



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 26/05/2021

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad Neiva

El (Los) suscrito(s):

Juan José Ortiz Rodríguez, con C.C. No. 1075290917,  
\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o pasantía

titulado FOMENTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN MECANIZACIÓN AGRÍCOLA, EN LOS DEPARTAMENTOS DE TOLIMA, HUILA, CAQUETA Y PUTUMAYO presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de

INGENIERO AGRÍCOLA ;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

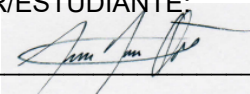
VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:  \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** FOMENTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN MECANIZACIÓN AGRÍCOLA, EN LOS DEPARTAMENTOS DE TOLIMA, HUILA, CAQUETA Y PUTUMAYO

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Ortiz Rodríguez	Juan Jose

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Ardila Marín	Juan Gonzalo

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Pérez Ramírez	Francined Junior

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** INGENIERO AGRÍCOLA

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA O POSGRADO:** INGENIERÍA AGRÍCOLA

**CIUDAD:** NEIVA

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2021

**NÚMERO DE PÁGINAS:** 70

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una **X**):

Diagramas  Fotografías  Grabaciones en discos \_\_\_ Ilustraciones en general  Grabados \_\_\_  
Láminas \_\_\_ Litografías \_\_\_ Mapas  Música impresa \_\_\_ Planos  Retratos \_\_\_ Sin ilustraciones \_\_\_  
Tablas o Cuadros

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento: No



<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 3</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

**MATERIAL ANEXO:** No

**PREMIO O DISTINCIÓN** (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>		<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1.	<u>Agricultura de precisión</u>	<u>Precision farming</u>	6.	_____	_____
2.	<u>Producción agrícola</u>	<u>Agricultural production</u>	7.	_____	_____
3.	<u>Incentivar</u>	<u>Encourage</u>	8.	_____	_____
4.	<u>Fomentar</u>	<u>Foment</u>	9.	_____	_____
5.	<u>(AMS)</u>	<u>(AMS)</u>	10.	_____	_____

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

Este proyecto nace con el objetivo de incentivar y fomentar las buenas prácticas agrícolas con tecnologías y contrarrestar el atraso tecnológico en el agro colombiano, especialmente dado el aumento en la demanda de alimentos, no solo en el país, también a nivel mundial, evidenciando la efectividad de estas tecnologías respecto al aumento de producción, disminución en costos y tiempos de cosecha, haciendo más eficientes las labores. Atendiendo las necesidades de los agricultores, se realizaron actividades como demostraciones en campo, pruebas de rendimiento y capacitaciones para familiarizar a los agricultores con estas tecnologías. Los resultados más relevantes apuntan a la adquisición de equipos de precisión por parte de las grandes empresas, siendo éstas unas de las directamente implicadas en la producción agraria de la región, implementando y actualizando la manera de producción, a su vez influenciando a los pequeños y medianos productores en la adquisición de nuevas tecnologías para el campo.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

The project implementation aims to encourage and promote the use of technology in suitable agricultural practices and counteract the technological backwardness in the Colombian context. It increases due to the demand for food, not only in the country but also worldwide, demonstrating the effectiveness of these technologies regarding production, cost reduction, and harvest time. Activities were carried out in response to farmers' needs to familiarize farmers with new technology as field demonstrations, performance tests, and ongoing training. The most relevant results highlight the big companies' acquisition of precision equipment getting involved in the agricultural production of the region. Thus, they implement and update the production methods influencing small and medium producers to acquire new technology for the countryside.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

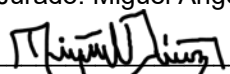
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>3 de 3</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

**APROBACION DE LA TESIS**

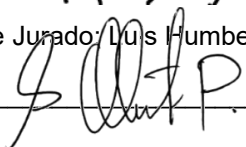
Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: Miguel Ángel Díaz Herrera

Firma: 

Nombre Jurado: Luis Humberto Martínez Palmeth

Firma: 

**FOMENTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN  
EN MECANIZACIÓN AGRÍCOLA, EN LOS DEPARTAMENTOS DE TOLIMA,  
HUILA, CAQUETA Y PUTUMAYO**

JUAN JOSE ORTIZ RODRIGUEZ COD. 20142130598

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERIA AGRICOLA

NEIVA-HUILA

2021

**FOMENTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN  
EN MECANIZACIÓN AGRÍCOLA, EN LOS DEPARTAMENTOS DE TOLIMA,  
HUILA, CAQUETA Y PUTUMAYO**

**JUAN JOSE ORTIZ RODRIGUEZ**

Proyecto de grado en la modalidad pasantía, para optar por el título de  
Ingeniero agrícola

Tutor

**JUAN GONZALO ARDILA MARIN**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

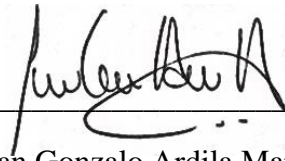
**INGENIERIA AGRICOLA**

**NEIVA-HUILA**

**2021**

Nota de aceptación

El presente documento reporta el trabajo realizado por el estudiante Juan José Ortiz en la empresa CasaToro con sede principal en Ibagué donde se realizó visita de verificación y entrevista con los Jefes inmediatos y el Gerente General. Resulta un primer paso y valioso aporte en la implementación de AP en el sector y en la región y genera reconocimiento de participación para la USCO. Exaltó el trabajo desempeñado por el estudiante.



---

Juan Gonzalo Ardila Marín

Director del proyecto

---

Jurado

---

Jurado

Neiva, Febrero de 2021



## **Dedicatoria**

Principalmente a Dios, por permitir llegar a este momento tan especial en mi vida. A mi madre, por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi proyecto de vida, ser pilar fundamental y demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar las circunstancias. A mi familia y abuelos, por su cariño, por estar siempre presentes y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida. A mi padrastro Héctor Gabriel, por aceptarme en su familia, porque a pesar de no ser su hijo biológico, me acepto como si lo fuera, me brindo todo su cariño, ha sido un amigo, consejero y un padre para mí. A mis hermanos que me impulsan hacer una mejor persona y brindar siempre lo mejor de mí. A mi pareja, Lina Maritza por alentarme y apoyarme en momentos difíciles. A Josué Bercelino, quien me abrió las puertas de su hogar y se convirtió en parte importante de mi formación como profesional, aunque ya no está con nosotros, está presente en mi mente y corazón.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	8
1. INTRODUCCIÓN .....	9
OBJETIVOS .....	10
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN .....	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
2. MARCO CONCEPTUAL .....	14
3. METODOLOGIA .....	16
Mes 1 .....	16
Mes 2 .....	16
Mes 3 .....	16
Mes 4 .....	16
Mes 5 .....	17
Mes 6 .....	17
4. RESULTADOS .....	19
Capacitación .....	19
Reconocimiento de la sede John Deere Ibagué .....	19
Reconocimiento de equipos de Agricultura de precisión (AMS) .....	20
Instalación de Autotrack 200, Monitor 4240 y JDLink (Puerto Boyacá) .....	20
Starfire6000 (receptor): .....	20
StarFire6000 (emisor): .....	20
AutoTrack 200 .....	21
Monitor 4240 .....	21
Arnés Universal .....	21
JDLink .....	21
Descripción de equipos .....	21
Descripción de software .....	22
Proceso de levantamiento y realización de curvas de nivel, con equipos de AMS (Puerto Boyacá) .....	23
Semana técnica (Taller) .....	24
Semana comercial (Asesores) .....	24
Visita técnica hacienda El Escobal (Ibagué) .....	24
Entrega de 9 tractores hacienda Pajonales (Ambalema) .....	25

Instalación de equipos de nivelación iGrade (Pajonales) .....	25
Instalación de equipos de control de flota Auteq 3200 (Pajonales).....	26
Capacitación a operadores en operación Auteq 3200 (Pajonales) .....	27
Curso de preparación de equipos agrícolas analizando las interacciones del sistema suelo, cultivo, implemento y máquina (Campoalegré-Huila) .....	28
Instalación Autotrack hidráulico (Espinal) .....	29
Pruebas de pérdidas de cosechadoras John Deere 1175 Hydro y 6300 Mecánica (Puri) .	29
Instalación de monitor de rendimiento a cosechadora John Deere 955 Mecánica, Hacienda La Pilar (Ibagué) .....	30
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	31
6. CONCLUSIONES .....	45
REFERENCIAS .....	47
REGISTRÓ FOTOGRÁFICO.....	49

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Hectáreas labradas por hora con banderillero vs Equipos de agricultura de precisión. ....	31
Tabla 2. Porcentaje de tiempo de ahorro utilizando equipos de agricultura de precisión ....	32
Tabla 3. Resultad estadístico de análisis de varianza ANOVA del porcentaje de ahorro en tiempo .....	33
Tabla 4. Resultados obtenidos de diferencias significativas en cada uno de los clientes en la prueba de porcentaje de ahorro en tiempo.....	34
Tabla 5. Hectáreas labradas por hora sin AutoTrack Vs con AutoTrack.....	36
Tabla 6. Porcentaje de rendimiento de más utilizando AutoTrack.....	36
Tabla 7. Resultad estadístico de análisis de varianza ANOVA del porcentaje de rendimiento con AutoTrack .....	37
Tabla 8. Resultados obtenidos de diferencias significativas en cada uno de los clientes en la prueba de porcentaje de rendimiento con AutoTrack.....	37
Tabla 9. Perdidas por plataforma de cada una de las cosechadoras .....	38
Tabla 10. Perdidas por zaranda de cada una de las cosechadoras .....	39
Tabla 11. Resultados obtenidos de diferencias significativas por perdidas por plataforma.	39
Tabla 12. Resultados obtenidos de diferencias significativas por perdidas por zaranda.....	40
Tabla 13. Resultados de calibración para la sembradora SEMEATO PD17, de 110kg/ha.	40
Tabla 14. Resultados de calibración para la sembradora SEMEATO PD17, de 120kg/ha.	41
Tabla 15. Resultados de calibración para la sembradora SEMEATO PD17, de 130kg/ha.	41
Tabla 16. Cálculo de ahorro de semilla sin AutoTrack Vs Con AutoTrack.....	42
Tabla 17. Ahorro en diferentes actividades con un precio de combustible de \$8.227,00 Galón .....	42
Tabla 18. Empresas que adquirieron equipos de agricultura de precisión después de las demostraciones realizadas .....	44

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Capacitación Auteq 3200 operadores de 6110M.....	28
Imagen 2. Curvas de nivel realizadas con piloto automático en el municipio de Puerto Boyacá .....	32
Imagen 3. Curvas de nivel del lote 112 en Hacienda Pajonales .....	33
Imagen 4. Balcones para la siembra de maíz, realizados con guiado AutoTrack .....	38

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Actividad de rastra con piloto automático y sin traslape .....	35
Figura 2. Actividad con rastra sin piloto automático y traslape .....	35
Figura 3. Diagrama de propuesta para futuras prácticas agrícolas en agricultura de precisión .....	44

## 1. RESUMEN

El presente trabajo de grado tiene como objetivo el fomento e implementación de la agricultura de precisión en mecanización agrícola desde la empresa CasaToro SA, sede de Ibagué, con la línea agrícola John Deere. Se desarrolló un proyecto de fomento de aplicación de la agricultura de precisión. Donde el estudiante en práctica de Ingeniería agrícola, desempeño el cargo de técnico Agricultural Management Solutions (AMS), en el área de agricultura de precisión. El proyecto trata de fomentar la implementación de nuevas tecnologías en el agro de nuestro país, especialmente en los departamentos de Tolima, Huila, Caquetá y Putumayo.

debido al aumento en la demanda de alimentosLa implementación de este proyecto nace con el objetivo de incentivar y fomentar las buenas prácticas agrícolas con tecnologías y contrarrestar el atraso tecnológico en el agro colombiano, especialmente en el aumento en la demanda de alimentos, no solo en el país, también a nivel mundial, evidenciando la efectividad de estas tecnologías respecto al aumento de producción, disminución en costos y tiempos de cosecha, haciendo más eficientes las labores. Atendiendo estas necesidades de los agricultores, se implementó este proyecto agrícola, el cual realizó actividades como demostraciones en campo, pruebas de rendimiento y capacitaciones constantes para familiarizar a los agricultores con estas tecnologías.

Los resultados más relevantes apuntan a la adquisición de equipos de precisión por parte de las grandes empresas, siendo éstas unas de las directamente implicadas en la producción agraria de la región, implementando y actualizando la manera de producción, a su vez influenciando a los pequeños y medianos productores en la adquisición de nuevas tecnologías para el campo. Con esto se logró sensibilizar a los agricultores sobre la importancia que tiene la tecnología en el Agro, obteniendo buenos resultados siendo mas eficiente en las labores realizadas y ahorrando tiempo, combustible e insumos, volviendo al productor más competitivo con sus productos.

**Palabras claves:** agricultura de precisión, producción agrícola, implementación de nuevas tecnologías al campo, incentivar, fomentar, AMS.

## 2. INTRODUCCIÓN

Con los instrumentos y herramientas necesarias las profesionales y personas directamente relacionadas con el Agro pueden mejorar los resultados obtenidos mejores cosechas tanto en calidad y cantidad, sin dejar a un lado lo ambiental, estos resultados se pueden materializar mediante la aplicación de nuevas tecnologías como la agricultura de precisión AP, optimizando recursos disponibles, disminuyendo costos de producción y minimizando los afectos ambientales que se pueden generar con la mecanización.

Los costos de producción en los cultivos de explotación extensiva con agricultura convencional son altos, especialmente al sobre laboreo y por errores en el momento de realizar enmiendas y/o fertilizaciones, ya sea por el exceso o escasez en la aplicación. En la agricultura de precisión se busca optimizar estos recursos, aplicando la cantidad exacta y requerida, en el sitio adecuado y momento oportuno, lo cual tiene un enorme potencial en la gestión agropecuaria en todo tipo de empresa que se encargue a la agricultura, disminuyendo los impactos ambientales negativos, obteniendo mejores cosechas tanto en calidad y cantidad y mejorando la competitividad en los mercados globales que cada vez son más estrictos.

La realización de capacitaciones, pruebas y demostraciones en campo son de vital importancia ya que con esto se logra modificar el pensamiento sesgado que algunas personas tienen al respecto del uso de la tecnología en el Agro. Estas capacitaciones y demostraciones van correlacionadas y enfatizadas al ahorro de tiempo e insumos, convirtiendo este ahorro de tiempo en dinero, que es uno de los factores más influyentes a la hora de adquirir nuevos equipos especialmente tecnológicos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

- ✦ Fomentar la implementación de buenas prácticas agrícolas, enfocadas en la mecanización agrícola con equipos de agricultura de precisión (AMS), inculcando en los agricultores que la adquisición de maquinaria con nuevas tecnologías es beneficiosa en todos los sentidos (agronómico, ecológico y ambiental).

#### **Objetivos específicos**

- ✦ Mostrar a operadores nueva tecnología en agricultura de precisión y capacitarlos en el manejo de esta.
- ✦ Comparar la agricultura de precisión con el proceso de agricultura convencional, tomando como factor de respuesta los costos de preparación y siembra de cada una de ellas.
- ✦ Establecer una metodología para futuras prácticas e investigaciones en la agricultura de precisión.

#### 4. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La agricultura es uno de los pilares de funcionamiento de un país como Colombia, ya que esta área abastece en gran parte la demanda alimenticia del país y a su vez genera un gran número de empleos directos e indirectos. A comienzos de los 60s y principios de un nuevo siglo, el sector agropecuario colombiano registro un crecimiento anual relativamente alto. Entre 1960 y 2001 el Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario aumentó 3,4% anual, pero dentro de unos parámetros de crecimiento con tendencia decreciente. En los años 60s el PIB agropecuario registró un aumento promedio anual superior al 5% anual, en los 70s de 4,6% en los 80s se redujo a 2,9% y en la década de los 90s apenas el 1,2% anual. En comparación con la economía en su conjunto, el sector agropecuario mostró menor dinamismo. Entre 1970 y 2001 el PIB total aumentó en 4,2% promedio anual, 5,4% en los 70, 3,5% en los 80s y 3,0% en los 90s. Como consecuencia, la participación de la agricultura en la composición del PIB total, medido a precios corrientes, se redujo de 25,3% en 1970 a 11,4% en 2001 (Balcázar, 2002). Por lo tanto, el crecimiento de la agricultura en nuestro país es muy fluctuante, ya que no depende directamente de nuestra economía interna.

