la década de los 70'S, con el uso de los Sistemas de Posicionamiento Global o GPS (Marote 2010). La agricultura de precisión engloba aspectos específicos como: planeamiento económico, disminución de residuos, impactos ambientales, Sistemas de Información Geográfica (SIG) y soporte de decisiones, todos estos señalan un solo aspecto general, aumento de la eficiencia (Lago González et al. 2011). Así mismo la agricultura de precisión a través de diferentes medios digitales nos permiten la recolección de datos, procesamiento de ellos y tener un valimiento en las tomas de decisiones.

El consumo de combustible es uno de los indicadores de rendimiento más importante en los equipos agrícolas, debido a que tiene un impacto determinante en los costos de producción. Según González Valdés et al. (2010) el consumo de combustible de un tractor agrícola con motor de combustión interna, está determinado por los siguientes factores: tecnología de la construcción, cilindraje, mecanismo de sistemas auxiliares, sistemas computarizados de inyectores, potencia, sistema de transmisión y el régimen de trabajo a realizar, el cual dependerá directamente del implemento que tenga acoplado.

El uso de equipos agrícolas va en dependencia de que actividades se realicen en campo y acorde con los objetivos financieros y productivos presupuestados; ya que existen equipos como

tractores, cosechadoras y sembradoras autopropulsadas e implementos para ayudarnos en dichas labores (Gleason Alvarez 2006). Debemos de tomar en cuenta la demanda de potencia requerida en caballos de fuerza (HP) de un tractor ya que, cada labor requiere potencias diferentes. Para trabajos de preparación de suelo se utilizan subsoladores, rastras pesadas, rastras livianas y acamadores que requieren de potencias desde 45 hasta 300 HP (Melgar et al. 2012). Los requisitos de potencia para trabajos de siembra van desde los 55 hasta los 115 HP de fuerza, utilizando sembradoras de 4 hileras. La labor de protección de cultivo, encontramos las fumigadoras o asperjadoras agrícolas que requieren una potencia entre 75 a 100 HP. La cosecha para conservación de forraje requieren potencias mínimas de 75 HP en el cual destacan implementos como las segadoras y las forrajeras (Chaparro Castro 1995).

Empresas multinacionales dedicadas a la producción de maquinaria agrícola, han creado y desarrollado plataformas que permiten el monitoreo de cada uno de sus equipos, con el objetivo de minimizar los costos y tener un mayor control. John Deere es la pionera en la producción de estos equipos agrícolas, por ello ha creado la plataforma digital MyJohnDeere® la cual tiene un acceso a diversas herramientas de control y manejo digital. Una de estas es el sistema telemático JDLink™, herramienta que permite al administrador tener un mejor control de cada una de las actividades que se realizan en campo.

La plataforma digital MyJohnDeere® es de apoyo a los productores ya que todas las operaciones en el campo son controladas y a su vez recopiladas en una base de datos. Dentro de la plataforma, la herramienta telemática JDLink™ ofrece resultados para comprobar la ubicación de la maquinaria en tiempo real, horas de servicio de motor, consumo de combustible, distancias recorridas y la base de datos de trabajo histórico de los tractores, dichos datos dan apoyo a la hora de tomar decisiones (Herman 2022). La plataforma digital MyJohnDeere® está diseñada de forma amigable para el usuario, puede ser instalada y usada en computadoras, mediante motores de búsqueda online y ordenadores móviles o celulares a través de aplicaciones descargables.

La Escuela Agrícola Panamericana Zamorano desde el año 2021, tiene acceso a la plataforma en línea MyJohnDeere®, dicha plataforma tiene la herramienta JDLink™ que empezó a tomar los datos en los tractores John Deere 6125M desde octubre del 2021. Esta plataforma recopiló información en una base de datos, entre estos se obtuvo las distancias recorridas, horas de servicio de motor, consumo de combustible, velocidades y alertas en diferentes grados de advertencia.

Con base en lo anterior se desarrolló esta investigación con los objetivos de evaluar el consumo de combustible, velocidad promedio y horas anuales en un tractor agrícola utilizando diferentes implementos, así como evaluar el transporte, trabajo y ralentí por cada implemento.

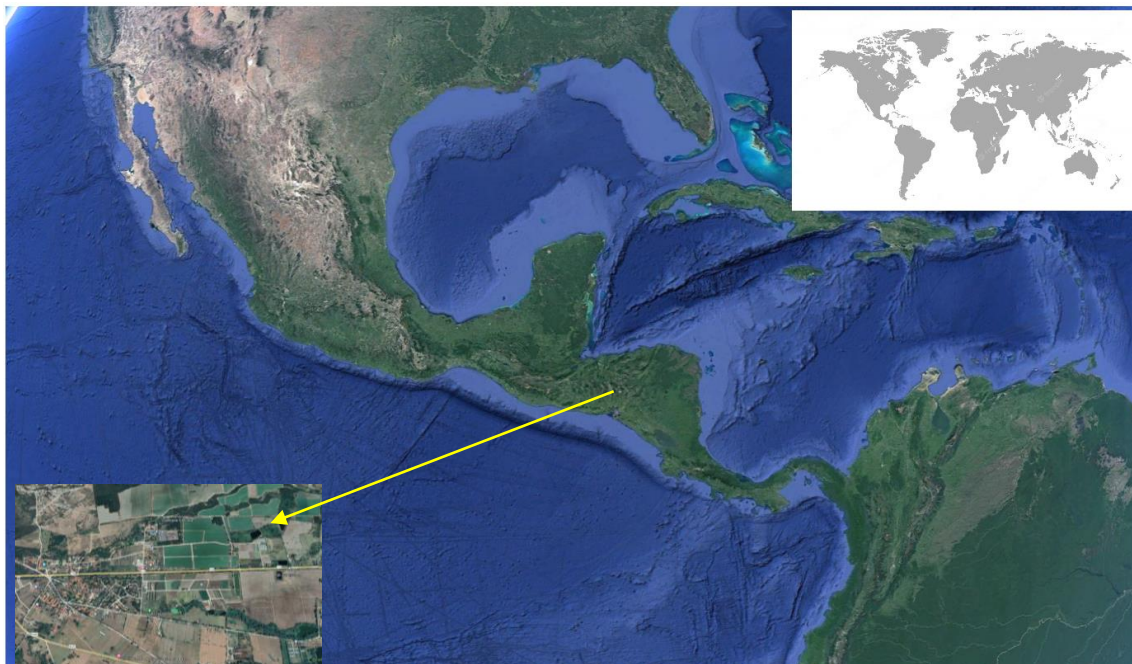
Materiales y Métodos

Ubicación del Estudio

La recopilación de datos para este estudio se fundamentó en los registros históricos de 130 lotes divididos en 500 ha de producción agropecuaria de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, con una precipitación media anual de 1419 mm, predominando un tipo de suelo franco arcilloso. Zamorano está ubicado en el valle del río Yeguaré, a 32 km de Tegucigalpa, carretera a Danlí, Honduras (Figura 1)

Figura 1

Ubicación del estudio en los distintos lotes de producción de la EAP, Zamorano.

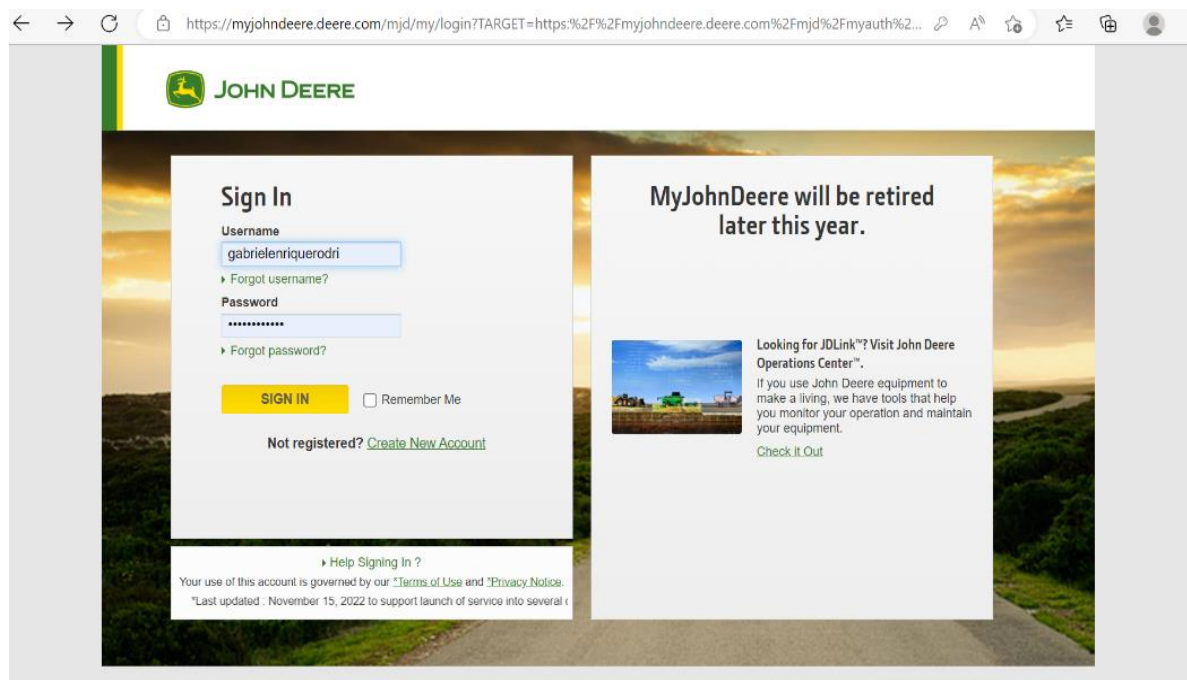


Acceso a la Plataforma MyJohndeere®

Para tener acceso a la plataforma MyJohnDeere® dentro del perfil de la Escuela agrícola Panamericana, Zamorano, se comunicó a la Empresa CAMOSA, distribuidor oficial de John Deere en Honduras, para que un asociado creara un usuario y una contraseña dentro de la plataforma (Figura 2).

