

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA



Acondicionamiento y Evaluación de una Niveladora con Tecnología de
Agricultura de Precisión

Por:

JESÚS MIGUEL MÉNDEZ ARIAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

Acondicionamiento y Evaluación de una Niveladora con Tecnología de
Agricultura de Precisión

POR:

JESÚS MIGUEL MÉNDEZ ARIAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título del:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. Juan Antonio López López
Asesor principal



Dr. Martín Cadena Zapata
Coasesor



Dr. Mario Alberto Méndez Dorado
Coasesor



MC. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

Acondicionamiento y Evaluación de una Niveladora con Tecnología de
Agricultura de Precisión

POR:

JESÚS MIGUEL MÉNDEZ ARIAS

TESIS

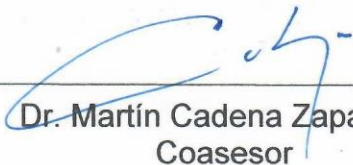
Presentada como requisito parcial para obtener el título del:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. Juan Antonio López López
Asesor principal



Dr. Martín Cadena Zapata
Coasesor



Dr. Mario Alberto Méndez Dorado
Coasesor

Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2022

Declaración de no plagio

El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta decir la verdad, que no se incurrió en el plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

- Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega).
- Reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original.
- Comprar, pedir o robar los datos o la tesis para presentarla como propia.
- Omitir referencias bibliográficas.
- Utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo.
- Utilizar datos sin citar al autor original.

Así mismo tengo el conocimiento de que cualquier uso distinto de esos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación será sancionado con las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.



Jesús Miguel Méndez Arias

DEDICATORIA

A mis padres:

Sabino Méndez Méndez y Albina Arias Mendoza, gracias por todo el apoyo que me dieron a lo largo de mi vida como estudiante, por los sacrificios que tienen que hacer para poder llegar hasta este punto de mi carrera universitaria, por la formación que ellos me brindaron y ser la persona que soy hoy en día, gracias por todo el amor, cariño y confianza que me dieron.

A mis hermanos:

José Noe, Patricia Arisbeth y Héctor Samuel, gracias por ser la fortaleza y motivación que me dieron para poder terminar mi carrera, por su amor y cariño.

A mis abuelos:

Arnulfa y Salustiano, gracias por su apoyo, por su amor y cariño que me dieron para poder seguir adelante, los quiero, gracias.

Moisés y Eva, gracias por su apoyo y bendiciones, los quiero.

A mis tíos:

Rubiel, gracias por todo su apoyo y confianza para poder cumplir esta meta.

A toda mi familia:

Gracias por las motivaciones para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A la UAAAN:

Gracias a mi *Alma mater* por darme un lugar en la institución donde poder adquirir todos los conocimientos necesarios para mi formación.

A los Docentes:

M.C. Juan Antonio López López, gracias por dejarme ser parte de su proyecto y brindarme la ayuda para poder realizar la tesis, por compartir su conocimiento y tiempo.

M.C Héctor Uriel Serna Fernández, M.C Juan Antonio Guerrero Hernández, y M.C Gerardo Sánchez Martínez, gracias por todo su tiempo, enseñanzas y lecciones.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Agricultura de Precisión (AP).....	4
2.1.1 Tecnologías en la AP.....	5
2.1.1.1 Sistemas de posicionamiento global (GPS)	5
2.1.1.2 Monitores de rendimiento	6
2.1.1.3 Sensores remotos.....	7
2.1.1.4 Dosis variable	7
2.1.1.5 Sistemas de Información geográfica (SIG).....	8
2.1.2 Etapas de la agricultura de precisión	9

2.1.3	Impacto y adopción de la agricultura de precisión en Latinoamérica	10
2.2	Labranza	11
2.3	Nivelación del suelo agrícola	11
III.	MATERIALES Y METODOS	13
3.1	Materiales.....	13
3.1.1	Ubicación del sitio de prueba	13
3.1.2	Softwares utilizados	14
3.1.3	Equipos y Aplicaciones.....	15
3.2	Métodos.....	20
3.2.1	Acondicionamientos	20
3.2.1.1	Acondicionamiento de la electroválvula Danfoss	20
3.2.1.2	Acondicionamiento de la cuchilla niveladora.....	20
3.2.2	Calibración y Conexiones	21
3.2.2.1	Pruebas estáticas para la calibración del sensor	21
3.2.2.2	Revisión de las conexiones del sistema de la pantalla FmX	22
3.2.2.3	Actualización de la versión del Display Firmware.....	22
3.2.2.4	Configuración de la pantalla FmX	23
3.2.3	Pruebas estáticas.....	23
3.2.3.1	Pruebas estáticas manuales para determinar alturas.....	23
3.2.3.2	Pruebas estáticas con la pantalla FmX para determinar tiempos y alturas	24

3.2.4 Pruebas dinámicas.....	25
3.2.4.1 Levantamiento topográfico para mapa de diagnostico	25
3.2.4.2 Generar el levantamiento topográfico en QGIS.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1 Acondicionamiento de la cuchilla niveladora	27
4.2 Constante de calibración en Minitab	28
4.3 Pruebas estáticas	29
4.3.1 Resultados de la prueba estática manual	29
4.3.2 Resultados de la prueba estática con la pantalla FmX.....	31
4.4 Pruebas dinámicas	35
4.4.1 Levantamiento topográfico de diagnóstico.....	35
4.4.2 Mapa de diagnóstico en QGIS.....	35
4.4.3 Prueba final de campo.....	36
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
VI. BIBLIOGRAFÍA	46
VII. ANEXOS	48
Anexo A.....	48
A.1 Calibración del sensor sonar en Minitab 17.....	48
Anexo B.....	51
B.1 Pruebas estáticas de desplazamiento	51
Anexo C	56

C.1 Actualizar el Firmware de la pantalla.....	56
C.2 Agregar aplicaciones a la pantalla	58
C.3 Programación del implemento	61
C.4 Configuración System	62
C.5 Configuración del FieldLevel II.....	65
C.6 Configuración de receptor GPS del FieldLevel II.....	67
C.7 Abrir la ventana de ejecución.....	68
C.8 Extraer los datos de la pantalla FmX.....	71
Anexo D	73
D.1 Editar los puntos del mapa de diagnóstico en QGIS.	73
D.2 Sincronizar QGIS con GoogleEarth.	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Etapas para la aplicación de agricultura de precisión (USDA, 1998). ...9	9
Cuadro 3.1 Conexiones de modulo VM410 emulado.....22	22
Cuadro 4.1 Datos de calibración.....28	28
Cuadro 4.2 Desplazamiento del pistón en cm y mV.....29	29
Cuadro 4.3 Media de las repeticiones.....30	30
Cuadro 4.4 Tiempos y distancias en corte fino.32	32
Cuadro 4.5 Tiempos y distancias en corte grueso.33	33
Cuadro 4.6 Tratamientos33	33
Cuadro 4.7 Tabla de análisis de varianza.33	33
Cuadro 4.8 Comparación de tratamientos.34	34
Cuadro 4.9 Sección A.39	39
Cuadro 4.10 Sección B.40	40
Cuadro 4.11 Tiempos de respuesta sección C.40	40
Cuadro 4.12 Tiempos de respuesta sección D.41	41
Cuadro 4.13 Sección E.43	43
Cuadro 4.14 Sección F.44	44
Cuadro 4.15 Sección G.....44	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Ciclo cerrado básico de la agricultura de precisión.....	5
Figura 2.2	Ilustración del sistema de posicionamiento global	6
Figura 2.3	Cosechadora equipada con monitores de rendimiento.....	7
Figura 2.4	SIG.....	8
Figura 3.1	Ubicación del sitio de prueba.....	13
Figura 3.2	Tractor John Deere 6403.....	15
Figura 3.3	Pantalla FmX montada en el tractor.....	16
Figura 3.4	a) Antena de corrección RTK, b) Receptor GPS móvil.....	17
Figura 3.5	Sensor de distancia acoplado a la cuchilla niveladora.....	18
Figura 3.6	Diagrama de conexiones para electroválvula Danfoss.....	19
Figura 3.7	DaqBook 2000.....	19
Figura 3.8	Limpieza de electroválvula Danfoss.....	20
Figura 3.9	Pruebas de calibración en laboratorio.....	21
Figura 3.10	Diagrama de interfaz de conexiones de la pantalla FmX.....	22
Figura 3.11	Versión del Firmware de la pantalla.....	23
Figura 3.12	Equipo de pruebas.....	24
Figura 3.13	Equipo para pruebas automáticas estáticas.....	25
Figura 3.14	Recorrido editado en QGIS.....	26
Figura 4.1	Soportes de frente.....	27
Figura 4.2	Sopores en cuchilla niveladora.....	27
Figura 4.3	Gráfica de línea ajustada del sensor de distancia.....	29
Figura 4.4	Desplazamiento mV/Datos.....	30

Figura 4.5 Desplazamiento cm/Datos.	30
Figura 4.6 Corte fino/relleno.....	31
Figura 4.7 Corte fino/corte.	31
Figura 4.8 Corte grueso/relleno.....	32
Figura 4.9 Corte grueso/corte.	32
Figura 4.10 Comparación de medias.	34
Figura 4.11 Mapa de alturas.	35
Figura 4.12 Mapa de corte/relleno.	35
Figura 4.13 Recorrido editado.....	36
Figura 4.14 Gráfica de corte grueso.....	36
Figura 4.15 Gráfica de corte fino.....	37
Figura 4.16 Recorrido en corte grueso.....	37
Figura 4.17 Recorrido c/grueso en mapa de corte/relleno.	38
Figura 4.18 Sección A.....	38
Figura 4.19 Sección B.....	39
Figura 4.20 Sección C.....	40
Figura 4.21 Sección D.....	41
Figura 4.22 Recorrido en corte fino.....	42
Figura 4.23 Recorrido c/fino en mapa de corte/relleno.	42
Figura 4.24 Sección E.....	43
Figura 4.25 Sección F.....	43
Figura 4.26 Sección G.	44
Figura 7.1 Inicio Minitab.	48

Figura 7.2 Datos laboratorio.....	48
Figura 7.3 Regresión.....	49
Figura 7.4 Indicadores de valores.	49
Figura 7.5 Gráfica de regresión.....	50
Figura 7.6 Seleccionamos los datos.	51
Figura 7.7 Datos en Excel.....	51
Figura 7.8 Primera operación.....	52
Figura 7.9 Autorrelleno de formula.....	52
Figura 7.10 Segunda operación.	53
Figura 7.11 Formato de número.....	53
Figura 7.12 Insertar gráfica de mV.....	54
Figura 7.13 Tercera operación.....	54
Figura 7.14 Insertar gráfica en cm.	55
Figura 7.15 pantalla de inicio.	56
Figura 7.16 Actualizar.	56
Figura 7.17 Selección de actualización.....	57
Figura 7.18 Iniciar actualización.....	57
Figura 7.19 Pantalla actualizada.....	58
Figura 7.20 Configuraciones.	58
Figura 7.21 Agregar/Quitar.....	59
Figura 7.22 Seleccionar aplicaciones.....	59
Figura 7.23 Agregar aplicaciones.....	60
Figura 7.24 Aplicaciones agregadas.....	60

Figura 7.25 Configuración de implemento.	61
Figura 7.26 Tipo de implemento.....	61
Figura 7.27 Medidas del implemento.	62
Figura 7.28 Programación System.....	62
Figura 7.29 Ítems de estado.....	63
Figura 7.30 Ítem P Corte/Relleno.....	63
Figura 7.31 Ítem Altura de Hoja.	64
Figura 7.32 Ítems fijados.....	64
Figura 7.33 Programación FieldLevel.	65
Figura 7.34 Modo de operación.	65
Figura 7.35 Configuración de hojas.	66
Figura 7.36 Altura de hoja.....	66
Figura 7.37 Receptor GPS.....	67
Figura 7.38 Configuración antena GPS.	67
Figura 7.39 Frecuencias.	68
Figura 7.40 Ejecución.	68
Figura 7.41 Información del lote.....	69
Figura 7.42 Generar MBP.	69
Figura 7.43 Grabar limite.	70
Figura 7.44 Grabar recorrido interior.....	70
Figura 7.45 AutoPlane.	71
Figura 7.46 Archivo de datos.	71
Figura 7.47 Datos de campo.....	72

Figura 7.48 Capturas de pantalla.	72
Figura 7.49 Añadir capa.	73
Figura 7.50 Explorar.	73
Figura 7.51 Archivo .shp.	74
Figura 7.52 Tabla de atributos.	74
Figura 7.53 Modo edición.	75
Figura 7.54 Puntos editados.	75
Figura 7.55 Complementos.	76
Figura 7.56 Instalar.	76
Figura 7.57 Vincular Google Satélite.	77

RESUMEN

Este trabajo forma parte de un proyecto de evaluación de un implemento de labranza agrícola variable que se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el Departamento de Maquinaria Agrícola. Uno de los principales objetivos del proyecto fue acondicionar la cuchilla niveladora, colocándole soportes para la electroválvula Danfoss, el receptor GPS, la antena RTK y el sensor de profundidad. La investigación se basó en la evaluación del tiempo de respuesta de la electroválvula y la precisión que ésta tenía generando los cortes-rellenos, utilizando un sistema de labranza automática con la electroválvula Danfoss trabajando en conjunto con las aplicaciones WM-Survey y FieldLevel II que están incluidas en la interfaz de la pantalla FmX generando mapas de prescripción de alturas y cortes-rellenos. Para poder generar los datos necesarios para la evaluación se apoyó de un sensor de distancia con un sistema de adquisición de datos DaqBook 2000 montado en el pistón hidráulico. Se realizaron pruebas estáticas en laboratorio para la calibración del sensor con los datos obtenidos se realizó la gráfica de regresión lineal y se obtuvo la ecuación ($Distancia = 1.700 + 0.02727mV$) de relación entre mV vs distancia que recorre el pistón. Se hicieron repeticiones estáticas manuales para saber el tiempo que le lleva al pistón alcanzar su altura máxima, obteniendo que alcanza su altura máxima a una media de 18.20 cm, por otro lado, se realizaron las mismas repeticiones, en esta ocasión de forma automática apoyándose totalmente de la pantalla FmX y obtener los tiempos y distancias. La electroválvula Danfoss se evaluó a una profundidad de -0.05 m a 0.05 m. Los resultados incluyen gráficas para poder ver el comportamiento de la cuchilla y el sistema automático. Para los cortes la respuesta fue de un máximo de 5.56 cm de suelo movido en las pruebas dinámicas esto solo en el modo de corte grueso y en el modo de corte fino un máximo de 2.81 cm.

Palabras clave: *Electroválvula Danfoss, sistema de corrección RTK, pantalla FmX, mapas de prescripción.*

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura, como bien se sabe se basa principalmente de actividades como, la preparación del suelo agrícola, el mantenimiento del cultivo y cosecha de los mismos. Con el paso del tiempo a nivel mundial viene enfrentada, al desafío constante de aumentar la producción agrícola para poder satisfacer las necesidades de la creciente población. Este incremento, a su vez, se da de dos formas: con la expansión de nuevas áreas agrícolas, y en cada área, el aumento de la productividad. Esto se logra mediante la creación de nuevas tecnologías en forma de semillas mejoradas, insumos modernos y más eficientes agroquímicos, así como el manejo correcto de nueva maquinaria agrícola para la preparación del suelo, siembra, cultivo, cosecha y procesamiento de los productos agrícolas, logrando así avances significativos en la producción de alimentos (Bongiovanni, 2006).

El incremento de la demanda de producción de granos y hortalizas, la poca rentabilidad de la producción de granos, describe el sistema productivo del país, que para poder satisfacer la demanda de alimentos pide una mayor eficacia de producción en el campo, donde la preparación de los suelos requiere una mayor demanda de energía y costos, esto para poder tener una mejor producción y rendimiento de cosechas (Reynolds, 2012).

La agricultura de precisión, que es la implementación de tecnologías digitales en los sistemas de producción agrícola para una mejor gestión de los recursos, puede contribuir a lograr las metas de incremento de producción. La incorporación de innovaciones digitales a la producción agrícola será clave para detonar su potencial y contribuir tanto a la preservación del medio ambiente como a la seguridad alimentaria. Actualmente, en esta área la mayoría de la información que se obtiene del suelo y las propiedades de los cultivos, así como las necesidades de los mismos se recolectan de sensores que se encargan de obtener las características de los suelos y plantas (Ortega y Flores, 1999).

La mayoría de los sistemas experimentales de agricultura de precisión son los sistemas basados en mapas, debido a que la mayoría de los sensores de movimiento continuo o sobre la marcha (on-the-go) para campo, suelo y variabilidad de campo son demasiado caros, no son suficiente precisos, no están disponibles o no son compatibles con las tecnologías ya desarrolladas en forma comercial (Trimble, 2016).

Con esta investigación se busca acondicionar la cuchilla y aplicar un laboreo secundario del suelo, realizando cortes y rellenos con una cuchilla niveladora, empleando un sistema de control inteligente, que registra la señal que genera la válvula Danfoss con un sensor sonar.

Utilizando el sistema de control automático de la pantalla FmX se crearán mapas de alturas y de cortes/rellenos, todo esto para poder observar la respuesta del sistema automático y si este responde de acuerdo a lo que el mapa señala, comprobando así que es posible la nivelación de zonas específicas.

1.1. Objetivo general

Evaluar los tiempos de respuesta y la distancia desplazada de una cuchilla niveladora con tecnología de agricultura de precisión y sensor de distancia.

1.2. Objetivos específicos

- Acondicionar el tractor y la cuchilla niveladora para su evaluación.
- Evaluación estática del sistema para verificar funcionamiento
- Elaborar un levantamiento topográfico usando la pantalla FmX y el sistema de corrección RTK.
- Evaluar el tiempo de respuesta de la electroválvula para realizar cortes y rellenos utilizando el controlador FMX y sensor de distancia.

1.3. Hipótesis

En un sistema de nivelación para corte y relleno la distancia objetivo podrá ser superior al 90% en la respuesta de evaluación del sistema.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Agricultura de Precisión (AP)

La agricultura de precisión se basa en aplicar la cantidad de insumos en el momento adecuado y en el lugar exacto, que involucra el uso de la tecnología de la información para adecuar la variabilidad de aplicaciones, manejo de suelos y cultivos dentro de un lote. También implica el uso de sistemas de posicionamiento global y otros medios electrónicos para obtener datos del cultivo. La aplicación de estas tecnologías permite el manejo óptimo de grandes extensiones, que al mismo tiempo nos permite evaluar varios sectores dentro de la misma superficie, de este modo ajustar el manejo diferencial de los mismos, por ejemplo, utilizando mapas de rendimiento, que puede analizar, obtener el tiempo y la dosis de fertilizante necesario para cada área, generando así una reducción de la cantidad de insumos y aumentando el rendimiento de una parcela (García y Flego, 2008).

Ortega y Flores (1999) señalan que la agricultura de precisión permite medir y manejar la variabilidad espacial de las propiedades del suelo y los rendimientos de los cultivos, para así aumentar la eficiencia productiva y disminuir el impacto ambiental. Un concepto más simple es, que permite la aplicación de insumos tales como fertilizantes, semillas, plaguicidas, etc., de forma variable de y de acuerdo con las necesidades y potencial productivo dentro de un lote. En la Figura 2.1 se muestra el ciclo de la AP.

En la agricultura este sistema ha dado un gran impacto e impulso, dando paso a generar un sistema que se compone de tres segmentos básicos:

- Segmento espacio: formado por 24 satélites.
- Segmento control: básicamente se encarga de mantener en órbita los satélites.
- Segmento usuario: formado por antenas y receptores en la tierra.

Se están incorporando sistemas DGPS (Differential GPS) en vehículos y la agricultura, que consiste de un receptor en un vehículo que recibe señales de una base establecida en un punto fijo, dando como resultado un menor margen de error en la posición, su gran precisión ha permitido grandes avances en estas áreas (Pozo *et al*, 2000). En la Figura 2.2 podemos ver la aplicación de los GPS:



Figura 2.2 Ilustración del sistema de posicionamiento global

2.1.1.2 Monitores de rendimiento

Con la disponibilidad de los sistemas de posicionamiento precisos y económicos combinados con los monitores, permiten registrar y mapear al instante el rendimiento de cultivos durante la cosecha, lo cual genera los mapas, para poder tener una representación espacial de datos de rendimiento. Todo esto con ayuda de los sensores que integran el monitor, como pueden ser sensores de flujo, humedad o velocidad

(Mantovani *et al*, 2006). En la Figura 2.3 se puede observar el equipamiento con monitor de rendimiento.

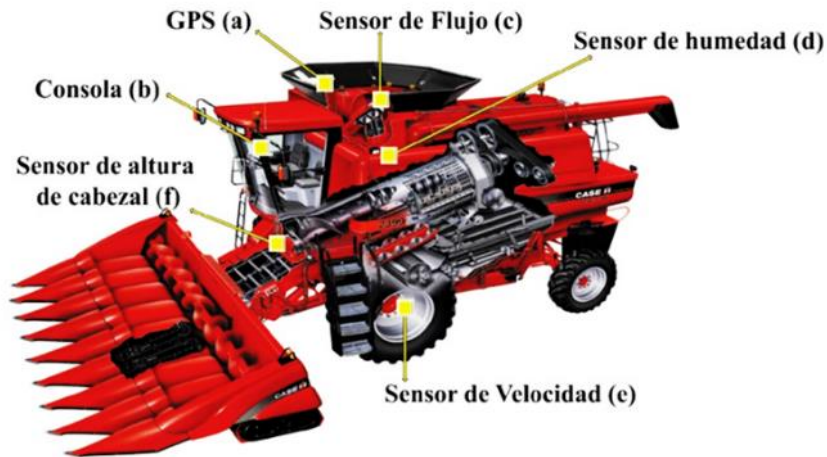


Figura 2.3 Cosechadora equipada con monitores de rendimiento.

2.1.1.3 Sensores remotos

Los sensores son dispositivos que brindan información de un objeto, área o fenómeno que no está en contacto físico con el área bajo estudio, el sensor remoto puede estar a pocos centímetros o a varios kilómetros dependiendo del sistema usado y la información deseada. En la percepción remota se consideran sólo tres tipos de objetos, vegetación, suelo y agua, la cual consiste en la recolección, análisis de datos y energía reflejada. Estos están formados por una parte óptica (colector) que tiene como objetivo captar y dirigir la energía que proviene de los objetos a los detectores. De acuerdo al nivel de recolección pueden ser: sensores a nivel terrestre, fotográficos y orbital (IICA, 2006).