Gracias al crecimiento interno en la agricultura se vio incrementado considerablemente el uso de insumos agrícolas y esto a su vez incrementó el rendimiento de los cultivos, gracias a estos y otros aspectos como la mecanización, durante todo el año en un monocultivo aplicando grandes cantidades de agua, fertilizantes y plaguicidas (Castellamos & Perez Morales, 2016).

El constante crecimiento de la población colombiana exige cada día más al agro, por otro lado la dificultad en acceso y disponibilidad de recursos naturales, hace evidente la falta de planeación y organización en estos aspectos, en el momento de pensar en un plan integrado dirigido al agro, se deberá tener en cuenta la relación entre la mecanización agrícola y los recursos naturales debe de verla como un sistema integrado, donde la máquina interactúa con cada recurso y a la vez los recursos entre sí, donde la contaminación de uno afecta al otro (Díaz Rodríguez & Pérez Guerrero, 2007).

La rapidez con la que la tecnología avanza es sorprendente, esta es aplicable en innumerables áreas como la salud, economía, comunicaciones, transporte, etc.; también es aplicable en las áreas de agricultura, en procesos de preparación, siembra y cosecha, ayudando de forma rápida y económica en estos procesos, viendo los resultados en la disminución en tiempo y costos de las diferentes labores agrícolas y finalmente reflejado en el incremento en el rendimiento del cultivo, optimizando el uso de recursos hídricos, fertilizantes y pesticidas, entre otras funciones.



Cuando se inicie la aplicación de la Agricultura de Precisión y se generalice a los principales cultivos del país sembrados en grandes extensiones de tierra, los cuales requieren de labores mecanizadas, se lograrán ahorros importantes a la economía y se reducirán las afectaciones medioambientales, al controlar el uso de fertilizantes químicos y limitarlos sólo a aquellas zonas en que por su carencia sea necesaria su aplicación (Quevedo, Rodríguez, Hernández, & Freire, 2006), a su vez aplicando una cantidad exacta de fertilizantes la eficiencia de uso de los nutrientes puede mejorarse aumentando la eficiencia de recuperación del nutriente disponible y/o la eficiencia de uso del nutriente absorbido (Andrade, 2009), teniendo en cuenta que estamos sujetos al cambio climático con posibles efectos negativos sobre los cultivos en algunas regiones (Wheeler & Von Braun, 2013).

Los rendimientos por hectárea implementando equipos de AMS son de un diez a veinte por ciento más según John Deere, dependiendo de algunos factores como clima, manejo agronómico, riego, plagas, etc. Implementando estas nuevas herramientas tecnológicas, el tiempo de cada actividad se disminuirá considerablemente, en las labores de preparación como en un pase de rastra, ya que el monitor que se encuentra dentro del tractor le informará al operador en qué partes del terreno ya ha pasado y así evitará el sobre laboreo del suelo, ahorrando tiempo y combustible.

En los departamentos del Huila, Tolima, Caquetá y Putumayo, los estudios realizados con agricultura de precisión son muy pocos y no se encuentran registro de ellos. Actualmente el Sena tiene en su oferta académica, carreras técnicas como agricultura de precisión y Mecanización agrícola (SENA, 2020), lo cual ayudaría a la implementación de estas tecnologías en el agro en estos departamentos, otras entidades privadas como Casatoro S.A., Jhon Deere y Fomentas, se encuentran de lleno trabajando en la aplicación de estas nuevas tecnologías, ofreciendo cursos de mantenimiento, calibración y operación de equipos de AP e implementos agrícolas a personas que se encontrarán en constante contacto con esta tecnología, por ende para su correcto funcionamiento y correcta utilización deben tener un conocimiento amplio de su funcionamiento. Al implementar esta nueva forma de agricultura el operador tendrá que aumentar su conocimiento cultural, científico y técnico, con el propósito de realizar una buena manipulación de estas modernas técnicas altamente sensibles (Quevedo *et al.* 2006). Este proyecto es soportado con ayuda indirecta del SENA, ya que esta entidad cuenta con una oferta educativa relacionada con el tema de agricultura de precisión, apoyando e incentivando a las nuevas generaciones el uso de estas tecnologías a corto y largo plazo.

## **5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los efectos que tiene la maquinaria sobre el medio ambiente no han sido los mejores, las máquinas son las unidades energéticas para el trabajo agrícola, estas producen un impacto negativo sobre el entorno ambiental sobre los suelos, las aguas y la atmósfera (Hunt, 1983), con la implementación de equipos de agricultura de precisión, se pretende optimizar el uso de los recursos naturales, bajar costo de producción, disminuir la contaminación ambiental, la degradación de los suelos agrícolas y aumentar la producción, disminuyendo la utilización de plaguicidas y fertilizantes en la actividad agrícola para obtener una disminución en la contaminación de suelos y fundamentalmente del agua, tanto superficial (ríos, lagos) como subterránea (acuíferos) (Martino, y otros, 2009).

En los departamentos del Huila, Tolima, Caquetá y Putumayo, la agricultura de precisión (AMS) es poco conocida y por lo tanto no es muy implementada, estos departamentos por su gran producción agropecuaria son potenciales usuarios de estas tecnologías. El proceso de transición de labranza convencional con máquinas cien por ciento mecánicas a máquinas con tecnología es complejo, ya que la mayoría de los operarios son personas de edad y algunos son reacios a estas tecnologías, con demostraciones en campo, capacitaciones se podrá disminuir ese sentimiento de escepticismo por parte de los operarios respecto a los avances tecnológicos, como el piloto automático y otros equipos de agricultura de precisión (AMS).

Teniendo personas con los conocimientos necesarios, la capacidad de transmitir esta información e incentivar a las personas directamente involucradas con la producción, se podría obtener un agro vanguardista con una agricultura moderna. En este sentido, la aplicación de la Agricultura de precisión AP puede mejorar la sostenibilidad y la competitividad de la agricultura colombiana, teniendo un plus frente al mercado internacional.

## 6. MARCO CONCEPTUAL

La agricultura de precisión AP nació en Estados Unidos, como un proyecto que anualmente se retroalimentaba, y donde el único objetivo finalizaba con la realización de dosis variable de insumos agrícolas. En este proyecto se introdujo tecnología de información para adecuar el manejo de suelos con variabilidad natural y/o inducida presente en el terreno (García & Flego, 2008).

La agricultura al ser la principal fuente de producción de alimento en el mundo, necesita contar con nuevas tecnologías que ayuden con los procesos de producción, antes, durante y después de la cosecha, la agricultura de precisión ha demostrado ser de mucha ayuda en el manejo y uso adecuados de los suelos y los cultivos establecidos, teniendo presente la variabilidad en el mismo, esto gracias a que agricultura de precisión (AP) involucra tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores, satélites e imágenes aéreas junto con Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estimar, evaluar y entender dichas variaciones (Marote L, 2010).

La industria de la tecnología conocemos los llamados vehículos de guiado automático, es decir vehículos autónomos, sin conductor que realizan actividades específicas, el área de la agricultura no es ajena a estos avances tecnológicos que son usados en labores agrícolas como preparación, siembra, fertilización y cosecha (Pedroza *et al.*, 2007). En el Agro el AutoTrack es el equipo encargado del guiado automático (Deere, 2021), la principal fuente de información para la navegación autónoma de vehículos en exteriores es proporcionada por los sistemas de posicionamiento global (GPS) (Urmson *et al.*, 2006) con esto se puede realizar el guiado del vehículo en tiempo real con una gran precisión (Milanés *et al.*, 2008), para que el guiado tenga mayor precisión el receptor del GPS requiere mínimo de 4 satélites para determinar su posición actual (x,y,z) con un error inferior a 20 metros. Sin embargo, es posible reducir este error a un valor inferior a dos centímetros si se recibe la señal procedente de cinco satélites a través de un sistema de posicionamiento global con corrección diferencial (DGPS-RTK) (Wright *et al.*, 2003). El problema presente en este modo de navegación es la posible pérdida de señal por la presencia de obstáculos (arboles, túneles, edificios) por ello se recomienda la ubicación de GPS que funcionara como estación en un lugar elevado.

El cálculo de las trayectorias y de las curvas de nivel, se hacen base a la topografía del terreno y la corrección del guiado. En el cultivo de arroz se realizan curvas de nivel teniendo en cuenta su micro relieve, tratando de construir estas curvas suaves para facilitar el movimiento del agua en el terreno y la realización de las mismas con el guiado automático (Pedroza *et al.*, 2007).

Las pantallas o monitores integrado dentro de los tractores son de vital importancia en todo el proceso de AP, ya que es allí donde el operador estará informado de toda lo que sucede en el tractor durante las laboras que está realizando, por su parte el operador tendrá autonomía de modificar actividades, guardar trabajos así obteniendo registro de cada labor, mapas de cobertura, siembra, levantamiento entre otros (Deere, 2021).

En Colombia la agricultura de precisión se aplicó inicialmente a diversos cultivos de importancia estratégica y económica para el país como el banano, forestales, caña de azúcar y cultivos semestrales como arroz, maíz y algodón, mediante los centros de investigación, sectores agropecuarios, instituciones gubernamentales como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y el ICA, generando información detallada y desarrollando mapas de cobertura, grupos de suelos, balance hídrico, drenaje y entre otros mapas, de bastante interés para los investigadores y productores agrícolas (Romero, Araque, & Forero, 2008).

En áreas de producción pequeñas, las pérdidas por solapamiento se podrían considerar relativamente bajas, pero estas mismas pérdidas en grandes áreas de producción son considerables, con ayuda de la agricultura de precisión AP, donde intervienen el piloto automático y el GPS, se pretende eliminar estas pérdidas, también se pueden generar mapas topográficos y proponer sistemas de drenaje y estimar con mayor confianza el tamaño de los lotes y división de las plantaciones en el caso que sean necesario (Sanz, Romero, Bolivar, García, & Cuéllar, 2007).

## **7. METODOLOGIA**

El proceso de capacitación del pasante y la realización de su pasantía tal como se ha descrito inició en la ciudad de Bogotá y culminará en la ciudad de Ibagué.

### **Mes 1**

Inicialmente se hizo la primera capacitación del pasante en la ciudad de Bogotá, en la cual se abordaron temas referentes a la empresa, como historia, origen, objetivos, procesos en general, etc. Terminada la capacitación se procedió al desplazamiento de cada uno de los pasantes a sus perspectivas regionales, una vez allí se presentaron con los gerentes de cada sede, los cuales tenían previamente un plan de trabajo para cada uno de los pasantes. En las dos semanas siguientes se realizó el reconocimiento de todas las áreas de sede, conociendo los procesos que se realizan en cada una de estas.

Seguidamente se realizó la segunda capacitación del pasante mediante el reconocimiento e identificación de cada uno de los equipos de agricultura de precisión, como referencias, modelos, y en los procesos de conexión e instalación y los modelos de las máquinas a las cuales se les pueden instalar dichos equipos. Se detalló la lista de interesados en el plan de capacitaciones mediante pruebas y demostraciones de campo.

### **Mes 2**

Inicio de pruebas y demostraciones de campo. Se desplazó al municipio de Puerto Boyacá en el cual se realizó la instalación de un piloto autotrack 200, un monitor JD 4240 y un JDLink, en un tractor 6603 cabinado de 120 HP, estos equipos se instalaron para la preparación y siembra del cultivo arroz. Con estos equipos se realizó el levantamiento de los lotes, diseño de curvas de nivel para riego. En la semana siguiente se dispuso a viajar con los técnicos a realizar mantenimientos.

### **Mes 3**

Tercera capacitación del pasante, una semana estuvo con el asesor Walter Erney Sanchez Marroquín, el cual le explicó los procesos de venta, trato con el cliente, información importante sobre las máquinas, tractores más comercializados y sus características. En la semana dos se continuó con las pruebas y demostraciones de campo, hizo la visita técnica a la hacienda El Escobal, en la cual realizó una demostración de curvas de nivel para el cultivo de arroz. En la semana tres y cuatro entregó, a la hacienda Pajonales, 5 tractores 6110M y 4 tractores 6175M de fabricación alemana.

### **Mes 4**

Continuando con el plan de pruebas y demostraciones de campo, instaló equipos de nivelación iGrade en dos tractores 6110M de la hacienda Pajonales. Realizó la instalación de

equipos de control de flota (Guide Fleet) en toda la flota de tractores de Pajonales: 7 tractores 5055E, 2 tractores 5090E, 5 tractores 6110M, 4 tractores 6175M y la parametrización de Equipos Auteq 3200 de control de flota.

### Mes 5

Dentro del plan de pruebas y demostraciones de campo, realizó la capacitación para todos los operarios de Pajonales para la implementación de los equipos Auteq 3200, el pasante les enseñó para qué sirven y su correcto funcionamiento. Curso teórico práctico de preparación de equipos agrícolas analizando las interacciones del sistema suelo, implemento y máquina. El pasante no estuvo solo, contó con el apoyo y la experiencia de la Fundación Fomenta, Casatoro S.A, el SENA y Fedearroz, en el municipio de Campoalegre en el departamento del Huila.

### Mes 6

Para culminar el plan de pruebas y demostraciones de campo, instaló un piloto hidráulico a un tractor 6125E en el municipio de Espinal en el departamento del Tolima. Realizó las pruebas de análisis de pérdidas a dos cosechadoras John Deere 1175 Hydro y 6300 Mecánica, en el municipio de Puri en el departamento del Tolima. De la misma manera propuso un monitor de rendimiento a una cosechadora John Deere 955 Mecánica, en la hacienda La Pilar. Obteniendo información suficiente para elaborar el informe de comparación entre convencional y nuevas tecnologías.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES							
#	ACTIVIDADES	MES					
		1	2	3	4	5	6
1	Capacitación	X					
2	Reconocimiento de la sede John Deere Ibagué	X					
3	Reconocimiento de equipos de Agricultura de precisión (AMS)	X					
4	Instalación de Autotrack 200, Monitor 4240 y JDLink (Puerto Boyacá)		X				
5	Proceso de levantamiento y realización de curvas de nivel, con equipos de AMS (Puerto Boyacá)		X				
6	Semana técnica (Taller)		X				
7	Semana comercial (Asesores)			X			

<b>8</b>	Visita técnica hacienda El Escobal (Ibagué)			X			
<b>9</b>	Entrega de 9 tractores hacienda Pajonales (Ambalema)			X			
<b>10</b>	Instalación de equipos de nivelación iGrade (Pajonales)				X		
<b>11</b>	Instalación de equipos de control de flota Auteq 3200 (Pajonales)				X		
<b>12</b>	Capacitación a operadores en operación Auteq 3200 (Pajonales)					X	
<b>13</b>	Curso de preparación de equipos agrícolas analizando las interacciones del sistema suelo, cultivo, implemento y máquina (Campoalegré-Huila)					X	
<b>14</b>	Instalación Autotrack hidráulico (Espinal)						X
<b>15</b>	Pruebas de pérdidas de cosechadoras John Deere 1175 Hydro y 6300 Mecánica (Puri)						X
<b>16</b>	Selección de monitor de rendimiento a cosechadora John Deere 955 Mecánica, Hacienda La Pilar (Ibagué)						X

## **8. RESULTADOS**

### **Capacitación**

El tiempo de la instancia en Bogotá fue de dos semanas, en las cuales todos los días recogían a los estudiantes en la puerta del hotel y posteriormente desplazaban hasta la sede central John Deere a las afuera de Bogotá Yerbabuena.

En estas dos semanas se trataron temas específicos, también se estableció cuáles eran las responsabilidades de cada uno de los estudiantes allí presentes, ya que eran de diferentes partes del país, (3 de Bogotá, 2 de Montería, 2 de Villavicencio, 1 de Yopal, 1 de Ibagué, 1 Neiva). De igual manera, en esta capacitación se tocaron temas como el de agricultura de precisión, mecanización, implementos agrícolas, reconocimiento de las principales partes del tractor, historia y origen de la empresa John Deere.

Se realizaron simulacros de asesorías entre los participantes, bajo diferentes circunstancias, esto con el objetivo de familiarizar a los pasantes con la empresa y evaluar un poco los conocimientos obtenidos durante cursos virtuales que tomaron los estudiantes dos semanas antes de viajar a la ciudad de Neiva.