Figura 2

Acceso a la plataforma MyJohnDeere® mediante un motor de búsqueda online.

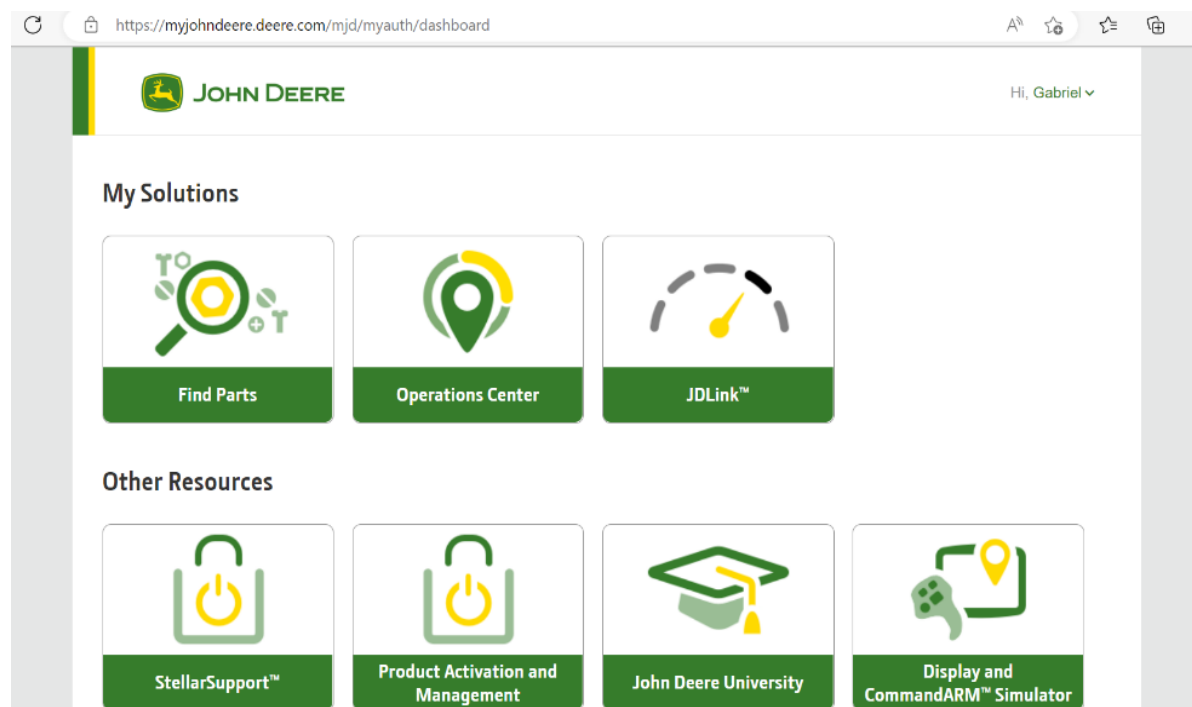


Acceso a las Herramientas de MyJohnDeere®

Una vez se cuentan con las credenciales de acceso se pueden apreciar las diferentes características de la plataforma MyJohnDeere®, las herramientas que encontramos en la plataforma es el centro de operaciones y el JDLink™ tales nos ayudan a tener una mejor administración del equipo, datos productivos y las operaciones agrícolas en cualquier dispositivo con acceso a internet, (Figura 3) Sin embargo; Para este estudio se utilizó JDLink™, herramienta donde podremos encontrar datos históricos a partir de octubre del 2021 que se utilizaron para nuestro estudio.

Figura 3

Plataforma MyJohnDeere®, acceso al panel de diferentes herramientas

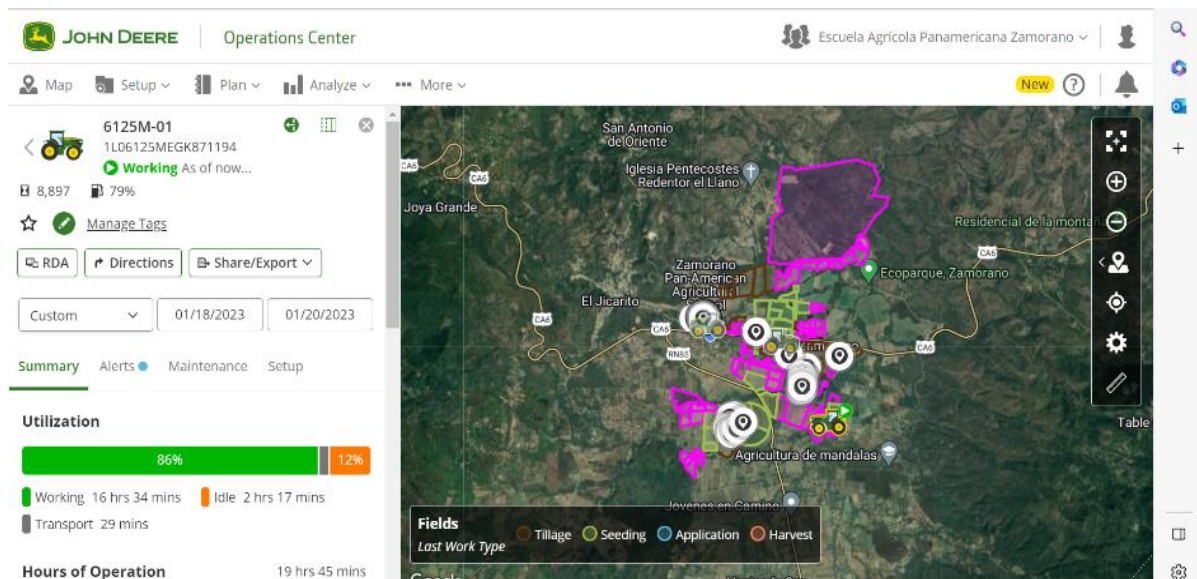


Interfaz de JDLink™

Dentro de la interfaz de JDLink™ se accedió a la base de datos de los tractores que cuentan con este sistema (Figura 4), dicha base de datos brinda información que permite al administrador tener control de consumos de combustible, velocidades de trabajo y controlar las horas de trabajo efectivo, ralentí, y el transporte de un lote a otro. También esta herramienta almacena la información del estado del motor con respecto a las temperaturas de aceite y refrigerantes. Se puede acceder de manera remota a los tractores que estén conectados, solicitando acceso al operario del equipo y así verificar en tiempo real el trabajo que se esté realizando. JDLink™ además notifica el estado del motor generando alertas en diferentes grados de advertencia para evitar contratiempos y daños a futuro de nuestros equipos.

