



---

---

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA**



**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN MULTICULTIVADOR PARA  
LABRANZA DE CONSERVACIÓN**

**Por:**

**MIGUEL ANGEL SANTIAGO MARTINEZ.**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO MÉCANICO AGRÍCOLA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Diciembre de 2013**

---

---

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN MULTICULTIVADOR PARA  
LABRANZA DE CONSERVACIÓN**

POR:

**MIGUEL ANGEL SANTIAGO MARTINEZ.**

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial  
para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

**Aprobado por el comité de tesis**

Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Santos Gabriel Campos Magaña**

Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Martin Cadena Zapata**

Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Juan Antonio López López**

Coordinador de la División de Ingeniería

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez**

Universidad Autónoma Agraria  
“ANTONIO NARRO”



**Coordinación de  
Ingeniería**

## AGRADECIMIENTOS

*Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, su apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida.*

*Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón. Pero sin importar dónde estén o si alguna vez lleguen a leer estas dedicatorias quiero darles las gracias por formar parte de mí y por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.*

Doy gracias a **DIOS** por darme la vida, la salud y la capacidad de poder terminar mis estudios, por guiarme y librarme de todo peligro, además por regalarme la paz, el amor y la prosperidad, por estar siempre a mi lado en el recorrido de mi vida, por tu plan de amor, de ser el mejor amigo y también por darme una gran familia maravillosa que adoro con todo el corazón.

A mi **ALMA MATER** por darme los conocimientos necesarios para enfrentar la vida y albergarme durante estos años de licenciatura siempre te recordare.

Al **Departamento de Maquinaria Agrícola**, ya que en él he adquirí todos los conocimientos que hoy en día tengo.

Al **Dr. Santos G. Campos** por sus consejos, conocimientos y amistad brindados, además de sus asesoramientos y facilidades prestadas para la realización de la presente tesis. Así también por depositar su confianza en mí para la realización de este proyecto

**M.C. Héctor Uriel Serna Fernández** Por sus consejos, por su entrega en sus clases, por ser más que un maestro sino también por ser un gran amigo.

**Ing. Juan Arredondo Valdez** Gracias por compartir sus conocimientos conmigo, por ser un amigo, gracias por sus consejos.

A todos los docentes del departamento de maquinaria agrícola, **Dr. Martin Cadena Zapata, Dr. Rodolfo Valenzuela García, M.C. Juan Antonio Guerrero Hernández, M.C. Mario Alberto Dorado, M.C. Tomas Gaytán Muñiz, M.C. Genaro Demuner Molina, Ing. Jorge Flores Berrueto, Ing. Rosendo Gonzales Garza, Mc. Marco Antonio Reynolds Chávez, Ing. Juan Antonio López López, Ing. Neftalí cuervo** por darme los conocimientos que me formaron como profesionista.

*Gracias maestros ;!!*

*Por su entrega en mi aprendizaje por compartir su sabiduría y por impulsarme a ser cada día mejor*

A mis compañeros y amigos de la generación CXVI, **Jairo Estrada Delgado, Fermín García Pérez, Cesar Gaona Esteban, José Juan Aguilar Zavala, Tomas Eduardo Fuentes Fuentes, Cesar Cardoso Gómez** por los momentos que convivimos, de estudio y fiestas durante estos años, por brindarme su confianza y apoyo, pero sobre todo por su amistad.

**Juan Rubén Hernández Rodríguez, Aldo Belí Arias Medina** por sus consejos por sus enseñanzas, por ser unos buenos amigos

A todos aquellos que de alguna forma intervinieron en la realización de la presente tesis sobre todo en las pruebas de campo.

**¡GRACIAS!**

## DEDICATORIAS

### **A mis padres:**

*Miguel Santiago Mariano y Zoila Martínez Hernández*

Con amor para mis padres, por darme la vida y saber guiarme durante todo este tiempo, por sus consejos brindados, por su amor, siempre los llevo en mi mente y corazón, estoy muy agradecido con ustedes por su apoyo incondicional y sobre todo por la confianza que depositaron en mi, los quiero mucho.....

“DIOS LOS BENDIGA SIEMPRE”.

¡LO LOGRAMOS! Porque este triunfo también es de ustedes!

### **A mis hermanas:**

*Verónica Santiago Martínez y Obdulia Santiago Martínez*

Por todo su apoyo y cariño brindado y por los momentos compartidos. Las quiero mucho y les deseo lo mejor en sus vida.