Por último, dividieron a todos los participantes en grupos de tres personas y se les proporciono ejemplos de proyectos productivos a cada uno para hacer una presentación, en la cual debían exponer un modelo de producción acorde a la situación dada, maquinaria acorde, manejo agronómico y beneficios de este proyecto de acuerdo con las maquinas recomendadas.

### **Reconocimiento de la sede John Deere Ibagué**

El reconocimiento de la sede se realizó con Edgar Villamil, gerente de esta sede, durante una semana. El recorrido empezó por el área administrativa, donde se encuentra la secretaria de gerencia; luego el área de ventas, donde se encuentran los asesores y la bodega y, por último, el área de taller y post-venta, en la cual se realiza todo lo referente a las garantías, alistamiento y mantenimiento.

En esa semana se encomendó a cada pasante estar un día en cada una de estas áreas para conocer los procesos de cada una de ellas. En el área administrativa con el objetivo de conocer cómo se realizan los pedidos y traslados desde puerto hasta la sede. En el área de ventas de repuestos conocer la plataforma SPIGA, en la cual se encuentra todo el inventario de repuestos a nivel nacional. En el área bodega todo lo respecto a despacho y traslado de repuestos de una sede a otra. En el área de taller procesos de recepción de máquinas, aprender el conducto regular a seguir, diagnóstico a realizar por el técnico, pedido de repuestos a bodega, reparación y mantenimiento y por último en esta área, conocer los procesos de



alistamiento y entrega de tractores, cosechadoras e implementos nuevos a sus respectivos dueños.

### **Reconocimiento de equipos de Agricultura de precisión (AMS)**

En esta actividad, tuvimos el acompañamiento del Ing. Francinet, el encargado de estos equipos, quien nos enseñó cada uno de los equipos y elementos usados en AMS como: monitores 2630, 4240, 4640, AutoTrack 200 (Piloto automático), los arneses usados para cada uno de los tractores, ya que los nuevos tractores solo se les conecta el piloto, sin necesidad de instalar arneses, el equipo JDLINK, el cual rastrea y monitorea algunas funciones del tractor como: el nivel de combustible, tiempo de encendido, tiempo en ralentí, temperatura de motor, velocidad, ubicación, entre otras. Estas funciones se pueden monitorear dependiendo de la tecnología del tractor, ya que, si la maquina es mecánica no se pueden monitorear todas estas funciones. Por otra parte, se hizo el reconocimiento del equipo iGrade, el cual es un equipo de nivelación, mediante una pala niveladora y una computadora que se instala en el tractor, esta realiza su trabajo de acuerdo con un mapa de corte y relleno ya previamente realizado, cuando el tractor avanza la computadora da una señal que hace subir o bajar la pala, ya sea para cortar o rellenar, según lo recomendado por el mapa de corte y relleno.

### **Instalación de Autotrack 200, Monitor 4240 y JDLINK (Puerto Boyacá)**

Se viaja hasta el municipio Puerto Boyacá, que se encuentra a 4 horas aproximadamente de la ciudad de Ibagué. Una vez allí se desplaza hasta una vereda del municipio de Puerto Boyacá, donde será el lugar de trabajo.

Una vez en el sitio, se consiguió acomodación ya que la estancia en la vereda sería poco más de una semana, el proceso de instalación se realizó en dos días, en el primero se preparó el tractor en el cual se instalaron todos los equipos, ese mismo día se desmontó parte de la cabina para poder trabajar mejor y se alistaron todos los equipos, herramientas y demás elementos necesarios para la instalación. Al día siguiente, se comenzó con las instalaciones:

**Starfire6000 (receptor):** Este equipo se debe instalar en la parte superior de la cabina, y centrado respecto a los ejes, esto se realiza con ayuda de un bastidor que se instala encima del tractor con dos tuercas, dos tornillos y algunos suplementos para darle altura y nivel al bastidor. Seguidamente se ajusta el soporte del StarFire6000 que se instala en el bastidor, este se ajusta en la parte central del mismo bastidor y del mismo tractor, finalizando este proceso, se procede al ajuste del StarFire6000 en su respectivo soporte. Este equipo funcionaría como receptor ya que recibirá la señal de otro StarFire6000 que estará como base.

**StarFire6000 (emisor):** Este equipo es configurado como base y fue el encargado de enviar la señal al StarFire6000 que se encuentra en el tractor. Para la configuración de este se debe conectar al tractor. Una vez conectado en el monitor se configura la señal del equipo como si fuera base de estudio rápido, ya que si este equipo se estuviese moviendo, tendría que modificar su posición GPS, realizada esta acción, se monta el StarFire6000 en un trípode, su ubicación debe ser

preferiblemente en una parte alta, donde se logre observar todo el terreno a trabajar, esto con el objetivo de que no haya obstáculos que puedan interferir con la señal y comunicación entre los equipos. Este StarFire6000 debe estar alimentado con una batería de corriente constante (12 Voltios), en este caso la alimentación se realizó con una batería de moto.

**AutoTrack 200 o piloto automático:** Para la instalación de este, se retira el volante original del tractor y se reemplaza por el nuevo equipo. Este se encaja con la caña del tractor y se ajustan las tuercas que se encuentran en el equipo, esto con el objetivo de que cuando el motor del AutoTrack 200 no gire cuando este comience a funcionar, ya que se quiere que solo gire el volante y no todo el equipo.

**Monitor 4240:** Es una pantalla de 8,4 pulgadas, esta se instala en la parte izquierda de la cabina, con antelación se realizó un soporte para el monitor, se hizo el montaje del soporte y el monitor con ayudas de unas mariposas que se encuentran en la parte trasera de los monitores.

**Arnés Universal:** A este conjunto de cables se empalma el AutoTrack 200, Monitor 4240 y StarFire6000, estos se conectan entre sí para su correcto funcionamiento. La alimentación de estos equipos es obtenida de la batería del tractor, por lo tanto, el arnés es conectado desde la batería, este arnés pasa por un lado del motor conectándose una derivación al alternador, entra a la cabina por la parte inferior de la misma y dentro de la misma se reparten las conexiones de los equipos, para su posterior alimentación y funcionamiento.

**JDLink:** Es una computadora que se instala dentro de la cabina, su ubicación no es exacta, por lo tanto, se puede montar en cualquier parte de esta, preferiblemente no muy visible. Este equipo es alimentado directamente de la batería, el cual se puede conectar al arnés universal o conectando directamente a una la batería junto al bloque de empalme del suiche del tractor.

Todas estas instalaciones se realizaron en un tractor 6603 de 125 HP.

### **Descripción de equipos**

- **StarFire<sup>TM</sup>6000:** Receptor capaz de recibir y enviar señal tanto GPS como GLONASS, está equipado con tres niveles distintos de precisión SF1, SF3 y RTK, que se adapta a diferentes labores culturales de labranza, preparación y siembra.

Precisión de señal:

- SF1 precisión más o menos 15 cm
  - SF3 precisión más o menos 3 cm
  - RTK precisión más o menos 2,5 cm
- **Monitor 4240:** Monitor con una pantalla táctil de 8,4", este monitor es el cargado de monitorear y proporcionar control total sobre la máquina, en ella se reflejará todo lo referente a la labor que esté realizando.

Cuenta con tecnología:

- Piloto Automático Autotrack
  - Tasa Variable
  - Control de Secciones
  - Data Sync
  - Documentación
  - Acceso al display
  - Envío remoto de proyecto de líneas
- 
- AutoTrack 200: Es un piloto automático que junto con el monitor y el StarFire6000, toman el control de la maquina cuando se necesite precisión, en la realización de líneas como por ejemplo para la pre-siembra y siembra de maíz y también para la realización de curvas de nivel para el cultivo de arroz. Ahorrando tiempo y haciendo más eficiente cada actividad.
  - JDLink: Un equipo de comunicación telemétrica, que permite el control de operaciones en campo desde cualquier lugar y en todo momento, aparte de enviar información respecto al estado de la máquina.

### **Descripción de software**

Los softwares como T3RRA DESING y T3RRA CUTTA, especializados en agricultura de precisión permiten diseñar y evaluar múltiples opciones de formación de terrenos para campos en poco tiempo, sirvieron de para el levantamiento de lotes, diseños de curvas y movimientos de suelo. A continuación, se describen cada uno de ellos.

- T3RRA DESING: Software de diseño de terreno de escritorio profesional creado para los agricultores profesionales, con el cual se puede lograr cualquier diseño de movimientos de tierra, curvas de nivel, simulaciones de lluvias animadas exclusivas para comparaciones de diseños de drenajes naturales y curvas de nivel, diseño de terrazas o piscinas y desagües, exportación de líneas de guiado de tractor para curvas de nivel.
- T3RRA CUTTA: Viene con T3RRA Design, un paquete integral de diseño de escritorio. Sistema de formación de terrenos en cabina más avanzado del mundo. Junto con el iGrade de John Deere, permite inspeccionar, diseñar, optimizar e implementar operaciones de movimiento de tierras con facilidad, logrando el mismo resultado de movimientos de agua, ahorro en combustible, equipo, mano de obra y tiempo, mejora de la eficiencia del drenaje y las oportunidades de riego.
- JDLink Mobile App: Aplicación móvil enlazada con JDLink un sistema telemático de John Deere diseñado para productores y administradores que desean aumentar la productividad y eficiencia desde la oficina. Los usuarios pueden gestionar el funcionamiento en tiempo real sin estar en la cabina de la máquina. Proporciona información esencial de la máquina, como la

ubicación, horas de máquina y alertas. Permite la asistencia remota con diagnóstico a distancia a través del sistema Service ADVISOR™ Remote.

Se debe tener en cuenta que para los tractores de serie 5E y 6J la información y datos recolectados será limitada por la tecnología de los mismos tractores. Datos importantes que toma son: tiempo de encendido, consumo de combustible, tiempo en ralentí, temperatura del motor, todo esto con el objetivo de monitorear la actividad del operario, evaluando la eficiencia y pro actividad del mismo.

### **Proceso de levantamiento y realización de curvas de nivel, con equipos de AMS (Puerto Boyacá)**

Finalizado el proceso de instalación de los equipos de precisión se realizó a una breve explicación al operario de cómo se deben operar los quipos, principalmente el monitor 4240 y el AutoTrack 200, como se describe a continuación:

Para el inicial el levantamiento del terreno se debe configurar en el monitor y seleccionar la función de campos y contornos, allí se comenzará a delimitar el lote, el tractor debe ir por todo el límite del lote grabando todo su recorrido, para finalizar el límite, el tractor debe llegar donde comenzó a realizar el recorrido para que los equipos cierren el área. Una vez hecho el límite se hace el levantamiento del terreno, para este acción se debe configurar en “labor a realizar”, allí se selecciona la actividad de levantamiento y se procede inicialmente a recorrer el lote de extremo a extremo, antes de realizar este recorrido se selecciona “iniciar trazada” allí se tomarán dos puntos, uno inicial, el cual será uno de los extremos del lote y el punto final será el otro extremo del lote y se trazará una línea recta entre estos puntos y aparecerán varias líneas a una distancia determinada por nosotros, el tractor debe recorrer todas estas líneas marcadas en el monitor, ya que mientras las recorreré los equipos van tomando punto de altimetría en todo el lote.

Finalizado los procesos de levantamiento, se extrae la información del lote en una USB para la transformación de los puntos de altimetría tomados en un mapa de elevación, esto se realiza mediante el programa T3RRA design (T3D), hecho el mapa de levantamiento se realizan las cuervas de nivel de acuerdo a la topografía del terreno, la distancias entre las curvas o las pendientes, puede ser modificada y así determinar el mejor diseño de curvas.

En casos donde los lotes no son uniformes, se puede realizar el diseño de las curvas, dividiendo el lote en sub-lotes y así hacer diferentes diseños dentro del mismo lote para un mejor manejo del recurso hídrico.

Realizado el diseño de las curvas de nivel se introducen en un USB y la misma se ingresa en el monitor para extraer la información, hecho este pasó, se desplaza hasta el lote, se seleccionan las curvas de nivel y se procede a la realización de estas en el lote con ayuda de la Taipa. Para que el piloto se active se debe conectar y el tractor estar de frente a la línea,

esto se logra observando el monitor ya que allí se detecta en donde debe ir la curva y en donde está el tractor, una vez el tractor esté frente a la curva, ésta cambia de color azul a blanco, cuando cambie de color se debe activar el AutoTrack y este tomará el control del tractor, el operador solo debe acelerar y frenar cuando la curva llegue al límite del lote, finalizada una curva el operador debe ponerse de frente a otra curva y hacer el mismo procedimiento.

En el transcurso de los días el operario aprendió el manejo de los equipos, a tal punto que realizaba el límite del lote, el levantamiento y las curvas, pero el diseño de las curvas no lo logró hacer, ya que era un señor de avanzada edad.

### **Semana técnica (Taller)**

En la semana técnica se realizó acompañamiento a los técnicos, que realizaban mantenimientos tanto preventivos como correctivos, todos los días se desplazaban a diferentes lugares dentro del departamento del Tolima y Huila, esto con el objetivo de conocer un poco más del procesos de mantenimiento y las recomendaciones de cambio de aceite, filtro, etc., por otra parte observar cómo se reciben tractores para su mantenimiento, como se deben pedir los repuestos a la bodega para poder reparar las máquinas y entrega de las mismas una vez reparadas.

También se realizó el alistamiento de dos tractores 5070E para su posterior entrega en el municipio de Espinal.

### **Semana comercial (Asesores)**

En la semana comercial se acompañó a uno de los asesores durante la jornada laboral, para aprender cuál es el conducto que regularmente se debe seguir cuando se visita un cliente, por ejemplo, cuando éste hace el pedido una cotización, pedido de repuestos, pedido de tractores (cuando ya están vendidos), reuniones con clientes, como se debe hablar con un cliente nuevo, qué hacer cuando se realiza una visita a un cliente nuevo, cuáles son las principales funciones que al cliente le interesan de las maquinas, y los métodos de financiación.

### **Visita técnica hacienda El Escobal (Ibagué)**

Se realizó la visita a la hacienda El Escobal, con el objetivo de determinar el estado de los equipos de agricultura de precisión con los que contaba la hacienda, ya que estos tenían bastantes años de uso y algunos estaban fallando. Se determinó que algunos StarFire3000 con los que ellos contaban se habían quemado, los monitores 2630 contaban con fisuras, en mal estado y algunas no funcionaban correctamente.

También, se realizó una demostración de los nuevos monitores 4240 y StarFire6000, con la intención de motivar a la actualización de los equipos de agricultura de precisión en esta hacienda, ya que se estaban presentando pérdidas por rendimiento en las actividades.

La demostración de estos equipos se llevó a cabo en un tractor 7230J.

### **Entrega de 9 tractores hacienda Pajonales (Ambalema)**

Para el proceso de entrega de los 9 tractores, se comunicó con la transportadora, la cual proporcionó los números de los conductores de las tractomulas, se contactó con los conductores y se concretó una reunión a la entrada del municipio de Ambalema-Tolima, para acordar la ruta de entrada de las máquinas a la hacienda. Una vez en la Hacienda Pajonales, se realizó el registro de entrada de cada una de las tractomulas y de sus respectivos conductores con el debido protocolo de desinfección, estando dentro de la hacienda se procede al descargue de cada una de las máquinas, para su revisión y posterior entrega de paz y salvo a la transportadora. Descargados los tractores son desplazados desde la zona de descarga al hangar, que se encuentra dentro del área del taller de maquinaria.

El proceso de descarga de tractores se realizó los días lunes y jueves, el día lunes se descargaron 5 tractores 6175M y el jueves los 4 tractores 6110M, el día miércoles se reunieron los operarios de los tractores 6175M para que recibieran una charla de los nuevos equipos e instrumentos con los que vienen los tractores, el día viernes se realizó la misma charla para los operarios de los tractores 6110M.

En el transcurso de la semana se efectuaron pruebas de satisfacción en campo como patinamiento, potencia de arrastre, lastre, laboreo primario y alce hidráulico.

### **Instalación de equipos de nivelación iGrade (Pajonales)**

Se instalan 4 equipos de nivelación John Deere iGrade, estos equipos se instalan en los 4 tractores 6110M, dos equipos nuevos y otros dos equipos que estaban en la hacienda.