Figura 4

Interfaz de la herramienta telemática JDLink™

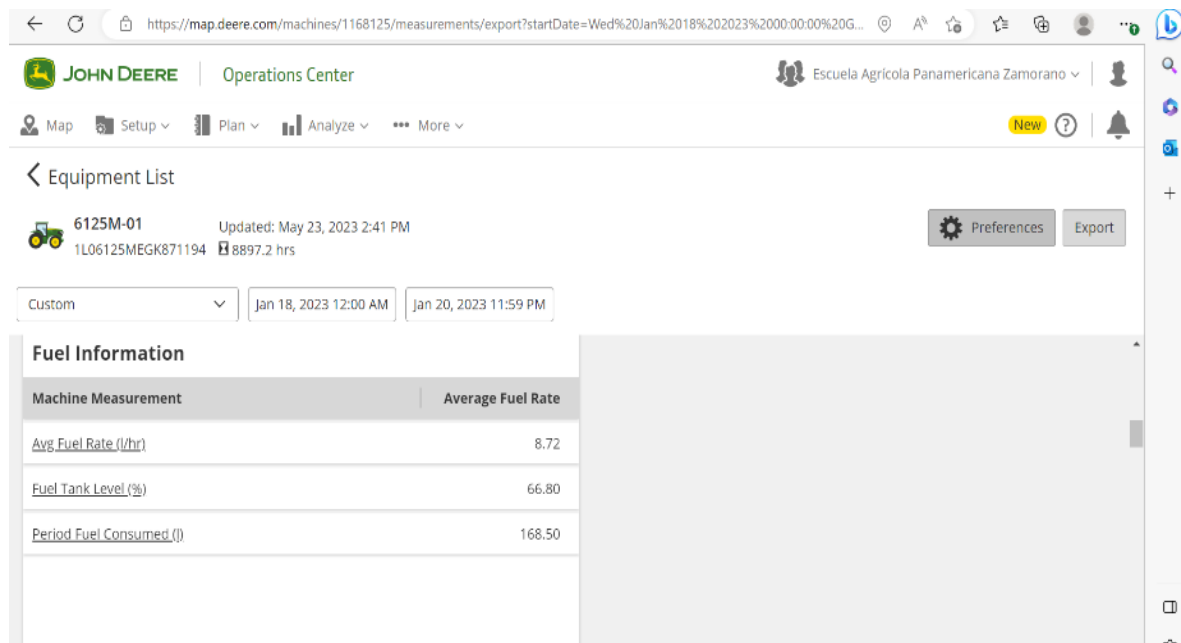


Recolección de Datos

Los tractores John Deere 6125M-01 y 6125M-02 cuentan con el sistema telemático JDLink™, desde que el motor se pone en marcha esta herramienta empieza a recopilar información que se almacenó en la base de datos de la plataforma (Figura 5). Para poder determinar el consumo de combustible y velocidad por cada uno de los implementos fue necesario recibir los informes de horómetros de la Unidad de Maquinaria Agrícola de Zamorano y así cotejar por fecha, tractor e implemento. Dentro de la plataforma se tiene que ingresar a JDLink™, seleccionar el tractor y customizar con la fecha de los horómetros proporcionados, una vez ya este la fecha y su respectivo implemento, se procedió a recopilar la información de la base de datos.

Figura 5

Base de datos de los trabajos históricos por implemento en JDLink™



Equipo

Se tomaron datos de dos tractores John Deere modelo 6125M-01 (Figura 6) y 6125M-02 (Figura 7), ambos con Motor de 125 hp. (103 hp TDF) Motor John Deere PowerTech™ E 4/4. Cabina con visibilidad panorámica de 310°, volante/columna de dirección telescópicos e inclinables.

Figura 6

Tractor John Deere modelo 6125M-01



Figura 7

Tractor John Deere modelo 6125M-02.



Implementos

Se revisaron datos históricos de los tractores John Deere 6125M por cada uno de los trabajos de preparación de suelos, siembra, protección de cultivo y cosecha desde octubre del 2021 y se cotejaron con los Horómetros de la Unidad de Maquinaria Agrícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, por cada uno de los trabajos que se realizaron.

Rastra Pesada Civemasa GACCR-L

La rastra pesada Civemasa modelo GACCR-L, posee 12 discos con una separación de 270 mm, discos cóncavos dentados con ángulo de ataque regulable, efectúa trabajos de arado e incorporación de suelo la potencia requerida del tractor para este implemento es de 110 a 130 hp (Anexo A).

Asperjador Jacto Columbia 2000

El Asperjador Jacto Columbia 2000, con barras de 18 metros semi hidráulicas, suspensión trapezoidal amortiguadores y resortes en cuadro central de barras, reservorio de 2000 litros. Equipo diseñado para aplicación de agroquímicos, potencia mínima de 80hp, requiere de la toma de fuerza, (Anexo B).

Segadora CASE 8312

La segadora CASE 8312 tiene discos de rotación interna de corte, diseño de barra de corte modular. Este implemento es utilizado para realizar el corte que se prepara para la producción de pacas de heno, se requiere la utilización de la toma de fuerza con una potencia de 60 a 80 hp (Anexo C).

Vagones Forrajeros John Deere

Los vagones forrajeros tienen dimensiones de 4x2 metros, con volteo hidráulico y capacidad de carga de 4 toneladas y barra de refuerzos en tren delantero. Son acondicionados para el uso de recolección de heno o su principal uso para transporte de material recién cortado, estos vagones requieren de tractores con un mínimo de 55 hp, no requieren de la toma de fuerza (Anexo D).

Rastras Livianas de Discos Baldan y John Deere

Rastras integrales de 12 y 24 discos, con secciones de discos cóncavos lisos para facilitar un mejor volteo de suelo, su armazón y estructura es de acero tubular cuadrado. Sistema hidráulico para regular profundidad de trabajo, acople semi-integral y requieren una potencia entre 96 a 120 hp, no requieren de toma de fuerza. (Anexo E).

Acamadora

La acamadora tiene como función principal la formación de camas de siembra, sistema hidráulico integrado para lograr un ancho y una altura ideal que va en dependencia de que cultivo se siembre, esta requiere una potencia mínima de 70 hp, no requiere de la toma de fuerza, (Anexo F).

Sembradora de Tiro John Deere 1750

La sembradora de tiro John Deere 1750, plantador radial de vacío para frijol y maíz, 4 hileras estrechas de 76 cm, con transmisión de piñón y cadena de ruedas motrices. Requiere del uso de la toma de fuerza, capacidad de tolva para semillas de 58 y 106 libras. Cilindros hidráulicos remotos estándar con marcadores automáticos. Sistema hidráulico requerido, este implemento necesita una potencia mínima de 55 hasta 115 hp (Anexo G).

Forrajera John Deere 3955

La forrajera John Deere 3955, posee acople semi-integral, con mangueras hidráulicas para ajustar altura de corte y caída del material, funciona con la toma de fuerza de 21 estrías, tiene 36 cuchillas de corte ajustables que trabajan aproximadamente entre 1500 a 2000 RPM; un tornillo sinfín para la caída del material ya cortado, esta requiere un mínimo de potencia de 80hp (Anexo H).

Forrajera New Pecos

La forrajera New Pecos, posee acople semi-integral, con caja recolectora equipada con 4 rodillos, 12 cuchillas, 6 lanzadores y sistema triturador de granos para cosecha maíz en estadios de corte más avanzado. Tiene regulación de tamaño de picados de hasta 2-36 cm. Al igual que la forrajera John Deere requiere de 80 hp mínimo, requiere de la toma de fuerza delantera. (Anexo I)

Pala Niveladora

La pala niveladora posee acople integral, con válvulas de conexión integral hidráulica para ajustar altura y posición lateral. Es utilizada mayormente para acomodar el material que llega a los silos para realizar conservación de forrajes. La potencia adecuada para este implemento es de 70 a 100 hp, no requiere de la toma de fuerza, (Anexo J).

Embaladora New Holland 565

La embaladora New Holland 565, posee tomas de fuerzas de dos o tres articulaciones, enganche de vagones y tolva de carga de pacas. Cámara de empaque, puertas hidráulicas y extensión de caja. Tamaño de sección ajustable a las dimensiones de la paca (36×46 cm) hasta (31×132 cm). Potencia mínima requerida de 65 hp (Anexo K).

Variables Medidas

Horas de trabajo (Horas): Las horas de trabajo de los tractores serán medidas a través de un horómetro digital.

Consumo de combustible (Litros): Se medirá el consumo de combustible por cada implemento utilizado, en litros por hora y litros por hora por Hp.

Velocidad de trabajo(km/h): Se medirá la velocidad del tractor por trabajo de cada implemento utilizado en los tractores.

Análisis de Datos

Se recolectaron los datos de la plataforma MyJohnDeere® utilizando la herramienta JDLink™ de los tractores 6125M, esta herramienta recibe los datos de campo y los presenta de una manera clara y organizada en la plataforma. Para comparar estos datos se necesitó un reporte por cada una de las labores realizadas en campo. Una vez recolectados los datos se aplicó estadística descriptiva.

Resultados y Discusión

Promedios de Consumo de Combustible, Velocidad y Horas Anuales por Implemento

A través de los análisis y procesamiento de información, se obtuvieron los promedios de consumo de combustible expresados en litros por hora, la velocidad en kilómetros por hora y el uso total de horas anuales por cada implemento. La rastra pesada Civemasa fue el implemento que generó un mayor consumo de combustible 12.69 L/h, por otro lado, la embaladora New Holland 565 tuvo el menor consumo de combustible 5.56 L/h. Con respecto a la velocidad, las rastras livianas John Deere Baldan Y John Deere obtuvieron el valor de velocidad más alto, con un promedio de 7.81 Km/h, mientras que la embaladora New Holland fue el que menor velocidad tuvo con un promedio de 1.98 Km/h.

Cuadro 1

Promedio de consumo de combustible y velocidad de trabajo de los tractores John Deere 6125M

Implemento	Combustible (L/h)	Velocidad (Km/h)
Rastra pesada Civemasa GACCR-L	12.69	7.68
Asperjador Jacto Columbia 2000	6.22	5.36
Segadora CASE 8312	9.62	5.34
Vagón forrajero John Deere	5.80	7.67
Rastras livianas Baldan y John Deere	11.57	7.81
Acamador	6.99	5.32
Sembradora de tiro John Deere 1750	6.81	5.21
Embaladora New Holland	5.56	1.98
Forrajera John Deere 3955	10.21	4.94
Pala Niveladora	6.91	Sin Datos
Forrajera New Pecos	9.50	5.00

Nota. (L/h) consumo de combustible en litros por hora, (Km/h) velocidad de trabajo expresada en kilómetros por hora, (H) horas anuales por implemento.