2.1.1.4 Dosis variable

La tecnología de dosis variable es la herramienta que permite la implementación de decisiones de manejo de sitio específico, equipado por ejemplo en una sembradora o fertilizadora para aplicaciones de dosis variable equipada con software y hardware en

tres áreas: siembra, pulverización y fertilización. La idea es relativamente simple, se inicia con información oportuna y precisa, que realiza un mapa de prescripción utilizando un software y el aplicador variable acoplado a un DGPS aplica la dosis correcta de semilla, herbicida o fertilizante exactamente donde se necesita. La aplicación variable de fertilizante es la tecnología más usada hoy en día en EEUU (Roberts, 2000).

2.1.1.5 Sistemas de Información geográfica (SIG)

La tecnología de los SIG, Figura 2.4, está basada en componentes de hardware y software que permite el análisis e integración de información geográfica, permitiendo visualizar los datos obtenidos en un mapa. Éstas integran la información a través de capas o coberturas de datos georreferenciados que se van superponiendo, formándose mapas temáticos. El uso de los SIG en la actualidad es muy variado, se utilizan para la producción cartográfica, para el caso de la agricultura éstos brindan la posibilidad de obtener un mapa digital del campo y al mismo tiempo la interacción con el mismo, donde un agrónomo podría determinar los puntos exactos para las extracciones de muestras para los mapas de rendimiento (Uva y Campanella, 2009).



Figura 2.4 SIG.

2.1.2 Etapas de la agricultura de precisión

Ocampo y Santa Catarina (2018) mencionan que existen numerosas prácticas y actividades consideradas parte de la AP. Estas son realizadas a través de diferentes tecnologías que incluyen actividades de terreno como de oficina. En el Cuadro 2.1 se presentan las etapas o pasos para la aplicación de AP. Se requieren tres etapas:

- **Recolección de datos:** se lleva a cabo con equipos especializados como satélites o sensores remotos.
- **Análisis de datos:** un experto analiza los datos y emite sugerencias para manejar adecuadamente la variación espacio-temporal detectada.
- **La implementación:** el productor cultiva el terreno según las recomendaciones.

Cuadro 2.1 Etapas para la aplicación de agricultura de precisión (USDA, 1998).

Etapas	Tecnología involucrada	Actividades
Recolección e ingreso de datos.	<ul style="list-style-type: none"> • GPS • SIG • Instrumentos topográficos • Sensores remotos 	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de la topografía del suelo • Muestreo de suelos en grilla • Detección de plagas y enfermedades • Monitoreo de rendimiento • Propiedades del suelo y cultivo • Sensoramiento del suelo y cultivo • Digitalización de mapas
Análisis, procesamiento e interpolación de datos.	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de SIG • Sistemas expertos • Programas estadísticos • Experiencia del operador 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de dependencia espacial • Confección de mapas de evaluación • Confección de mapas de prescripción • Otras
Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Dosis Variables • Pulverización asistida por GPS • Programas computacionales 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación variable de nutrientes • Aplicación variable de plaguicidas • Siembra diferencial de variedades • Aplicación variable de semillas • Otras

Fuente: Agricultura de precisión, Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, 1999.

2.1.3 Impacto y adopción de la agricultura de precisión en Latinoamérica

Para que un país adopte exitosamente este tipo de agricultura son necesarias tres condiciones:

- Instituciones y formación de cuadros especializados.
- Recolección de información.
- Manejo preciso de los recursos agronómicos.

Debido a que algunos productores han tenido opiniones positivas es importante la comunicación. Otro aspecto es que se simplifiquen las tecnologías y hagan más eficientes las labores agrícolas, también que sean compatibles con maquinaria existente. La disponibilidad de tecnología a nivel local, el alto precio de los equipos, la incompatibilidad entre maquinaria moderna y antigua, y la falta de información son elementos que dificultan la adopción de la AP. Cualquier cambio tecnológico trae cambios sociales, especialmente en el sector agrícola, éstos son causados por diferentes motivos que según las circunstancias estarán más adecuados unos a otros, aunque siempre ante una innovación hay resistencia al cambio (Herrero *et al*, 2006).

En Latinoamérica se tienen desarrollos incipientes, pero sostenidos, particularmente en el cono sur y México. Se han dado importantes avances en Argentina en aspectos de riego, manejo de siembra directa, mapas de cosecha y en dosis variable de agroquímicos. En Paraguay se cuenta con iniciativas para la aplicación de agroquímicos, nivelación laser, mapas de cosecha, sistemas de labranza y manejos de cultivos. En Chile son los estudios de viñedos y maíz con AP, en Colombia se viene adelantando experiencias con AP en control de plagas y enfermedades. En México el uso de la AP podría traer beneficios económicos, sociales y ambientales como los observados en países que la han adoptado. Sin embargo, son previsibles algunas barreras para el desarrollo y utilización de la AP teniendo en cuenta las metodologías utilizadas y el manejo de información, la falta de adaptación a la tecnología y los altos costos para los productores (Leiva, 2003).

2.2 Labranza

Según Alvarado (2004) y Araya (2009), las prácticas de mecanización tienen el objetivo de preparar el suelo para lograr las condiciones idóneas para el desarrollo del cultivo, no obstante, hay prácticas que se tienen que minimizar, proponiendo la búsqueda de sistemas para labrar la tierra que propicien una mejor infiltración del agua en el suelo, una mejor aireación y por consiguiente mejores rendimientos en cultivo.

La labranza tradicional como el volteo y roturación superficial ha permitido aumentar las áreas de siembra. Sin embargo, en condiciones desfavorables ha contribuido con la degradación del suelo siendo la capa arable la más afectada. Se estima que el 80% de los suelos en el mundo, presentan erosión moderada a severa. El principal impacto de la labranza convencional se da en la porosidad, donde afecta severamente los macroporos encargados de facilitar las interconexiones para un adecuado movimiento del agua y de propiciar un espacio adecuado para el crecimiento de raíces. Una forma de minimizar el impacto de la labranza es la utilización de métodos menos agresivos como la labranza reducida o la labranza cero (Gómez *et al*, 2018).

La disminución de los rendimientos en los cultivos es cada vez mayor por la degradación de los suelos. En México la agricultura tiene una producción escasa y fluctuante, que obliga a producir más y mejor con base en los cultivos (Bravo *et al*, 2000).

2.3 Nivelación del suelo agrícola

Desde el punto de vista agronómico, la nivelación de terrenos agrícolas consiste en corte y relleno de las áreas altas y bajas respectivamente, a fin de dejar una superficie plana sin afectar la capa de minerales del suelo, y sin que implique el movimiento mínimo de metros cúbicos, esto para facilitar las labores agrícolas (Trueba citado por Roberto, 1983).

Nivelar un terreno con fines agrícolas es darle una superficie uniforme donde el agua sea aplicada eficientemente (Madero citado por Roberto, 1983).

La nivelación de tierras agrícolas es una forma de acondicionamiento, que consiste en mover tierra de las partes altas, su acarreo y deposición en las bajas, obteniendo superficies planas, ajustándolas a las pendientes naturales del terreno, facilitando las labores, especialmente para la aplicación de agua de riego. Para la nivelación se consideran dos criterios: seleccionar la superficie que maximice la efectividad del sistema de riego y seleccionar la pendiente que minimice el movimiento de tierras. Las necesidades de nivelación están sujetas también al tipo de riego que se utilice y por la topografía original del terreno (López *et al*, 2009).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Ubicación del sitio de prueba

El acondicionamiento y pruebas de calibración se realizaron en el parque del Departamento de Maquinaria Agrícola en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

El desarrollo de las pruebas del proyecto se realizó en los campos del bajío de la UAAAN donde se utilizó un terreno ubicado en las coordenadas $25^{\circ}21'33.10''\text{N}$ y $101^{\circ}2'26.34''\text{O}$ a una altura de 1734 msnm como se muestra en la Figura 3.1.

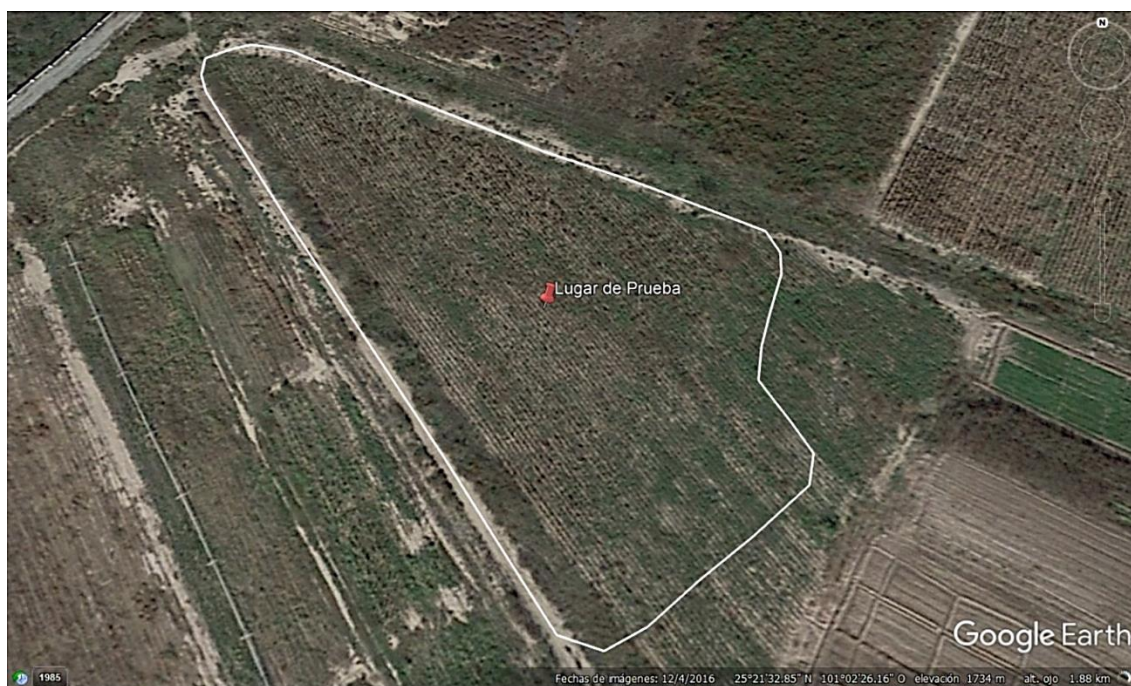


Figura 3.1 Ubicación del sitio de prueba.

3.1.2 Softwares utilizados

QGIS 3.22.3

QGIS es una aplicación profesional de SIG que está construida sobre, y orgullosa de ser, Software Libre y de Código Abierto. QGIS proporciona una creciente gama de capacidades a través de sus funciones básicas y complementos. Puede visualizar, gestionar, editar y analizar datos, y diseñar mapas imprimibles.

GoogleEarth Pro

Es un sistema de información geográfica que muestra un globo terráqueo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, basado en imágenes satelitales y además permite la creación de entidades de puntos líneas y polígonos, contando también con la posibilidad de crear mapas.

Excel 2021

Excel es una hoja de cálculo que nos permite manipular datos numéricos y de texto en tablas formadas por la unión de filas y columnas, hoy podemos usar esta herramienta para un sinnúmero de cosas, tanto en el ámbito personal, profesional, así como dentro de cualquier empresa, que es donde vemos, que más se utiliza o aplica el uso de esta herramienta. La hoja de cálculo de Excel nos facilita en gran medida, trabajar con información que podamos analizar, generar reportes mediante herramientas de gráficos y las tablas dinámicas.

Minitab 17

Es un programa diseñado para ejecutar estadísticas básicas y avanzadas, que junto a Excel tiene un uso amigable para su ejecución en análisis estadísticos. Minitab puede examinar datos actuales y pasados para descubrir tendencias, encontrar y predecir patrones, y descubrir relaciones ocultas entre variables.

DaqView

Esta aplicación nos permite verificar las conexiones de señal, adquirir o guardar datos en el disco y ver gráficamente los datos en tiempo real.

3.1.3 Equipos y Aplicaciones

Tractor John Deere 6403

El tractor de la Figura 3.2 fue equipado con el equipo de agricultura de precisión y el equipo necesario para obtener los datos del sensor.

Especificaciones:

- Potencia nominal del motor 81.3 kW, 109 hp.
- Salida de la bomba hidráulica 50 L/min.
- Motor turboalimentado de 4 cilindros.



Figura 3.2 Tractor John Deere 6403.

Pantalla FmX

La pantalla FmX es una pantalla guía con lo necesario para encargarse de varias operaciones de agricultura de precisión para mejorar la productividad en cualquier etapa del cultivo. La pantalla ofrece el mejor rendimiento y confiabilidad con los receptores de doble recepción GPS + GLONASS, compatible con sistemas de piloto

automático, control de implementos, guías de surcos, controles de velocidad, dosis variable, monitoreo de rendimiento y control de sensores. Figura 3.3 pantalla montada.

Dentro de las ventajas que posee, es que tiene un fácil manejo para los usuarios menos adaptados a este tipo de tecnologías, tiene la precisión de RTK, corte automático, plantación, pulverización, registro de datos y nivelación de terrenos.



Figura 3.3 Pantalla FmX montada en el tractor.

Survey

Es una aplicación de la pantalla FmX usada para mapear campos, crea límites, puntos interiores y superficies de estudio, dando cobertura a campos óptimos y diseños de superficies precisas, todo esto para ayudar a generar mapas de prescripción, etc.

FieldLevel II

Es una aplicación integrada a la pantalla FmX que da soluciones para la topografía de un terreno, el diseño y la nivelación necesarios para proyectos que el agricultor necesite dentro de su lote, ayuda a controlar alturas de corte y relleno, todo esto con ayuda de los mapas de prescripción que son diseñados dentro de la pantalla.

Antena de corrección RTK

Real Time Kinematic (RTK), es una técnica que utiliza diferencias simples y dobles sobre las medidas de fase de las señales satelitales capturadas por dos receptores, el primero con base fija y el segundo con base móvil, resolviendo algoritmos y logrando posiciones con centímetros de exactitud en tiempo real

El segundo dispositivo receptor de posición conocida, obtiene parámetros de error de posicionamiento y genera información de corrección, al que se le llama estación base, esta información es transmitida a un rover que es el objeto con posición desconocida, logrando así corregir la posición del tractor con una precisión de hasta 2.5 cm. En la Figura 3.4 podemos ver la antena y el receptor acoplados al tractor.



Figura 3.4 a) Antena de corrección RTK, b) Receptor GPS móvil.

GPS

El GPS es un sistema de radionavegación satelital el cual está diseñado para que un observador pueda determinar su posición en la tierra con una precisión de hasta 15 metros en el uso civil.

Sensor de distancia

Los sensores son elementos encargados de obtener información. Son llamados técnicamente transductores, y son capaces de convertir cualquier magnitud física, química o biológica en una magnitud eléctrica.

Este sensor nos ayuda a poder medir las distancias entre un punto fijo en la parte trasera del implemento, ubicado en un pistón hidráulico como lo muestra la Figura 3.5, el cual nos dará la distancia de accionamiento del implemento para saber a qué altura se levanta, y el tiempo que tarda en dar la respuesta por parte del sistema hidráulico.

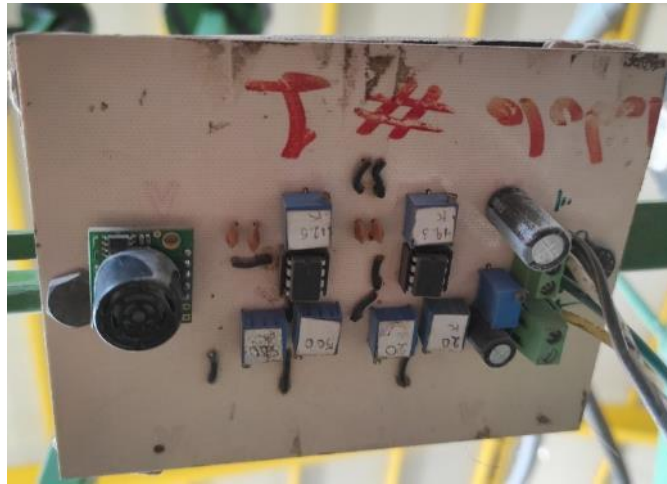


Figura 3.5 Sensor de distancia acoplado a la cuchilla niveladora.

Cuchilla niveladora John Deere

El implemento se forma de una parte fija y una hidráulica que permite el movimiento hacia arriba o hacia abajo controlados por la electroválvula Danfoss y la pantalla FmX que permite un error de hasta 2.5 cm en los cortes y rellenos.

Electroválvula hidráulica Danfoss

La electroválvula Danfoss está en función de la pantalla FmX la cual por medio del FieldLevel II emite señales en forma de pulsos, en respuesta a esto la electroválvula cambia de posición para el control de la altura variable de la cuchilla niveladora. En la figura 3.6 podemos ver el diagrama de conexiones.

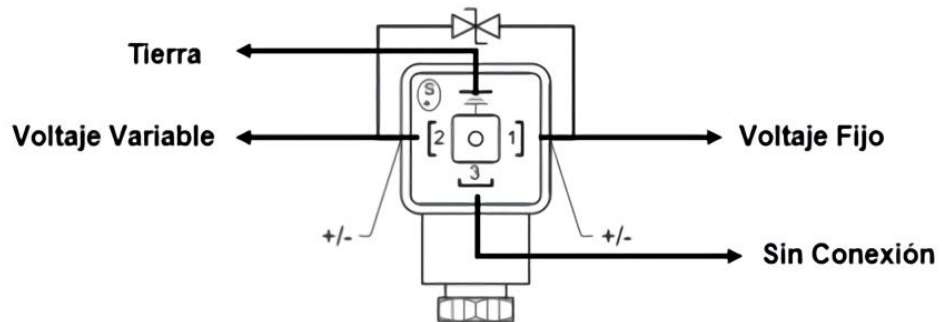


Figura 3.6 Diagrama de conexiones para electroválvula Danfoss.

DaqBook 2000

El sistema de adquisición de datos permite registrar y convertir señales analógicas a digitales por medio de sus diferentes canales, y es ideal para la conversión de datos de forma digital en diferentes tipos de sensores, Figura 3.7.



Figura 3.7 DaqBook 2000.

3.2 Métodos

3.2.1 Acondicionamientos

3.2.1.1 Acondicionamiento de la electroválvula Danfoss

Se dio mantenimiento a la electroválvula Danfoss que fue proporcionada por el Departamento de Maquinaria Agrícola. Se realizó la limpieza del equipo, como se ve en la Figura 3.8, y se revisó que los diagramas de conexiones estuvieran correctos en la válvula y las terminales para una conexión rápida.



Figura 3.8 Limpieza de electroválvula Danfoss.

3.2.1.2 Acondicionamiento de la cuchilla niveladora

Para el acondicionamiento de la cuchilla se revisó que todo el mecanismo en general estuviera en orden, se calibro el aire de las llantas, en cuanto a los soportes de la antena RTK, el receptor de GPS y la válvula se tomaron medidas de las piezas y se cortaron pedazos de metal para que funcionaran de bases para estas, se soldaron las bases a unos tubos de soporte y a la cuchilla niveladora.

En el tractor se revisó que las conexiones de las terminales hidráulicas estuvieran en orden y se limpió todo el exceso de suciedad que presentaban con un poco de diésel, para finalizar se enganchó el implemento al tractor.

3.2.2 Calibración y Conexiones

3.2.2.1 Pruebas estáticas para la calibración del sensor

Para estas pruebas se realizó la calibración en el laboratorio de maquinaria, se revisó que el circuito del sensor estuviera en buenas condiciones y se acondicionaron algunas terminales que estaban desgastadas. La Figura 3.9 muestra cómo se colocaron marcas cada 5 cm, se colocó una madera vertical a 90° en cada marca, se obtuvo el voltaje que el sensor mandaba a la computadora por medio del DaqBook 2000. Esta prueba se realizó 5 veces con la finalidad de tener una media más exacta.

Para obtener la constante de calibración se necesitó el convertidor analógico–digital DaqBook 2000, una computadora y una fuente de voltaje de 5V. La frecuencia de muestreo establecida en el DaqBook fue de 20 Hz, con repeticiones cada 5 cm en intervalos de 500 datos, realizadas las 5 repeticiones se pasaron a Excel y se graficaron los datos obtenidos para después sacar los valores de cada escalón. Ya obtenidos los datos se pasó a Minitab para realizar la gráfica de regresión lineal y determinar la constante de calibración.



Figura 3.9 Pruebas de calibración en laboratorio.

3.2.2.2 Revisión de las conexiones del sistema de la pantalla FmX

Se revisó el módulo VM-430. En la Figura 3.10 se muestra el diagrama de conexiones que se usó y el Cuadro 3.1 muestra el orden de conexiones configuración de conexiones de la interfaz FmX y las terminales para el módulo.

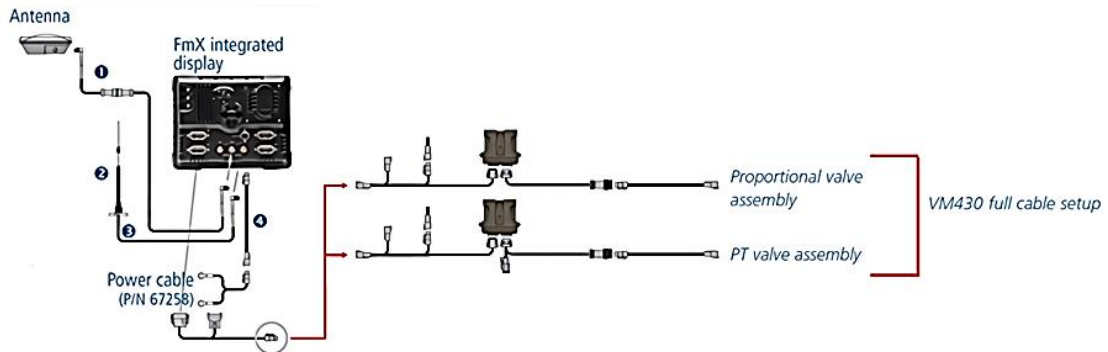


Figura 3.10 Diagrama de interfaz de conexiones de la pantalla FmX.