Inicialmente se mandaron hacer 2 soportes para monitor y 2 soportes de suiche para los nuevos equipos, estos se construyeron en el taller de la misma hacienda con las especificaciones dadas, en el montaje de estos soportes de pantalla se retira la tapa plástica del soporte lateral de la cabina, a la tapa retirada se le abre un agujero para montar un tornillo que servirá como seguridad al soporte, se monta nuevamente la cobertura plástica con el tornillo y el soporte, para posteriormente realizar el montaje de la Tablet.

El montaje de los suiches se realizó en la parte lateral del asiento del conductor debajo del apoya brazos, para que este quedará al alcance del operador sin necesidad de realizar demasiados movimientos.

Para la instalación de los arnés, se desmonta la cubierta del control de mandos que se encuentra en la parte derecha del operador, también se retira la tapa que cubre el bloque de empalme de los fusibles, allí en esa parte se retira un tapón en el cual se introduce el arnés que controla el movimiento de la pala, una vez conectados los arnés y montados los soportes de conexiones que se instalan en la parte trasera, se procede a la conexión de los equipos, suiche, Tablet, y bloque de empalme que se encuentra en la parte trasera del asiento del operador, de allí es donde se toma la energía que alimenta estos equipos y envía la información desde la Tablet hasta el sistema hidráulico del tractor para que este realice su trabajo.

### **Instalación de equipos de control de flota Auteq 3200 (Pajonales)**

Los equipos de control de flota se instalaron en toda la nueva flota adquirida por la hacienda los cuales fueron 7 tractores 5055E, 2 tractores 5090J, 4 tractores 6110M y 5 tractores 6175M, la instalación de estos se realizó con el objetivo de automatizar la flota, control de actividades y eficiencia del operador.

El control de flota cuenta con un monitor (PC) Auteq 3200, antenas GPS, GRPS y SIM, con su respectivo arnés de alimentación, el cual se conecta de la batería y del alternador para tomar información respecto a las revoluciones del motor, todo esto conectado por medio inalámbrico a una plataforma GF Explore.

En los tractores 5055E, se destapó el capó para trabajar más cómodo, la conexión del mando de cables de alimentación se realizó directamente de la batería, este mismo arnés o mando de cables se distribuyó desde la parte delantera del tractor, donde se encuentra la batería hasta la parte trasera del asiento del conductor, en la trayectoria del arnés se divide un cable el cual se conecta al alternador. Para el montaje del Auteq3200 se les pidió el favor a los de taller que realizaron unas láminas en forma de L como soporte, el cual estaría ubicado en la parte derecha del soporte lateral del techo, para protegerlo de la lluvia, terminado el montaje del soporte, se instaló el equipo en el soporte para su conexión con el arnés de alimentación y posterior montaje de una alarma en la parte de abajo del asiento del conductor, esta alarma servirá como aviso cuando el operario este realizando alguna actividad mal. A los tractores 5090J se les realizó el mismo procedimiento para la instalación del equipo de control de flota.

Para los tractores 6110M y 6175M los cuales con cabinados, el montaje el Auteq 3200 fue diferente y un poco más fácil, ya que se instaló en la parte inferior del monitor 4600 que se encuentran instalados desde fábrica en los tractores. Para la instalación se elevó el capó del tractor para trabajar más cómodo, se realizó la conexión del arnés de alimentación a la batería y al alternador, el arnés se distribuyó desde la batería hasta la parte inferior de la cabina, en la cual pasaron el arnés por unos agujeros que se encontraban allí, hasta sacar una parte del arnés por la parte de adelante del volante y otra por el tapete. Los cables que se sacaron por la parte delantera del volante son los que conectan con la alarma y los cables de

salieron por el tapete se conectan a la Auteq 3200. Este procedimiento se les realizó a todos los tractores cabinados 6110M y 6175M.

Para lo referente a la plataforma GF Exploret, allí se realizó toda la parametrización de las actividades que realizarán cada uno de los tractores, operadores, implementos, tiempos de actividades y área donde realizarán el trabajo. Esta actividad se realizó en dos semanas en los computadores de Pajonales, ya que son los encargados de manejar las plataformas y permisos de los equipos. Terminada la parametrización en la plataforma se procede a la actualización y configuración de los equipos Auteq 3200, estas actividades se realizan directamente desde la plataforma GF Exploret, con ayuda de cables de comunicación se configura el equipo con toda la información ingresada en la plataforma y el cable de configuración se encarga de la actualización de los Auteq 3200.

Actualizados y configurados los equipos se montan en sus respectivos tractores, ya que cada tractor tiene sus actividades configuradas con su respectivo operario.

### **Capacitación a operadores en operación Auteq 3200 (Pajonales)**

Debido a la pandemia se realizaron tres capacitaciones con sus respectivos protocolos de bioseguridad y distanciamiento social. Las capacitaciones se realizaron en grupos de 7, 6 y 5 respectivamente, los primeros operarios de tractores 5055E, luego 5090E y 6110M por ultimo los operarios de 6175M, ya que cada máquina realizará actividades y operaciones diferentes.

En las capacitaciones se les informó temas como:

- Reconocimiento del equipo Auteq 3200.
- Cómo introducir la información principal al equipo tales como: nombre del operador, actividad a realizar, labor a realizar e implemento a usar.
- Se les informó que cada vez que realicen un cambio de labor o actividad deben ingresar esa información en el equipo, de lo contrario seguirá registrando todo el día como si solo estuviera haciendo una labor.
- Información básica de los parámetros de cada labor, como tiempo de espera, revoluciones del motor y velocidad de cada labor, ya que cada una tendrá parámetros de operación diferentes (ver Anexo Presentación y evidencia en Imagen 1).





**Imagen 1.** Capacitación Auteq 3200 operadores de 6110M

### **Curso de preparación de equipos agrícolas analizando las interacciones del sistema suelo, cultivo, implemento y máquina (Campoalegré-Huila)**

En el municipio de Campoalegré-Huila se llevó a cabo el curso de preparación de equipos agrícolas analizando las interacciones del sistema suelo, cultivo, implemento y máquina, los integrantes fueron elegidos por la Federación de arroceros (Fedearroz), con el apoyo de Casatoro SA y el SENA, en este curso de tocaron temas como:

- Conocimiento básico de los participantes respecto a algunas máquinas e implementos, que se usan en la región.
- Reconocimiento de las partes y funcionamiento de una sembradora SEMEATO PD17.
- Puntos calibración y engrase de la sembradora SEMEATO PD17.
- Prueba de calibración de dosis de sembradora SEMEATO PD17.
- Reconocimiento de rastra excéntrica de SOTO de 24 discos.
- Reconocimiento de las partes y funcionamiento una rastra excéntrica de 12 discos.
- Puntos de calibración y engrase de rastra excéntrica de 12 discos.
- Prueba de campo para calibración y correcto funcionamiento de una rastra de 12 discos.
- Realización de calicata con el objetivo de infundir en el operario la importancia de reconocer las condiciones del terreno en el cual está trabajando, para de esta manera realizar la elección correcta de implementos a usar en el terreno, ya que todos los lotes

no son iguales así estén pegados, evitando el sobre laboreo de los terrenos y el deterioro de este.

Se realiza la prueba de calibración de dosis de siembra en Fedearroz en el municipio de Campoalegra-Huila, de los 17 tubos de descarga en la sembradora se colocaron bolsas amarradas al telescopio en 8 de ellos, se dispuso de un área de prueba con una distancia de 20 metros para que la sembradora hiciera su recorrido, terminado el proceso de simulación de siembra se retiran las bolsas de los telescopios y se pesan cada una de ellas, se realiza el promedio del peso de ellas y se multiplica por el número de surcos que se hacen en una hectárea.

### **Instalación Autotrack hidráulico (Espinal)**

En el municipio de Espinal en el Tolima, se instaló el primer Piloto automático hidráulico de la región, según especificaciones de fábrica, estos pilotos no son compatibles con tractores con circuito hidráulico cerrado, para la instalación de piloto automático se realizó una serie de modificaciones e intervenciones al sistema hidráulico del tractor para poder realizar la instalación de este sistema de guiado en un John Deere 6125E, el cual cuenta con circuito hidráulico abierto.

Para lograr que este sistema de guiado funcionará, se intervino el sistema hidráulico desde el depósito principal, hasta cada uno de los depósitos de aceite hidráulico en los ejes, conectando todos estos directamente con la electroválvula ubicada en la parte trasera, a un lado de las válvulas de mando a distancia VDM, esto con ayuda de manguera hidráulica de alta precisión y racores de 1", ½" y ¾" para las conexiones. Esta actividad de instalación se realizó con ayuda de un técnico encargado que labora en la empresa Casatoro SA, este procedimiento de instalación hidráulica duro 2 días, esto debido al inconveniente a la hora de encontrar mangueras hidráulicas, racores, uniones y T necesarias para la instalación en el municipio. Culminada la actividad hidráulica se procedió a montaje e instalaciones eléctricas, arneses con su respectivo volante Autotrack. Se encendió el tractor para verificar el reconocimiento del Autotrack en el monitor y su conexión.

### **Pruebas de pérdidas de cosechadoras John Deere 1175 Hydro y 6300 Mecánica (Puri)**

En el municipio de Purificación, se realizó una prueba de pérdidas en dos cosechadoras de arroz que se encontraban cortando en un terreno cerca al municipio. Se hacen dos pruebas, por pérdida de zaranda y por plataforma.

Materiales:

- Lonas de 50 por 50 cm
- Recipientes de almacenamiento (Bolsas)

- Báscula de precisión de 1000 gr
- Tijeras o cuchillo

➤ Prueba de pérdidas por plataforma

Se dispuso de un área de recolección para la realización de la prueba, mientras la cosechadora realiza su labor se colocan las lonas en el medio de la máquina, donde ya esté cortado y tapando el cultivo, evitando que los granos y espigas que salen del proceso de trilla, separación y limpieza, caigan en el suelo, ya que los granos que se encuentran en el suelo después del paso de corte son los granos por pérdidas por plataforma. Se limpia el área de las lonas para contar los granos que se encuentran en el suelo, estos granos se recolectan y almacenan en una bolsa ziploc para su posterior pesaje. Se repite 8 veces este procedimiento, 4 para la cosechadora 1175 Hidro y 4 para la 6300 Mecánica.

➤ Prueba de pérdidas por zaranda

Se disponen de las lonas, estas son colocadas una vez vaya pasando la cosechadora antes de la salida del del tamo de la cosecha, ya que en las lonas se depositan todas las espigas y granos que salen de la trilla, separación y limpieza, los cuales son pérdidas. Se almacena en tulas todas estas espigas y granos que se depositaron en las lonas, para posteriormente separar los granos del resto y pesarlos. Se repite 8 veces este procedimiento, 4 para la cosechadora 1175 Hidro y 4 para la 6300 Mecánica.

### **Instalación de monitor de rendimiento a cosechadora John Deere 955 Mecánica, Hacienda La Pilar (Ibagué)**

En la Hacienda La Pilar, se reconoció la cosechadora John Deere 955 a la cual se le haría la instalación de un monitor de rendimiento, se realizó el diagnóstico de la cosechadora y se determinó el monitor adecuado para la instalación, según la tecnología de la máquina y el estado actual de la misma.

La instalación no se llevó a cabo por factores climáticos, disponibilidad de tiempo y terminación de la pasantía.

## 1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Adquisición de equipos

De las demostraciones realizadas en campo, el ochenta por ciento tuvieron un resultado positivo, ver Tabla 1, teniendo como factor de respuesta la adquisición de los equipos de agricultura de precisión. Los clientes los cuales adquirieron estos equipos de precisión tenían conocimiento de esta tecnología, eran personas jóvenes y/o manejaban previamente estos equipos en sus respectivos modelos de producción agrícola. Los operarios a los cuales se les dificultó el proceso de aprendizaje eran aquellos cuya edad era superior a 50 años, ya que la capacidad de interacción, comunicación e interpretación de información con una pantalla táctil era compleja, respecto a los operarios jóvenes, este proceso de aprendizaje y familiarización con esta tecnología fue mucho más fácil y rápido.

DEMOSTRACIONES EN CAMPO		
CLIENTES	ADQUISICIÓN DE EQUIPOS	
	SI	NO
Agrícola Fonseca		X
Hacienda Pajonales	X	
El Espinal (Independiente)	X	
Hacienda El Escobal	X	
Hacienda La Pilar	X	

**Tabla 1.** Empresas que adquirieron equipos de agricultura de precisión después de las demostraciones realizadas

### Pruebas curvas de nivel

El tiempo de realización de las curvas de nivel se disminuye hasta un treinta por ciento, dependiendo del micro relieve del terreno, temperatura y velocidad de operación del tractor a la hora de hacer las curvas, dichos tiempos se registran en las Tablas 2 y 3.

PRUEBAS CURVAS DE NIVEL						
CLIENTE	TIEMPO POR 5 HECTÁREAS (H/HA)					
	Banderillero			John Deere AMS		
Agrícola Fonseca	7	7	6.8	5	5	4.4
Hacienda Pajonales	6	5.5	6	4.7	4.4	4.5
El Espinal (Independiente)	6	5	5	5	4.6	4.5

**Tabla 2.** Hectáreas labradas por hora con banderillero vs Equipos de agricultura de precisión.

<b>PRUEBAS CURVAS DE NIVEL</b>			
<b>CLIENTE</b>	<b>TEMPO POR 5 HECTÁREAS (H/HA)</b>		
	<b>PROMEDIO</b>		<b>% DE AHORRO EN TIEMPO</b>
	<b>Banderillero</b>	<b>John Deere AMS</b>	
Agrícola Fonseca	6.9	4.8	30
Hacienda Pajonales	5.8	4.5	22
El Espinal (Independiente)	5,3	4.7	11

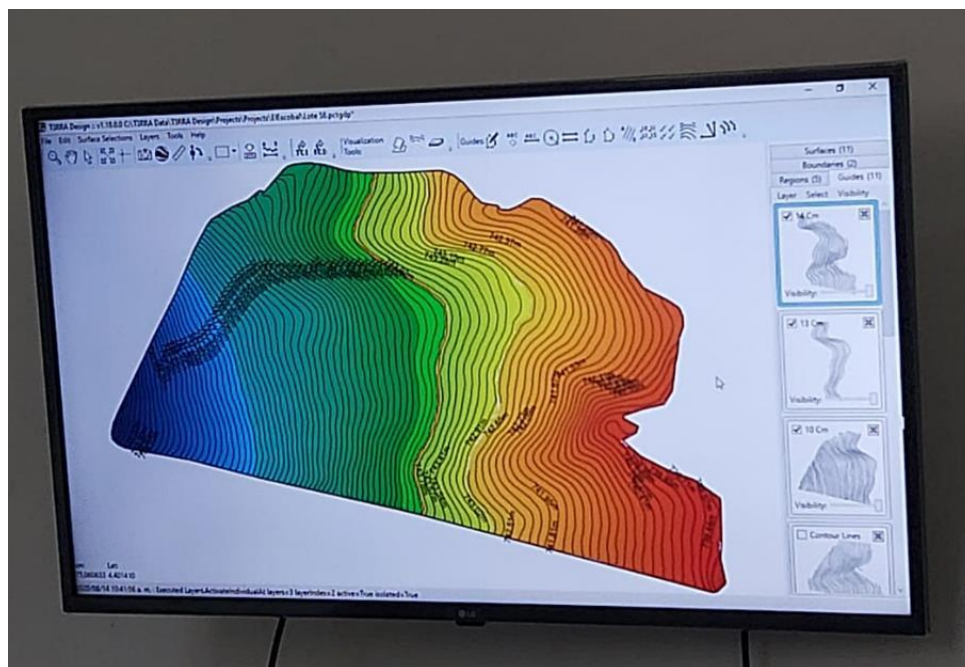
**Tabla 3.** Porcentaje de tiempo de ahorro utilizando equipos de agricultura de precisión.