Los implementos según Hetz y Reina (2013), deben de estar armonizados con la potencia correcta del tractor ya que debe de haber una correspondencia entre el implemento a utilizar y el equipo en caso el tractor agrícola, ya que si el implemento es muy pequeño se pierde la capacidad de trabajo efectiva, de lo contrario si el implemento requiere una potencia mayor que la ofrecida por el tractor, se tendrá una alta incidencia de problemas mecánicos, patinaje excesivo por ende un desgaste de neumáticos. Ambos escenarios generan un consumo de combustible mayor, que lo esperado en

condiciones óptimas. La rastra pesada Civemasa generó un consumo de combustible de 12.69L/h, fue el implemento de los 11 evaluados que tuvo el consumo de combustible más alto. Con respecto a la velocidad las rastras livianas Baldan y John Deere fueron los implementos que tuvieron promedio más alto de velocidad con 7.81 Km/h.

El consumo de combustible en equipos agrícolas se ve afectado en relación con la velocidad de trabajo, ya que, si tenemos mayor velocidad, se generará un consumo de combustible mayor en el tractor. No en todos los casos se presenta de la misma manera el consumo de combustible y que hay implementos que a pesar de que se trabajen a velocidades bajas, pueden generar un consumo de combustible alto, esto se debe a que trabajan con altas revoluciones por minuto, ya sea por la toma de fuerza o por algún tipo de pendiente en los lotes que se trabajen.

Consumo de Combustible por Caballo de Fuerza

El HP (Horsepower) es como se mide la capacidad en potencia de un tractor agrícola, estos caballos de fuerza determinan la capacidad del tractor para realizar las labores respectivas de campo. El consumo de combustible por implemento, también se debe de medir por caballo de fuerza. Según Chen Yi y Garbers (2013), el consumo de combustible de un tractor agrícola, en buen estado y un correcto mantenimiento, demanda 0.16 litros de diésel por caballo de fuerza por hora. Según los datos obtenidos (Cuadro 2), el implemento que mayor consumo de combustible demanda por caballo de fuerza, es la rastra pesada Civemasa, esto se debe a que es el implemento de los 11 evaluados que mayor requerimiento de potencia tiene, ya que el tipo de trabajo a realizar es el de romper agregados en el suelo y se ofrece una mayor resistencia al trabajo.

Cuadro 2

Consumo de combustible por implemento expresado en litros por caballo de fuerza por hora,

tomando como referencia el tractor 6125M

Implemento	Combustible (L/HP/H)
Rastra pesada Civemasa GACCR-L	0.10
Asperjador Jacto Columbia 2000	0.04
Segadora CASE 8312	0.07
Vagón forrajero John Deere	0.04
Rastras livianas Baldan y John Deere	0.09
Acamador	0.05
Sembradora de tiro John Deere 1750	0.05
Embaladora New Holland	0.04
Forrajera John Deere 3955	0.08
Pala Niveladora	0.05
Forrajera New Pecus	0.07

Nota. (L/HP/h) consumo de combustible expresado en litros por caballo de fuerza por hora

Según Alvarado Chaves (2004) el consumo de combustible en litros por hora por HP ronda los 0.17 L en condiciones normales y óptimas de uso, lo cual es mayor al consumo de combustible presentado por la rastra pesada Civemasa que fue el implemento de los 11 evaluados que mayor consumo obtuvo 0.10 L/HP/h. Los motores de combustión interna de los tractores año con año mejoran con respecto a la eficiencia, según mencionan Hutton y O'Connor (2021) los tractores modernos ofrecen mayor efectividad operativa y de combustible que generaciones anteriores obteniendo acerca de un 5 hasta un 20% más eficiencia, esto debido a que se digitalizan los inyectores de combustible con respecto a la necesidad del motor, así mismo se han automatizado las transmisiones, lo cual concuerda con los valores bajos de consumo de combustible por HP obtenidos (Cuadro 2).

Consumo de Combustible Promedio y Velocidad Mensual por cada Implemento

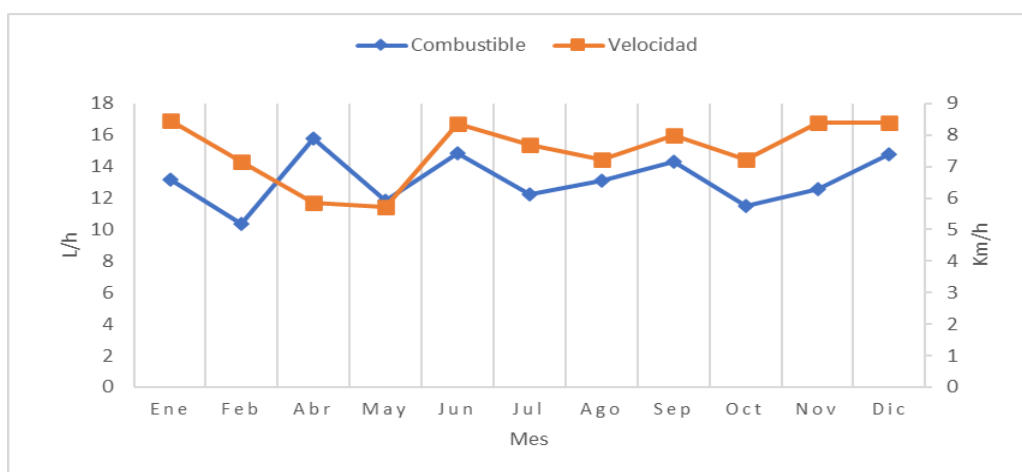
Rastra Pesada Civemasa GACCR-L

El promedio de combustible para la rastra pesada Civemasa GACCR-L fue de 12.69 L/h y así mismo se obtuvo una velocidad promedio de trabajo de 7.68 km/h (Figura 8). Los datos obtenidos reflejan que la rastra pesada es el implemento que mayor demanda consumo de combustible, obteniendo un rango entre 10.34L/h a 15.77 L/h. Las variables que afectan de una manera directa el

trabajo de incorporación de suelo es el ángulo de ataque de los discos ya que según Almaraz (2014), determinan en gran medida la profundidad de trabajo, a mayor ángulo de ataque mayor será la profundidad por ende el tractor necesitara una mayor fuerza de trabajo por la resistencia del suelo. Otro factor determinante es la temporada de lluvias, esto debido a que el suelo se puede encontrar en capacidad de campo e incluso en saturación y esto generara un patinaje aproximado del 25%, esto se traduce en mayores revoluciones por minuto y generan un consumo de combustible alto. El rango de velocidad estimada para la rastra oscila entre los 5.7Km/h hasta 8.4 Km/h.

Figura 8

Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año de la Rastra Pesada Civemasa GACCR-L, utilizando los tractores 6125M



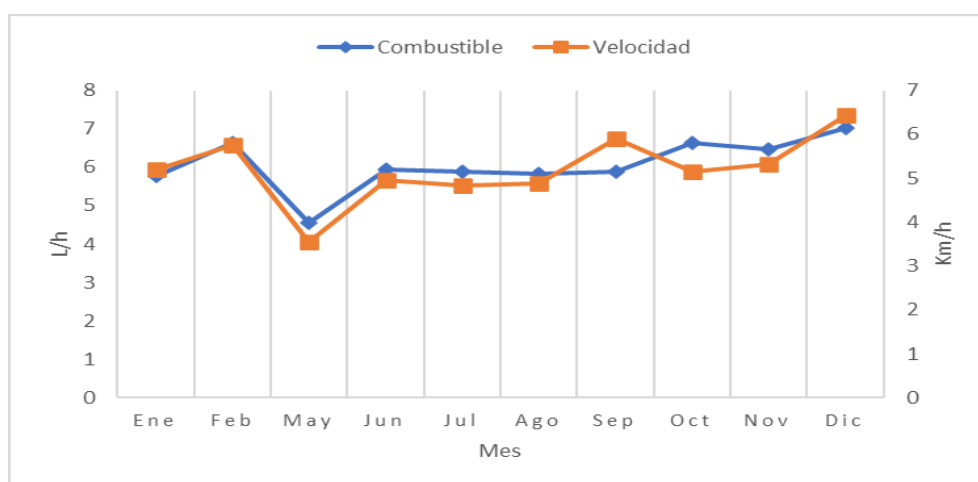
Asperjador Jacto Columbia 2000

El promedio de consumo de combustible del Asperjador Jacto Columbia 2000 fue de 6.93 L/h, así mismo se obtuvo una velocidad promedio de trabajo de 5.57 km/h. El rango de consumo de combustible en condiciones óptimas fue entre 4.55 L/h, a 7.02 L/h. la velocidad optima de trabajo oscila entre 3.55 Km/h a 6.43 Km/h (figura 9). Es fundamental calibrar el Asperjador a una correcta presión de salida de las boquillas para poder asegurar el caudal adecuado y que a su vez este en sincronía con las RPM del tractor que este acoplado. Si trabajamos con una inadecuada calibración se

perderá la capacidad efectiva de trabajo. Según Acevedo Pérez et al. (2022) las condiciones climatológicas no favorables y la topografía irregular del terreno donde se realicen los trabajos pueden elevar la demanda de consumo de combustible.