Cuadro 3.1 Conexiones de modulo VM410 emulado.

Modulo VM410 emulado	
Descripción	No Parte
FmX display a CAN	75407
CAN Field Manager Display	85491
Modulo VM430 emulado a VM410	
FieldLevel CAN a VM	84270-150
SGL Danfoss Valve	58729-200

3.2.2.3 Actualización de la versión del Display Firmware

Para la actualización de la versión se buscó en la página de Trimble la actualización de la versión 10.18, ya con la descarga se pasó a una memoria USB. Se conectó la USB y se realizó la actualización como se muestra en el ANEXO C.1. en la Figura 3.11 podemos ver la pantalla actualizada.

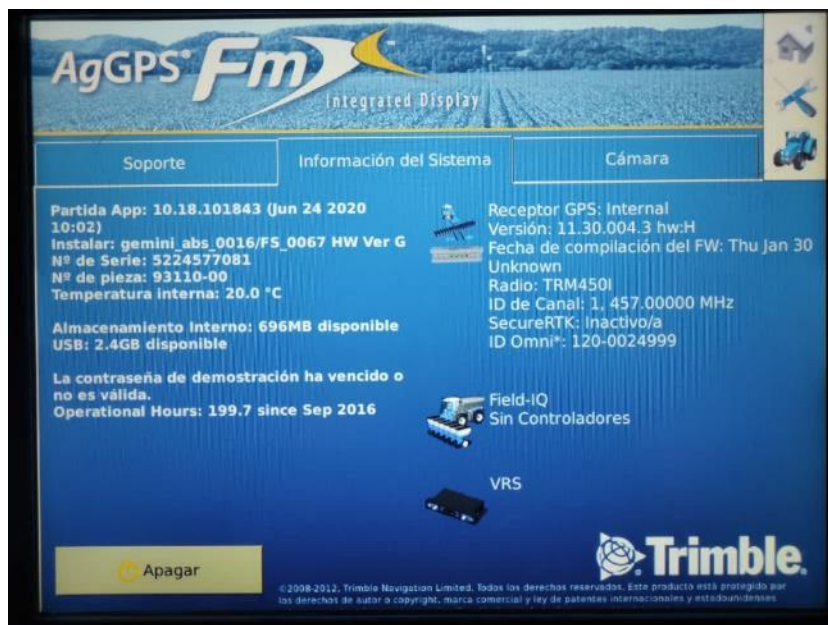


Figura 3.11 Versión del Firmware de la pantalla.

3.2.2.4 Configuración de la pantalla FmX

En la obtención de datos para la elaboración de los mapas de prescripción se utilizó la pantalla FmX con las aplicaciones de FieldLevel II y Survey, como primer paso tenemos que agregar estas aplicaciones a la pantalla de control, también con la configuración de las dimensiones de la cuchilla niveladora, la configuración del receptor GPS y del FieldLevel II, en los ANEXOS C2 al C6 se muestran los pasos seguidos.

3.2.3 Pruebas estáticas

3.2.3.1 Pruebas estáticas manuales para determinar alturas

En esta parte del proyecto, se enganchó el tractor y se hicieron las pruebas con la válvula, para estas pruebas se usó una computadora, el DaqBook y una fuente de 5 V, como se ve en la Figura 3.12, se conectó el sensor a la parte alta del pistón y un

reflector a la parte fija del mismo para obtener la distancia a la que se desplaza la cuchilla niveladora.

Con todos los materiales acomodados, se programó en el DaqView, 5,500 registros de datos, en los primeros 500 datos el pistón se colocará en la parte más baja y en los siguientes 500 datos el pistón alcance la parte más alta y así repetitivamente hasta completar los 5,500 datos, en total se realizaron 5 repeticiones, posteriormente se pasaron los datos a Excel y se realizaron las gráficas correspondientes, con las gráficas se obtuvieron las medias de cada escalón y se sustituyeron en la fórmula de calibración.



Figura 3.12 Equipo de pruebas

3.2.3.2 Pruebas estáticas con la pantalla FmX para determinar tiempos y alturas

Para realizar estas pruebas se revisaron las conexiones para que el módulo este emulado en WM410, a su vez las configuraciones de la pantalla FmX, se revisaron las conexiones para el sensor y que la señal la reciba la computadora como se observa en la Figura 3.13.

Con el tractor equipado se colocó la cuchilla a una altura media, se generó el MBP, en el DaqView introducimos 4500 datos para registrar y guardamos, colocamos el tipo de corte grueso, se realizaron 10 repeticiones en $\pm 0.05\text{m}$. Del mismo modo en corte fino se realizaron 10 repeticiones en $\pm 0.05\text{ m}$.



Figura 3.13 Equipo para pruebas automáticas estáticas.

3.2.4 Pruebas dinámicas

3.2.4.1 Levantamiento topográfico para mapa de diagnóstico

Se utilizó un lote de 0.4 ha para el levantamiento topográfico, en el lote se generó un Máster Bench Point (MBP) en una orilla del lote, se define los límites de la parcela haciendo un recorrido por toda la orilla y grabando en la pantalla FmX y por último se hace un recorrido interno, generando un mapa de corte/relleno y altitudes del terreno. Con el recorrido hecho y los datos registrados se extraen los datos generados en una memoria USB. Todo este proceso se muestra en los ANEXOS C7 y C8.

3.2.4.2 Generar el levantamiento topográfico en QGIS

Durante el recorrido con el tractor se generan los mapas de diagnóstico, para una mejor lectura del recorrido se genera el mapa en QGIS donde se importa el archivo shape que anteriormente extrajimos de la pantalla.

Facilitamos la lectura del recorrido y editamos los puntos o partes que creemos no son necesarios para el mapa de prescripción, como se muestra en el ANEXO D y en la Figura 3.14.

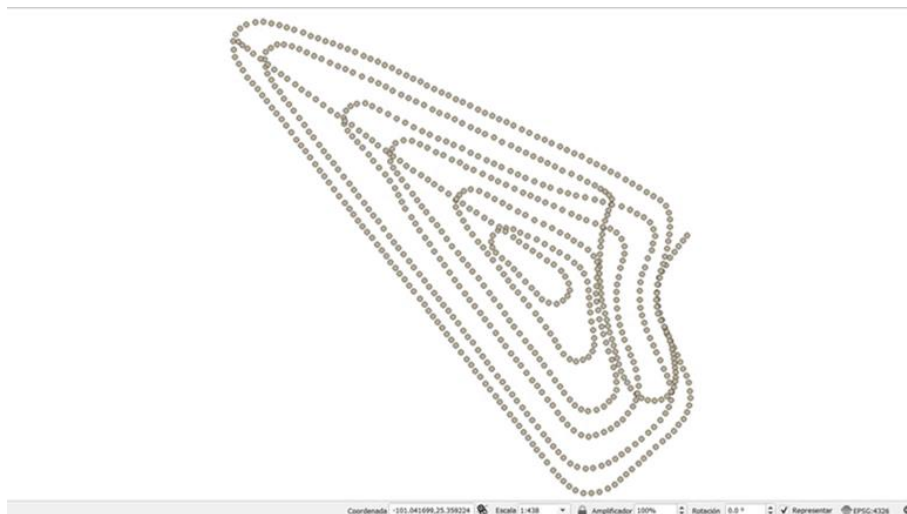


Figura 3.14 Recorrido editado en QGIS.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Acondicionamiento de la cuchilla niveladora

En las Figuras 4.1 y 4.2 se muestra el resultado final del acondicionamiento de los soportes para la antena RTK, el receptor GPS y la electroválvula Danfoss



Figura 4.1 Soportes de frente.



Figura 4.2 Soportes en cuchilla niveladora.

4.2 Constante de calibración en Minitab

Se obtuvo la siguiente constante de calibración como se muestra en la Figura 4.3, en el modelo de regresión lineal podemos ver que nos da como resultado un incremento de 0.02727cm mV^{-1} y un coeficiente de 99.7%.

La fórmula obtenida se calculó con la media de las 5 repeticiones hechas en laboratorio, como se muestra en el Cuadro 4.1. El ANEXO A nos muestra los pasos seguidos.

Cuadro 4.1 Datos de calibración.

Medias	
mV	Distancia (cm)
95.20	5
284.80	10
476.20	15
666.40	20
855.00	25
1046.20	30
1237.80	35
1427.60	40
1607.60	45
1803.20	50
1551.00	45
1429.40	40
1171.60	35
1018.20	30
838.60	25
653.20	20
478.80	15
288.20	10
97.40	5

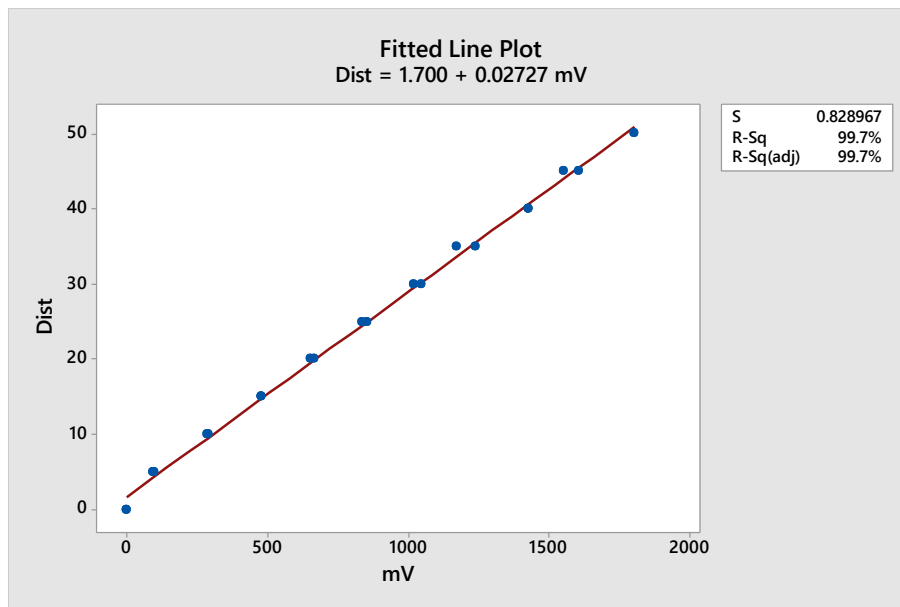


Figura 4.3 Gráfica de línea ajustada del sensor de distancia.

4.3 Pruebas estáticas

4.3.1 Resultados de la prueba estática manual

Para las pruebas estáticas con el pistón podemos confirmar que el desplazamiento total que tiene la hoja es de aproximadamente 18 cm como se muestra en el Cuadro 4.2, estos resultados se obtuvieron aplicando la fórmula obtenida en gráfica de línea ajustada. En el Cuadro 4.3 podemos ver que el desplazamiento total es de 18.71 cm.

En las gráficas podemos ver cuál es el desplazamiento en cm obtenido de las repeticiones en la Figura 4.5 y una comparación del desplazamiento en mV en la Figura 4.4. El ANEXO B nos muestra el procedimiento seguido para obtener las gráficas y los cuadros.

Cuadro 4.2 Desplazamiento del pistón en cm y mV.

Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4		Prueba 5	
mV	cm	mV	cm	mV	cm	mV	cm	mV	cm
666	18.16	668	18.22	666	18.16	668	18.22	666	18.16

666	18.16	669	18.24	666	18.16	668	18.22	667	18.19
669	18.24	665	18.13	669	18.24	667	18.19	667	18.19
666	18.16	668	18.22	666	18.16	668	18.22	668	18.22
669	18.24	666	18.16	669	18.24	670	18.27	666	18.16

Cuadro 4.3 Media de las repeticiones.

Media de las repeticiones	
mV	667.4
cm	18.20

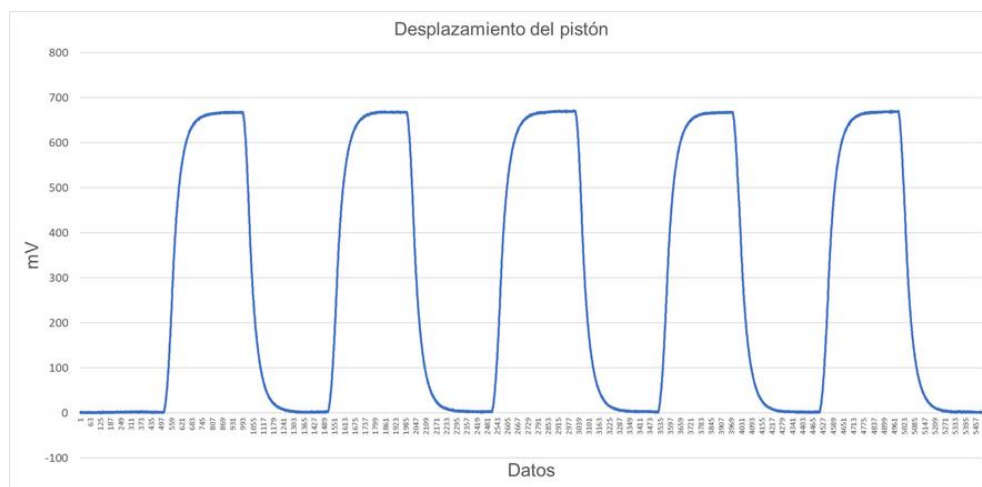


Figura 4.4 Desplazamiento mV/Datos.



Figura 4.5 Desplazamiento cm/Datos.

4.3.2 Resultados de la prueba estática con la pantalla FmX

En las pruebas con la pantalla se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 4.6 y 4.7 donde la distancia alcanzada por el pistón en cuanto a respuesta de la pantalla en modo de corte fino fue de +5.40 cm y -2.82 cm.

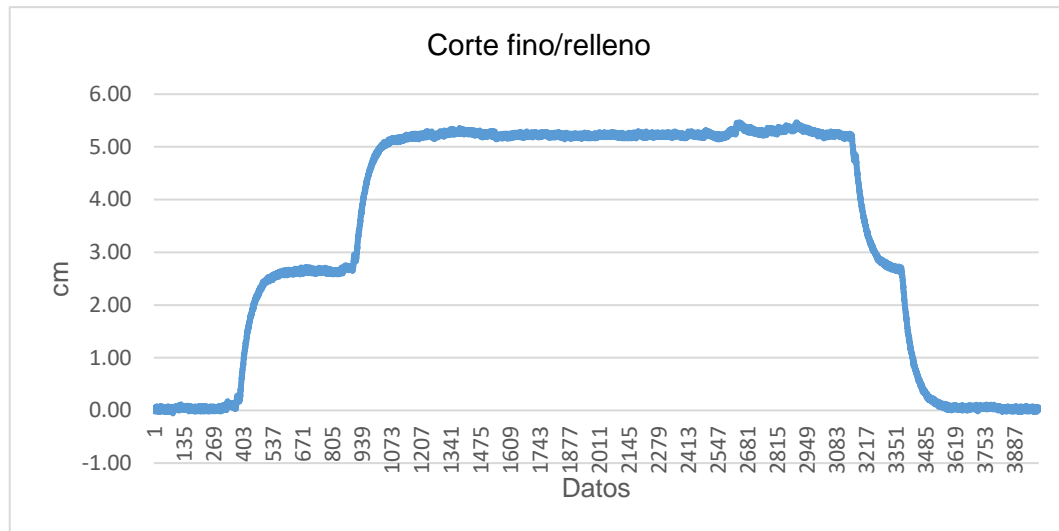


Figura 4.6 Corte fino/relleno.

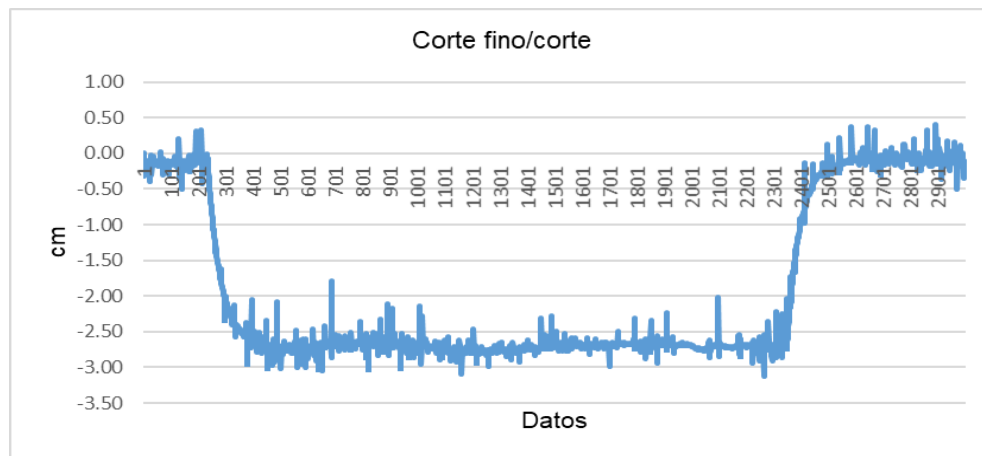


Figura 4.7 Corte fino/corte.

En los tiempos de respuesta no fueron los esperados como lo muestra el Cuadro 4.4, donde se observa que en corte la respuesta del sistema es mucho más rápido.

Cuadro 4.4 Tiempos y distancias en corte fino.

Corte Fino				
# Datos		T1 (s)	T2 (s)	Dist (cm)
↑	↓	↑	↓	
730	483	36.5	24.15	5.4
272	217	13.6	10.85	-2.8

Para el modo de corte grueso los resultados fueron los que se muestran en las Figuras 4.8 y 4.9.

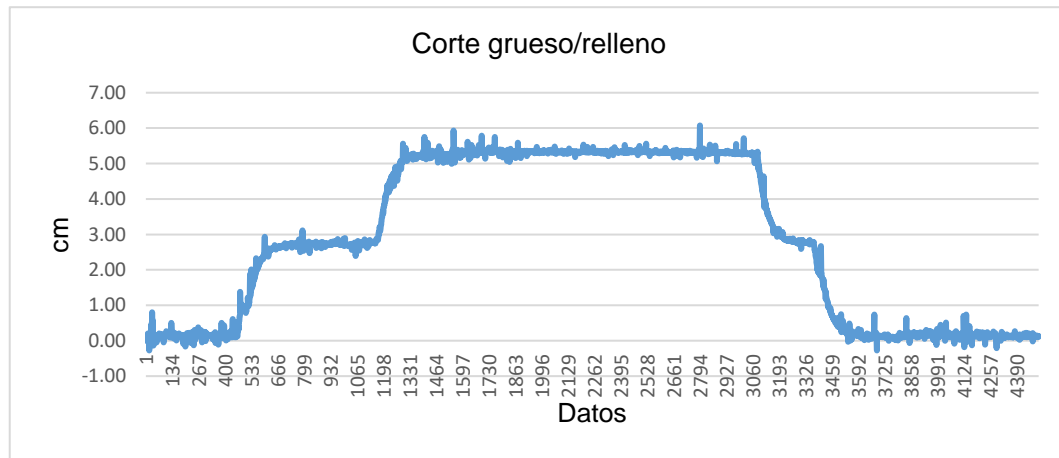


Figura 4.8 Corte grueso/relleno.

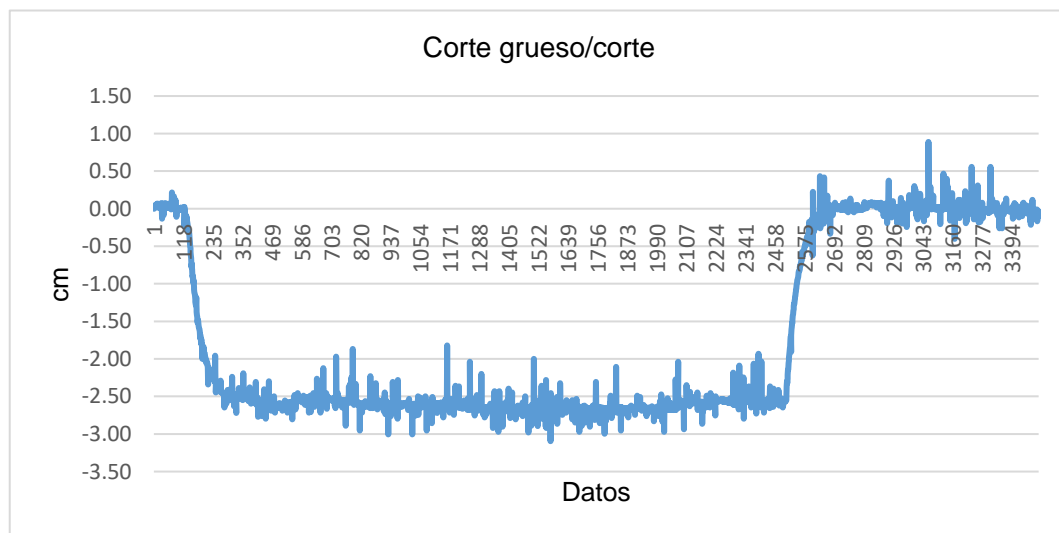


Figura 4.9 Corte grueso/corte.

En el Cuadro 4.5 podemos ver los tiempos de respuesta y las distancias máximas alcanzados.

Cuadro 4.5 Tiempos y distancias en corte grueso.

Corte Grueso				
# Datos		T1 (s)	T2 (s)	Dist (cm)
↑	↓	↑	↓	
892	619	44.6	30.95	5.31
208	314	10.4	15.7	-2.75

Una vez obtenido los tiempos de respuesta del sistema se procedió a realizar el análisis de varianza de los datos. El cuadro 4.6 muestra los tipos de tratamiento utilizados.

Cuadro 4.6 Tratamientos

Tratamientos	
T1	Corte fino/relleno
T2	Corte fino/corte
T3	Corte grueso/relleno
T4	Corte grueso/corte

En el Cuadro 4.7 se observan los resultados del análisis de varianza donde se muestra que existe diferencia entre tratamientos por lo que aplicamos una comparación múltiple de medias con 0.05 de significación, método TUKEY.

Cuadro 4.7 Tabla de análisis de varianza.

Analysis of Variance Table Response:					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
Tratamiento	3	1851.31	617.10	54.724	1.239e-08
Residuals	16	180.43	11.28		
Signif codes	0.001	0.01	0.05	0.1	1

En el Cuadro 4.8 se puede observar que existe diferencia estadística entre tratamiento, el cual muestra que el tratamiento 2 y 4 son estadísticamente iguales y son los que tiene menor tiempo para alcanzar su objetivo.