De todas las pruebas, las que obtuvieron un mejor resultado respecto al rendimiento por hectárea fueron Agrícola Fonseca con un ahorro en tiempo del 30% utilizando los equipos de agricultura de precisión, seguidamente la Hacienda Pajonales con un 22% y por último el cliente del El Espinal con un 11%. Se observó una variación en los resultados obtenidos, estos pueden variar significativamente considerando el micro relieve de los lotes, si el terreno es muy quebrado, el rendimiento utilizando el banderillero, el porcentaje de error en la precisión de las curvas de nivel aumenta. Este 30% de ahorro en tiempo que se obtuvo en Agrícola Fonseca se refleja en la dificultad en el diseño de las curvas, ya que estas eran demasiado agresivas y en algunos casos el tractor realizaba un giro en 8 para retomar la curva y es tiempo que se pierde, debido a este inconveniente cuando se diseñaron las curvas se suavizaron de tal manera que las curvas muy cerradas quedarán aún más suaves y no se perdiera tiempo en la realización de maniobras extras para retomar la curva. Los resultados pueden apreciarse en la Imagen 2.



**Imagen 2.** Curvas de nivel realizadas con piloto automático en el municipio de Puerto Boyacá

En los terrenos de la Hacienda Pajonales y El Espinal (Independiente), la realización de las curvas no precisó de mucho esfuerzo, gracias a que el micro relieve de estos lotes, poseía características homogéneas en todo el terreno, por ello las curvas eran un poco más suaves. Gracias al micro relieve de estos lotes el tiempo que se ahorró con el guiado automático disminuyó respecto al resultado obtenido en Agrícola Fonseca. El trazado en software puede apreciarse en la Imagen 3.



**Imagen 3.** Curvas de nivel del lote 112 en Hacienda Pajonales

Se realizó el estudio estadístico de análisis de varianza ANOVA en Excel y se comprobó mediante el software gratuito Sisvar, para evaluar si existen diferencias significativas en el promedio de tiempos en los tratamientos realizados en la realización de curvas de nivel en cada uno de los grupos. Se tomó una hipótesis si el promedio de tiempo de los tres grupos es igual, con un 95% de confiabilidad, la hipótesis alterna si el promedio de los tiempos de algunos de los grupos es distinto, con un 95 de confiabilidad, estos resultados se pueden observar en la tabla 3.

DESCRIPTION					Alpha	0,05			
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper	
Banderillero	9	54,3	6,03333333	0,61	4,88	0,19392789	5,62222458	6,4444209	
Autotrack	9	42,1	4,67777778	0,06694444	0,53555556	0,19392789	4,26666903	5,08888653	
ANOVA									
Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq	
Between Grp	8,26888889	1	8,26888889	24,4300369	0,00014694	0,60425463	1,64755836	0,56553261	
Within Grou	5,41555556	16	0,33847222						
Total	13,6844444	17	0,80496732						

**Tabla 3.** Resultad estadístico de análisis de varianza ANOVA del porcentaje de ahorro en tiempo

En el análisis estadístico se encontró que el P value es menor al Alpha, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna y existen diferencias significativas en al menos unos de los tres grupos analizados, estos resultados se describen en la tabla 4.

<b>Cliente</b>	<b>P value</b>	<b>Alpha</b>	<b>Existe diferencias significativas</b>
Agrícola Fonseca	0,00053678	0,05	Si
Hacienda Pajonales	0,00232064	0,05	Si
El Espinal (Independiente)	0,15918959	0,05	No

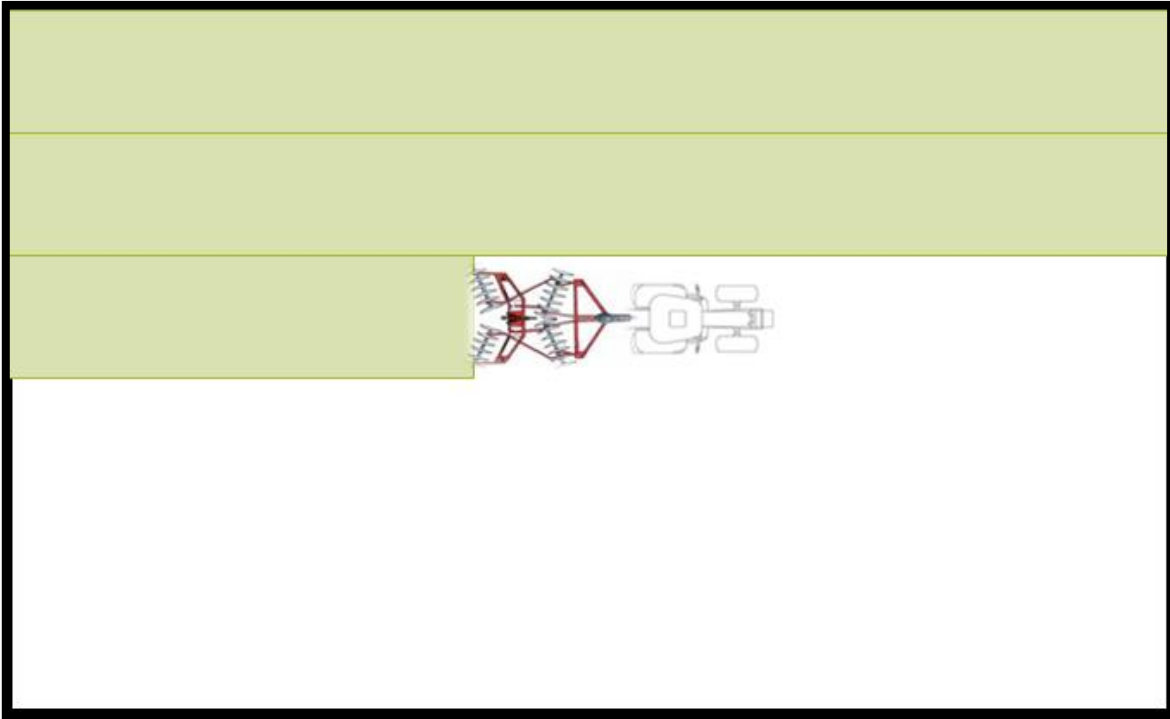
**Tabla 4.** Resultados obtenidos de diferencias significativas en cada uno de los clientes en la prueba de porcentaje de ahorro en tiempo

Analizados cada unos de los tiempos obtenidos por cliente, se observo que existen diferencias significicas en los clientes Agrícola Fonseca y Hacienda Pajonales, mientras que el cliente El Espinal (Independiente) no tiene diferencias significativas en los tiempos registrados, este resultado es reflejo del porcentaje de ahorro en tiempo, ya que el cliente con menor porcentaje de ahorro en tiempo es El Espinal (Independiente) y en este no se encuentra diferencias significativas.

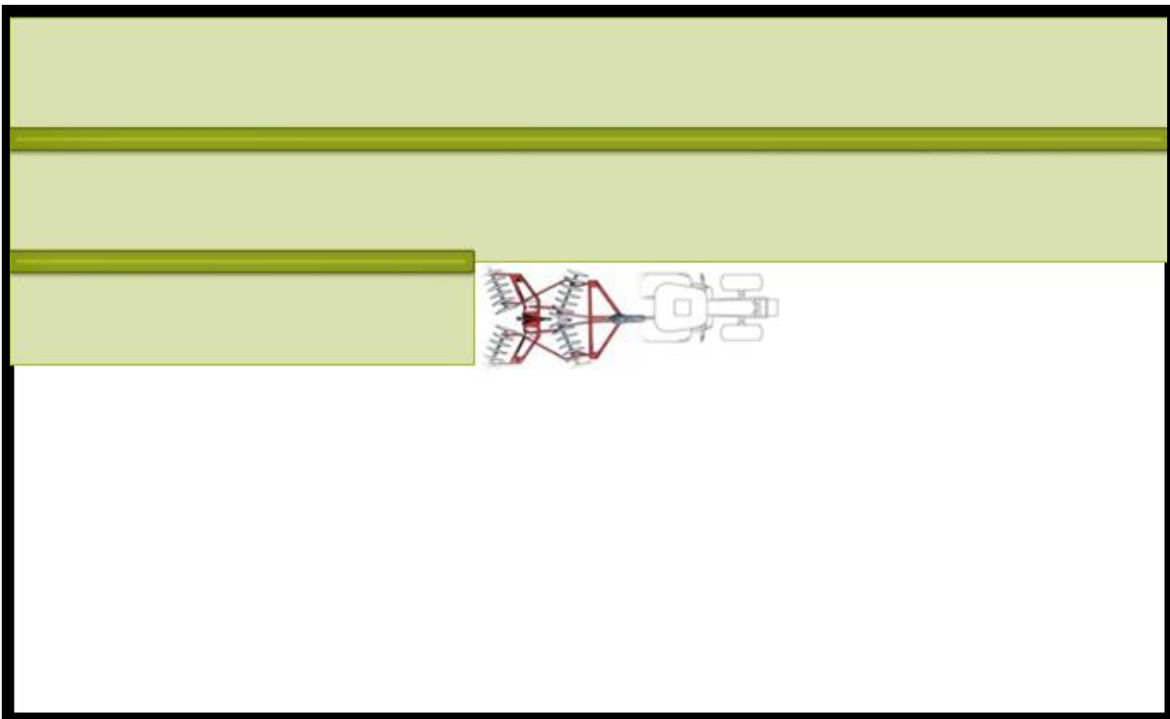
#### Pruebas de labranza con rastra

Las pruebas de rendimiento con piloto automático para la realización de labores de labranza primaria con arado de disco se llevaron a cabo en tres diferentes fincas, tratando de que el implemento usado para esta labor sea el mismo. El tiempo de la prueba fue de una hora, calculando el área labrada en ese mismo tiempo, usando piloto automático comprándolo con el área labrada sin piloto en ese mismo tiempo. Las Figuras 1 y 2 permiten comparar el escenario con piloto automático y sin traslape y el escenario sin piloto automático y con traslape.

En la Tabla 54 se encuentran los resultados arrojados en las pruebas de rastra con sus respectivos tiempos, implementando mecanización convencional comparando estos tiempos con los obtenidos aplicando agricultura de precisión. Se ejecutaron 6 pruebas por cada cliente, 3 sin Autotrack y 3 con Autotrack, para un total de 18 pruebas. Se evidenció el aumento de las hectáreas trabajadas implementando el guiado automático (AtuoTrack), respecto al área trabajadas sin este.



**Figura 1.** Actividad de rastra con piloto automático y sin traslape



**Figura 2.** Actividad con rastra sin piloto automático y traslape

**PRUEBA DE LABRANZA CON RASTRA**



CLIENTE	RENDIMIENTO EN 1 HORA (HA/H)					
	Sin AutoTrack			Con AutoTrack		
	<b>Hacienda pajonales</b>	2,2	2,3	2,2	2,5	2,5
<b>Hacienda El Escobal</b>	2,3	2,2	2,4	2,4	2,5	2,6
<b>El Espinal (Independiente)</b>	2	2,2	2,1	2,4	2,5	2,4

**Tabla 54.** Hectáreas labradas por hora sin AutoTrack Vs con AutoTrack

Los promedios de las tres pruebas realizadas con y sin guiado automático se reflejan en la Tabla 65, evidenciando un mayor rendimiento en área trabajada con el guiado automático, comparando las áreas trabajadas con y sin guiado, el cliente de El Espinal obtuvo un rendimiento de 13% de más en el área trabajada utilizando el guiado automático, seguido de la Hacienda Pajonales con 12% y, por último, la Hacienda El Escobal con el menor porcentaje de 6%.

PRUEBAS DE LABRANZA CON RASTRA			
CLIENTE	RENDIMIENTO EN 1 HORA (HA/H)		
	PROMEDIO		% DE RENDIMIENTO DE MAS CON AUTOTRACK
	Sin Autotrack	Con AutoTrack	
<b>Hacienda Pajonales</b>	2,2	2,5	12
<b>Hacienda El Escobal</b>	2,2	2,4	6
<b>El Espinal (Independiente)</b>	2,1	2,4	13

**Tabla 65.** Porcentaje de rendimiento de más utilizando AutoTrack

Se realizó el estudio estadístico de análisis de varianza ANOVA en Excel y se comprobó mediante el software gratuito Sisvar, para evaluar si existen diferencias significativas en el promedio de tiempos en los tratamientos realizados en el rendimiento realizando las curvas de nivel en cada uno de los grupos. Se tomaron las hipótesis del estudio estadístico del ítem anterior con un coeficiente de confianza de 95%, en la tabla 7 se observan los resultados del estudio estadístico.

DESCRIPTION					Alpha	0,05			
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper	
Sin AutoTrac	9	19,7	2,18888889	0,01861111	0,14888889	0,03706018	2,11032482	2,26745296	
AutoTrack	9	22,4	2,48888889	0,00611111	0,04888889	0,03706018	2,41032482	2,56745296	
ANOVA									
Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq	
Between Grd	0,405	1	0,405	32,7640449	3,1367E-05	0,6718894	1,90799618	0,63829307	
Within Grou	0,19777778	16	0,01236111						
Total	0,60277778	17	0,03545752						

**Tabla 7.** Resultad estadístico de análisis de varianza ANOVA del porcentaje de rendimiento con AutoTrack

En el análisis estadístico se encontró que el P value es menor al Alpha, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna y existen diferencias significativas en al menos unos de los tres grupos analizados, estos resultados se describen en la tabla 8.

Cliente	P value	Alpha	Existe diferencias significativas
Hacienda Pajonales	0,017704299	0,05	Si
Hacienda El Escobal	0,070483997	0,05	No
El Espinal (Independiente)	0,007490434	0,05	Si

**Tabla 8.** Resultados obtenidos de diferencias significativas en cada uno de los clientes en la prueba de porcentaje de rendimiento con AutoTrack

Se observó diferencias significicas en los clientes Hacienda Pajonales y Hacienda el Escobal, mientras que el cliente El Espinal (Independiente) no obtuvo diferencias significativas en las hectáreas registradas, este resultado es reflejo del porcentaje de rendimiento de más con AutoTrack, este cliente en las pruebas registro menos porcentaje de rendimiento respecto a los otros clientes.

### Pruebas de labranza secundaria y siembra

En las pruebas de labranza secundaria y siembra para el cultivo de maíz los resultados no fueron muy relevantes, ya que la única diferencia se encuentra en la precisión en las pasadas rectas que realiza el operador, un buen operador con experiencia podría acercarse a la precisión de las pasadas rectas realizadas por el AutoTrack, por lo tanto, en esta prueba los resultados no se tomaron en cuenta. Aún así en la Imagen 4 pueden apreciarse lo balcones labrados con el AutoTrack.

#### Prueba de pérdidas de rendimiento en cosechadora 1175 Hidro y 6300 Mecánica

Recolectados y separados los granos obtenidos mediante las pruebas de pérdidas por plataforma y zaranda, se pesan cada una de las muestras obtenidas y se realiza el cálculo de las perdidas, este análisis se reporta en las Tablas 96 y 107.



**Imagen 4.** Balcones para la siembra de maíz, realizados con guiado AutoTrack

<b>PRUEBAS DE PÉRDIDAS PLATAFORMA</b>						
<b>Muestras</b>	<b>COSECHADORAS</b>					
	<b>1175 Hidro</b>	<b>6300 Mecánica</b>	<b>PERDIDAS POR M<sup>2</sup></b>		<b>PERDIDAS POR Ha</b>	
			<b>1175 Hidro</b>	<b>6300 Mecánica</b>	<b>1175 Hidro</b>	<b>6300 Mecánica</b>
<b>1</b>	10 gr	5 gr	41 gr	59 gr	410 kg	590 kg
<b>2</b>	18 gr	21 gr				
<b>3</b>	11 gr	14 gr				
<b>4</b>	4 gr	19 gr				

**Tabla 96.** Perdidas por plataforma de cada una de las cosechadoras

<b>PRUEBAS DE PÉRDIDAS ZARANDA</b>						
<b>Muestras</b>	<b>COSECHADORAS</b>					
	<b>1175 Hidro</b>	<b>6300 Mecánica</b>	<b>PERDIDAS POR M<sup>2</sup></b>		<b>PERDIDAS POR Ha</b>	
			<b>1175 Hidro</b>	<b>6300 Mecánica</b>	<b>1175 Hidro</b>	<b>6300 Mecánica</b>

<b>1</b>	4 gr	6 gr	37 gr	48 gr	370 kg	480 kg
<b>2</b>	14 gr	14 gr				
<b>3</b>	10 gr	13 gr				
<b>4</b>	9 gr	15 gr				

**Tabla 107.** Perdidas por zaranda de cada una de las cosechadoras

La cosechadora John Deere 6300 Mecánica en las cuatro pruebas realizadas tanto en plataforma como zaranda, obtuvo mas perdida en comparación a la John Deere 1175 Hidro. La John Deere 6300 mecaniza se obtuvo perdidas máximas en la mecánica de 336 kg/ha por plataforma de corte y 600 kg/ha por zaranda, por su parte la John Deere 1175 Hidro obtuvo perdidas máximas de 288 kg/ha por plataforma de corte y 560 kg/ha en zaranda.