Figura 9

Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año del Asperjador Jacto Columbia 2000, utilizando los tractores 6125M



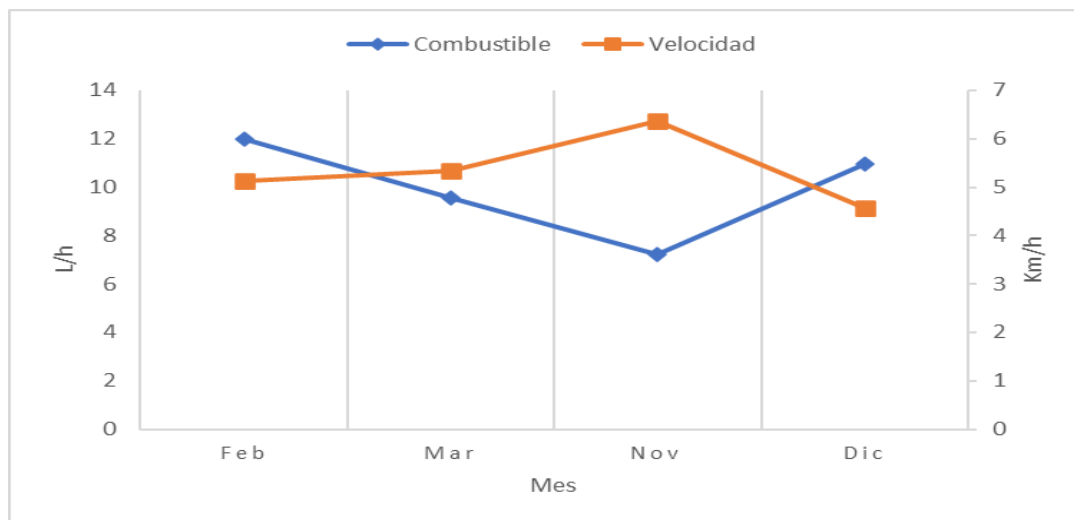
Segadora CASE 8312

El promedio de consumo de combustible para la Segadora CASE 8312, fue de 9.62 L/h, así mismo se obtuvo una velocidad promedio de trabajo de 5.34 km/h. La segadora acondicionadora CASE 8312, es uno de los 11 implementos evaluados que mayor consumo de combustible demanda con un rango de 7.23 L/h a 11.98 L/h y la velocidad de trabajo promedio con un rango que oscila entre 4.58 Km/h y 6.36 Km/h (Figura 10). La alta demanda de combustible se respalda en las revoluciones por minuto que necesita para poder realizar un corte efectivo en el material. Según Ramirez Williams et al. (2021) los factores que debemos de tomar en cuenta para la utilización de segadoras acondicionadoras deben ser altura de corte, tipo de pasto, topografía del suelo y que no tengamos rocas o agregados de suelo. Estas variables afectan tanto la calidad de corte y el óptimo funcionamiento del tractor. El afilado de las cuchillas es importante debido a que, si trabajamos con

cuchillas mal afiladas, se realizara un corte deficiente y tengamos un consumo de combustible ineficiente.

Figura 10

Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año de la segadora CASE 8312, utilizando los tractores 6125M



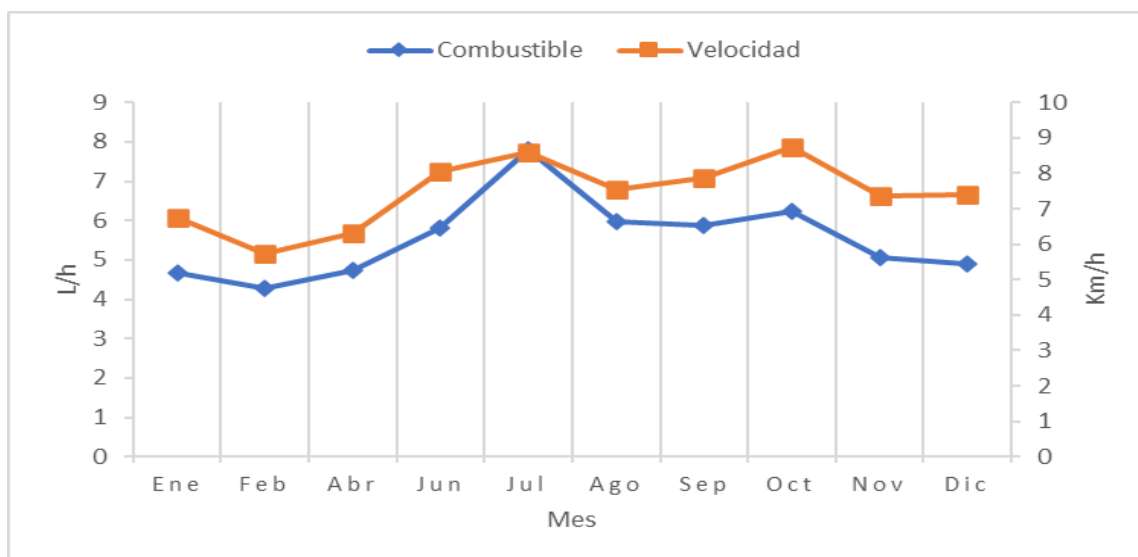
Vagón Forrajero John Deere

El promedio de consumo de combustible para el Vagón Forrajero John Deere fue de 5.80 L/h, así mismo se obtuvo una velocidad promedio de trabajo de 7.64 km/h. El vagón forrajero (Figura 11), presento un comportamiento en el consumo de combustible con un rango entre 4.27 L/h a 7.79 L/h como máximo, mientras que la velocidad el rango mínimo fue de 5.72 Km/h y el máximo de 8.73 Km/h. El Vagón forrajero utilizado para el transporte del material recién procesado de las forrajeras de tiro y las autopropulsadas. Las variables que afectan el consumo de combustible se observan más relacionados con la velocidad de trabajo, ya que el comportamiento se relaciona directamente entre el consumo de combustible y la velocidad (Figura 11) y el peso de carga (Manotas Duque y Manyoma Velasquez 2022). Los factores climatológicos juegan un papel importante, pero en el caso del vagón forrajero no hay tanta incidencia directa ya que es únicamente utilizado para transporte.

Figura 11

Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año del Vagón Forrajero

John Deere, utilizando los tractores 6125M



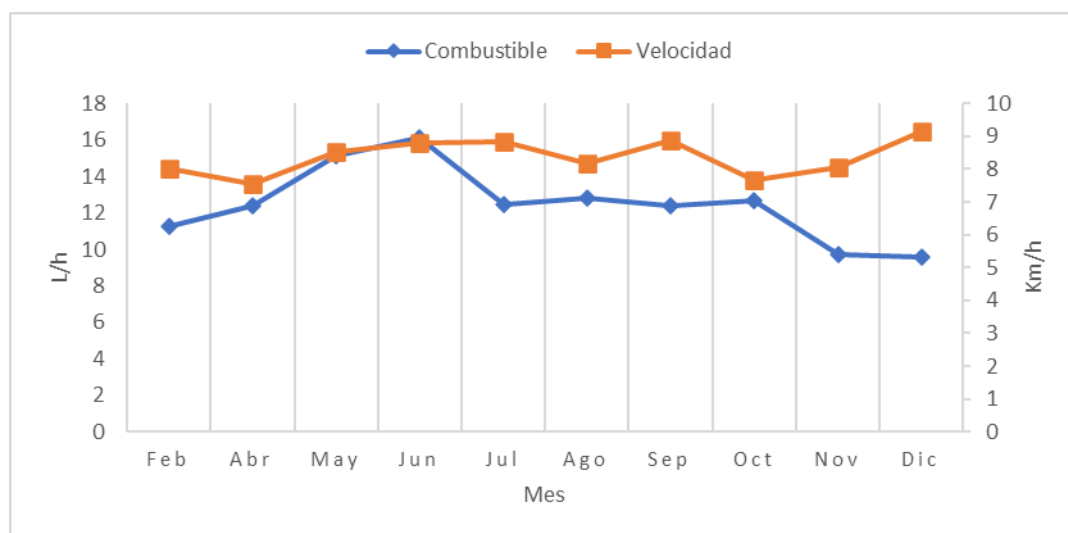
Rastras Livianas de Discos Baldan y John Deere.

El promedio de consumo de combustible para las Rastras Livianas Baldan y John Deere, fue de 11.57 L/h, así mismo se obtuvo una velocidad promedio de trabajo de 7.81 km/h. Dentro de los factores y variables que afectan el consumo de combustible de rastras livianas Baldan y John Deere de 12 y 24 discos (Figura 12), son similares a los que menciona Montealegre Fierro (2009), ya que hace referencia a la labor secundaria y una de las más importante del suelo. Los factores que afectan el consumo de combustible en rastras livianas nos indica que el consumo se relaciona con la profundidad de trabajo ya que a pesar de que la profundidad es menor a la rastra pesada, se puede generar un consumo alto debido a que el suelo debe quedar con la mejor condición para las labores de siembra por ende se pueden dar entre 2-4 pasadas, así mismo se debe tener en cuenta el tamaño de los agregados de suelo ya que al tener una menor separación entre discos se puede generar acumulación de suelo y por ende habrá mayor fuerza de arrastre por parte del implemento hacia el tractor. El

comportamiento de consumo de combustible oscila en un rango de 7.83 L/h, y el máximo de 16.14 L/h, de igual manera el rango de velocidad de trabajo fue entre 7.56 Km/h a 9.60Km/h.