### **A mis abuelitos:**

*Santos Santiago Paulino y Paula Mariano Cruz (†)*

Por sus palabras de apoyo y consejos brindados a lo largo de mi vida pero sobre todo por su cariño y amor. Siempre los llevare en mi corazón

**A mi esposa:**

*Marlen Bustos Ayón*

Doy gracias a dios por por darme la oportunidad de conocer a una mujer tan maravillosa como tú que me sabe comprender y que me a polla en esos momentos difíciles, gracias por darme esa dicha tan grande de ser padre.

Haberte conocido ha sido lo mejor que me ha pasado y te quiero dar las gracias por permitirme haber entrado en tu vida”

**A mi hija:**

*Fátima Santiago Bustos*

Por ser la motivación de todos los días de mi vida y que desde tu llegada soy la persona más feliz del mundo. Te quiero mucho mi princesa nunca lo olvides.

**Familiares**

Quiero agradecer a mis tíos por su apoyo y consejos que me han dado a lo largo de mi vida, gracias por ser unos buenos amigos.

## INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS .....	I
ÍNDICE DE CUADROS .....	III
RESUMEN .....	V
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 <i>Objetivo General</i> .....	2
1.1.1 <i>Objetivos Específicos</i> .....	3
1.2 <i>Hipótesis</i> .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1 <i>Sistemas de labranza vertical</i> .....	4
2.2 <i>Evaluación de Implementos</i> .....	7
2.2.1 <i>Evaluación de Implementos integrales</i> .....	10
2.3 <i>Diseño de Transductores</i> .....	13
2.4 <i>Sensor Octagonal de Anillo Extendido</i> .....	15
2.5 <i>Medición de fuerza y energía</i> .....	16
2.6 <i>Prueba y Evaluación de Máquinas y Equipos Agrícolas</i> .....	19
2.7 <i>Sistema de Evaluación de Implementos en México</i> .....	19
2.8 <i>Norma de Evaluación de Arados (NMX-O-182-SCFI-2003)</i> .....	20
III. MATERIALES Y METODOS .....	22
3.1 <i>Equipo Empleado en la Evaluación</i> .....	22
3.1.2 <i>Convertidor Analógico-Digital</i> .....	23
3.1.3. <i>Amplificador-Acondicionador de señal DBK43a</i> .....	24
3.1.4. <i>Tripié y Contrapesos</i> .....	25
3.1.5.- <i>Tractor acondicionado</i> .....	25
3.1.6. <i>Software utilizado</i> .....	26
3.2 <i>Metodología para Calibración del Sensor en Laboratorio y Medición de Fuerzas en Campo</i> .....	26
3.3 <i>Análisis de Información de Datos Obtenidos en Campo</i> .....	26
3.4 <i>Arreglos Evaluados</i> .....	27
3.5 <i>VARIABLES A MEDIR</i> .....	28
3.5.1 <i>Cobertura</i> .....	29
3.5.2 <i>Humedad del Suelo</i> .....	29
3.5.3 <i>Fuerza de Tiro</i> .....	30

3.5.4 Eficiencia de Labor.....	30
3.5.5 Resistencia Específica.....	31
3.5.6 Toma de Perfil de Labranza .....	31
3.5.7 Medición de Consumo de Combustible.....	32
3.5.8.-Medición de Tamaño de Agregados.....	33
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
4.1 Diseño de Acoplamiento del Sensor a la Barra de Tiro.....	34
4.2 Constante de calibración del sensor de anillo.....	35
4.3 Características del Implemento Integral de Labranza Eco Bison.....	38
4.4 Evaluación en Campo.....	40
4.5 Resultados de la determinación de la fuerza de tiro.....	41
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>55</b>
5.1 Conclusiones.....	55
5.2 Recomendaciones.....	56
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>57</b>
<b>VII.-ANEXOS.....</b>	<b>63</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

2.1. Aflojamiento del suelo con subsolador bajo condiciones húmedas y secas.....	7
2.2. Diagrama de adquisición y procesamiento de datos.....	15
3.1. Diagrama del sistema de adquisición de datos.....	23
3.2. Sistema de adquisición de datos.....	24
3.3. Amplificador de señal DBKA43A.....	24
3.4. Tripie con plataforma para suspensión de pesos.....	25
3.5. Tractor acondicionado para la adquisición de datos en campo.....	25
3.6.-Determinación % de cobertura.....	29
3.7.- fuerza de tiro que demanda el implemento.....	30
3.8.- Toma de perfil de labranza.....	31
3.9. Medición de Consumo de Combustible.....	32
3.10. Medición de tamaño de agregados.....	33
4.1. Diseño de acoplamiento del sensor a la barra de tiro .....	34
4.2. Sensor axial empleado para la toma de datos en laboratorio y en condiciones de campo .....	35
4.3. Proceso de calibración y registro de información del sensor de anillo con capacidad de 100kn.....	35
4.4. Gráfica escalonada de calibración de la fuerza horizontal FX utilizando seis pesos diferentes.....	36
4.5 Línea ajustada, ecuación de respuesta y constante de calibración para la (FX) del sensor de anillo.....	37
4.6. Componentes del Eco-Bison.....	38
4.7. Componentes del Eco-Bison.....	39
4.8. Dimensiones y ubicación de la parcela de prueba.....	41