Uno de los factores principales de las pérdidas en esta cosechadora es la mala calibración de la velocidad del ventilador en la limpieza, demasiado abertura en la zaranda, humedad excesiva del terreno, que influye considerablemente en estas pérdidas ya que el atascamiento de esta cosechadora es bastante común, por lo que no cuentan con transmisión doble, por lo tanto el constante vaivén de dar reversa para tomar impulso y salir del atascamiento genera movimiento en las espigas de arroz, provocando el desprendimiento de los granos, de esta manera aumentado las perdidas. Los modelos de las cosechadoras y las tecnologías en ellas inciden en el resultado de las pérdidas.

Se le aplico el estudio estadístico de análisis de varianza ANOVA en Excel, para evaluar si existen diferencias significativas en el promedio de las perdidas tanto en zarando como por plataforma en cada cosechadora. Se tomaron las hipótesis del estudio estadístico del ítem anterior con un coeficiente de confianza de 95%, en la tabla 11 se observan los resultados del estudio estadístico por perdidas en plataforma y en la tabla 12 perdidas por zaranda.

DESCRIPTION					Alpha	0,05		
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
1175 Hidro	4	688	172	8426,66667	25280	51,7944656	45,2635083	298,736492
6300 Mecani	4	944	236	13034,6667	39104	51,7944656	109,263508	362,736492
ANOVA								
Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Gro	8192	1	8192	0,76341948	0,41585698	0,11287478	0,4368694	-0,03047375
Within Grou	64384	6	10730,6667					
Total	72576	7	10368					

**Tabla 11.** Resultados obtenidos de diferencias significativas por perdidas por plataforma

DESCRIPTION					Alpha	0,05			
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper	
1175 Hidro	4	1480	370	27066,6667	81200	81,9552724	169,462673	570,537327	
6300 Mecani	4	1920	480	26666,6667	80000	81,9552724	279,462673	680,537327	
ANOVA									
Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq	
Between Grd	24200	1	24200	0,90074442	0,37922572	0,13052859	0,47453778	-0,01256281	
Within Grou	161200	6	26866,6667						
Total	185400	7	26485,7143						

**Tabla 12.** Resultados obtenidos de diferencias significativas por perdidas por zaranda

El resultado arrojado por el estudio estadístico, nos muestra que tanto en las perdidas por plataforma como en zaranda el *P value* es mayor al *Alpha*, por lo tanto, se elige la hipótesis nula aceptando que no existen diferencias significativas entre las perdidas.

### Prueba de calibración de sembradora SEMEATO PD17

En la prueba de calibración de sembradora SEMEATO PD17, se obtuvieron los resultados esperados acorde a los objetivos del curso, ya que los participantes comprendieron y adquirieron los conocimientos necesarios para la adecuada calibración de esta sembradora. Se llevaron a cabo tres pruebas con diferentes densidades de siembra, para que los participantes realizaran la respectiva calibración, los resultados obtenidos se reportan en las Tablas 138, 149 y 1510.

PRUEBA 1			
CALIBRACIÓN DE SEMBRADORA SEMEATO PD17			
MUESTRAS	PESO EN 20m	PROMEDIO POR SURCO	KG/HA
1	37,2 gr	188,94 gr	11,14 Kg
2	38,4 gr		
3	37,3 gr		
4	39,1 gr		
5	36,9 gr		
6	38,1 gr		
7	37,5 gr		
8	37,8 gr		

**Tabla 138.** Resultados de calibración para la sembradora SEMEATO PD17, de 110kg/ha

### PRUEBA 2

<b>CALIBRACIÓN DE SEMBRADORA SEMEATO PD17</b>			
<b>MUESTRAS</b>	<b>PESO EN 20m</b>	<b>PROMEDIO POR SURCO</b>	<b>KG/HA</b>
<b>1</b>	40,2 gr	201 gr	118,23 Kg
<b>2</b>	40,6 gr		
<b>3</b>	39,5 gr		
<b>4</b>	41,5 gr		
<b>5</b>	39,5 gr		
<b>6</b>	40,0 gr		
<b>7</b>	41,1 gr		
<b>8</b>	39,2 gr		

**Tabla 149.** Resultados de calibración para la sembradora SEMEATO PD17, de 120kg/ha

<b>PRUEBA 3</b>			
<b>CALIBRACIÓN DE SEMBRADORA SEMEATO PD17</b>			
<b>MUESTRAS</b>	<b>PESO EN 20m</b>	<b>PROMEDIO POR SURCO</b>	<b>KG/HA</b>
<b>1</b>	46,3 gr	223,88 gr	131,69 Kg
<b>2</b>	43,9 gr		
<b>3</b>	45,8 gr		
<b>4</b>	44,1 gr		
<b>5</b>	45,4 gr		
<b>6</b>	43,2 gr		
<b>7</b>	43,0 gr		
<b>8</b>	46,5 gr		

**Tabla1510.** Resultados de calibración para la sembradora SEMEATO PD17, de 130kg/ha

La valoración de conocimientos adquiridos, realizada a los asistentes al curso, se observó en la prueba diagnóstico que todos aprobaran satisfactoriamente, cuyo objetivo era la adecuada calibración de la sembradora, con una dosificación previamente dada.

#### Prueba de ahorro de semilla

En esta prueba se tomaron las 588,23 líneas de siembra que se realizan en una hectárea, los operarios tradicionalmente remontan algunas líneas para no dejar espacios sin sembrar, en este caso se tomaron dos líneas de solape por cada pasada que se haga en campo, se calcula el número de líneas que el operador dejó de hacer por remontar, se determinan las pasadas necesarias para cubrir ese número de líneas que dejó de hacer el operador.

Para el cálculo de pérdidas de semilla se tomó el dato de peso por surcos 223,88 gr de la Tabla 16, en la determinación del tiempo de siembra por hectárea la velocidad de operación es de 7 km/h. Los resultados de estos cálculos se reportan en la Tabla 611.

### **CÁLCULO DE AHORRO DE SEMILLA**

	<b>Sin Autotrack</b>	<b>Con AutoTrack</b>
<b>Número de líneas por ha</b>	588,23	588,23
<b>Líneas de Solape</b>	2	0
<b>Líneas de más a causa del solape</b>	92	0
<b>Pasadas de más a causa del solape</b>	4	0
<b>Pasadas totales</b>	38	34
<b>Tiempo de siembra por ha</b>	0,66 h	0,59 h
<b>Ahorro en tiempo</b>	0	10%
<b>Perdida de semilla</b>	<b>15,22 Kg</b>	<b>0 Kg</b>

**Tabla 611.** Cálculo de ahorro de semilla sin AutoTrack Vs Con AutoTrack

En la Tabla 611 se aprecia que la pérdida de semilla es debido al solape que realizan los operadores durante la labor, aumentando el número de pasadas en el lote, esto también aumenta el tiempo de siembra.

#### Prueba de ahorro en combustible por actividad

Se tomaron los tiempos de cada una de las actividades, rastra, curvas de nivel y siembra, para determinar el ahorro de estas actividades en un área de 5 hectáreas, comparando el ahorro que se obtiene utilizando agricultura de precisión. Los resultados alcanzados pueden verificarse en la Tabla 712.

<b>AHORRO EN COMBUSTIBLE PARA 5 HECTAREAS</b>					
<b>Actividad</b>	<b>Sin AutoTrack</b>		<b>Con AutoTrack</b>		<b>Ahorro</b>
	<b>Tiempo</b>	<b>Costo</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Costo</b>	
<b>Rastra</b>	4,2	\$ 34.553,40	2,6	\$ 21.390,20	\$ 13.163,20
<b>Curvas de nivel</b>	7	\$ 57.589,00	4,5	\$ 37.021,50	\$ 20.567,50
<b>Siembra</b>	3,3	\$ 27.149,10	2,95	\$ 24.269,65	\$ 2.879,45
<b>Total</b>		\$ 119.291,50		\$ 82.681,35	<b>\$ 36.610,15</b>

**Tabla 712.** Ahorro en diferentes actividades con un precio de combustible de \$8.227,00 Galón

El ahorro total en estas tres actividades fue de \$36.610,15 pesos, realizando dos pases de rastra, curvas de nivel y siembra, este ahorro se obtuvo en un tractor de John Deere 6125E con un consumo de 2,6 litros/h, el tractor durante todas las labores estuvo en régimen de 1600 y 1900 rpm, con aire acondicionado al mínimo. Este valor puede aumentar si el operador revoluciona el tractor, trabaja en una macha muy baja y esfuerza el motor, o aumenta el aire acondicionado. En clientes que tengan lotes de 20 o más hectáreas, el ahorro es mucho más evidente, ya que el operador perderá menos tiempo en dar vueltas y retomar las líneas de

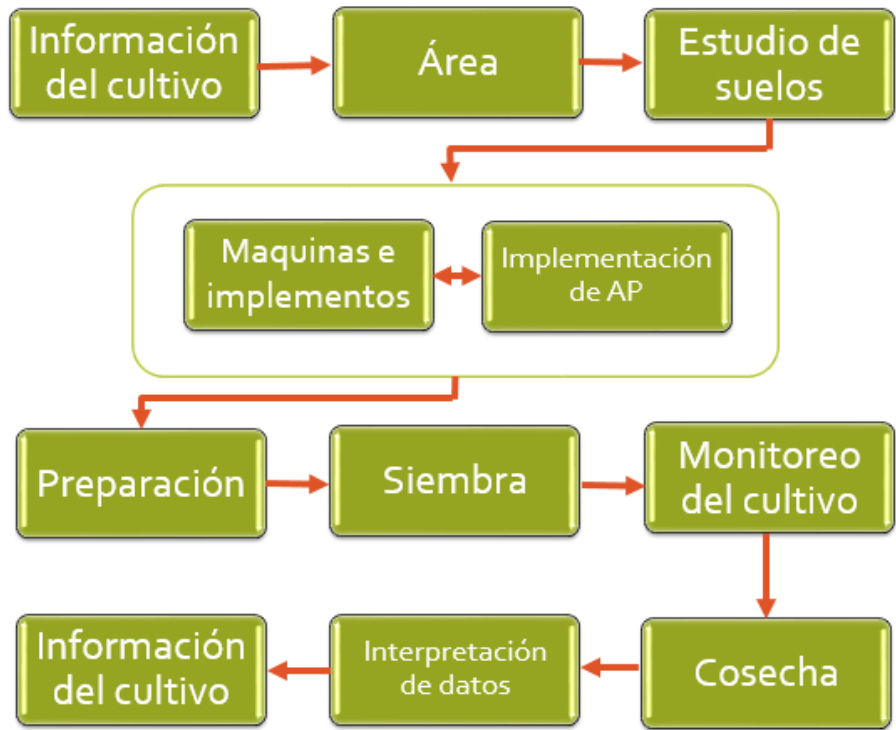
guiado. El ahorro total de combustible utilizado en 5 hectáreas implementando AP es de 30% respecto al consumo de combustible sin AP.

#### Metodología propuesta para futuras prácticas agrícolas en agricultura de precisión

Con la información recolectada tanto teórica, práctica y experiencias de operarios se propuso una metodología para prácticas agrícolas en AP, se resume en la Figura 3.

- 1. Información del cultivo:** Requerimiento hídrico, fisiología, morfología, operaciones del cultivo (Siembra, fertilización, cosecha y fumigación).
- 2. Área:** Determinar la extensión del cultivo, área aprovechable y limitaciones a causa de la topografía o micro relieve del terreno.
- 3. Estudio de suelos:** Obtener información determinada del terreno como densidad aparente, densidad real, microporosidad, infiltración, capacidad portante, textura, conductividad eléctrica o la información que se requiera respecto al suelo.
- 4. Maquinas e implementos:** Con el estudio de suelo, el área a cosechar y la información del cultivo de establecer el tipo de máquinas e implementos se requieren.
- 5. Implementación de AP:** Se establece la más recomendable de agricultura de precisión dependiendo el tipo de cultivo.
- 6. Preparación:** Se labra el terreno con los implementos necesarios dejando listo el terreno para la siembra todo esto con ayuda de AP.
- 7. Siembra:** Se siembra el terreno con ayuda de AP.
- 8. Monitoreo de cultivo:** Se monitorea el crecimiento del cultivo, aplicando fertilizantes en las dosis recomendadas y pesticidas si son necesarios con ayuda de AP.
- 9. Cosecha:** Se cosecha el cultivo con ayuda de AP, generando mapas de rendimiento.
- 10. Interpretación de datos:** Se interpretan los mapas de rendimiento arrojadas por la cosechadora, si el rendimiento es bajo se realiza nuevamente un estudio de suelo y se diagnostica el cultivo,
- 11. Correcciones:** En el caso que se requieran se hacen correcciones.





**Figura 3.** Diagrama de propuesta para futuras prácticas agrícolas en agricultura de precisión

## **2. CONCLUSIONES**

De acuerdo a todas las pruebas realizadas y los resultados obtenidos, se determina que la implementación de tecnología como la agricultura de precisión en el agro de Colombia es de vital importancia, si queremos que nuestros campesinos y productores agrícolas sean competitivos en cantidad, calidad y precio en los mercados internacionales que cada día son más exigentes, en los departamentos de Tolima, Huila, Putumayo y Caquetá que cuentan con extensas áreas de producción agrícola, la AP se muestra como una herramienta de mucha ayuda utilidad maximizando rendimientos, minimizando costos de producción en lugares en estos departamentos que pueden ser potencialmente viables.

Mediante capacitaciones, demostraciones y pruebas en campo, los operadores captaron y asimilaron que la tecnología no suplirá la labor del operador completamente, por lo contrario que sin ellos estas labores no podrían ser posibles y por lo tanto es de suma importancia que se encuentren en la capacidad de operar estos equipos, ya que en un futuro será una extensión del tractor y herramienta fundamental para su trabajo.

La disminución en consumo de combustible para 5 hectáreas implementando AP respecto a la agricultura convencional es de 30%, por lo tanto, el tiempo que el tractor estará encendido será menor y el tiempo de operación de cada actividad será menor, por lo que el tiempo del operador en el tractor y el desgaste de los implementos será menor, siendo así más eficientes, a su vez minimizando gastos. Lo que demuestra que la implementación de la AP es beneficioso económica y ambientalmente.

Dentro del análisis de toda la información obtenida y suministrada se estableció una metodología para la implementación de AP en cultivos de mediana y grandes extensiones donde sea económicamente viable, para cultivos como arroz, maíz, forraje y caña de azúcar.

De acuerdo con el objetivo principal planteado, es posible afirmar que la práctica ha sido exitosa, ya que se logró fomentar la implementación de AP en algunos de los municipios de Tolima, se están haciendo prácticas en los otros departamentos con el mismo fin.

En los resultados estadísticos realizados para las pruebas de porcentaje de ahorro en tiempo y porcentaje de rendimiento de más con autotrack, se observó que al menos un grupo no estaba dentro del promedio por lo tanto habían diferencias significativas en estas pruebas y se aceptaba la hipótesis alterna, en la prueba de pérdidas de grano en las cosechadoras el *P value* es mayor al *Alpha*, por lo tanto no existe diferencias significativas en esta prueba de pérdidas.