Figura 12

Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año de las Rastra livianas Baldan y John Deere, utilizando los tractores 6125M

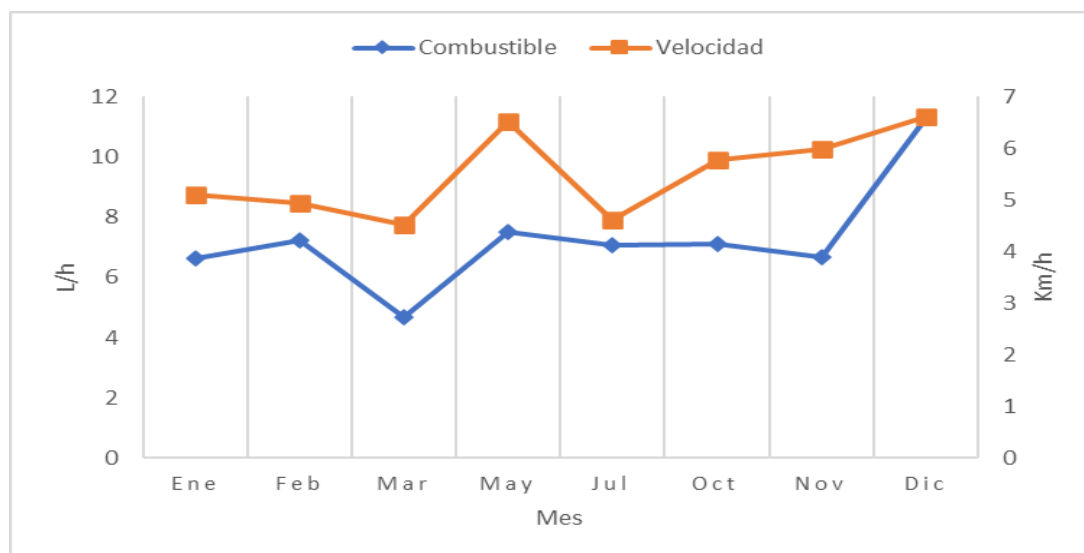


Acamador

El promedio de consumo de combustible para el Acamador fue de 6.99 L/h, así mismo se obtuvo una velocidad promedio de trabajo de 5.32 km/h. El acamador presentó un comportamiento en el consumo de combustible con un rango que oscila entre 4.68 L/h a 11.31L/h y una velocidad entre 4.53Km/h a 6.6 Km/h (Figura 13), Es utilizado para el levantamiento de camas en el sector de olericultura extensiva, según Rodríguez Valverde (2013), la altura correcta del acamado para la producción agrícola, presentando mejores parámetros de producción es una altura estimada de 32 cm. La labor de acamado se tiene que realizar una vez ya las labores de rastreo de suelo están realizadas, el consumo de combustible se ve afectado por la velocidad de trabajo y la incorporación adecuada del suelo.

Figura 13

Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año del acamador, utilizando los tractores 6125M

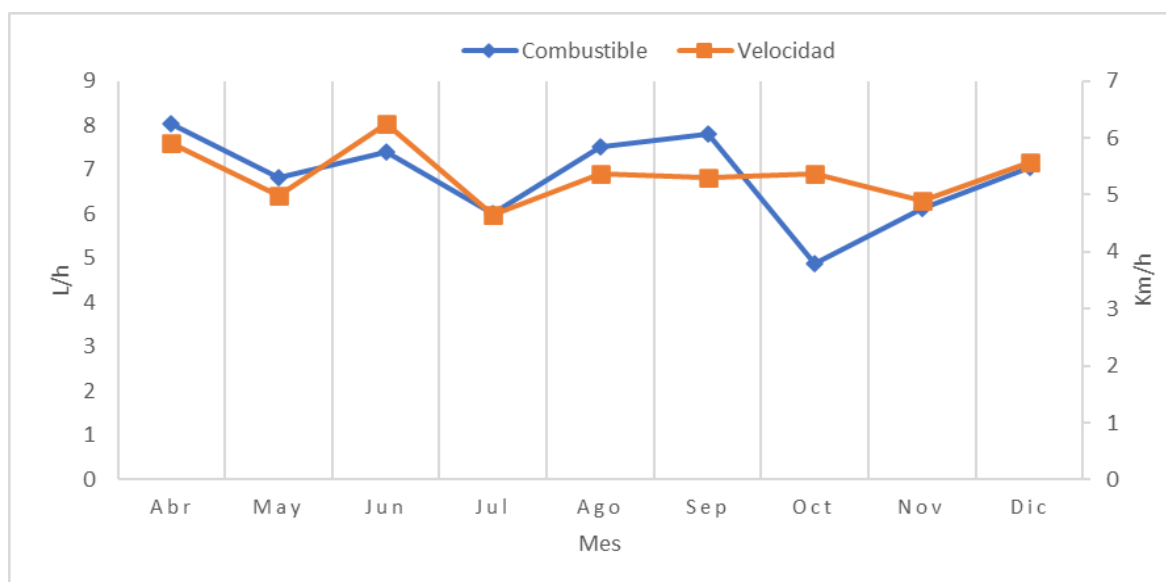


Sembradora de Tiro John Deere 1750

El promedio de consumo de combustible para la sembradora de tiro John Deere 1750 fue de 6.81L/h, así mismo se obtuvo una velocidad promedio de trabajo de 5.21 km/h. La sembradora de tiro John Deere 1750, presentó un comportamiento en el consumo de combustible con un rango de 4.87L/h a 8.04 L/h y una velocidad de 4.64 Km/h a 6.24 Km/h (Figura 14). Es uno de los implementos más importantes en la producción de maíz y sorgo para la producción de ensilaje, según Navarro (2017) el consumo de combustible de un tractor para una sembradora debe de ser 10 L/h bajo condiciones normales y óptimas de mantenimiento lo cual se encuentra elevado dentro rango promedio del consumo de combustible. Los factores que provocan un mayor consumo de combustible son el arreglo de siembra y la calibración de la máquina, así mismo la topografía del terreno que se planea sembrar, los factores climatológicos y el estado que se encuentre el suelo, ya que si el suelo no se encuentra en óptimas condiciones se tendrá un porcentaje de patinaje considerable.

Figura 14

Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año de la sembradora de tiro John Deere 1750, utilizando los tractores 6125M.



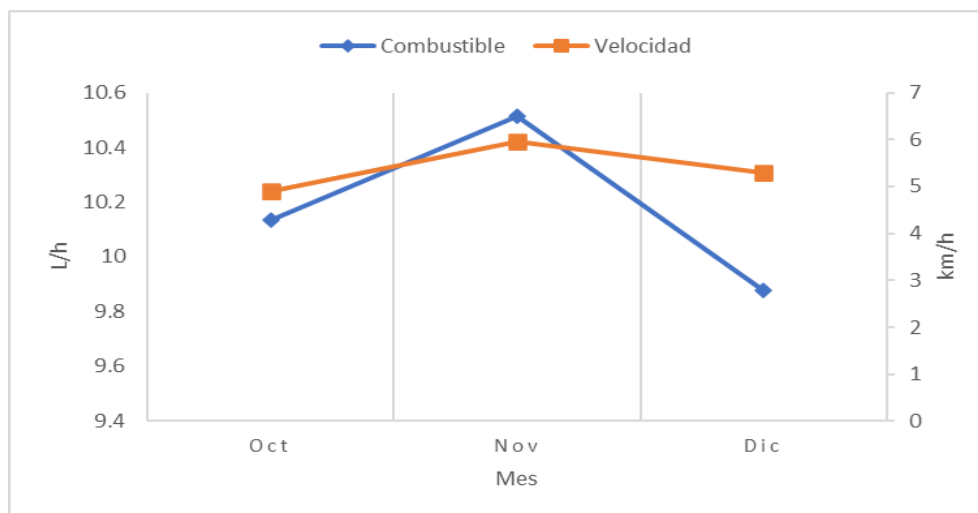
Forrajera John Deere 3955

El promedio de consumo de combustible para la forrajera John Deere 3950 fue de 10.21 L/h, así mismo se obtuvo una velocidad promedio de trabajo de 4.94 km/h. El comportamiento de consumo de combustible oscila entre 9.87L/h a 10.51L/h así mismo el rango de velocidad se encuentra entre 4.90 Km/h a 5.91 Km/h (Figura 15). Los factores que afectan el consumo de combustible son generalmente externos, como es la irregularidad del terreno a cosechar, temporada del año que se realice la cosecha del maíz o sorgo para ensilaje y el estadio de la cosecha. La diferencia principal que tiene la forrajera John Deere 3955 es que esta necesita una mayor cantidad de revoluciones por minuto debido a que esta forrajera es de tiro o de acople semi-integral, aproximadamente 1100.00 RPM, por ende, requiere fuerza de tiro por parte del tractor. Estos factores mencionados generan un consumo de combustible considerable dentro de la producción para conservación de forrajes. El estadio de corte afecta de una manera considerable a las forrajeras ya que si se cosecha entre R5 y R6 las cuchillas se desafilan más rápido y no se tendrá un óptimo trabajo por parte de la forrajera.