Cuadro 4.8 Comparación de tratamientos.

Comparación		
	Variable	Grupos
T3	49.91	a
T1	37.96	b
T4	17.99	c
T2	13.15	c

La Figura 4.10 muestra gráficamente el resultado de la comparación múltiple de medias.

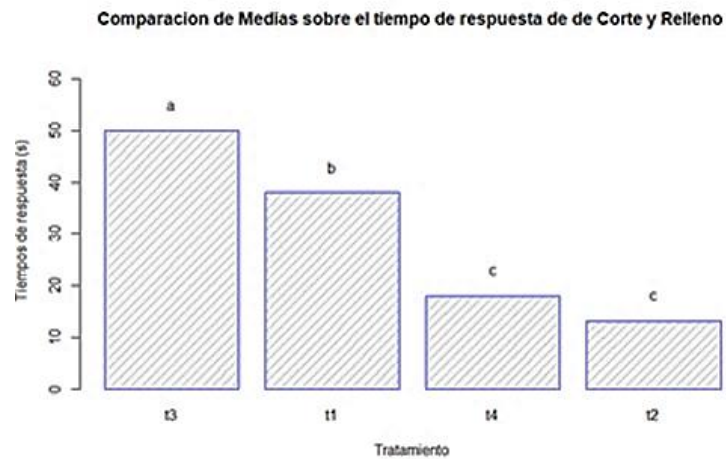


Figura 4.10 Comparación de medias.

4.4 Pruebas dinámicas

4.4.1 Levantamiento topográfico de diagnóstico

En las figuras podemos ver el resultado del levantamiento y el procedimiento seguido en el ANEXO C7, estas son generadas por la pantalla FmX y la aplicación de Survey. El mapa de altura en la Figura 4.11 y en la Figura 4.12 el de corte/relleno.

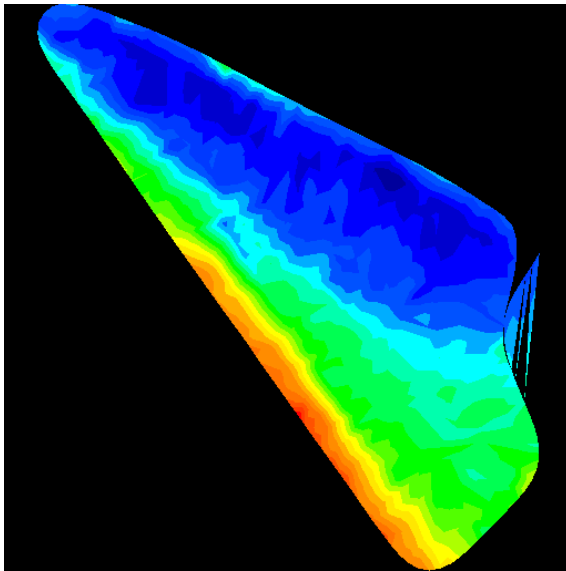


Figura 4.11 Mapa de alturas.

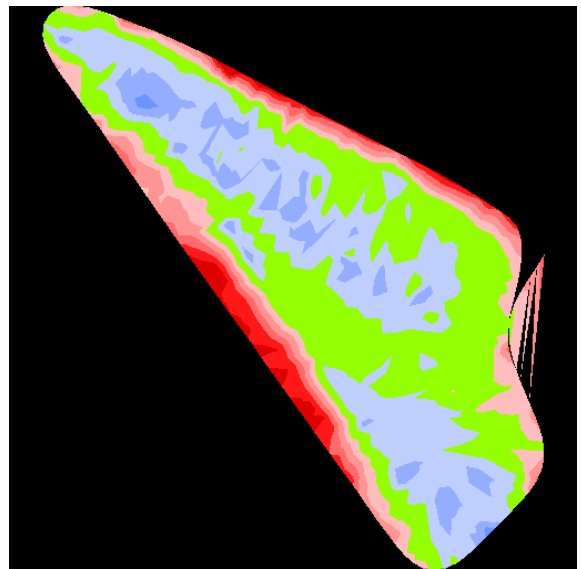


Figura 4.12 Mapa de corte/relleno.

4.4.2 Mapa de diagnóstico en QGIS

Con los datos generados en el levantamiento se generaron archivos que se extrajeron de la pantalla (.shp) los cuales se pasaron QGIS donde se editaron para una mejor lectura y vista del recorrido, Figura 4.13. En el ANEXO D podemos ver el procedimiento seguido para obtener el recorrido editado.



Figura 4.13 Recorrido editado.

4.4.3 Prueba final de campo

Durante la prueba final con la cuchilla niveladora en base al levantamiento de diagnóstico que se realizó, se obtuvo los siguientes datos del sensor sonar, en los resultados que se muestra en la Figura 4.14 se realizó en modo de corte grueso.

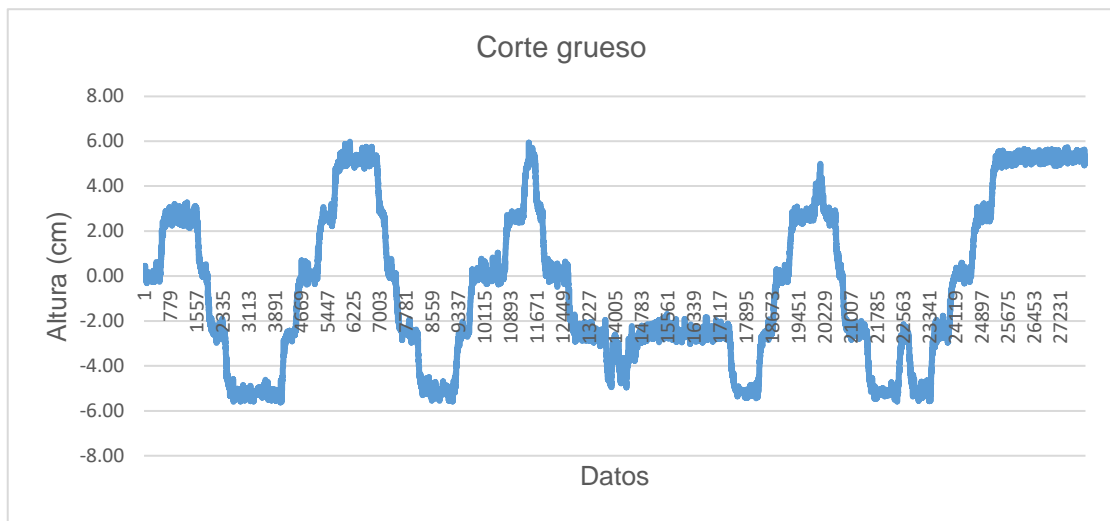


Figura 4.14 Gráfica de corte grueso.

Para el recorrido en tipo de corte fino se obtuvo la siguiente gráfica como se muestra en la Figura 4.15.

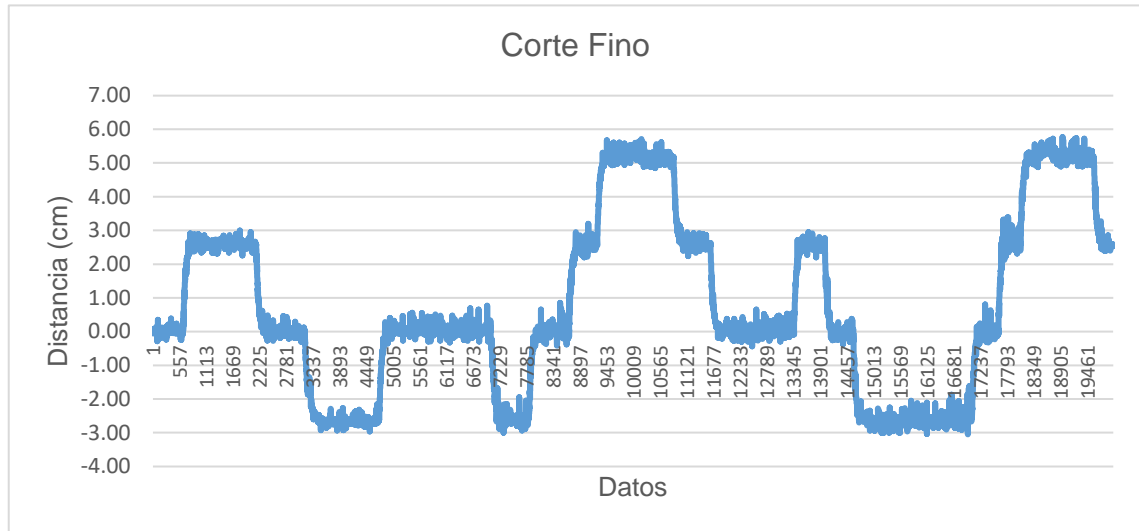


Figura 4.15 Gráfica de corte fino.

Se dividirá las dos gráficas en diferentes secciones (A-G), esto para poder apreciar mejor los cambios de altura que hace la cuchilla el mapa del lote, obteniendo también el tiempo que tarda en responder la niveladora, y el corte en cm que hace.

En la Figura 4.16, podemos ver el recorrido que tomamos en el mapa, dividiéndola en 4 secciones las cuales representan las primeras 4 vueltas de la sección de corte grueso.



Figura 4.16 Recorrido en corte grueso.

En la Figura 4.17 podemos ver el recorrido realizado en el mapa de corte/relleno con la pantalla FmX en modo de corte grueso.

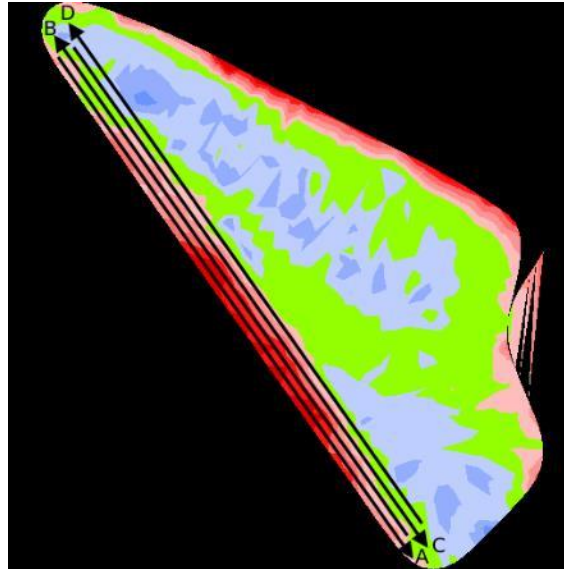


Figura 4.17 Recorrido c/grueso en mapa de corte/relleno.

A continuación, se representa la sección A en la Figura 4.18, donde vemos los cortes que se realizan representados en las gráficas de las diferentes secciones.

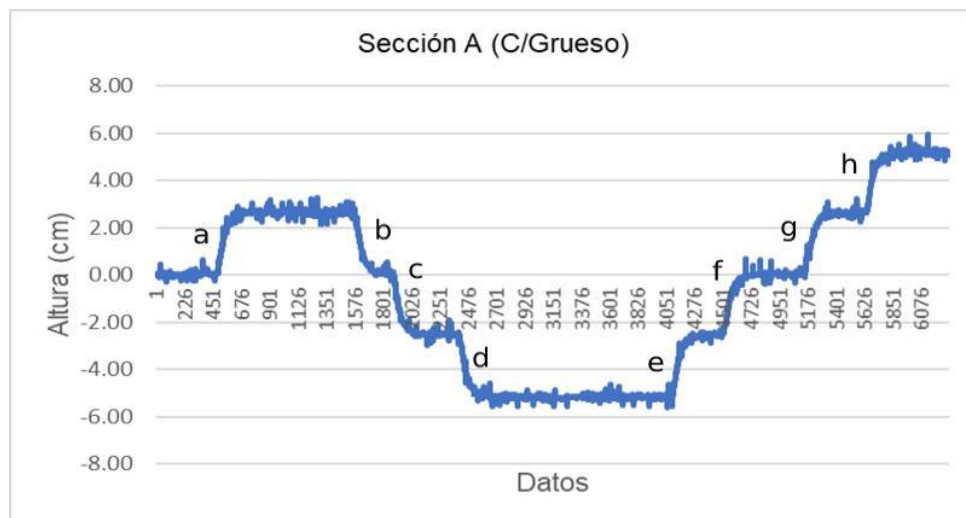


Figura 4.18 Sección A.

El Cuadro 4.9, tenemos los tiempos que dura en hacer la transición a un cambio de altura que interpreta como corte de la sección A.

Cuadro 4.9 Sección A.

Sección A							
Relleno ↑				Corte ↓			
	# Datos	T1 (s)	cm		# Datos ↓	T2 (s)	cm
a	183	9.15	2.52	b	185	9.25	0.13
e	196	9.8	-2.69	c	180	9	-2.54
f	205	10.25	-0.08	d	187	9.35	-5.33
g	172	8.6	2.58				
h	182	9.1	5.18				

Sección B, Figura 4.19.

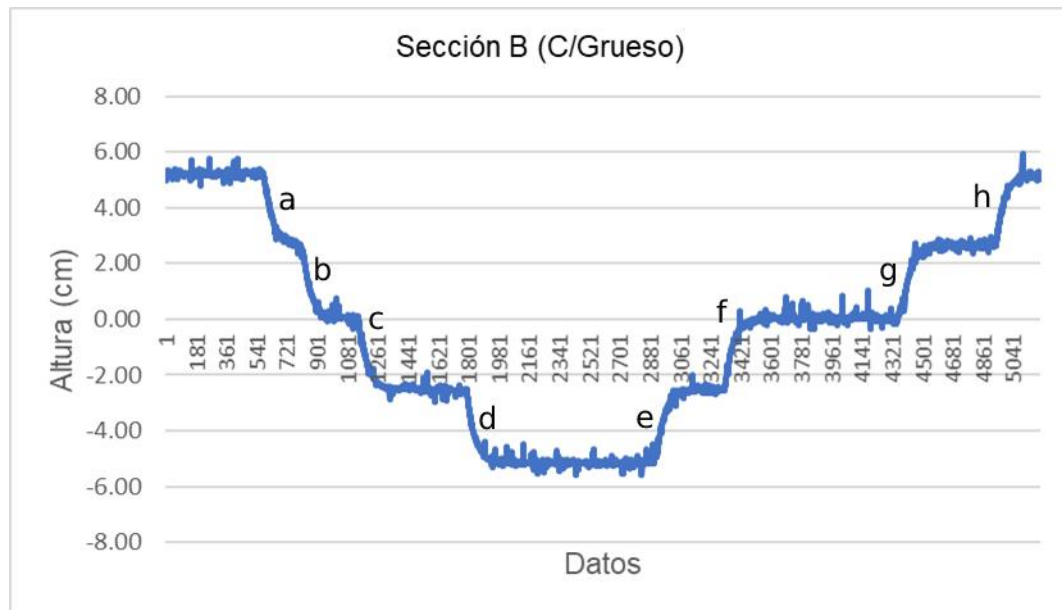


Figura 4.19 Sección B.

El Cuadro 4.10, tenemos los tiempos de la sección B que dura en hacer la transición de un área que la pantalla registra como nivel a un cambio de altura.

Cuadro 4.10 Sección B.

Sección B							
Relleno ↑			Corte ↓				
	# Datos	T1 (s)	cm		# Datos ↓	T2 (s)	cm
e	123	6.15	-2.54	a	114	5.7	2.85
f	89	4.45	0.01	b	124	6.2	0.02
g	101	5.05	2.71	c	131	6.55	-2.86
h	140	7	5.18	d	158	7.9	-5.29

Sección C, Figura 4.20.

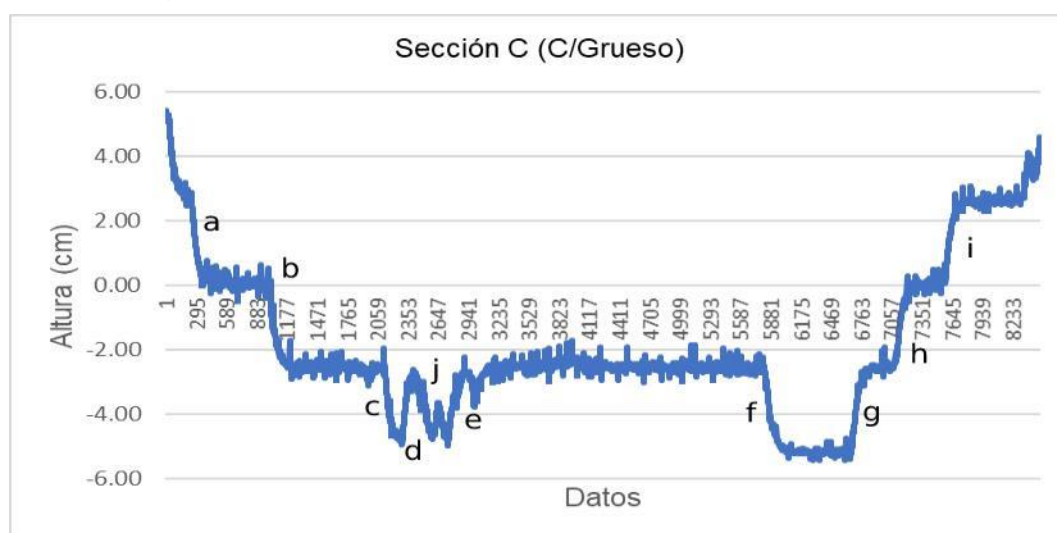


Figura 4.20 Sección C.

El Cuadro 4.11, tenemos los tiempos de respuesta de la sección C que registra como nivel a un cambio de altura que interpreta como corte.

Cuadro 4.11 Tiempos de respuesta sección C.

Sección C							
Relleno ↑			Corte ↓				
	# Datos	T1 (s)	cm		# Datos ↓	T2 (s)	cm
d	128	6.4	-2.86	a	97	4.85	2.65
e	159	7.95	-2.22	b	170	8.5	2.92
g	124	6.2	-2.55	c	75	3.75	-4.87
h	113	5.65	0.21	f	209	10.45	-5.35
i	103	5.15	2.58	j	156	7.8	-4.78

Sección D, Figura 4.21.

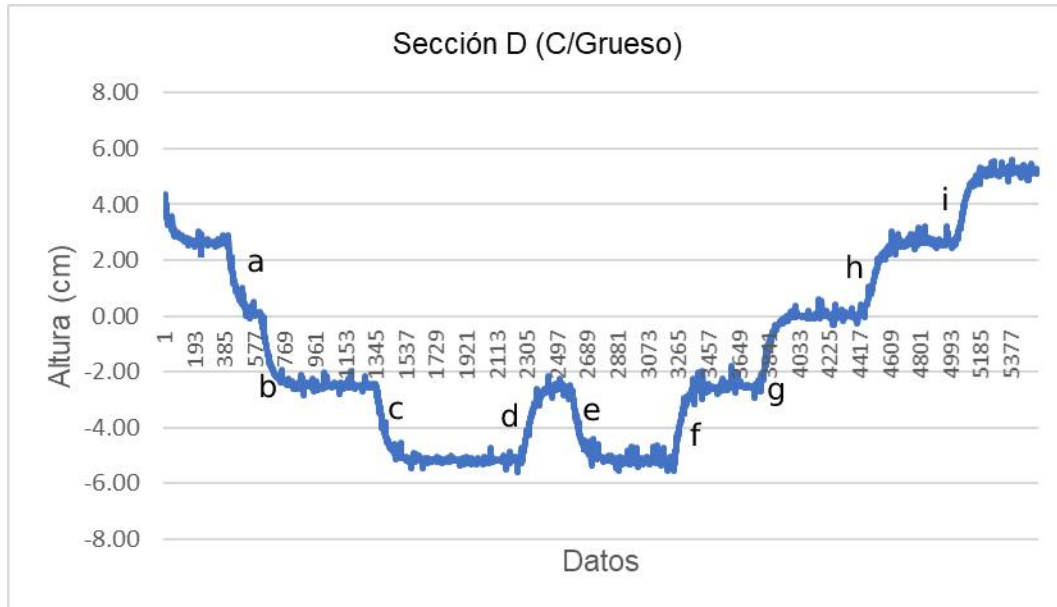


Figura 4.21 Sección D.

En el Cuadro 4.12, tenemos los tiempos que dura en hacer la transición de un área que la pantalla registra como nivel a un cambio de altura que interpreta como corte.

Cuadro 4.12 Tiempos de respuesta sección D.

Sección D							
Relleno ↑				Corte ↓			
	# Datos	T1 (s)	cm		# Datos ↓	T2 (s)	cm
d	132	6.6	-2.47	a	113	5.65	2.82
f	114	5.7	-2.8	b	121	6.05	-2.41
g	175	8.75	0	c	158	7.9	-5.36
h	162	8.1	2.56	e	122	6.1	-5.55
i	149	7.45	5.3				

En las secciones (E-G) se representan en las siguientes figuras, extraídas de la gráfica en corte fino.

La Figura 4.22 muestra el recorrido tomado con la pantalla FmX en tipo de corte fino.



Figura 4.22 Recorrido en corte fino.

En la Figura 4.23 podemos ver el recorrido en tipo de corte fino en el mapa de corte/relleno, esto para poder apreciar mejor el recorrido en las gráficas.

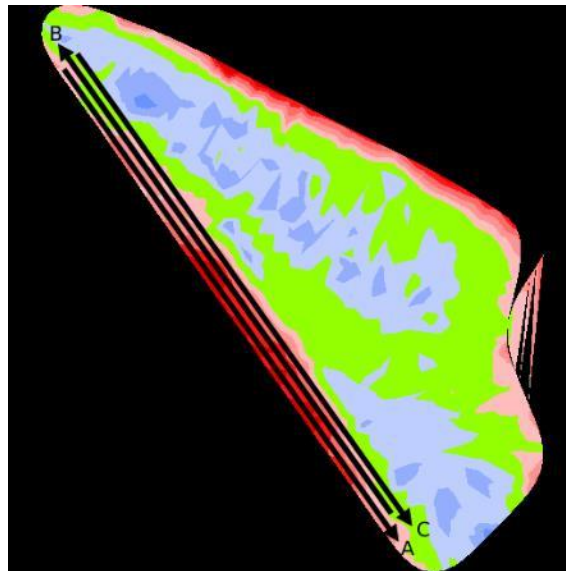


Figura 4.23 Recorrido c/fino en mapa de corte/relleno.