<b>4.9.</b> Sensor acoplado a la barra de tiro.....	41
<b>4.10.</b> Análisis de fuerzas de tiro demandadas trabajando sin cinceles, con rastra, picador de residuos y desterronador.....	39
<b>4.11.</b> Análisis de fuerzas de tiro demandadas, trabajando con siete cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador.....	43
<b>4.12.</b> Análisis de fuerzas de tiro demandadas trabajando cinco cinceles con alas, con rastra, picador de residuos y desterronador.....	44
<b>4.13.</b> Análisis de fuerzas de tiro demandadas trabajando con cinco cinceles con alas, con rastra, picador de residuos y desterronador.....	45
<b>4.14.</b> Análisis de fuerzas de tiro demandadas trabajando con cinco cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86% a una velocidad de trabajo de 6 km/h.....	46
<b>4.15</b> Análisis de Fuerzas de Tiro Demandadas Trabajando con Siete Cinceles sin Alas, con Rastra, Picador de Residuos y Desterronador.....	47
<b>4.16.</b> Análisis de fuerzas de tiro demandadas trabajando con arreglo de siete cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador.....	47
<b>4.17.</b> Análisis de fuerzas de tiro demandadas trabajando con cinco cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador.....	48
<b>4.18.</b> Análisis de fuerzas de tiro demandadas trabajando con cinco cinceles 3 frontales a 0.20m y 2 traseros a 0.30m con alas, con rastra, picador de residuos y desterronador.....	49
<b>4.19.</b> Análisis de Fuerzas de Tiro Demandadas Trabajando con Cinco Cinceles con Alas Todos a 0.30m de Profundidad, con Rastra, Picador de Residuos y Desterronador.....	50
<b>4.20.</b> Se muestra la aplicación del perfilometro para la determinación del área disturbada.....	51

## ÍNDICE DE CUADROS

<i>2.1 Requerimientos de energía de implementos de labranza integral</i> .....	12
<i>2.2 Potencia requerida en implementos integrales</i> .....	12
<i>2.3 Análisis de datos para la fuerza requerida en cada implemento</i> .....	13
<i>3.1. Características Material Empleado para la Evaluación</i> .....	22
<i>3.2. Arreglos Considerados para la Evaluación Agro- Técnica</i> .....	27
<i>3.3 -Variables a medir durante el proceso de evaluación</i> .....	28
<i>4.1 Valores medios en mV obtenidos por repetición durante el proceso de calibración del sensor axial con seis diferentes pesos tanto en carga como en descarga</i> .....	36
<i>4.2 Análisis de varianza de los datos de calibración del sensor de tiro y su ecuación de regresión</i> .....	38
<i>4.3. Descripción de los Componentes del “ECO-BISON”</i> .....	40
<i>4.4 .Magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco arenoso trabajando con sin cinceles, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86% a una velocidad de trabajo de 6 kmh<sup>-1</sup></i> .....	42
<i>4.5. Magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco arenoso trabajando con siete cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 92%. Con rastrojo de maíz a una velocidad de trabajo de 6 km/h<sup>1</sup></i> .....	43
<i>4.6 Magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco arenoso trabajando con cinco cinceles con alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86%.con un ángulo de ala con respecto a la horizontal de 19.5<sup>a</sup> a una velocidad de trabajo de 6 kmh<sup>-1</sup></i> .....	44
<i>4.7. Magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco arenoso trabajando con cinco cinceles con alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86%.con un ángulo ala con respecto a la horizontal de 3° a una velocidad de trabajo de 6 kmh<sup>-1</sup></i> .....	45
<i>4.8.magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco arenoso trabajando con cinco cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86% a una velocidad de trabajo de 6 kmh<sup>-1</sup></i> .....	46