Figura 15

Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año de la forrajera John

Deere 3955, utilizando los tractores 6125M

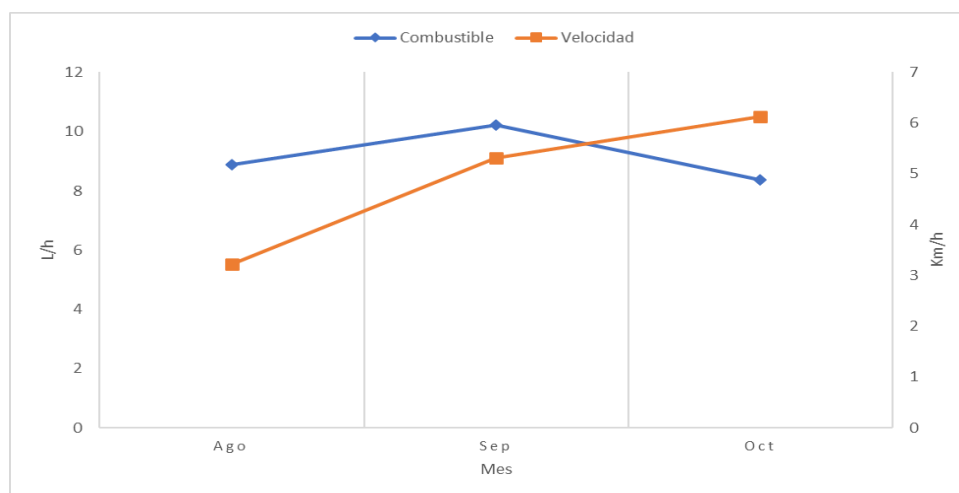


Forrajera New Pecus

El promedio de consumo de combustible para la forrajera New Pecus fue de 9.50 L/h, así mismo se obtuvo una velocidad promedio de trabajo de 5.02 km/h. Los datos obtenidos de la forrajera New Pecus (Figura 16) nos reflejan el comportamiento del consumo de combustible con un rango de 8.38 L/h a 10.27 L/h, y la velocidad que oscila entre 3.22 Km/h a 6.12 Km/h. En referencia al consumo de combustible se ve afectado según González y Lora (2013) por la altura del corte ya que existen irregularidades en el espacio de cosecha ya que este tipo de forrajeras son de acople integral al toma de fuerza delantero, por ende generara un mayor consumo en el tractor. Según Martínez (2017), el estadio de corte juega un papel fundamental en la producción ganadera y al tener un estadio de corte entre R5-R6 de maíz en el caso, hay un mayor porcentaje de materia seca y almidón, el cual resulta en un beneficio nutricional en los animales pero, para la forrajera representa un mayor trabajo, traducido en mayor revoluciones por minuto y consumo de combustible de combustible.

Figura 16

Comportamiento del consumo de combustible y velocidad a lo largo de un año de la forrajera New Pecos, utilizando los tractores 6125M



Pala Niveladora

El promedio de consumo de combustible para la Pala niveladora fue de 6.91 L/h, en este caso no se obtuvieron datos de velocidad de trabajo promedio. La pala niveladora es utilizada para la compactación y la nivelación del ensilaje, existe un gasto de combustible significativo ya que el tractor 6125-01 debe tener acoplada las 4 llantas traseras con un 75% o más de capacidad de agua para una correcta compactación de material, esto genera un consumo de combustible significativo por el peso generado sobre el mismo tractor, según Dumont L et al. (2005) el compactado es uno de los factores fundamentales para tener una buena calidad de ensilaje. Por ende, el compactado y la nivelación, son factores fundamentales en la producción de conservación de forrajes.

Embaladora New Holland 565

El promedio de consumo de combustible para la embaladora New Holland 565 fue de 5.56 L/h, así mismo se obtuvo una velocidad promedio de trabajo de 1.93 km/h. El gasto de combustible de la embaladora, varía en los ajustes para el tamaño de las pacas de heno, así mismo la velocidad juega un papel muy fundamental y el tipo de pasto que se realice el embalado según Ramírez Williams

et al. (2019), los parámetros que se toman en cuenta para un correcto funcionamiento de la embaladora es la correcta transmisión seleccionada, velocidad de trabajo, topografía del suelo, anchura de trabajo, volumen y la correcta labor de hilerado ya que si existen afectaciones de estos parámetros el tractor consumirá más combustible del necesario. Otro factor para tomar en cuenta es el porcentaje de humedad del pasto ya que si existe un porcentaje mayor al 30% se verá afectado el correcto funcionamiento de la embaladora, como resultado ineficiente en las pacas de heno.

Horas Anuales, Porcentaje de Transporte, Ralentí y Trabajo

El vagón forrajero es el implemento que mayor uso tiene dentro de Zamorano con un total de 407.8 horas por temporada anual de cosecha, ya que se encarga de transportar de un lote a otro el material recién cosechado de las forrajeras. A pesar de que el uso del vagón forrajero no concuerda con el número de horas de las forrajeras, se debe a que en Zamorano se utiliza una cosechadora autopropulsada por ende el vagón forrajero tiene un total de horas alto.

Cuando el tractor se pone en marcha y el horómetro empieza a tomar las horas, la plataforma JDLink™ brinda acceso a los porcentajes específicos ya sea de trabajo efectivo, transporte y ralentí. El trabajo efectivo de un tractor es cuando se encuentra en marcha realizando las labores de campo con una velocidad constante, depende del implemento que tenga acoplado y el terreno a trabajar. El transporte es cuando el tractor se mueve ya sea de un lote a otro, el cual llegan a velocidades de 25-30 Km/h. También se considera transporte cuando el tractor lleva acoplado algún vagón o tráiler para llevar de un lugar a otro sin necesidad de realizar trabajos de campo. Según Rocha Hoyos et al. (2018), el ralentí de un motor de combustión interna es cuando se encuentra en marcha, pero sin aplicar una fuerza al acelerador. El motor gira a revoluciones bajas y puede realizar tareas básicas como el accionamiento de bombas hidráulicas y el control de sistemas auxiliares.

En el Cuadro 3 se aprecia que los implementos que tuvieron un mayor porcentaje de ralentí, son los relacionados con los de cosecha, procesamiento y transporte de forraje, esto debido a que las forrajeras trabajan en conjunto con el vagón forrajero el cual cumple la función de almacenar todo el

material procesado y transportarlo, por ende mientras se realizan los trabajos de segado del material, el operario debe de esperar a que el siguiente tractor con el vagón se posicione para seguir recolectando el forraje, por ende el tractor se encuentra encendido sin estar trabajando aumentando el ralentí. Así mismo el vagón forrajero al llegar al silo debe esperar que el tractor anterior descargue el material y el tractor con la pala niveladora compacte y nivele el silo, para así poder descargar el material, utilizando únicamente el sistema hidráulico, por ello como resultado el ralentí aumentara significativamente.

Según Molari et al. (2019) el porcentaje adecuado del ralentí no debe de sobrepasar del 11%, ya que los tractores agrícolas pueden llegar hasta un 43% de ralentí, lo que significa un desperdicio de combustible innecesario representando hasta un 4% del consumo total de combustible. Los 11 implementos evaluados (Cuadro 3) presentaron porcentajes mayores de lo recomendable, esto debido a que, en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, el objetivo principal de los tractores con los respectivos implementos es la enseñanza, por ende, se realizan prácticas de ajustes de implemento, calibración y buenas prácticas de seguridad, por lo cual el tractor permanece encendido tiempos considerables. Estos factores mencionados hacen que el porcentaje de ralentí sobrepase más del 100% del porcentaje adecuado según los fabricantes.

Cuadro 3

Horas anuales por temporada del año 2022, porcentaje de transporte, trabajo y ralentí por uso de implemento con el tractor 6125M

Implemento	Horas anuales (H)	Transporte (%)	Ralentí (%)	Trabajo (%)
Rastra pesada Civemasa GACCR-L	261.2	3.3	23.3	73.4
Asperjador Jacto Columbia 2000	113.5	4.3	24	71.7
Segadora CASE 8312	34.1	4.3	20	75.7
Vagón forrajero John Deere	407.8	8.8	33.5	57.7
Rastras livianas Baldan y John Deere	109.9	4.3	26.1	69.6
Acamador	30.9	2.1	20.9	77
Sembradora de tiro John Deere 1750	314.1	2.4	19.5	78.1
Embaladora New Holland	41.4	2.4	22.6	75
Forrajera John Deere 3955	219.6	2	31	67
Pala Niveladora	76.5	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Forrajera New Pecu	75.4	4.5	34	61.5

Conclusiones

Los implementos que obtuvieron un mayor consumo de combustible fueron los relacionados con la preparación de suelo destacando las rastras pesadas y livianas. Por otro lado, el implemento que demandó menor consumo de combustible fue la embaladora y el vagón forrajero.

En cuanto al consumo de combustible y la velocidad, el vagón forrajero fue el que obtuvo el mejor comportamiento, ya que siempre hubo una relación directa entre consumo de combustible y la velocidad, lo cual no ocurrió con los demás implementos, lo que indica que no solamente la velocidad afectó el consumo de combustible en estos.