Sección E, Figura 4.24.

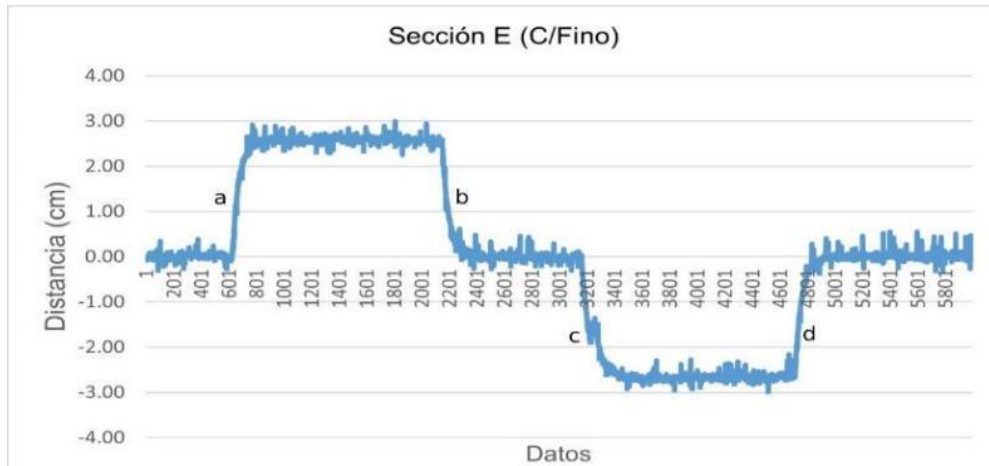


Figura 4.24 Sección E.

En el Cuadro 4.13 podemos ver los cambios de altura de la sección E.

Cuadro 4.13 Sección E.

Sección E							
Relleno ↑				Corte ↓			
	Datos	T1 (s)	cm		Datos ↓	T2 (s)	cm
a	156	7.8	2.62	b	145	7.25	-0.04
d	142	7.1	0.06	c	308	15.4	-2.81

Sección F, Figura 4.25.

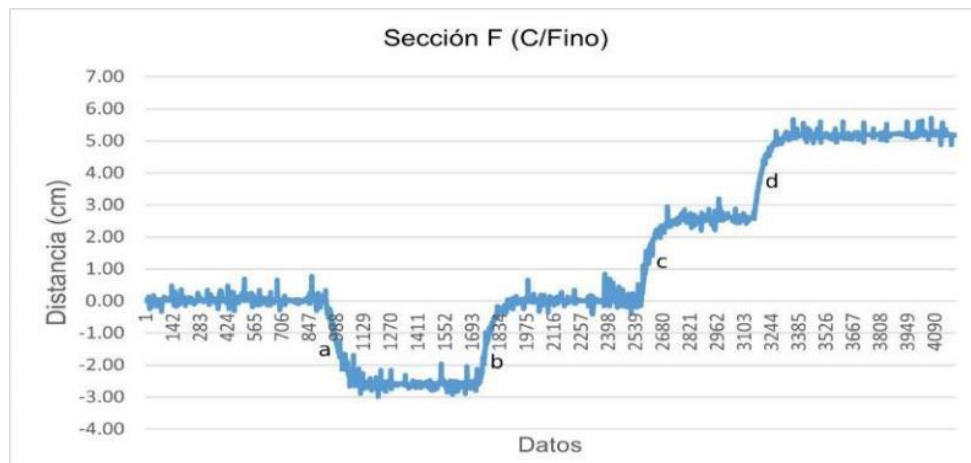


Figura 4.25 Sección F.

En el Cuadro 4.14, podemos ver los cambios de altura que se registran de la sección F.

Cuadro 4.14 Sección F.

Sección F							
Relleno ↑				Corte ↓			
	Datos	T1 (s)	cm		Datos ↓	T2 (s)	cm
b	165	8.25	0.06	a	154	7.7	-2.76
c	140	7	2.59				
d	148	7.4	5.17				

Sección G, Figura 4.26.

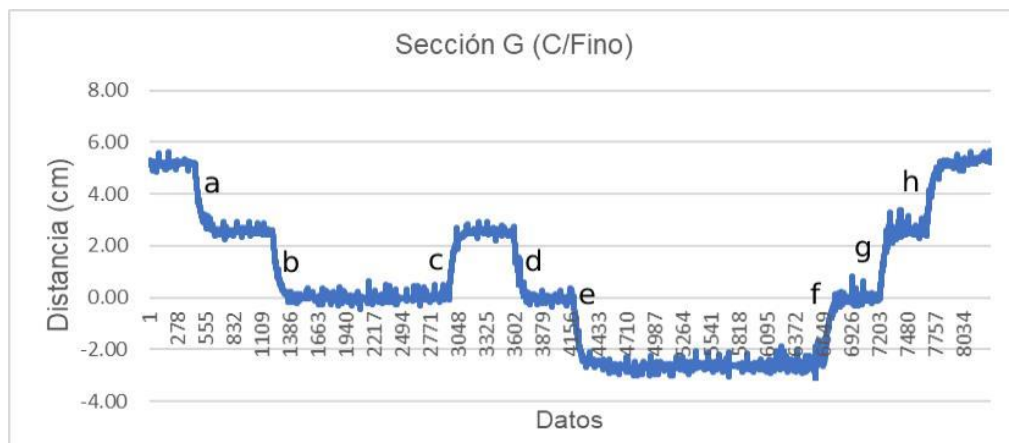


Figura 4.26 Sección G.

En el Cuadro 4.15, podemos ver los cambios de altura que registra la pantalla en la sección G.

Cuadro 4.15 Sección G.

Sección G							
Relleno ↑				Corte ↓			
	Datos	T1 (s)	cm		Datos ↓	T2 (s)	cm
c	77	3.85	2.49	a	250	12.5	2.39
f	149	7.45	-0.01	b	193	9.65	0.05
g	132	6.6	2.62	d	132	6.6	-0.07
h	175	8.75	5.26	e	129	6.45	-2.76

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los objetivos específicos, se logró acondicionar la cuchilla niveladora adaptando los soportes necesarios para que se colocara la electroválvula, el receptor GPS y la antena RTK.

Se observó también que para la elaboración del mapa con la aplicación de WM-Survey es más sencillo y fácil de realizar ya que está implementada en la pantalla para su fácil manejo. Se logró uno de los objetivos principales que es evaluar el tiempo de respuesta de la electroválvula, y como es que trabaja todo el equipo en conjunto teniendo tiempos de respuesta promedio fueron de 17.99 segundos para corte grueso y 13.15 segundos para corte fino que fue donde se obtuvieron los mejores tiempos de respuesta.

Se observó que algunos de los factores por los que pueda estar causando esto son, el mismo error que existe en el sistema, la configuración del FieldLevel II, la calibración de la válvula y lo más probable el estado de la electroválvula.

Se recomienda evaluar la cuchilla niveladora elaborando mapas de prescripción en otros programas externos, esperando tener una mejor respuesta y resultado.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado**, A. 2004. Maquinaria y mecanización agrícola. EUNED, San José, Costa Rica. 570 pp.
- Bongiovanni**, R., E. MANTOVANI., S. BEST Y A. ROEL. 2006, Agricultura de precisión: Integrando conocimientos para una agricultura moderna sustentable. Programa cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del cono sur. Pp. 68-70.
- Bravo**, A. N., Sandoval, B. F., Chaparro, V. M. O., & Cossio, F. V. G. (2000). Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frijol. *Terra Latinoamericana*, 18(1), 61-69.
- García**, E., & Flego, F. (2008). Agricultura de precisión. *Revista Ciencia y Tecnología*, 1(8), 99-116.
- Gómez-Calderón**, N., Villagra-Mendoza, K., & Solorzano-Quintana, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 167-177.
- Herrero**, I. Q., López, Y. R., Alfonso, P. M. H., & Roach, E. F. (2006). La aplicación de la Agricultura de Precisión: su impacto social. *Revista ciencias técnicas agropecuarias*, 15(3), 42-44.
- IICA** (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), Para el Desarrollo Tecnológico, P. C. (2006). Agricultura de precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable.
- Leiva**, F. R. (2003, July). La agricultura de precisión: una producción más sostenible y competitiva con visión futurista. In *Memorias VIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos* (Vol. 93, pp. 997-1006).
- López**, C. A., Peñate, P. V., Herrán, J. A. F., & Vega, A. (2009). Recuperación de un suelo mineralizado por efecto de cortes severos en su perfil, producto de una nivelación. *Ra Ximhai*, 5(2), 231-238.
- Mantovani**, E., De Carvalho Pinto, F. D. A., & Marcal de Queiroz, D. (2006). Introducción a la agricultura de precisión. *Agricultura de precisión*, 13-22.

- Ocampo**, M., & Santa Catarina, C. (2018, April). Agricultura de Precisión. In Oficina de Información Científica y Tecnológica para el congreso de la Unión (INCyTU) (p. 15).
- Ortega**, R., Flores, L., INIA, C. Q., de Recursos Naturales, D., & Ambiente, M. (1999). Agricultura de Precisión: Introducción al manejo sitio-específico. Ministerio de Agricultura, Instituto de investigaciones agropecuarias. CRI Quilamapu (Chile), 13-46.
- Pozo-Ruz**, A., Ribeiro, A., García-Alegre, M. C., García, L., Guinea, D., & Sandoval, F. (2000). Sistema de posicionamiento global (GPS): descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro. ETS ingenieros de Telecomunicaciones. Universidad de Málaga.
- Reynolds**, C. M. A. (2012). Protocolo de proyectos de investigación (Programa Doctoral) de ingeniería en sistemas de producción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Roberto**, M. C. 1983. Nivelación de terrenos. Tesis de Licenciatura. UdeG. Jalisco, Guadalajara. 2-3 p. Universidad de Guadalajara, Escuela de Agricultura.
- Roberts**, T. (2000). Manejo sitio-específico de nutrientes: Avances en aplicaciones con dosis variable. Seminario Taller Agricultura de Precisión en el Cono Sur. PROCISUR. Buenos Aires, Argentina.
- Sarasti**, O. A. O., & Ramírez, G. L. (2016). Sistemas de información enfocados en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar, una revisión. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 15(28), 103-124.
- Trimble**. 2013. Pantalla integrada FmX. Guía de usuario, Versión (7.2): 1-1 p.
- Uva**, M., & Campanella, O. (2009). AP-SIG: un SIG con funciones específicas para Agricultura de Precisión. In XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.

7. ANEXOS

Anexo A

A.1 Calibración del sensor sonar en Minitab 17

1. En la pantalla de inicio de la aplicación, nos dirigimos a la pestaña de Worksheet e introducimos las medias (mV) de los datos obtenidos en laboratorio:

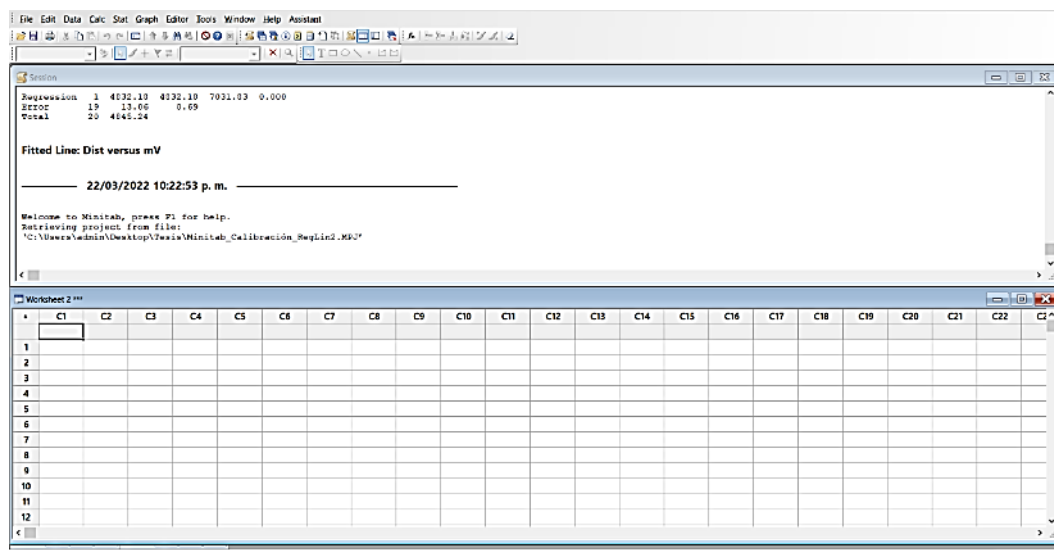


Figura 7.1 Inicio Minitab.

2. Con los datos introducidos, en la barra de herramientas superior, clic en Stat:

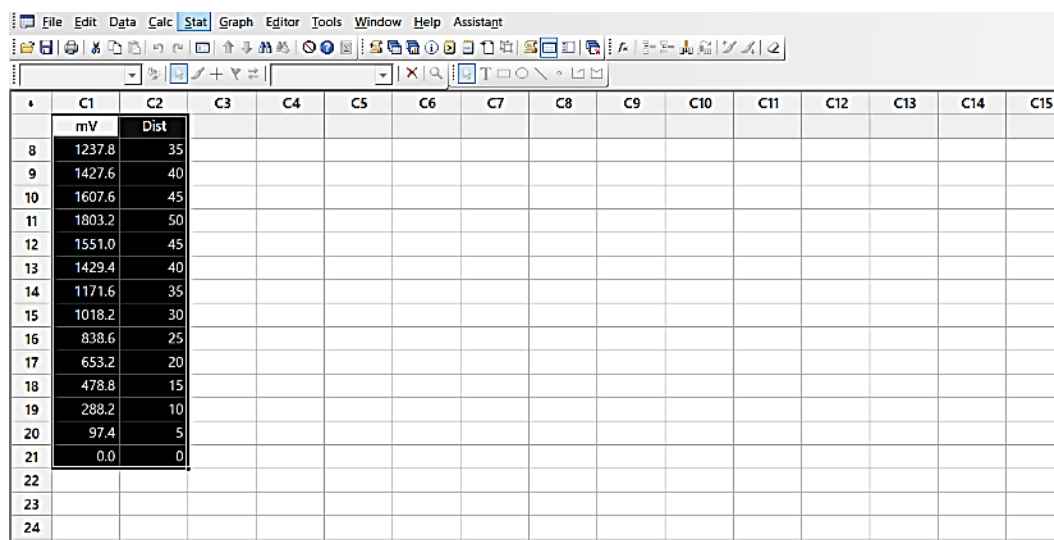


Figura 7.2 Datos laboratorio.

3. Seleccionamos, Regression, Fitted Line Plot y clic:

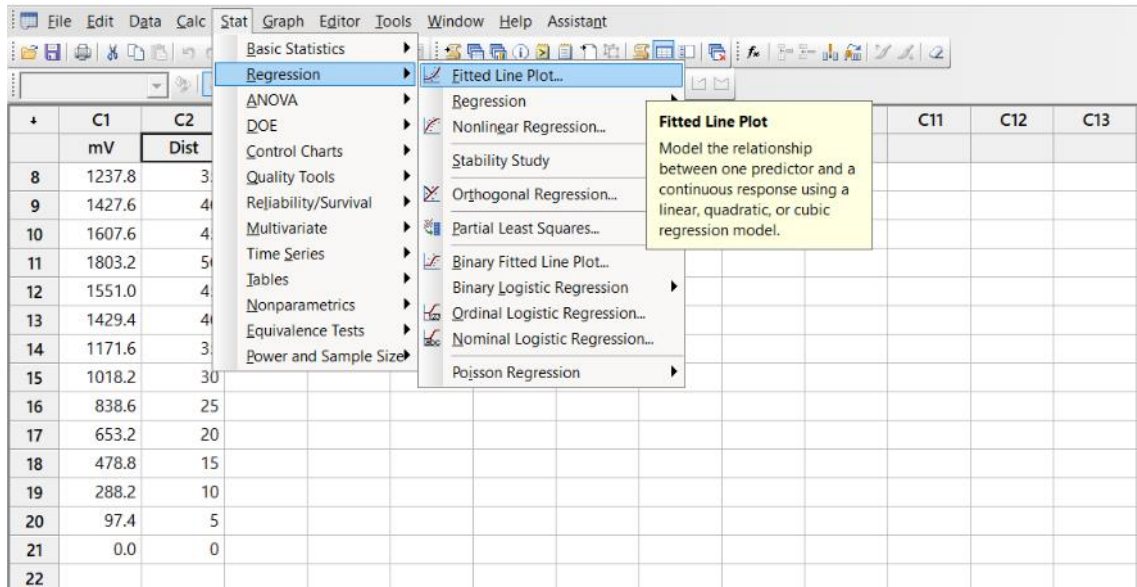


Figura 7.3 Regresión.

4. Seleccionamos los valores de mV (x) y Distancia (y), clic en ok:

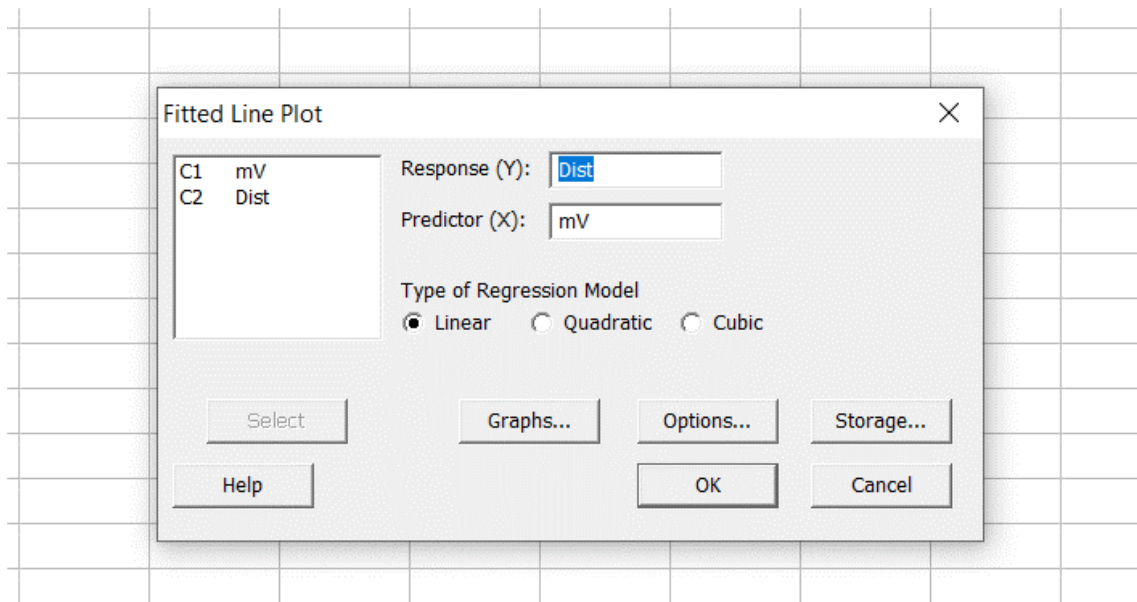


Figura 7.4 Indicadores de valores.

5. En la siguiente ventana nos dará la gráfica de regresión:

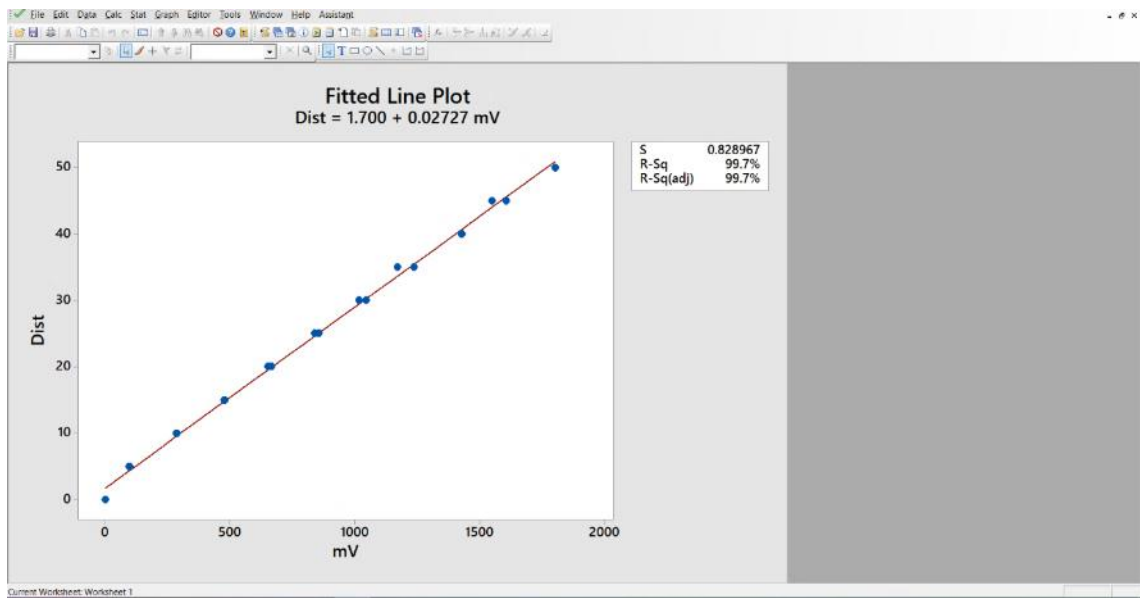


Figura 7.5 Gráfica de regresión.