<b>4.9.</b> Magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco-arenoso trabajando con siete cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86% a una velocidad de trabajo de $6 \text{ kmh}^{-1}$ .....	46
<b>4.10.</b> Magnitud de la fuerza de tiro con en suelo franco-arcilloso trabajando con arreglo de siete cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86%.a una velocidad segunda baja trabajo de $3.56 \text{ kmh}^{-1}$ .....	47
<b>4.11</b> Magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco-arcilloso trabajando con cinco cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86% a una velocidad de trabajo de $6 \text{ kmh}^{-1}$ .....	48
<b>4.12.</b> Magnitud de la fuerza de tiro, en suelo franco-arcilloso trabajando con cinco cinceles 3frontales a 0.20m y 2 traseros a 0.30m con alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86% a una velocidad de trabajo de $6 \text{ kmh}^{-1}$ .....	49
<b>4.13.</b> Magnitud de la fuerza de tiro con en suelo franco-arcilloso trabajando con cinco cinceles con alas todos a 0.30m de profundidad, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86%. a una trabajo de 6 km/h.....	50
<b>4.14.</b> Resumen de las fuerzas, sección transversal, consumo de combustible, tamaño de agregados y eficiencia obtenida en la evaluación del implemento integral con los 7 arreglos considerados.....	53

## RESUMEN

El presente informe corresponde a la evaluación agro técnica del equipo de labranza integral **ECOBISON** de la empresa **TECNOMEC AGRICOLA S.A de C.V**; esta evaluación se llevó a cabo en el campo agrícola “navidad” de la universidad autónoma agraria Antonio narro, en la comunidad de san Rafael en galeana Nuevo León durante el periodo mayo julio del 2013.

Los parámetros considerados en la evaluación fueron los contemplados en el proyecto de norma de labranza vertical. Que contempla entre otros: el consumo de combustible (lt/ha); sección transversal del área disturbada ( $m^{-2}$ ); fuerza de tiro requerida por arreglo (kN) y calidad de la labor (mm). De acuerdo a los resultados obtenidos el mejor arreglo considerando: consumo de combustible, área disturbada y calidad de trabajo fue el de cinco cinceles, tres frontales sin alas a una profundidad de 0.20 m y dos cinceles alados a 0.30 de profundidad. Con alas de 0.60 m, con una área de disturbación de  $0.61 m^{-2}$ , con un consumo de combustible de 31.5 l/ha y fuerza de tiro media de 20.45kn y una máxima de 42.5 kN. Lo cual representa cerca del 26.7% de ahorro de combustible comparada con el arreglo de siete cinceles sin detrimento de la calidad de labor en función del tamaño promedio de terrones.

Se hacen recomendaciones para el rediseño del sistema de levante así como el arreglo de cinceles.

**Palabras claves:** Labranza vertical, Sensor de fuerza, Sección transversal, fuerza de tiro.

## I. INTRODUCCIÓN

En el marco del convenio de colaboración entre el instituto de desarrollo de Aguascalientes (**IDEAA**), perteneciente a la empresa **TECNOMEC AGRICOLA S.A DE C.V**, y la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**, se realizó la evaluación agro técnica de un prototipo de implemento de labranza vertical “**ECO-BISON**” financiado con recursos **CONACYT-SECRETARIA DE ECONOMÍA** y del cual la **UAAAN** es colaborador.

La evaluación correspondiente y el trabajo de la investigación aplicada fue bajo el proyecto de norma para implementos de labranza vertical, que contempla entre otros: descripción del prototipo, calidad de labranza, demanda de fuerza y potencia, eficiencia y recomendaciones de mejora en base a resultados

**TECNOMEC AGRICOLA**, líder en los productos que fabrica dentro de la industria mexicana de implementos agrícolas, también representa a fabricantes extranjeros de maquinaria agrícola en el mercado y posee una presencia respetable en Estados Unidos con su marca **BISON-VH**, así como con equipos de subcontratación. Pertenece a la Asociación de Mayoristas de Implementos Agrícolas, así como a la Asociación de Productores de Implementos Agrícolas en los Estados Unidos. Desde sus inicios **TECNOMEC AGRÍCOLA**, ha desarrollado nuevos productos, optimizando sus operaciones, los cuales se realizaban de manera aislada en los diferentes departamentos de la organización. Producto de la Planeación estratégica 2006 de la empresa, se definió que una de las estrategias más viable para alcanzar los objetivos de desempeño planteados para la organización, era la creación de una ventaja competitiva altamente diferencial con respecto a su competencia. Esta ventaja quedo definida como el desarrollo y consolidación de la capacidad de innovación de productos y procesos. Para instrumentar esta estrategia, se decidió iniciar, en el **año 2010**, con el proyecto Desarrollo de “**multicultivador ECO-BISON**” para labranza mínima, que debería tener las características de un implemento integral.