Con relación a los porcentajes de tiempos de trabajo efectivo, transporte y ralentí, se encontró con un elevado porcentaje de tiempo en ralentí en todos los implementos, especialmente en los relacionados con la cosecha de forraje para ensilaje.

Recomendaciones

Renovar la flota de tractores de la unidad de maquinaria agrícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, para que cuenten con la herramienta telemática JDLink™ y se monitoreen cada una de las labores de campo a realizar.

Realizar una planificación por cada uno de los lotes de producción de zamorano, para evaluar el rendimiento de consumo de combustible por implemento en litros por hectárea y hectáreas por horas.

Realizar un análisis de costos operativos por cada una de las labores que se realicen en campo.

Referencias

- Acevedo Pérez M, Galves Falcón O, Acevedo Darias M, Marín Darias D. 2022. Evaluación tecnológica y de explotación de la asperjadora Jacto Columbia Cross AD-18 en Villa Clara. *Revista Ingeniería Agrícola*; [consultado el 2 de abr. de 2023]. 12(2):55–59. <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1582/3030>.
- Almaraz A. 2014. Rastras de Discos. Características y sus utilidades. [sin lugar]: [sin editorial]. <https://www.reparatucultivador.com/rastras-de-discos/>.
- Alvarado Chaves A. 2004. *Maquinaria y Mecanización Agrícola*. Costa Rica: [sin editorial]; [consultado el 20 de jun. de 2023]. https://www.google.hn/books/edition/Maquinaria_Y_Mecanizaci%C3%B3n_Agr%C3%ADcola/OCfKpzcwiOgC?hl=es&gbpv=0.
- Barreiro P, Constantino V, Baguena E. 2007. Telemetría JDLINK, la revolución silenciosa; [consultado el 15 de jun. de 2023]. 9. https://oa.upm.es/7285/1/Barreiro_98.pdf.
- Chaparro Castro JM. 1995. Potencia en máquinas agrícolas. *Ing. Inv.* 0(32):4–19. es_ES. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingev/article/view/24803>. doi:10.15446/ing.investig.n32.24803.
- Chen Yi E, Garbers R. 2013. Costos operativos De maquinaria agrícola: Síntesis Básica Para su Cálculo. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 15 de jun. de 2023]. https://media-exp1.licdn.com/dms/document/C4D1FAQF-iwC6MbtAHg/feedshare-document-pdf-analyzed/0/1639871963585?e=2147483647&v=beta&t=xwsbqtYpSOzj4-CA-B_98fRNdbwulhHROV71BLUMnvc.
- Dumont L JC, Anrique G R, Alomar C D. 2005. Efecto de Dos Sistemas de Determinación de Materia Seca en la Composición Química y Calidad del Ensilaje Directo de Avena en Diferentes Estados Fenológicos. *Agríc. Téc*; [consultado el 12 de may. de 2023]. 65(4). https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-28072005000400005&script=sci_arttext. doi:10.4067/S0365-28072005000400005.
- Gleason Alvarez M. 2006. *Maquinaria Agrícola*. *Geografía Agrícola*; [consultado el 28 de feb. de 2023]. 36:129–154. <https://www.redalyc.org/pdf/757/75703611.pdf>.
- González Valdés R, Rodríguez López Y, García Taín Y, Fernández L. 2010. Consumo de combustible de los motores de combustión interna. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*; [consultado el 18 de jun. de 2023]. 19(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2071-00542010000100001.
- González R, Lora D. 2013. Determinación de parámetros de explotación y económicos en el corte de forraje con diferentes máquinas cosechadoras. *Revista Ingeniería Agrícola*. 3(2):31–38. es. <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/607/608>.
- Herman L. 2022. What is JDLINK? 10 FAQs Answering the Basics About Connectivity and Telematics. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 28 de feb. de 2023; consultado el 28 de feb. de 2023]. <https://www.rdoequipment.com/resources/blogs/what-is-jdlink-10-faqs-answering-the-basics-about-connectivity-and-telematics>.

- Hetz E, Reina L. 2013. Consumo y alternativas de ahorro de combustible en la utilización de tractores agrícolas. *La Técnica*; [consultado el 24 de may. de 2023]. (9):6–11. spa. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6087685>.
- Hutton L, O’Conor J. 2021. Energy efficiency and farm vehicle. Australia: NSW Department of Primary Industries; [consultado el 20 de jun. de 2023]. https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0008/1315286/energy-efficiency-and-farm-vehicles.pdf.
- Lago González C, Sepúlveda Peña JC, Barroso Abreu R, Fernández Peña FÓ, Maciá Pérez F, Lorenzo J. 2011. Sistema para la generación automática de mapas de rendimiento. Aplicación en la agricultura de precisión. *Idesia*; [consultado el 28 de feb. de 2023]. 29(1):59–69. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v29n1/art09.pdf>. doi:10.4067/S0718-34292011000100009.
- Manotas Duque DF, Manyoma Velasquez PC. 2022. Análisis económico de alternativas de densificación de residuo Agrícola de cosecha (rac) de caña de azúcar para procesos de Combustión [Tesis]. Colombia: Universidad del Valle. 37 p; [consultado el 1 de jun. de 2023]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/23837/3751%20V335a.pdf?sequence=1>.
- Marote ML. 2010. Agricultura de Precision. *Ciencia y Tecnología*; [consultado el 28 de feb. de 2023]. 10:143–166. <http://dspace.palermo.edu/dspace/bitstream/handle/10226/1373/art%2010%20vol%2010%20ISEU%20Agricultura%20de%20precisi%c3%b3n%20Marote.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Martinez D. 2017. Evaluación nutricional del ensilaje de maíz cosechado en cuatro etapas fenológicas elaborado con tres calibres de picado - CPA-2017-066.pdf. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano; [consultado el 15 de jun. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c472a1b0-00ba-4794-912a-6cdd31fab284/content>.
- Melgar M, Meneses A, Orozco H, Pérez O, Espinoza R. 2012. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala: Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar; [consultado el 17 de abr. de 2023]. 526 p. <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>.
- Molari G, Mattetti M, Lenzini N, Fiorati S. 2019. An updated methodology to analyse the idling of agricultural tractors. *Research Paper*; [consultado el 13 de jun. de 2023]. 187:160–170. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511019308153>.
- Montealegre Fierro HR. 2009. Caracterización de la maquinaria de labranza utilizada en la producción de tabaco en la zona norte del departamento del huila. Colombia: Universidad SurColombiana. 65 p; [consultado el 16 de abr. de 2023]. <https://repositoriousco.co/bitstream/123456789/2914/1/TH%20IA%200073.pdf>.
- Navarro D. 2017. Comparación De Costos De Producción Empleando Dos Sembradoras De Precisión En Agricultura De Conservación Vs. Agricultura Convencional [Tesis]. Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina. 146 p; [consultado el 15 de jun. de 2023]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2719/E16-N38-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ramirez Williams Y, Sotto Batista P, Gonzales Guzman F, (Sin especificar). 2019. Análisis comparativo de nuevas Tecnologías para el empacado de heno en Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*. 9(1):53–58. <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1046>. doi:10.13140/RG.2.2.28326.32325.

- Ramirez Willians Y, Valdés Hernández PA, Sotto Batista PD, Ramos Gonzalez R. 2021. Determinación de los Indicadores tecnológicos y de explotación de la segadora Nogueira SN-165. *Revista Ingeniería Agrícola*. 11(2):55–60. <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1365/2456>.
- Rocha Hoyos JC, Zambrano D, Portilla Á, Erazo G, Torres G, Llanes-Cedeño E. 2018. Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas. //Analysis of Gases of the Engine of a Vehicle through Static and Dynamic Tests. *CIENCIA UNEMI*; [consultado el 15 de jun. de 2023]. 11(28):97–108. <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/711>. doi:10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp97-108p.
- Rodriguez Valverde GE. 2013. Efecto de la altura de cama de siembra sobre el crecimiento del cultivo de la piña híbrido md-2 (ananas comosus var. comosus), en pindeco pacifico, Buenos Aires, Puntarenas. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. 114 p; [consultado el 13 de may. de 2023]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3325/EFEECTO%20DE%20LA%20ALTURA%20DE%20CAMA%20DE%20SIEMBRA%20SOBRE%20EL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Santos Valle S, Kienzle J. 2020. Agricultura 4.0 - Robótica agrícola y equipos automatizados para la producción agrícola sostenible. *Gestion Integrada de Cultivos*; [consultado el 28 de feb. de 2023]. 24:1–25. <https://www.fao.org/3/cb2186es/cb2186es.pdf>.

Anexos**Anexo A***Rastra pesada Civemasa GACCR-L*

Anexo B

Asperjador Jacto Columbia 2000



Anexo C

Segadora CASE 8312



Anexo D

Vagón forrajero John Deere



Anexo E

Rastras Pulidoras Baldan Y John Deere



Anexo F

Acamadora



Anexo G

Sembradora de tiro John Deere 1750



Anexo H

Forrajera John Deere 3955



Anexo I

Forrajera New Pecos



Anexo J

Pala Niveladora



Anexo K

Embaladora New Holland 565