6. Guardamos el documento y copiamos la fórmula para otras pruebas.

4. Con base en la imagen, seleccionamos la celda B3, en la barra de fórmulas, llamamos una formula, tomamos de referencia la celda A3 restamos la celda, pero, fijada en la fila (A\$3) y clic enter:

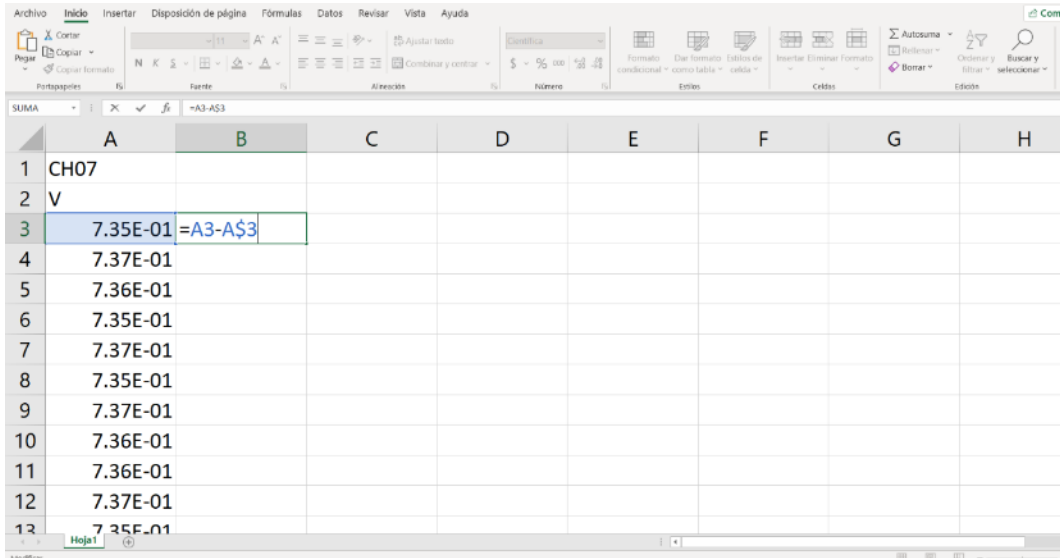


Figura 7.8 Primera operación.

5. Clic en la celda, y copiamos la formula en toda la columna B, lo hacemos dando doble clic en la esquina inferior derecha, aplicando el autorrelleno de Excel:

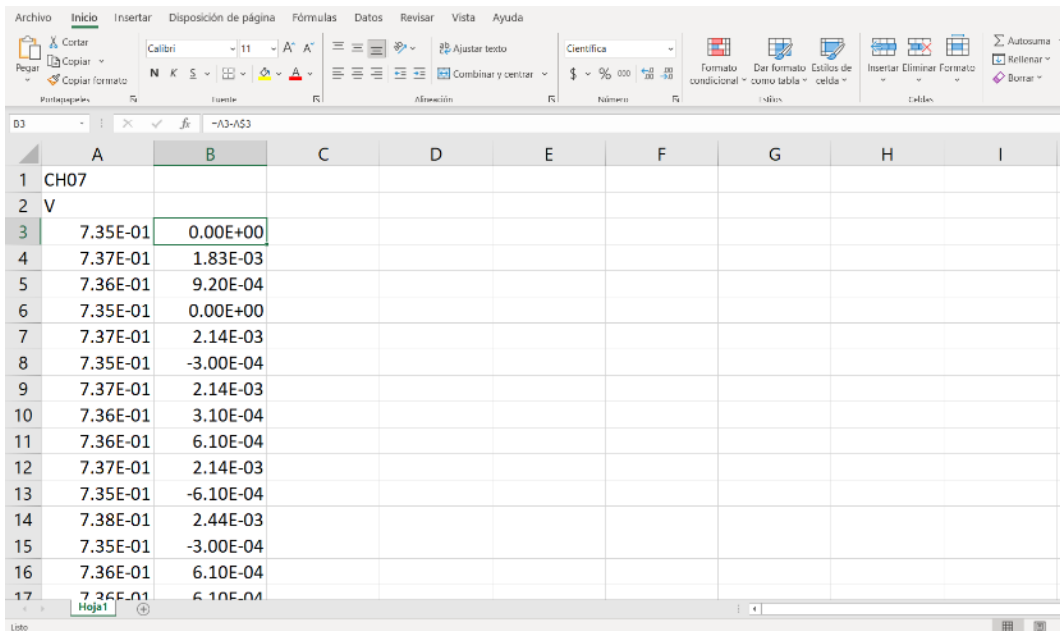


Figura 7.9 Autorrelleno de formula.

6. En la celda C3, introducimos en la barra de ecuaciones, referenciamos la celda B3 y la multiplicamos por 1000, después aplicamos la formula en la columna:

	A	B	C	D	E	F
1	CH07					
2	V					
3	7.35E-01	0.00E+00	=B3*1000			
4	7.37E-01	1.83E-03	1.83E+00			
5	7.36E-01	9.20E-04	9.20E-01			
6	7.35E-01	0.00E+00	0.00E+00			
7	7.37E-01	2.14E-03	2.14E+00			
8	7.35E-01	-3.00E-04	-3.00E-01			
9	7.37E-01	2.14E-03	2.14E+00			
10	7.36E-01	3.10E-04	3.10E-01			
11	7.36E-01	6.10E-04	6.10E-01			
12	7.37E-01	2.14E-03	2.14E+00			

Figura 7.10 Segunda operación.

7. Seleccionamos la columna C, cambiamos el formato a número y reducimos los decimales:

	A	B	C	D	E	F
1	CH07					
2	V					
3	7.35E-01	0.00E+00	0			
4	7.37E-01	1.83E-03	2			
5	7.36E-01	9.20E-04	1			
6	7.35E-01	0.00E+00	0			
7	7.37E-01	2.14E-03	2			
8	7.35E-01	-3.00E-04	0			

Figura 7.11 Formato de número.

8. Seleccionamos los datos e insertamos una gráfica de líneas para el desplazamiento en mV:

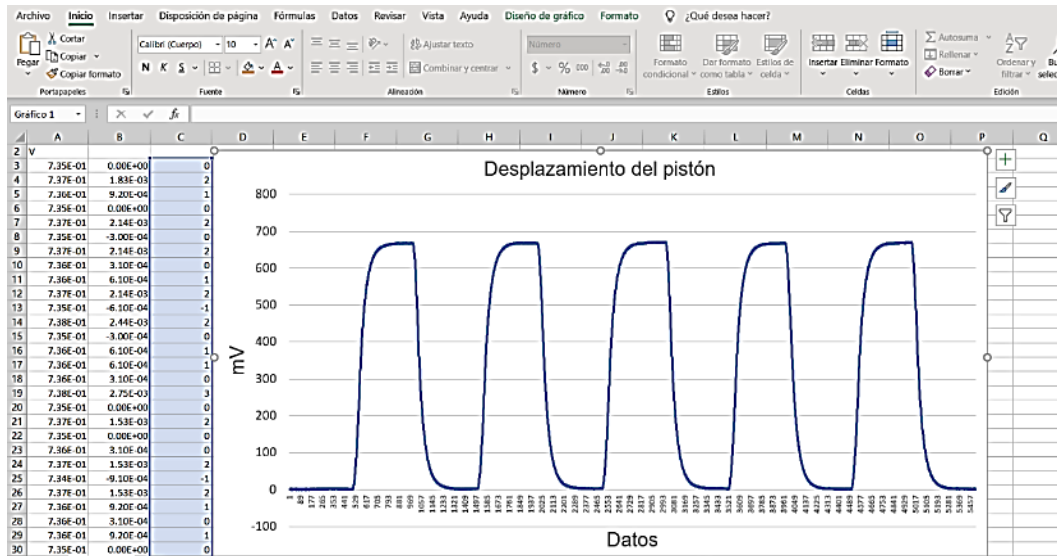


Figura 7.12 Insertar gráfica de mV.

9. Seleccionamos la celda D3, en la barra de fórmulas, digitamos el incremento de mV (0.02727mV), sustituimos mV por la celda C3, aplicamos la fórmula para toda la columna:

	A	B	C	D	E	F
1	CH07					
2	V					
3	7.35E-01	0.00E+00	0	=0.02727*C3		
4	7.37E-01	1.83E-03	2	0.05		
5	7.36E-01	9.20E-04	1	0.03		
6	7.35E-01	0.00E+00	0	0.00		
7	7.37E-01	2.14E-03	2	0.06		
8	7.35E-01	-3.00E-04	0	-0.01		
9	7.37E-01	2.14E-03	2	0.06		
10	7.36E-01	3.10E-04	0	0.01		

Figura 7.13 Tercera operación.

10. Seleccionamos los datos de la columna e insertamos la gráfica de desplazamiento en cm:

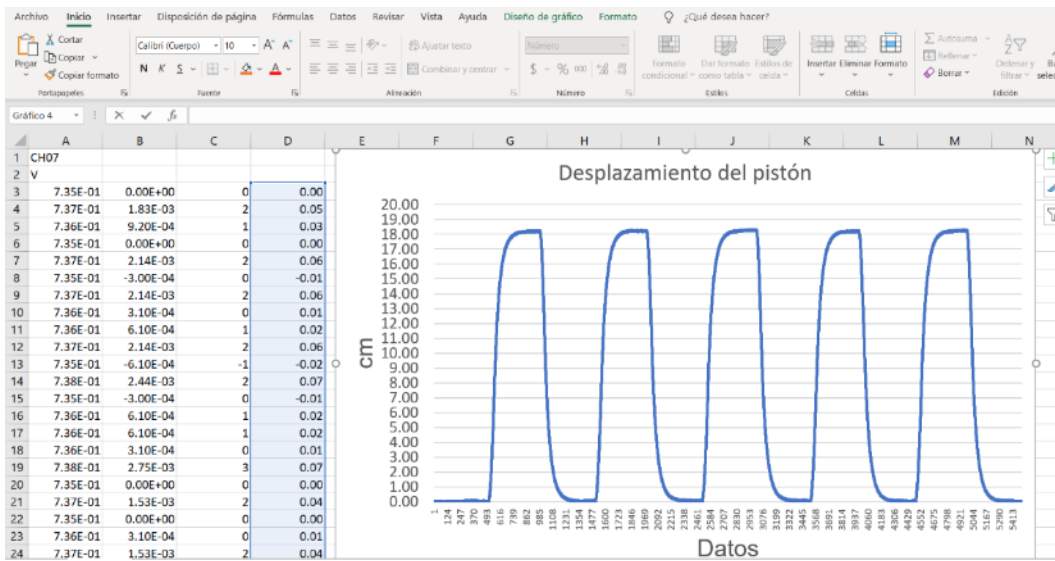


Figura 7.14 Insertar gráfica en cm.

Anexo C

C.1 Actualizar el Firmware de la pantalla

1. Insertar la USB en la pantalla FmX
2. Encendiendo la pantalla nos aparece el inicio:



Figura 7.15 pantalla de inicio.

2. Clic en actualizar:

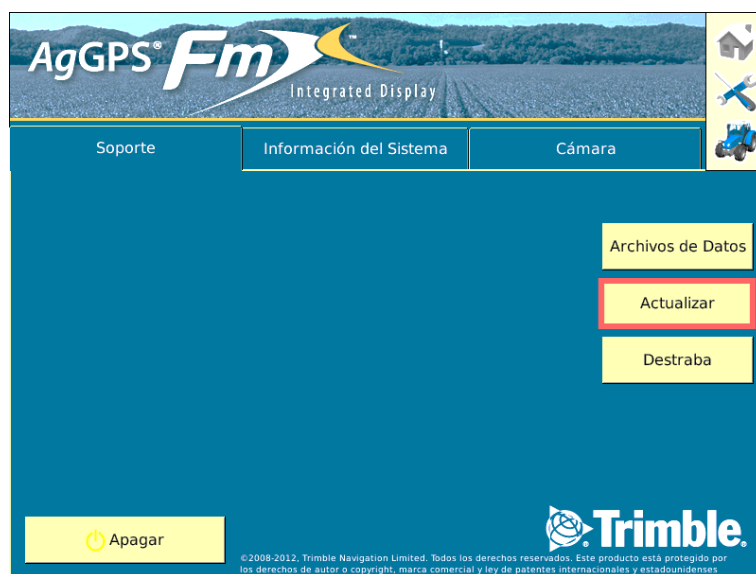


Figura 7.16 Actualizar.

3. Aparece la siguiente ventana, seleccionamos la versión a actualizar:

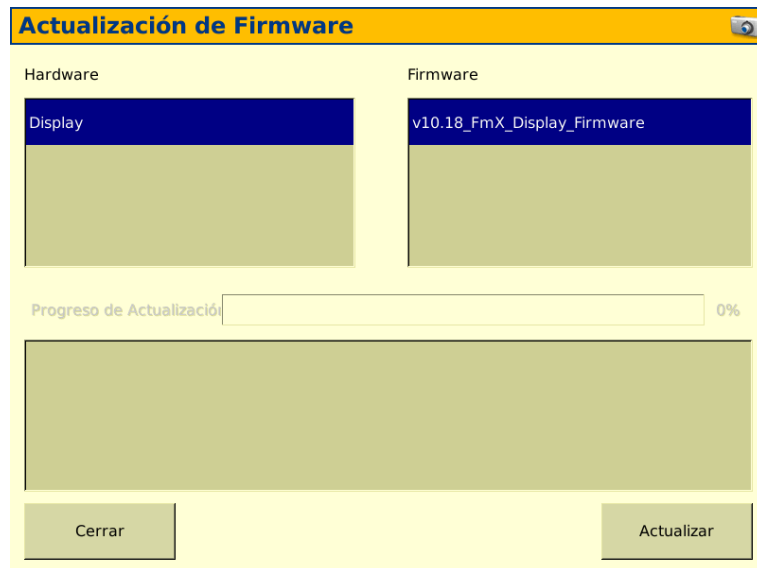


Figura 7.17 Selección de actualización.

4. Clic en actualizar, esperamos a que se complete la barra y se reinicie la pantalla:

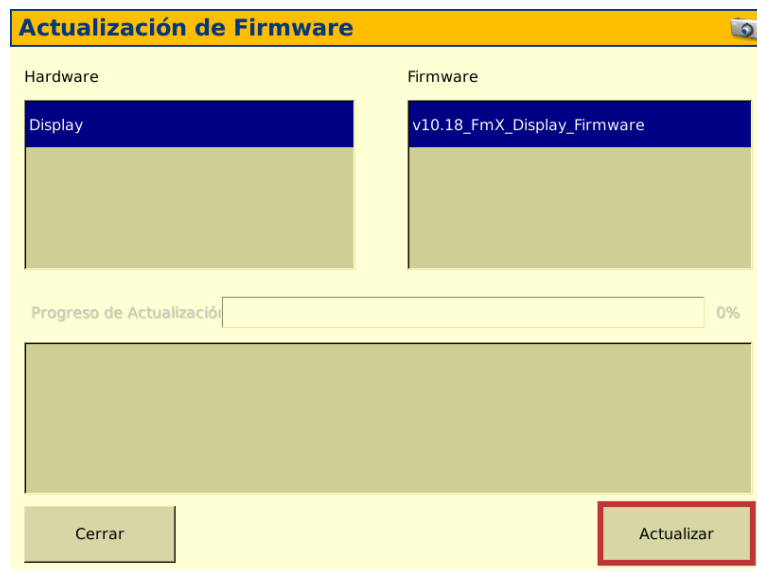


Figura 7.18 Iniciar actualización.

5. En la pantalla de inicio verificamos en la pestaña de información del sistema si se actualizo la versión del Firmware:

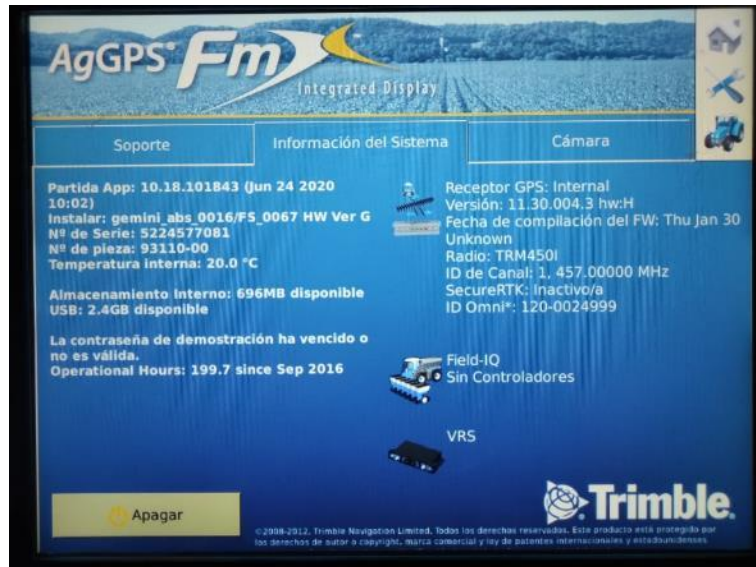


Figura 7.19 Pantalla actualizada.

C.2 Agregar aplicaciones a la pantalla

1. En la pantalla de inicio nos vamos a configuraciones:



Figura 7.20 Configuraciones.

2. Aparecerá la siguiente pantalla, presionamos Agregar/Quitar, (nos pedirá una contraseña de autorización, tecleamos 2009):

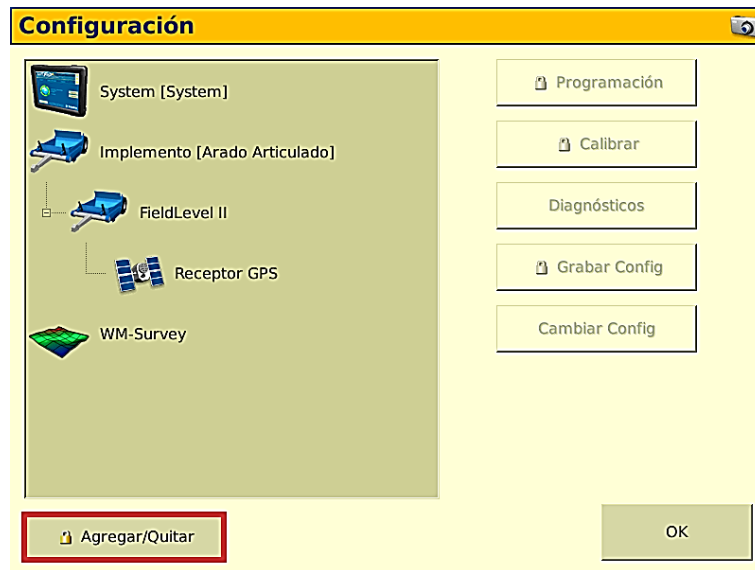


Figura 7.21 Agregar/Quitar.

3. En la pantalla siguiente seleccionamos las aplicaciones que necesitamos, en este caso, Survey y FieldLevel II:

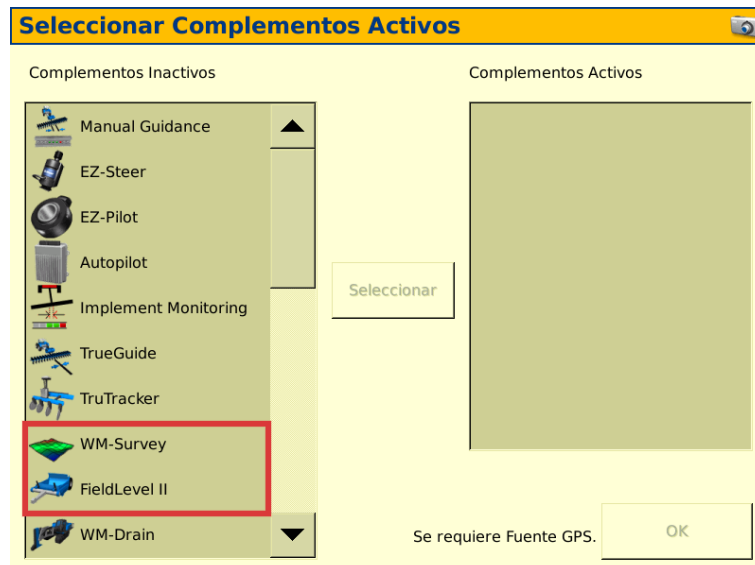


Figura 7.22 Seleccionar aplicaciones.

4. Agregamos las aplicaciones y presionamos ok:

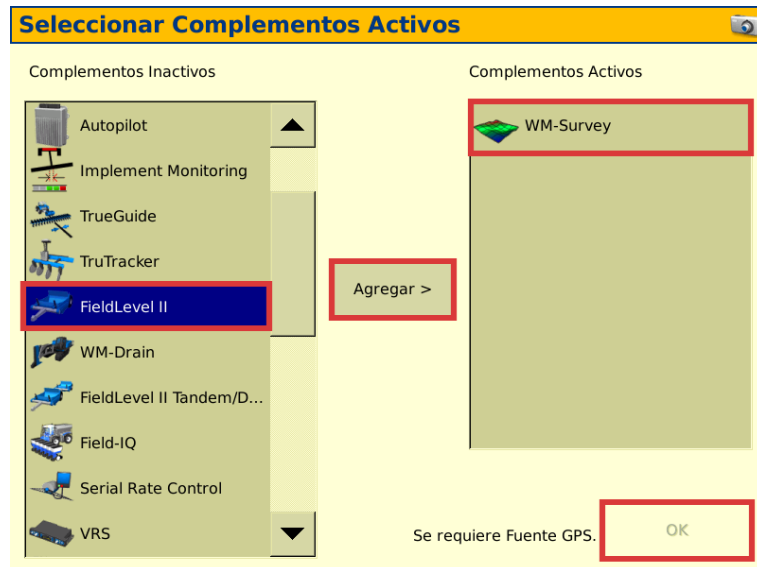


Figura 7.23 Agregar aplicaciones.

5. En la pantalla de aplicaciones nos aparecerá las aplicaciones agregadas:

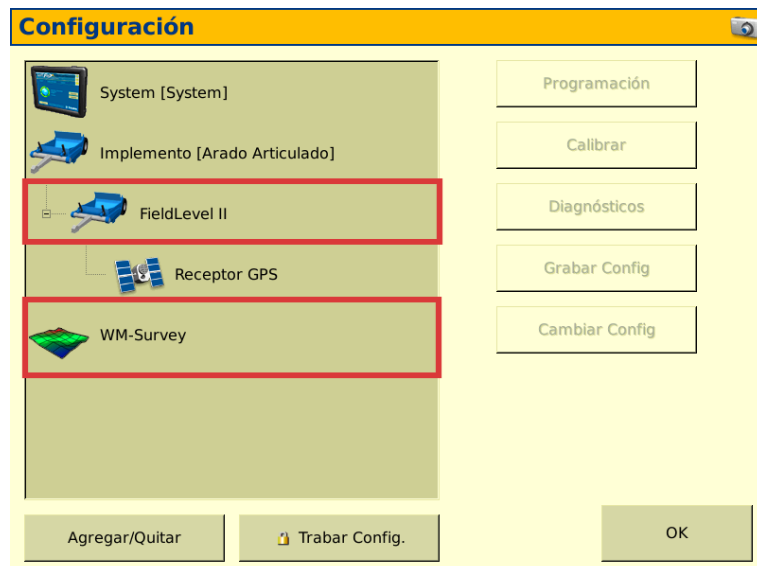


Figura 7.24 Aplicaciones agregadas.