La empresa se planteó la necesidad de desarrollar un equipo, que realice varias operaciones para la preparación de la cama de siembra integradas en un mismo implemento. Las operaciones que se pretenden integrar son: incorporación al suelo de residuos de cosecha anterior, barbecho vertical, rastreo y desterronado. La tendencia en el campo de la maquinaria agrícola es llegar a la cero labranza, para lo cual se tienen que dar ciertos pasos previos como es la labranza mínima o labranza reducida.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende incursionar y posicionar a **TECNOMEC AGRÍCOLA** como líder en el país en el diseño y desarrollo de este tipo de maquinaria, siendo parte de la estrategia para incrementar la presencia y posicionamiento en el mercado nacional, norteamericano y europeo. Por otro lado se quiere ofrecer a sus clientes un equipo que contribuya a desarrollar una agricultura sostenible y rentable en una economía globalizada, donde los agricultores se ven severamente castigados, con unos márgenes de utilidad bajos o en algunos casos negativos.

En el año 2010 se presentó ante los fondos sectoriales secretaria de economía – CONACYT una solicitud de financiamiento para el complemento de desarrollo y evaluación agro técnica del **ECO-BISON** cuyo proyecto autorizado tiene el número **164519** del **fondo sectorial de economía**. El departamento de maquinaria agrícola de la UAAAN participo en el presente proyecto con la responsabilidad de realizar la evaluación del equipo desarrollado.

### ***1.1 Objetivo General***

Evaluación Agro Técnica de implemento integral de labranza. "**ECO-BISON**" desarrollado por la empresa **TECNOMEC AGRÍCOLA S.A. de C.V.**

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

- ❖ Acondicionar y calibrar un sensor de anillo, empleando galgas extensiométricas, acoplado a la barra de tiro con una capacidad de 100KN.
- ❖ Determinar la magnitud de las fuerzas de Tiro, Potencia y Consumo de combustible, bajo 6 diferentes arreglos de secciones en 2 Texturas de suelos.
- ❖ Determinar la Calidad de labor del implemento en términos de perfil disturbado y tamaño de agregados
- ❖ Determinar la eficiencia y capacidad trabajo del implemento

### **1.2 Hipótesis**

Con los nuevos implementos agrícolas de labranza vertical es posible disminuir el índice de fuerza requerida por sección transversal de suelo disturbado, mediante arreglos espaciales óptimos.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 *Sistemas de labranza vertical*

Los sistemas de labranza constituyen un elemento principal dentro de los sistemas agrícolas de producción, donde muchas de las actividades posteriores afectan de forma directa al cultivo ya establecido y que dependen en gran medida del sistema de labranza aplicado a la preparación del terreno.

Dentro de los sistemas de labranza están aquellos que hacen una remoción completa del suelo y en ocasiones una fragmentación excesiva de las partículas y no consideran la compactación del suelo, y que se conoce comúnmente como labranza tradicional. Por otro lado existe también el sistema de labranza de conservación, que se define como cualquier secuencia de labranzas que reduce las pérdidas de suelo y agua, en comparación con las de labranza convencional (Lal, 1995).

La labranza vertical se refiere a un sistema donde toda la tierra está preparada con implementos que no invierten el suelo y causan poca compactación. Por lo tanto, el suelo queda normalmente con una buena cobertura de rastrojo de más de 30% sobre la superficie (FAO, 2000).

La labranza vertical es un sistema ventajoso en un amplio rango de tipos de suelo, inclusive en los que tienen problemas de drenaje y que son susceptibles a la compactación. La eficacia operativa del sistema de labranza vertical es más alta que la de labranza convencional, sobre todo debido a que el vibro cultivador trabaja con mayor velocidad y tiene mayor ancho de trabajo que la rastra de discos. Por consiguiente es posible preparar entre 50 hasta 80% más de superficie por día con labranza vertical, si se la compara con labranza convencional (Baber., *et al.*, 1993).

La principal característica de la labranza vertical es que utiliza brazos o flejes equipados con puntas en lugar de discos para aflojar el suelo sin invertirlo,

dejando en la superficie una cobertura protectora formada por los residuos del cultivo anterior y por las malezas arrancadas (Baber *et al.*, 1993).

Los implementos de labranza vertical causan poca compactación, es decir no forman una capa dura en el subsuelo (piso de arado), que limita la profundización de las raíces. En cambio los discos de labranza convencional ocasionan capas duras. Los implementos más comúnmente utilizados son el arado de cincel, la cultivadora de campo y el vibro cultivador (FAO, 2000).