## REFERENCIAS

- Pedroza Reyes, A., Sánchez López, C., & Rodríguez Marmolejo, H. U. (2007). Control De Un Vehículo Guiado Automático (AGV). *Conciencia Tecnológica* , 10-15.
- Balcázar, A. (2002). Transformaciones en la agricultura colombiana entre 1990 y 2002. *Revista de Economía Institucional* , 128-145.
- Castellamos, R. M., & Pérez Morales, M. (2016). Análisis Crítico Sobre La Conceptualización De La Agricultura De Precisión. *Ciencia en su PC*, 23-33.
- Deere, J. (20 de 2 de 2021). *John Deere*. Obtenido de <https://www.deere.com/latin-america/es/index.html>
- Díaz Rodríguez, N., & Pérez Guerrero, J. N. (2007). Metodología Para Evaluar El Impacto De Las Maquinarias Agrícolas Sobre Los Recursos Naturales Del Medio Ambiente. *Revista Ciencia Holguín*, 3-4.
- García, E., & Flego, F. (2008). Agricultura De Precisión. *Tecnología Agropecuaria*, 99-116.
- Hunt, D. (1983). *Maquinaria Agrícola: Rendimiento Económico, Costo, Operaciones, Potencia y Selección De Equipos*. Mexico, Limusa: Manual De Laboratorio y Trabajo.
- Marote L, M. (2010). Agricultura De Precisión. *Ciencia y Tecnología* , 143-166.
- Martino, D., Methol, M., Oleaga, A., Pirelli, H., Rodríguez, L., & Vidal, L. (2009). Cambios En El Uso De La Tierra, Capítulo 2. En D. Martino, M. Methol, A. Oleaga, H. Pirelli, L. Rodríguez, & L. Vidal, *Cambios En El Uso De La Tierra* (págs. 56-117). Uruguay: Geo Uruguay.

- Milanés, V., Naranjo, J. E., González, C., Alonso, J., García, R., & de Pedro, T. (2008). Sistema de Posicionamiento para Vehículos Autónomos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 36-41. doi:[https://doi.org/10.1016/S1697-7912\(08\)70175-4](https://doi.org/10.1016/S1697-7912(08)70175-4)
- Quevedo, H. I., Rodriguez, L. Y., Hernandez, A. P., & Freire, R. E. (2006). La Aplicación De La Agricultura De Precisión: Su Impacto Social. *Revista Científica Tecnicas Agropecuarias*, 44.
- Romero, H. M., Araque, L., & Forero, D. (2008). La Agricultura De Precisión En El Manejo Del Cultivo De La Palma De Aceite. *Palmas*, 13-21.
- Sanz, J. I., Romero, H. M., Bolivar, L. R., García, J. A., & Cuéllar, M. (2007). *Cenipalma Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite*. Bogota D.C.: Cenipalma.
- SENA. (5 de 11 de 2020). *SenaSofiaPlus*. Obtenido de <http://oferta.senasofiaplus.edu.co/sofia-oferta/>
- Urmson, C., Charlie, R., David, R., Joshua, A., Daniel, B., Tugrul, G., . . . Kevin, P. (2006). A robust approach to high-speed navigation for unrehearsed desert terrain. *Journal of Field Robotics*, 467-508. doi:<https://doi.org/10.1002/rob.20126>
- Wheeler, T., & Von Braun, J. (2013). Impacto Del Cambio Climatico En La Seguridad Alimentaria Mundial. *Revista Science*, 508-513.
- Wright, M., Stallings, D., & Dunn, D. (2003). The Effectiveness of Global Positioning System Electronic Navigation. *Proceedings IEEE Southeastcon*, 62-67.

## REGISTRÓ FOTOGRÁFICO

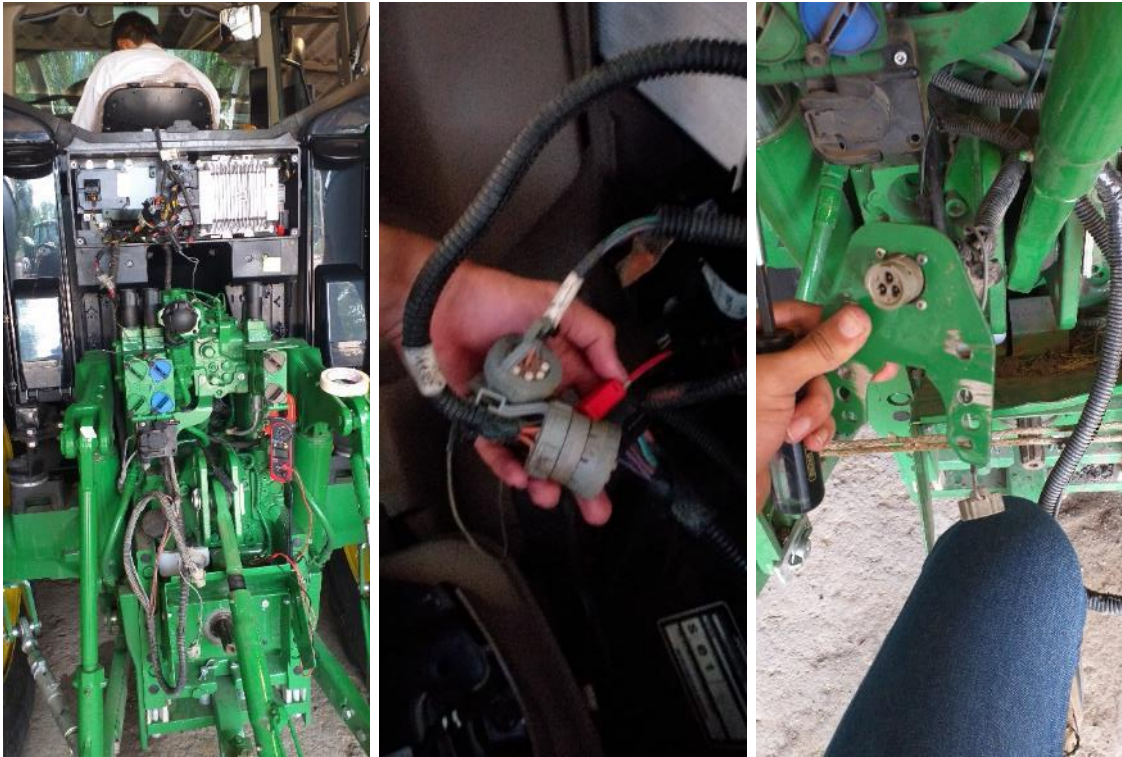


Instalación de soporte para Tablet iGrade en tractor 6110M

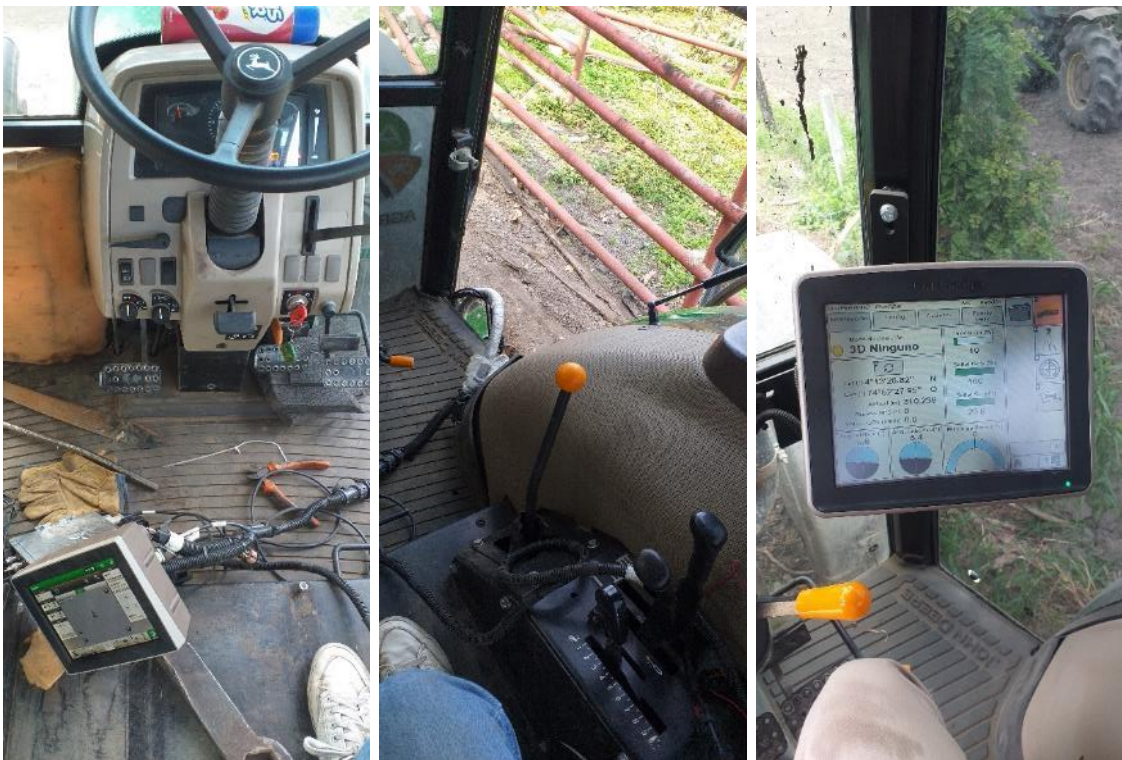


Instalación de equipos de control de flota Auteq 3200 en tractor 6175M





Instalación de arnés para iGrade en tractor 6110M



Instalación de piloto automático y monitor 2630 en tractor 6603





Siembra de maíz con piloto automático en tractor 6110D



Calibración de fumigadora con control secciones en tractor 6125D





Calibración de dosificación en secciones



Prueba de rendimiento con rastra montana de 32 discos en tractor 6175M





Entrega de tractores 6110M y 6175M a la Hacienda Pajonales en el municipio de Ambalema



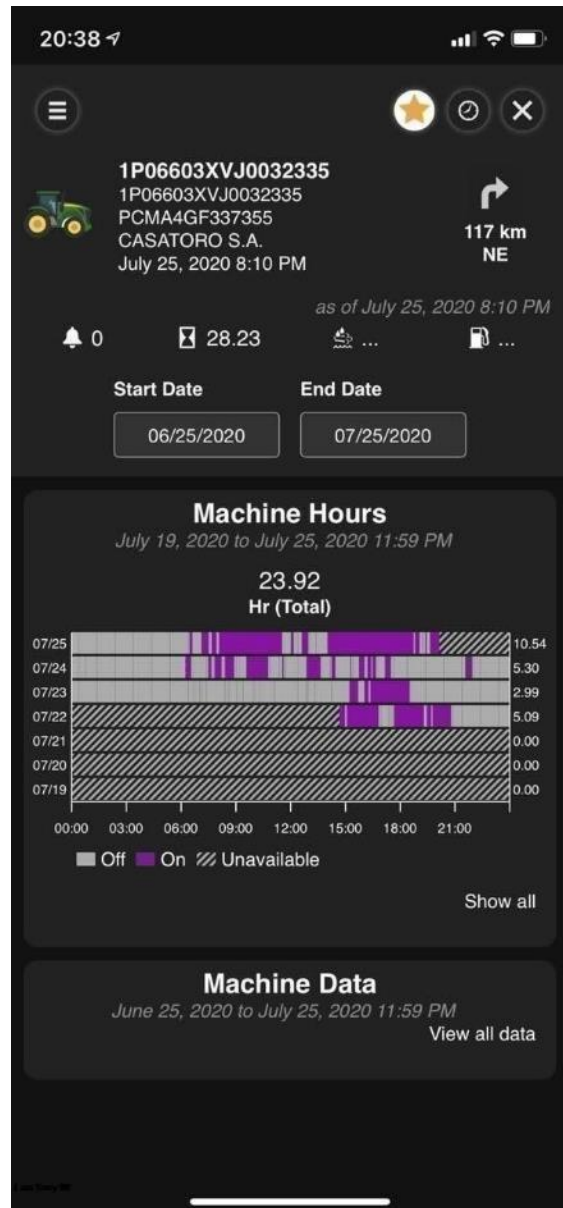
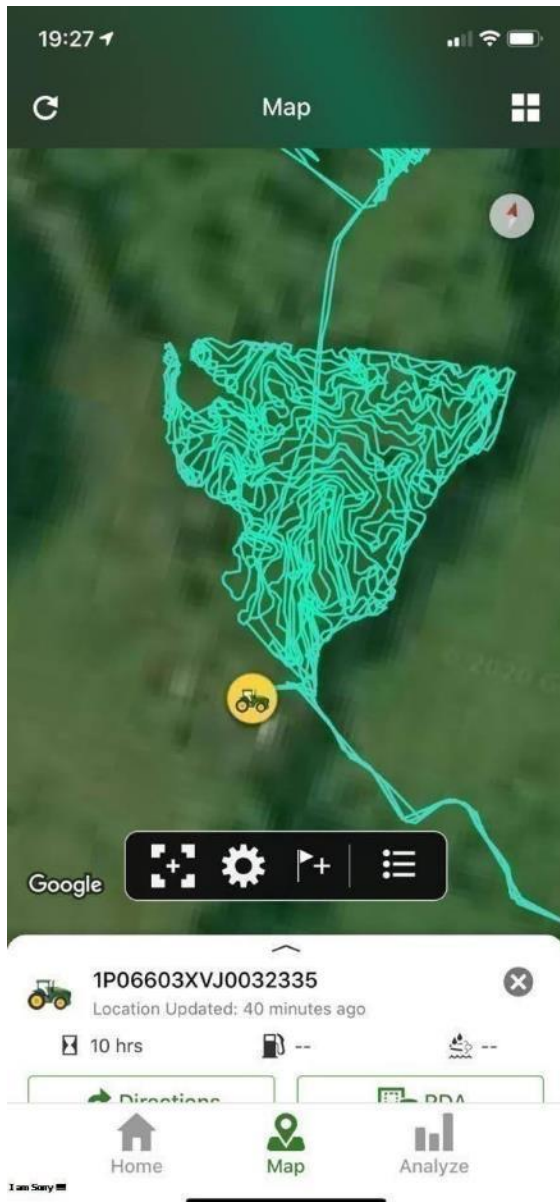


Pruebas de pérdidas en cosechadoras John Deere 1175 Hidro y 6300 Mecánica





Capacitación a operadores en el manejo de los equipos de control de flota en la Hacienda Pajonales en el municipio de Ambalema

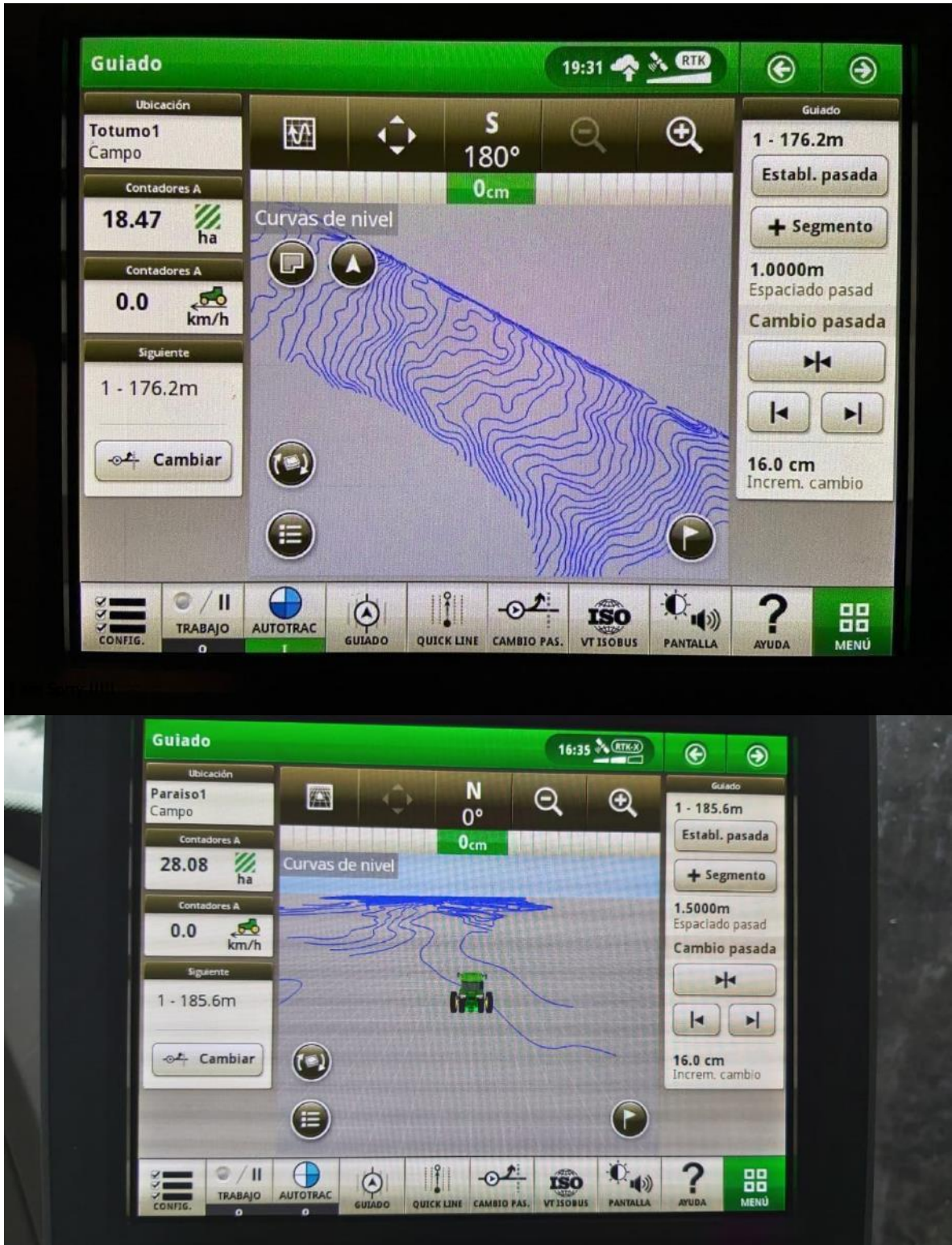


Interfaz de la APP JDLink Mobile donde se monitorea el tractor en tiempo real, ubicación, trayectoria, horas de encendido, combustible, horas en ralentí.