C.3 Programación del implemento

1. En configuraciones seleccionamos programación:

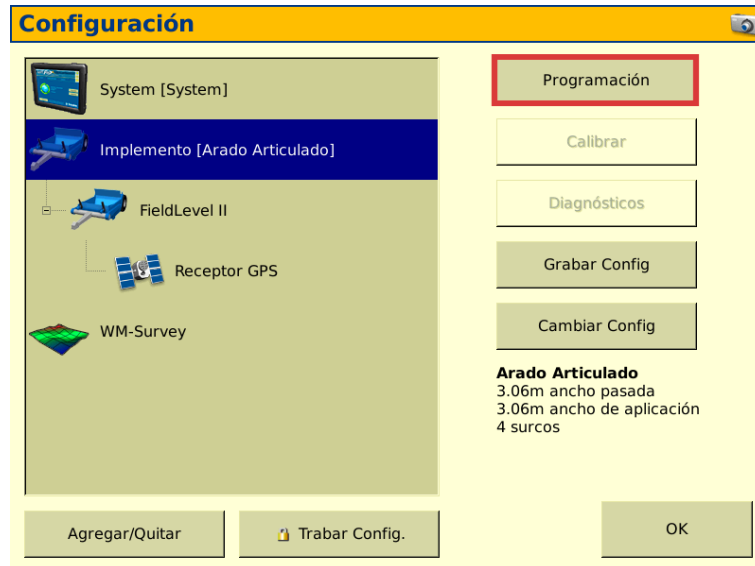


Figura 7.25 Configuración de implemento.

2. En tipo de implemento seleccionamos Nivelación/Drenaje:



Figura 7.26 Tipo de implemento.

3. En la pestaña de medidas agregamos las dimensiones del implemento (A, B, C) y damos clic en ok para finalizar:



Figura 7.27 Medidas del implemento.

C.4 Configuración System

1. Seleccionamos system y clic en programación:

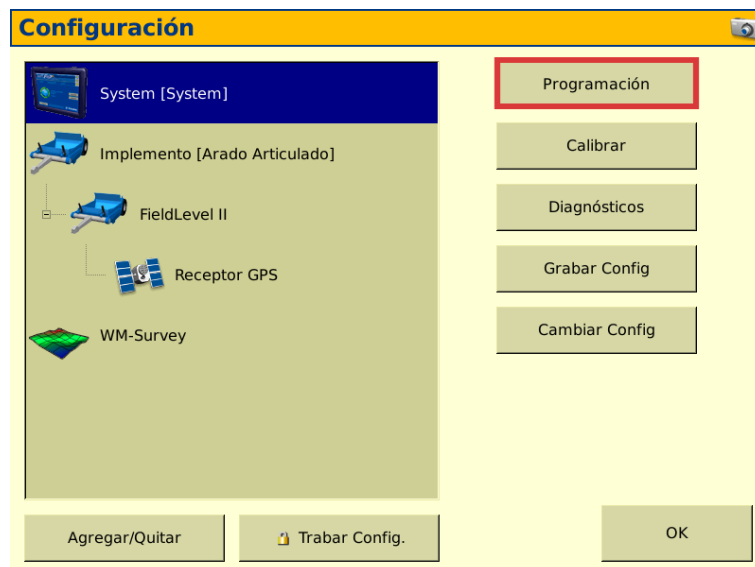


Figura 7.28 Programación System.

2. Seleccionamos ítems de estado y clic en programación:

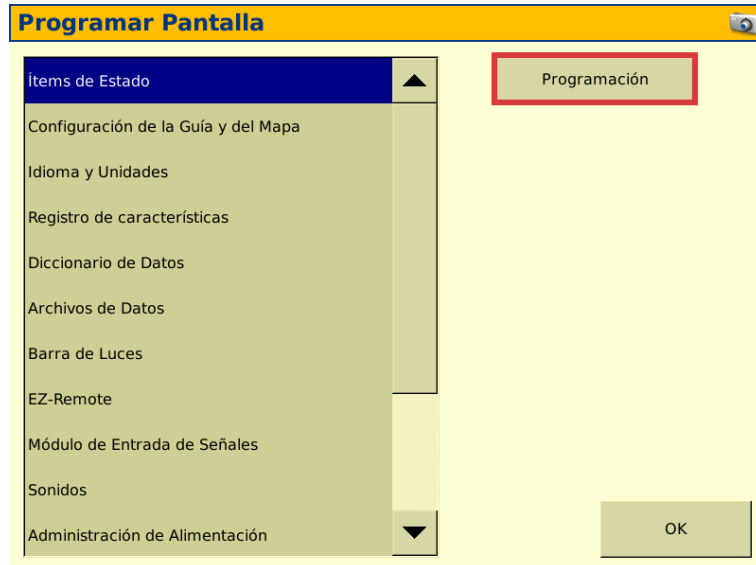


Figura 7.29 Ítems de estado.

3. En la parte derecha de la pantalla, en la sección de FieldLevel II seleccionamos P Corte/Relleno, clic en Fijar, en la parte izquierda seleccionamos el ítem y clic en fijar ítem:

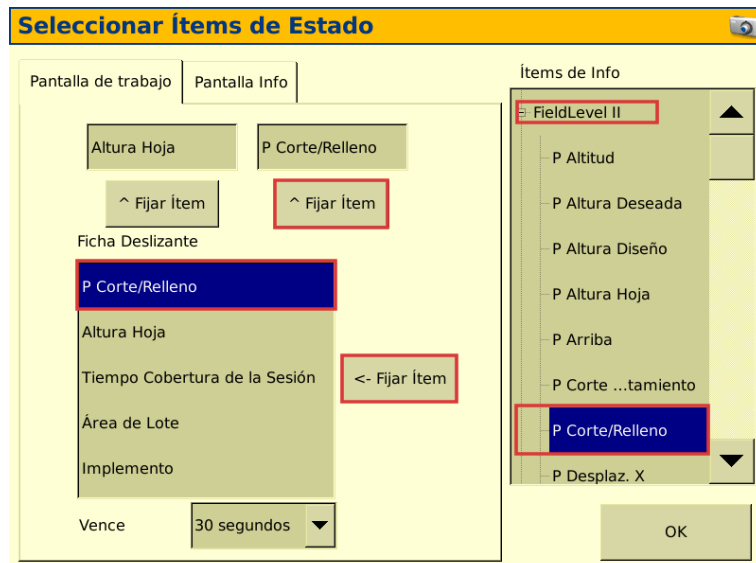


Figura 7.30 Ítem P Corte/Relleno.

4. En el apartado de WM Survey seleccionamos altura de hoja, fijamos el ítem, lo seleccionamos en la parte izquierda y fijamos en la parte superior:

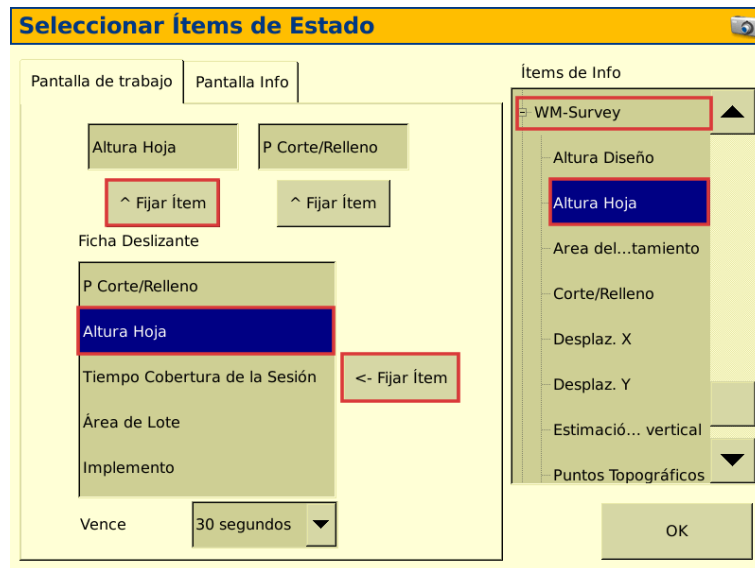


Figura 7.31 Ítem Altura de Hoja.

5. Con los Ítems agregados, clic dos veces en ok:

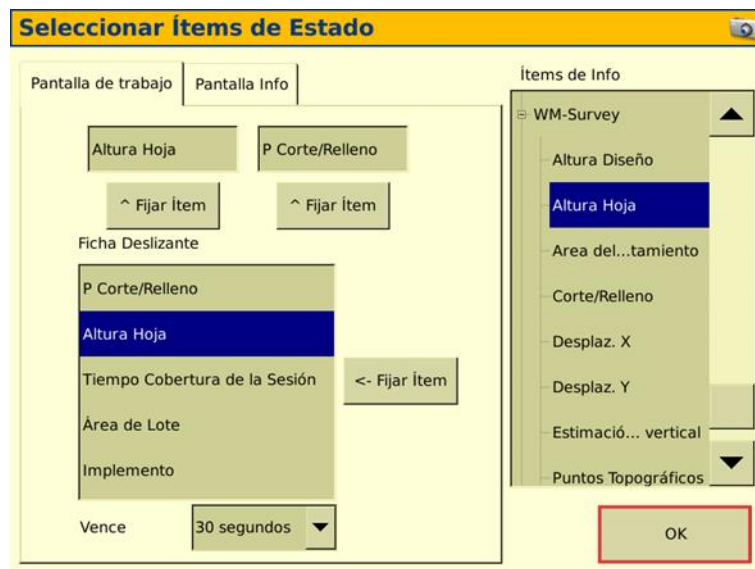


Figura 7.32 Ítems fijados.

C.5 Configuración del FieldLevel II

1. En la ventana de configuración, seleccionamos FieldLevel y clic programación:

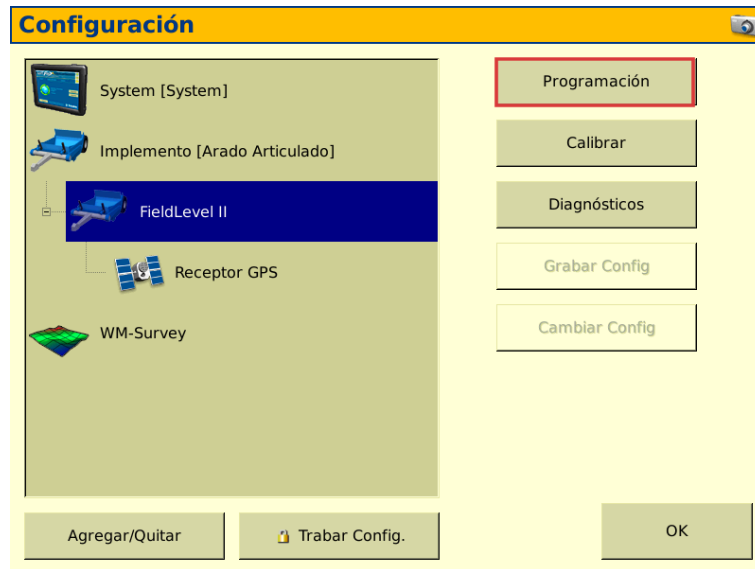


Figura 7.33 Programación FieldLevel.

2. En la ventana de configuración seleccionamos en modo de operación, plano o superficie:

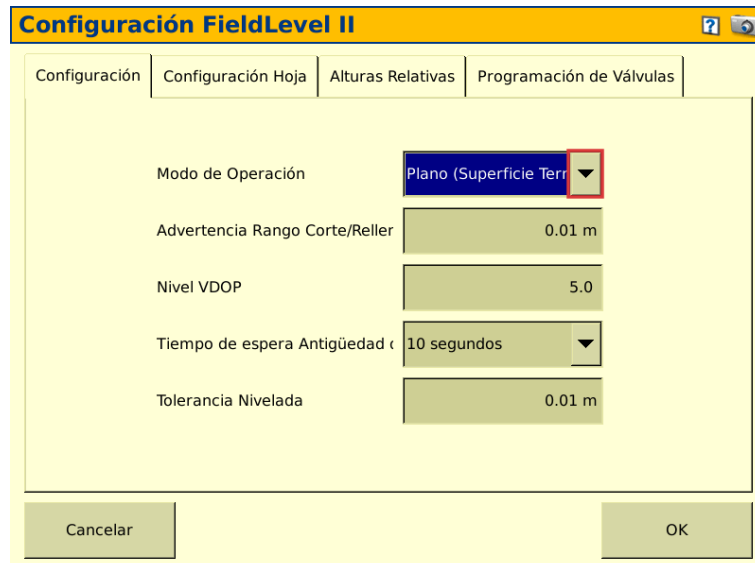


Figura 7.34 Modo de operación.

3. En la pestaña de configuración de hoja, colocamos el paso de hoja a 1 cm, el paso de hoja grosero a 10 cm, y la altura de antena en la cuchilla niveladora:

Configuración	Configuración Hoja	Alturas Relativas	Programación de Válvulas
Paso Hoja	0.010 m		
Incremento Grosero de la Hoja	0.100 m		
Altura de Antena	1.800 m		
Límite a nivel	0.01 m		
Desactivar Subir	1.0 s		
Auto Entrada Remota	Deshabilitado		

Figura 7.35 Configuración de hojas.

4. Clic en el recuadro y colocamos la altura de la antena de 1.8 metros, clic ok dos veces:

Rango: 0.0 m ... 100.000 m

Borrar <<

1 2 3
4 5 6
7 8 9
0 .

Métrico
Pies y Pulgadas
Pies decimales

Cancelar Calculadora **OK**

Figura 7.36 Altura de hoja.

C.6 Configuración de receptor GPS del FieldLevel II

1. En la ventana de configuración, seleccionamos receptor GPS y clic en programación:

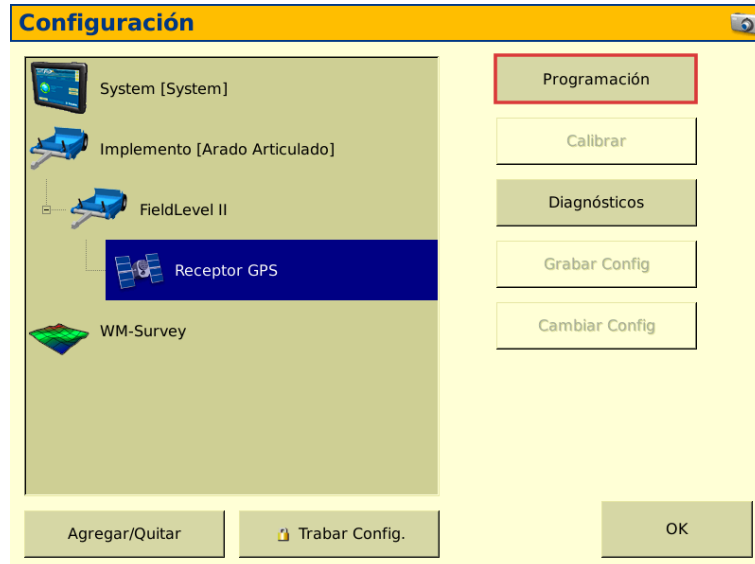


Figura 7.37 Receptor GPS.

2. En la pestaña de configuraciones, verificamos que en la pestaña de, receptor, correcciones, canal, y selección de antena estén seleccionados como muestra en la imagen:

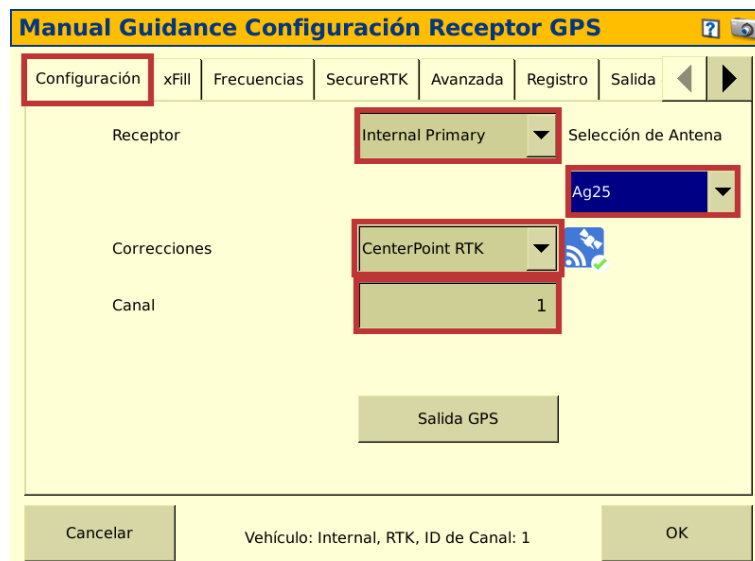


Figura 7.38 Configuración antena GPS.

3. En la pestaña de frecuencias, clic en agregar, e introducimos una frecuencia entre 450 y 470 Hz, esto dependerá de cómo este calibrada la base principal del RTK, en este caso 470 Hz, clic en ok tres veces:

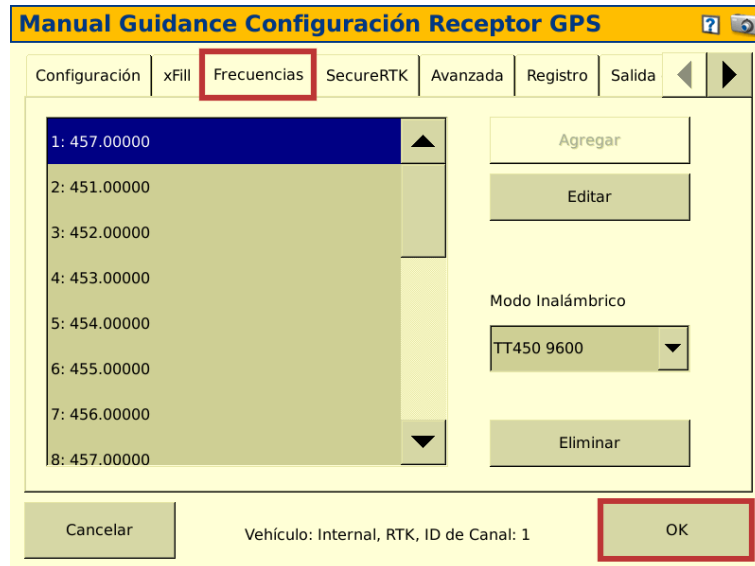


Figura 7.39 Frecuencias.

C.7 Abrir la ventana de ejecución

1. En la ventana de inicio, clic en el tractor:



Figura 7.40 Ejecución.

2. Clic en ok, llenamos todos los campos con los datos del lote y clic en ok:



Figura 7.41 Información del lote.

4. En la pantalla de ejecución seleccionamos la pestaña de WM Survey y generamos nuestro Master Bench Point (MBP), clic en el botón y esperamos 30 segundos:

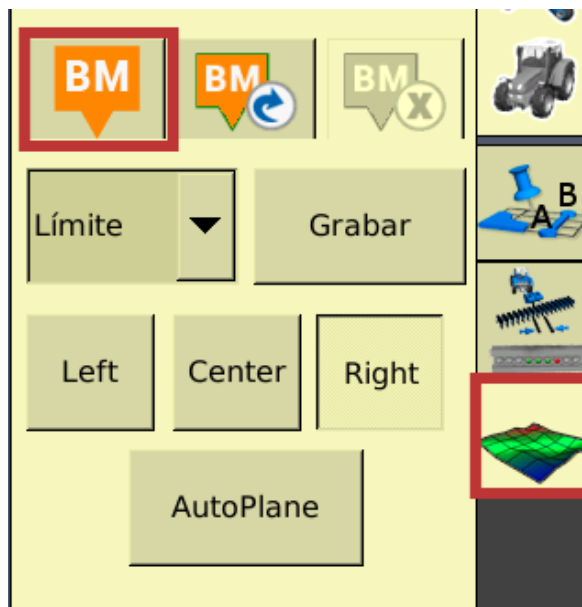


Figura 7.42 Generar MBP.

5. Para definir el límite del terreno, seleccionamos en la pestaña Limite, clic en grabar y conducimos el tractor por la orilla del terreno:

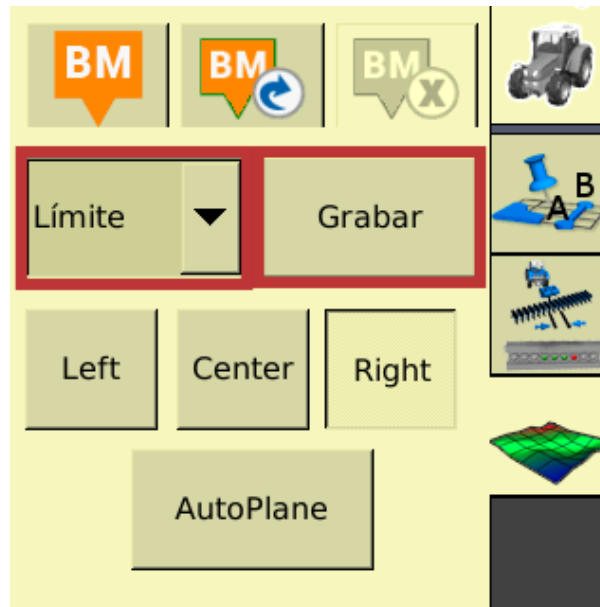


Figura 7.43 Grabar limite.

6. Después para el recorrido interno del terreno, seleccionamos en la pestaña Interior, clic en grabar y conducimos el tractor por dentro de donde grabamos el límite:

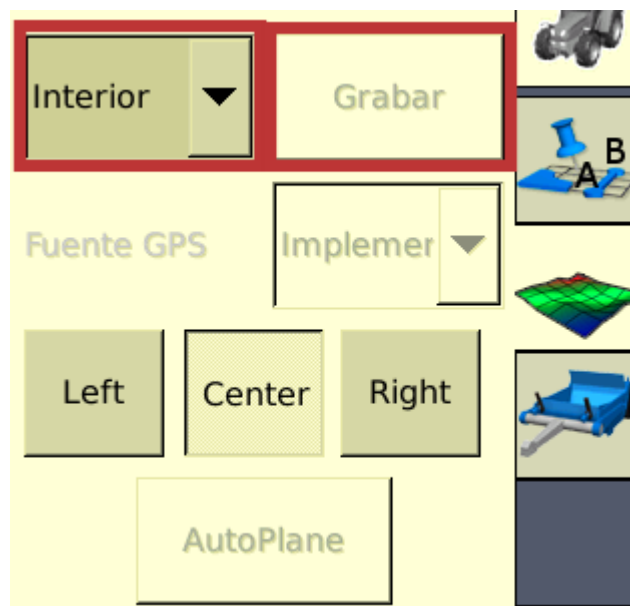


Figura 7.44 Grabar recorrido interior.