Los arados de cincel son implementos en los sistemas de captación de humedad, cuyo diseño le permite penetrar en suelos firmes y romper capas compactas. La superficie se deja partida y abierta para atrapar y mantener el agua de la lluvia y resistir la erosión del viento. La experiencia ha demostrado que la tracción mínima de estas herramientas tales como los arados de cincel y los subsoladores, ocurre cuando el ángulo de elevación es de 20° entre la superficie de la herramienta y la horizontal. El desmenuzamiento ocurre con el menor esfuerzo cuando la herramienta está aplicando fuerza de elevación, que cuando se corta horizontalmente o empuja verticalmente contra el suelo (Buckingham, 1984).

Las fuerzas que actúan sobre un cincel en el suelo dependen mucho de la forma y sobre todo del ángulo de ataque. Un ángulo de ataque agudo mejora la penetración y reduce la fuerza de tracción. Además mejora el efecto de la roturación y la mezcla del suelo porque lleva una parte del material del suelo de horizontes inferiores hacia arriba (FAO, 2000).

El cuerpo de un cincel corta verticalmente a través del suelo. El suelo se mueve hacia arriba y a lo largo de la curva del cincel y es detallado por la fuerzas de empuje hacia arriba. Los resultados del efecto de la vibración lateral (comienzan a ser pronunciados hacia la superficie) aflojan completamente la parte baja del suelo. Un aflojamiento y mezcla satisfactoria se asegura cuando el suelo se encuentra relativamente seco, el cual es roto hacia arriba en forma perpendicular a

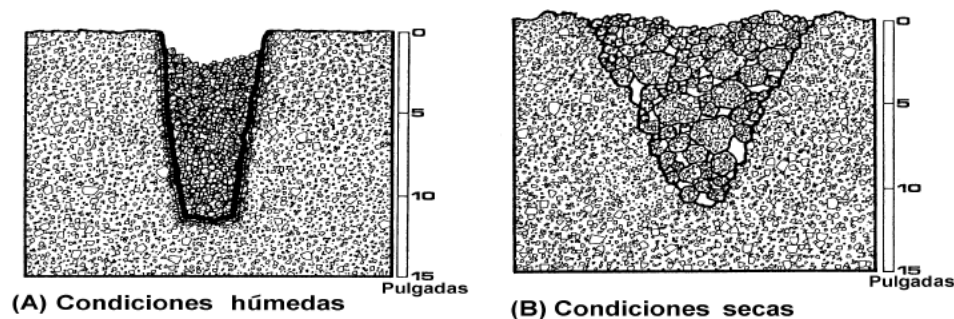
la dirección del corte en un ángulo aproximado de 50° desde la superficie (Krause, *et al.*, 1984).

La movilización del suelo es causada por cizallamiento, donde las partículas se someten a compresión-tensión, situación en que el suelo se agrieta, y por deformación plástica, situación indeseada ya que el suelo sólo se deforma en la superficie de contacto con la herramienta, lo cual puede llevar a la compactación (Aluko y Seig, 2000).

Los subsoladores trabajan mejor en el suelo firme y en estado friable donde capas más duras impiden la penetración adecuada de la humedad y el desarrollo de las raíces. La inclinación de los cuerpos y puntas del subsolador afectan a tracción, penetración, y fragmentación del suelo; cuando los soportes se inclinan hacia adelante, levantan y fragmentan el suelo mejor que cuando están casi o totalmente verticales (Buckingham, 1984).

La subsolación se puede hacer solamente cuando el suelo está seco hasta ligeramente húmedo lo cual es más difícil en suelos arcillosos. La subsolación en el estado seco requiere mucha potencia y frecuentemente deja agregados y vacíos grandes entre ellos o sea, condiciones no favorables para la germinación y crecimiento inicial de las plántulas.

La subsolación de suelos arcillosos en estado húmedo crea un hueco donde pasa la punta del subsolador sin aflojar el perfil o romper la capa compactada que muestra la diferencia en el grado de aflojamiento del suelo con subsolador bajo condiciones húmedas y secas como se muestra en la figura 2.1 (Baber, *et al.*, 1993).



**Figura 2.1. Aflojamiento del suelo con subsolador bajo condiciones húmedas y secas.**

Para cinceles existe una profundidad de trabajo crítica, en la cual no existe remoción lateral de suelo, y que ésta depende del ancho del implemento y de su ángulo de ataque, así como de la densidad y contenido de humedad del suelo. Para trabajar en profundidades mayores a la crítica, es recomendable el uso de aletas laterales en la punta del cincel, lo cual reduce también la resistencia específica, favorece el ancho de trabajo y la eficiencia de campo (McKyes, 1985).