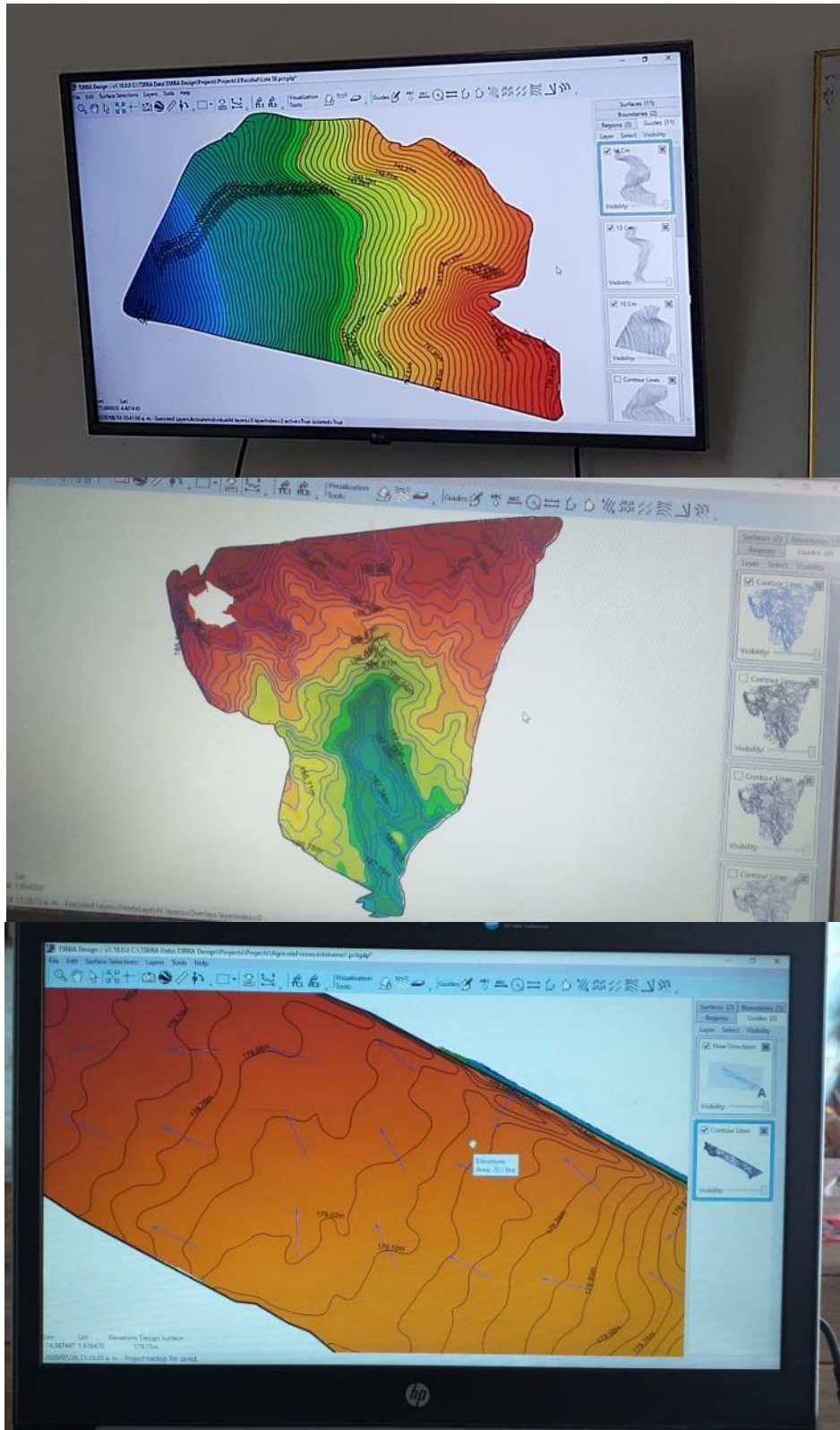


Realización de curvas de nivel con StarFire 6000 como estación con señal RTK, en un tractor 6603 con taipa en el municipio de Puerto Boyacá





Interfaz de monitor 4240 con diseños de curvas de nivel



Diseños de curvas de nivel con el software T3RRA DESING





Capacitación de calibración de rastra en el municipio de Campoalegre



Capacitación de interacción suelo, planta y maquina en el municipio de campoalegre

## ANEXOS

### Resultados de diferencias significativas Agrícola Fonseca en % de ahorro en tiempo

DESCRIPTION					Alpha	0,05		
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
Banderillero	3	20,8	6,93333333	0,01333333	0,02666667	0,1490712	6,51944533	7,34722133
Autotrack	3	14,4	4,8	0,12	0,24	0,1490712	4,386112	5,213888
ANOVA								
Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Grd	6,82666667	1	6,82666667	102,4	0,00053678	0,96240602	5,84237395	0,94413408
Within Grou	0,26666667	4	0,06666667					
Total	7,09333333	5	1,41866667					

### Resultados de diferencias significativas Hacienda Pajonales en % de ahorro en tiempo

DESCRIPTION					Alpha	0,05		
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
Banderillero	3	17,5	5,83333333	0,08333333	0,16666667	0,13333333	5,46314065	6,20352601
Autotrack	3	13,6	4,53333333	0,02333333	0,04666667	0,13333333	4,16314065	4,90352601
ANOVA								
Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Grd	2,535	1	2,535	47,53125	0,00232064	0,9223772	3,98042083	0,88578227
Within Grou	0,21333333	4	0,05333333					
Total	2,74833333	5	0,54966667					

### Resultados de diferencias significativas El Espinal (Independiente) en % de ahorro en tiempo

DESCRIPTION					Alpha	0,05		
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
Banderillero	3	16	5,33333333	0,33333333	0,66666667	0,25927249	4,61347751	6,05318916
Autotrack	3	14,1	4,7	0,07	0,14	0,25927249	3,98014417	5,41985583
ANOVA								
Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Grd	0,60166667	1	0,60166667	2,98347107	0,15918959	0,42721893	0,99724137	0,2484472
Within Grou	0,80666667	4	0,20166667					
Total	1,40833333	5	0,28166667					

Resultados de diferencias significativas Hacienda Pajonales en % de rendimiento de más con autotrack

TUKEY HSD/KRAMER			alpha	0,05	
group	mean	n	ss	df	q-crit
Sin AutoTrack	2,16666667	3	0,04666667		
AutoTrack	2,53333333	3	0,00666667		
		6	0,05333333	4	3,926

Q TEST									
group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
Sin AutoTrack	AutoTrack	0,36666667	0,06666667	5,5	0,10493333	0,6284	0,01770459	0,26173333	3,17542648

Resultados de diferencias significativas Hacienda El Escobal en % de rendimiento de más con autotrack

TUKEY HSD/KRAMER			alpha	0,05	
group	mean	n	ss	df	q-crit
Sin AutoTrack	2,3	3	0,02		
AutoTrack	2,5	3	0,02		
		6	0,04	4	3,926

Q TEST									
group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
Sin AutoTrack	AutoTrack	0,2	0,05773503	3,46410162	-0,02666772	0,42666772	0,07048418	0,22666772	2

Resultados de diferencias significativas El Espinal (Independiente) en % de rendimiento de más con autotrack

TUKEY HSD/KRAMER			alpha	0,05	
group	mean	n	ss	df	q-crit
Sin AutoTrack	2,1	3	0,02		
AutoTrack	2,43333333	3	0,00666667		
		6	0,02666667	4	3,926

Q TEST									
group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
Sin AutoTrack	AutoTrack	0,33333333	0,04714045	7,07106781	0,14825992	0,51840675	0,00749081	0,18507341	4,0824829

## Resultados obtidos por medio del programa estadístico Sisvar

Arquivo analisado:

C:\Users\LENOVO\Desktop\JuanJo\Estadistica\Rendimento cruvas.DB

Variável analisada: Auto

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

### TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
cliente	2	0.026667	0.013333	1.500	0.2963
erro	6	0.053333	0.008889		
Total corrigido	8	0.080000			
CV (%) =	3.77				
Média geral:	2.5000000	Número de observações:		9	

Teste Tukey para a FV cliente

DMS: 0,236105437737128 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 3

Erro padrão: 0,0544331053951818

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Espinal	2.433333	a1
Escobal	2.500000	a1
Pajonales	2.566667	a1

Variável analisada: Sin Auto

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

### TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
----	----	----	----	----	-------

cliente	2	0.062222	0.031111	4.000	0.0787
erro	6	0.046667	0.007778		
Total corrigido	8	0.108889			
CV (%) =	3.99				
Média geral:	2.211111	Número de observações:	9		

-----  
 Teste Tukey para a FV cliente  
 -----

DMS: 0,220856413791654 NMS: 0,05  
 -----

Média harmonica do número de repetições (r): 3  
 Erro padrão: 0,0509175077217315  
 -----

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Espinal	2.100000	a1
Pajonales	2.233333	a1
Escobal	2.300000	a1

Arquivo analisado:

C:\Users\LENOVO\Desktop\JuanJo\Estadistica\Perdidas.DB

Variável analisada: Zar

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Maq	1	24200.000000	24200.000000	0.901	0.3792
erro	6	161200.000000	26866.666667		
Total corrigido	7	185400.000000			
CV (%) =	38.57				
Média geral:	425.0000000	Número de observações:		8	

Variável analisada: Zar

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Maq	1	24200.000000	24200.000000	0.901	0.3792
erro	6	161200.000000	26866.666667		
Total corrigido	7	185400.000000			
CV (%) =	38.57				
Média geral:	425.0000000	Número de observações:		8	

Variável analisada: Plat

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Maq	1	561.125000	561.125000	0.047	0.8371
erro	5	59804.303571	11960.860714		
Total corrigido	6	60365.428571			
CV (%) =	56.75				
Média geral:	192.7142857	Número de observações:		7	

Variável analisada: Plat

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Maq	1	561.125000	561.125000	0.047	0.8371
erro	5	59804.303571	11960.860714		
Total corrigido	6	60365.428571			
CV (%) =	56.75				
Média geral:	192.7142857	Número de observações:		7	

Arquivo analisado:

C:\Users\LENOVO\Desktop\JuanJo\Estadística\curvas.DB

Variável analisada: AMS

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Fram	2	0.108889	0.054444	0.766	0.5057
erro	6	0.426667	0.071111		
Total corrigido	8	0.535556			
CV (%) =	5.70				
Média geral:	4.677778	Número de observações:		9	

Teste Tukey para a FV Fram

DMS: 0,667807024395764 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 3

Erro padrão: 0,1539600717839

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Pajonales	4.533333	a1
Espinal	4.700000	a1
Fonseca	4.800000	a1

Variável analisada: No AMS

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Fram	2	4.020000	2.010000	14.023	0.0055
erro	6	0.860000	0.143333		



Total corrigido            8            4.880000  
-----  
CV (%) =                    6.28  
Média geral:                6.033333            Número de observações:            9  
-----

-----  
                                  Teste Tukey para a FV Fram  
-----

DMS: 0,948103721056288    NMS: 0,05  
-----

Média harmonica do número de repetições (r): 3  
Erro padrão: 0,2185812841434  
-----

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Espinal	5.333333	a1
Pajonales	5.833333	a1
Fonseca	6.933333	a2

-----

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO**

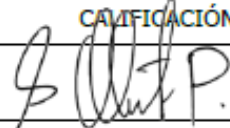
<b>TÍTULO DEL PROYECTO O PASANTÍA</b>
FOMENTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN MECANIZACIÓN AGRÍCOLA, EN LOS DEPARTAMENTOS DE TOLIMA, HUILA, CAQUETA Y PUTUMAYO

<b>NOMBRE(S), CÓDIGO(S) DEL(OS) AUTOR(ES)</b>	
JUAN JOSE ORTIZ RODRIGUEZ	20142130598

<b>NOMBRE DEL JURADO</b>
Luis Humberto Martínez Palmeth

**INSTRUCCIONES:** La calificación otorgada se basará en el anteproyecto aprobado, el documento escrito y la sustentación pública. Evalúe cada criterio utilizando la siguiente escala. **I=** Insuficiente, **A=** Aceptable, **B=** Bueno, y **E=** Excelente. La calificación final será **APROBADO** ó **REPROBADO**.

CRITERIO	CALIFICACIÓN
1. METODOLOGÍA.....	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> E
2. RESENTACIÓN.....	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> E
3. ORIGINALIDAD, CONCEPTUALIZACIÓN, CIENTÍFICA Y/O TECNOLOGÍA EN EL TEMA.....	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> E
4. CAPACIDAD ANALÍTICA Y CREATIVA.....	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> E
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> E
6. SUSTENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO.....	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> E
CALIFICACIÓN FINAL:	APROBADO <input checked="" type="checkbox"/> REPROBADO <input type="checkbox"/> R

  
 \_\_\_\_\_  
**FIRMA DEL JURADO**

\_\_\_\_\_  
**06/05/2021**  
**FECHA**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO**

<b>TÍTULO DEL PROYECTO O PASANTÍA</b>
FOMENTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN MECANIZACIÓN AGRÍCOLA, EN LOS DEPARTAMENTOS DE TOLIMA, HUILA, CAQUETA Y PUTUMAYO

<b>NOMBRE(S), CÓDIGO(S) DEL(OS) AUTOR(ES)</b>	
JUAN JOSE ORTIZ RODRIGUEZ	20142130598

<b>NOMBRE DEL JURADO</b>
MIGUEL ANGEL DÍAZ HERRERA

**INSTRUCCIONES:** La calificación otorgada se basará en el anteproyecto aprobado, el documento escrito y la sustentación pública. Evalúe cada criterio utilizando la siguiente escala. **I**= Insuficiente, **A**= Aceptable, **B**= Bueno, y **E**= Excelente. La calificación final será **APROBADO** ó **REPROBADO**.

CRITERIO	CALIFICACIÓN
1. METODOLOGÍA.....	<input checked="" type="radio"/> I <input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> E
2. PRESENTACIÓN.....	<input type="radio"/> I <input type="radio"/> A <input checked="" type="radio"/> B <input type="radio"/> E
3. ORIGINALIDAD, CONCEPTUALIZACIÓN, CIENTÍFICA Y/O TECNOLOGÍA EN EL TEMA.....	<input type="radio"/> I <input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input checked="" type="radio"/> E
4. CAPACIDAD ANALÍTICA Y CREATIVA.....	<input type="radio"/> I <input type="radio"/> A <input checked="" type="radio"/> B <input type="radio"/> E
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	<input type="radio"/> I <input checked="" type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> E
6. SUSTENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO.....	<input type="radio"/> I <input type="radio"/> A <input checked="" type="radio"/> B <input type="radio"/> E
CALIFICACIÓN FINAL:	APROBADO <input checked="" type="radio"/> A      REPROBADO <input type="radio"/> R



**FIRMA DEL JURADO**

06 de Mayo de 2021

**FECHA**