7. Para finalizar clic en AutoPlane y clic en ok para ver los mapas y guardar la información:

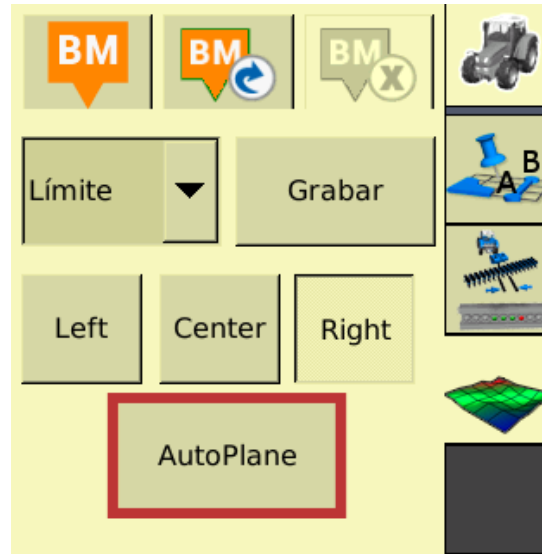


Figura 7.45 AutoPlane.

C.8 Extraer los datos de la pantalla FmX

1. Insertar la USB.
2. En la pantalla de inicio, clic en Archivos de Datos:



Figura 7.46 Archivo de datos.

3. Seleccionamos los archivos a extraer en la parte derecha, memoria de datos, datos de campo, buscamos el nombre de nuestro lote y los pasamos a la USB.



Figura 7.47 Datos de campo.

4. Seleccionamos diagnósticos, capturas de pantalla y copiamos, para extraer la USB apagamos el equipo y extraemos.



Figura 7.48 Capturas de pantalla.

Anexo D

D.1 Editar los puntos del mapa de diagnóstico en QGIS.

1. Abrimos QGIS, en la barra de herramientas, seleccionamos capa y añadir capa vectorial.

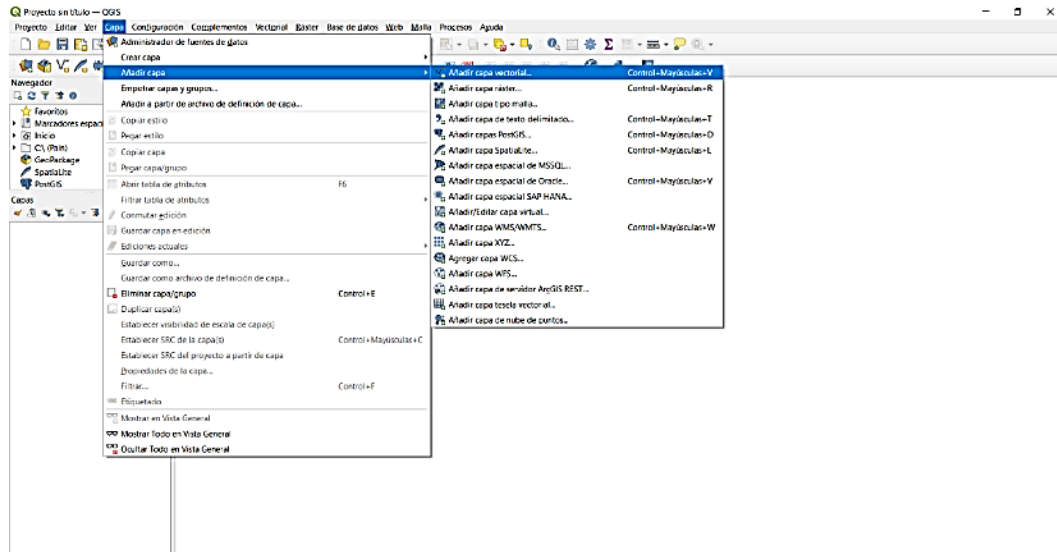


Figura 7.49 Añadir capa.

2. Saldrá una ventana de fuente, seleccionamos explorar:

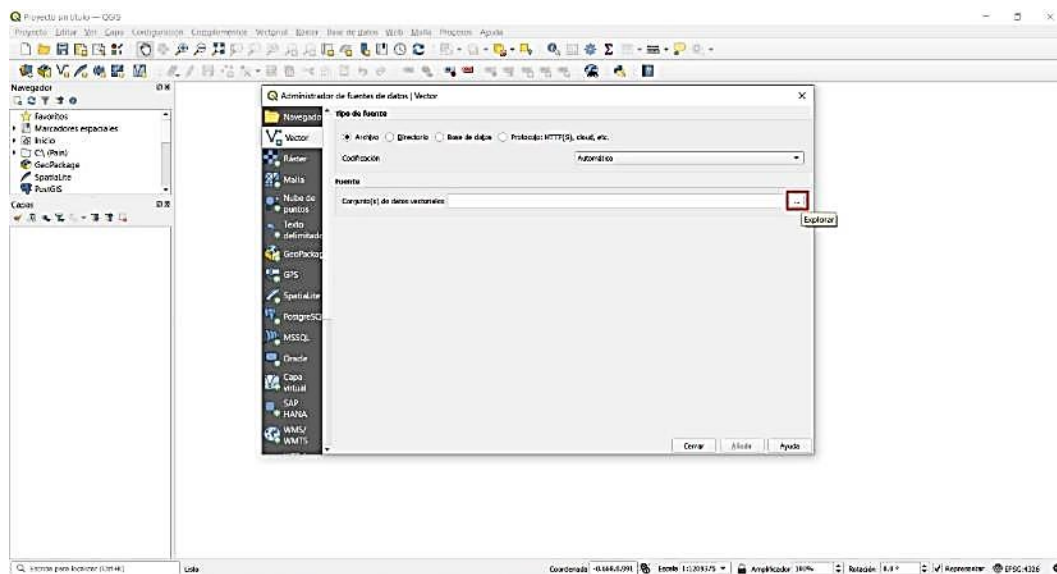


Figura 7.50 Explorar.

3. Seleccionamos la carpeta AgGPS, data, en la carpeta del proyecto, seleccionamos el archivo .shp y abrimos.

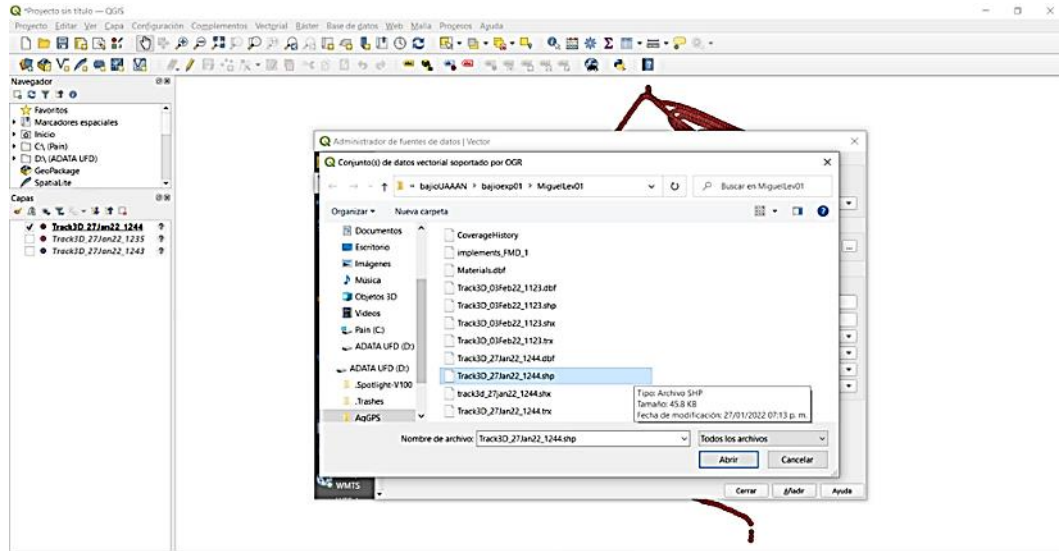


Figura 7.51 Archivo .shp.

4. En la barra de tareas, capa, y abrimos tabla de atributos.

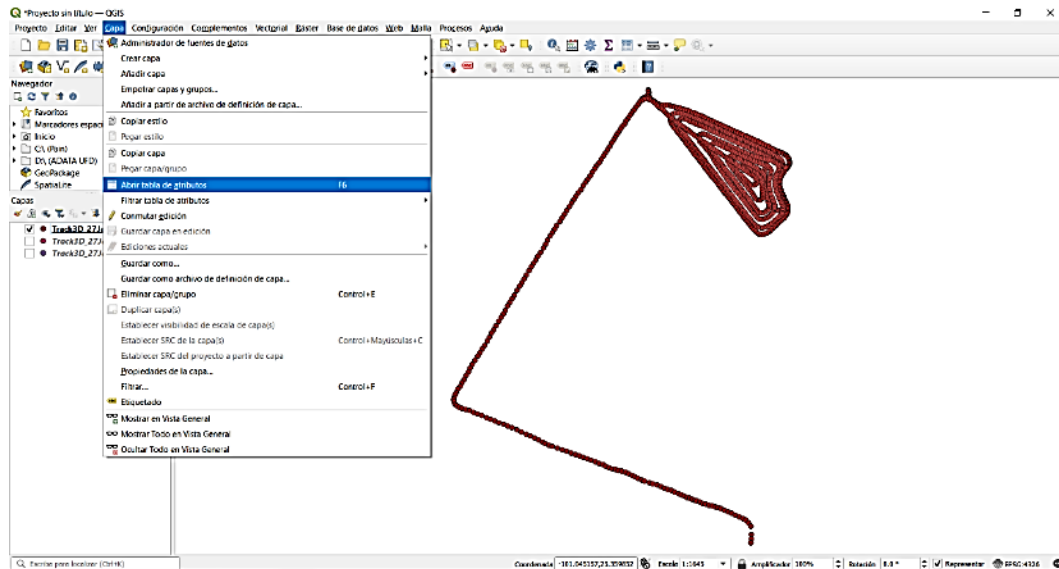
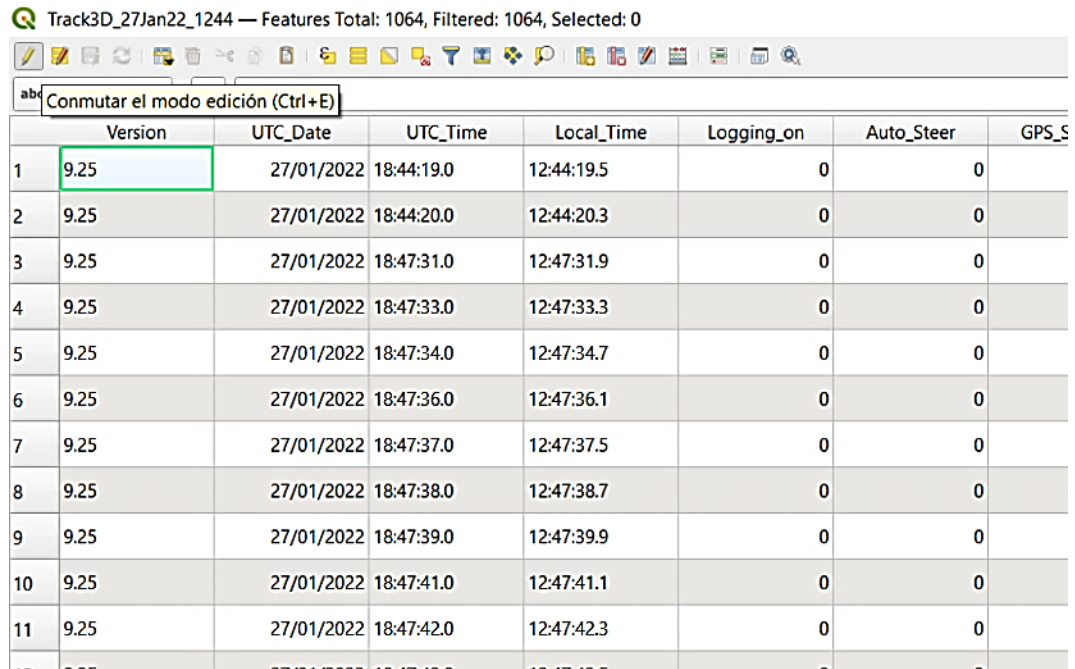


Figura 7.52 Tabla de atributos.

5. Activamos el modo de edición en la esquina superior izquierda.



	Version	UTC_Date	UTC_Time	Local_Time	Logging_on	Auto_Steer	GPS_S
1	9.25	27/01/2022	18:44:19.0	12:44:19.5	0	0	
2	9.25	27/01/2022	18:44:20.0	12:44:20.3	0	0	
3	9.25	27/01/2022	18:47:31.0	12:47:31.9	0	0	
4	9.25	27/01/2022	18:47:33.0	12:47:33.3	0	0	
5	9.25	27/01/2022	18:47:34.0	12:47:34.7	0	0	
6	9.25	27/01/2022	18:47:36.0	12:47:36.1	0	0	
7	9.25	27/01/2022	18:47:37.0	12:47:37.5	0	0	
8	9.25	27/01/2022	18:47:38.0	12:47:38.7	0	0	
9	9.25	27/01/2022	18:47:39.0	12:47:39.9	0	0	
10	9.25	27/01/2022	18:47:41.0	12:47:41.1	0	0	
11	9.25	27/01/2022	18:47:42.0	12:47:42.3	0	0	

Figura 7.53 Modo edición.

6. Seleccionamos los puntos a eliminar, estos cambiarán a color amarillo.

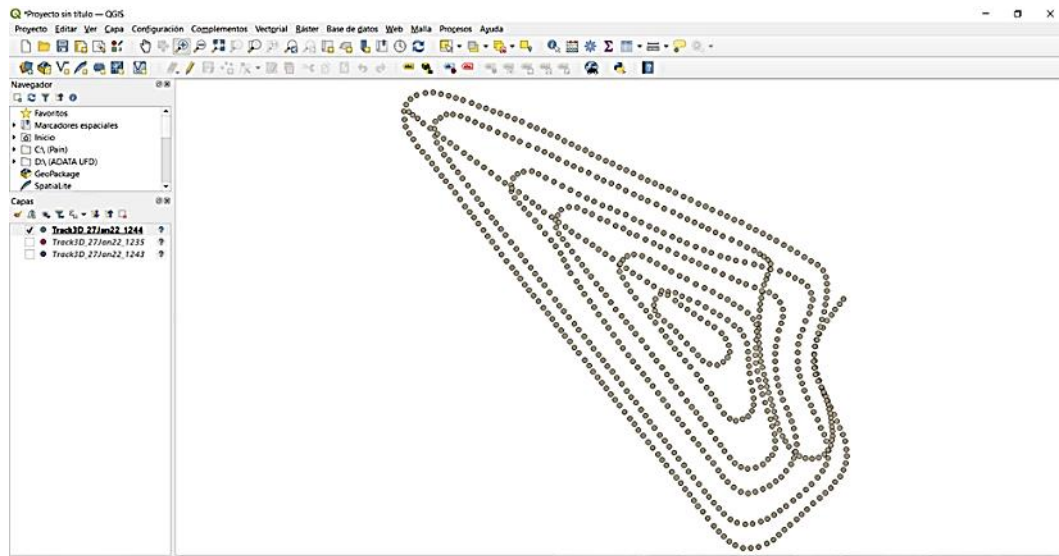


Figura 7.54 Puntos editados.

D.2 Sincronizar QGIS con GoogleEarth.

1. En la barra de herramientas, clic en complementos, administrar e instalar.

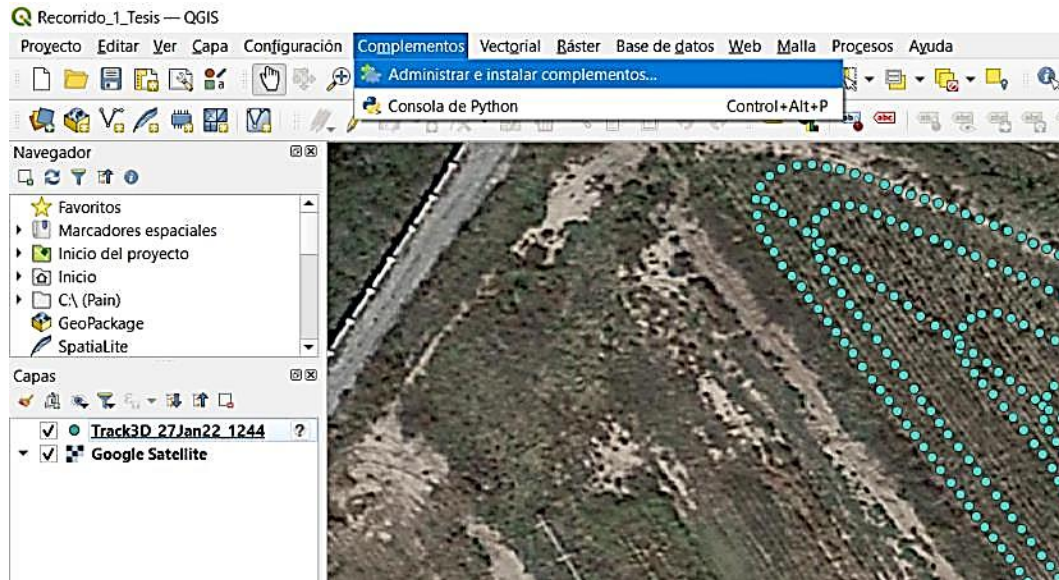


Figura 7.55 Complementos.

2. En la pestaña de no instalados, clic en QuickMapServices, seleccionamos y clic en instalar complemento.

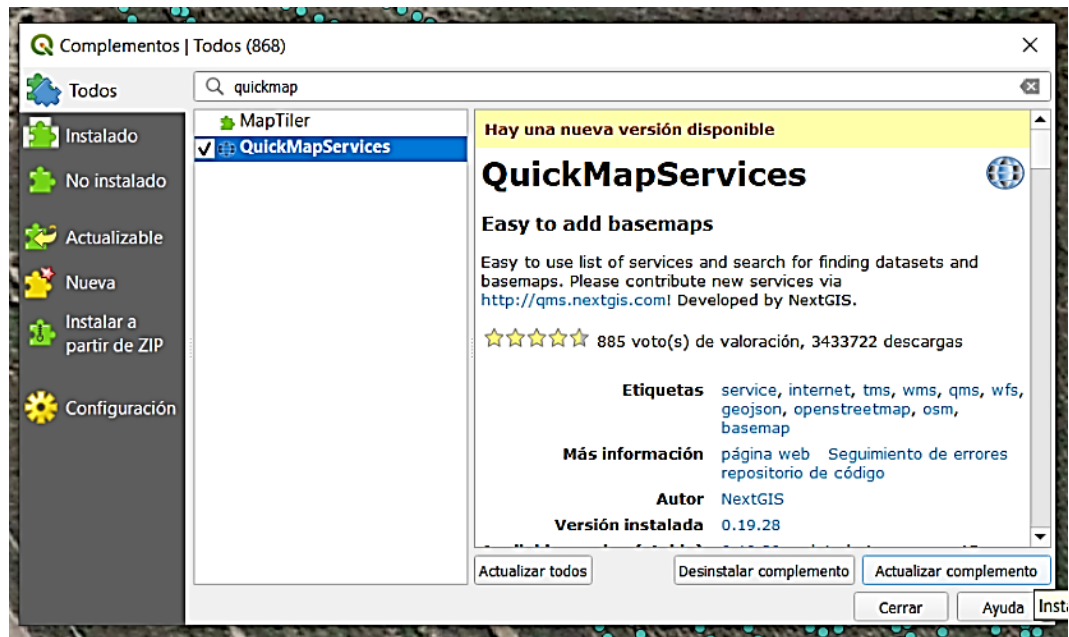


Figura 7.56 Instalar.

3. Seleccionamos web, Quickmap, y Google satélite.

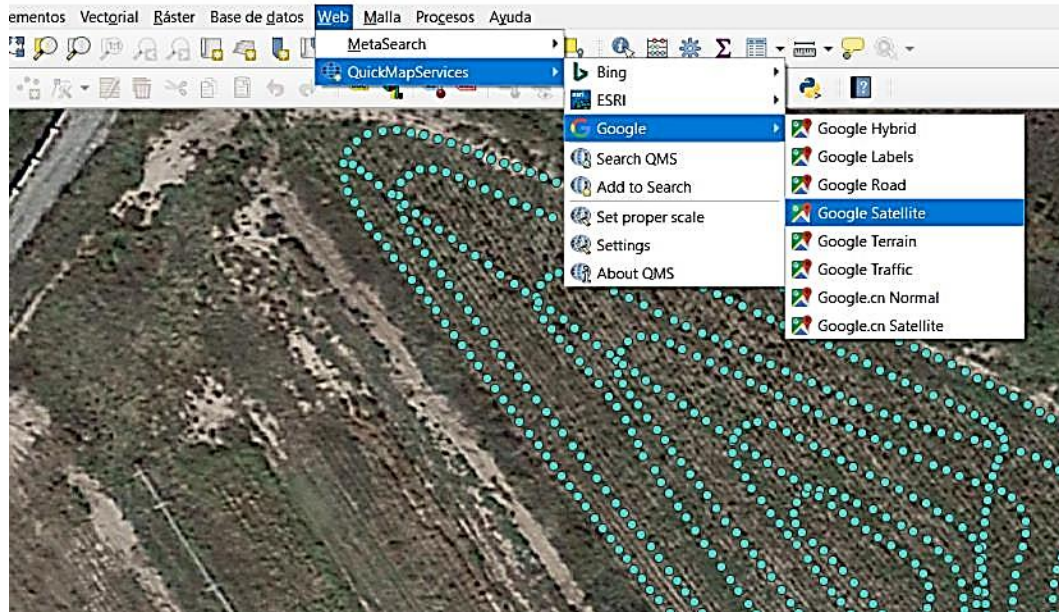


Figura 7.57 Vincular Google Satélite.