El subsolador consta de tres o más brazos montados sobre una barra de herramientas. Los brazos deberían tener una inclinación vertical mayor de 25-30°, preferentemente de 45°, y es aconsejable que la altura sea regulable. Para ejemplos de los diferentes tipos de brazos. Las puntas de los brazos normalmente son de 1.5 pulgadas de ancho, y deben ser de fácil recalzado. La condición de la punta es muy importante y muchas veces la subsolación no da buenos resultados debido a la mala condición de las mismas (Baber, *et al.*, 1993).

## **2.2 Evaluación de Implementos**

Para las labores de establecimiento de cultivos, se requiere un gran consumo de energía en forma de combustible, esto es un factor que puede limitar la actividad agrícola pues reduce el costo beneficio del sistema de producción (Kichler et al 2007). Para muchos agricultores, antes que una conciencia conservacionista, la principal razón de la adopción de los sistemas de labranza de conservación es la posibilidad de reducción de costos (Steiner 1998).

La reducción del uso de energía en los sistemas de producción agrícolas es un tema de gran importancia pues contribuye al éxito financiero de los mismos y con la disminución de subsidios y una gran competencia en el mercado globalizado, los agricultores consideran actualmente opciones de reducción de labores y gasto de energía para bajar costos (Derspch, 2007).

Es trascendental conocer los diferentes parámetros operativos de los implementos de labranza y su incidencia en el suelo con el fin de disminuir su impacto sobre el medio ambiente y especialmente sobre el suelo, con objeto de obtener cambios en la producción de los cultivos y mantener la calidad del suelo, he aquí la importancia de la evaluación de los implementos (Camacho, *et al.*, 2007).

El objetivo principal de las evaluaciones en los implementos es conocer los efectos que ocasionan los diferentes métodos de labranza sobre las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, porosidad, resistencia a la penetración, entre otras)

Para saber los resultados favorables o no favorables mostrando efectos beneficiosos no beneficiosos para los cuales se ven reflejados directamente en el desarrollo del cultivo (Ohep, *et al.*, 1998).

Una evaluación involucra la medición del comportamiento de una maquina bajo condiciones agrícolas reales; el propósito principal de obtener datos del comportamiento de un equipo es compararlo con el requerimiento para el cual fue diseñado (Crossley y Kilgour 1983), ya que las pruebas realizadas sobre condiciones ideales a veces no permite conseguir datos directamente relevantes a las condiciones agrícolas y dada la gran variedad de condiciones de trabajo y niveles de sofisticación de los implementos agrícolas, se ha dificultado la compilación de procedimientos de prueba de estos (Smith y Sims, 1990).

En una comparación que hicieron (Cadena, *et al.*, 2004) la labranza vertical (multiarado y vibrocultivador) con la labranza convencional (arado de discos y rastra

de discos) en términos de la calidad y consumo de energía que los implementos desarrollan al labrar el suelo. Consideran que la labranza vertical son de menor costo para la preparación del suelo; pues el multiarado puede sustituir al arado de discos (labranza primaria) y para la labranza secundaria el vibrocultivador a la rastra de discos puesto que realiza las mismas labores pero de una mejor calidad traducidos en menor consumo de combustible por área, reducción en la densidad aparente, un mayor ancho de trabajo, menor esfuerzo unitario y distribución energética, tamaño de agregados óptimos y una menor inversión del suelo.

Evaluando sistemas de fertilización localizada mediante combinaciones de discos y cinceles, a velocidades de 4; 7; y 10 km h<sup>-1</sup>, encontraron que la mayor remoción de suelo se presentó a una velocidad de 7 km h<sup>-1</sup>, siendo tres veces mayor a 0,10 m de profundidad que a 0,05 m. (Chichester, *et al.*, 1985)

Sin embargo, otros autores encontraron que la remoción del suelo y la fuerza horizontal son poco afectadas por variaciones de la velocidad, principalmente dentro del intervalo de operación en que normalmente se utilizan los cinceles y subsoladores (Lanças y Benez, 1988; Coelho, 1998; Rahman y Chen, 2001). Spoor y Godwin (1978) afirmaron que la movilización del suelo depende de la profundidad de trabajo, del tamaño del cincel (largo y ancho), además de la humedad y densidad del suelo.

La combinación de discos dobles y de cinceles escarificadores, se presentan como alternativas para prácticas de cultivo, ya que el comportamiento de la fuerza vertical facilitarían el corte de residuos en la superficie, además de permitir el manejo de capas compactadas a una mayor profundidad sin aumentar los requerimientos de potencia (Camacho y Magalhães, 2002).

Al evaluar 3 implementos de labranza primaria en sus resultados muestran que el arado de cincel rígido es energéticamente más eficiente para preparar el suelo,

con una resistencia específica baja y una mayor área transversal de suelo disturbado (Camacho y Rodríguez, 2007).

Al estudiar diferentes conformaciones de herramientas de labranza profunda, determinaron un incremento del 47% de la área disturbada al agregar alas en la parte inferior de un subsolador convencional, y un incremento de sólo 17% de la área disturbada al trabajar con un subsolador convencional sin alas combinado con método previo de dientes rígidos y encontraron menor densidad aparente del suelo que la lograda con el equipo con alas (Di Prinzio, *et al.*, 1997).

### **2.2.1 Evaluación de Implementos integrales**

La evaluación y desempeño tecnológico de los implementos integrales a partir de la calidad y consumo de energía que estos desarrollan a labrar el suelo es de suma importancia, constituye soluciones prácticas. Este tipo de implementos se encuentran dentro de la labranza de conservación, la cual se refiere a un sistema donde toda la tierra está preparada con implementos que no invierten el suelo y causan poca compactación. (FAO 2000).

Los implementos más comunes dentro de la labranza integral podemos encontrar los siguientes: arado de tres discos, arado de cincel tipo rastrojero, arado cincel vibrador, vibrocultivador, subsolador, multiarado, rastra y el cultivador de campo de rastrojero.

La siguiente sección ha sido tomada de la publicación "Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos" escrito por (Ibadan 1997).

**Vibrocultivador** la profundidad del trabajo aconsejable es de 8-10 cm. La profundidad del trabajo aconsejable, con una alta velocidad de 8-12 km/h, para optimizar las vibraciones que sueltan las malezas y desmenuzan los terrones grandes.

**Arado cincel vibrador** debe trabajar a una velocidad alta, de 8 a 12 km/h; requiere de 6 HP por brazo.

**Arado de cincel** tipo rastrojero tiene una velocidad de avance respecto al tractor de 6 a 9 Km/h. El espaciado entre los brazos variará con la profundidad del trabajo, cuando la profundidad del trabajo es de 18 cm, Por lo general se necesitan 9 a 12 HP por cada cincel.

Los **subsoladores** son cinceles grandes y fuertes que pueden llegar a profundidades de hasta un 1m. Se distingue la forma tradicional (vertical), la forma parabólica y el “Paraplow”, potencia por lo general se requieren 20-30 HP/brazo. Para un tractor de 90 HP, donde el límite inferior de la capa compactada se encuentra a unos 26 cm de profundidad, se requiere que el subsolador llegue hasta 39 cm.

**Arado de tres discos** con una profundidad de trabajo de 0.152m, velocidad de avance de 4.45 Km/h con un consumo de combustible de 20.00 L/h y requiere una fuerza de tiro de 14.86 kN.

**Vibrocultivador** Mientras que en otra investigación cuenta con una profundidad de trabajo de 0.14 m, velocidad de avance 5.34 Km/h, fuerza de tiro requerida 4.41 kN.

**Multiarado** con una profundidad de trabajo de 0.149 m su velocidad de trabajo de 4.10 Km/h, potencia requerida en la fuerza de tiro 23.03 KN.

**Rastra de 20 discos**, trabaja a una profundidad 0.10 m a una velocidad de avance de 5.32km/h con una potencia de fuerza de tiro 2.74 KN.

La labranza en el suelo es de gran importancia puesto que altera sus propiedades físicas y presentan un alto consumo de energía, a continuación se muestra en el cuadro de demanda 2.1 de fuerza de algunas herramientas de labranza, según Hunt.



**Cuadro 2.1** *Requerimientos de energía de implementos de labranza integral.*

Equipo	Profundidad (cm)	Velocidad (km/hr)	Fuerza (kN)
Arado de discos	18	4.8	8.5 -16.6
Subsolador	40	4.8	23.3 – 36.5/unidad
Arado de cincel	18 – 23	4.8	2.9 – 13.1
Rastra de discos (exc.)	18 – 23	4.8	80-15 o/o del peso
Cultivador	18 -13	4.8	0.9 – 4.4

Fuente: HUNT D. Farm power and machinery management. Seventh edition. 1997. Iowa State University press. P.46

Hunt (1987) enlista los requerimientos de potencia, de tiro y de energía de varias máquinas de campo mostradas en el cuadro 2.2.

**Cuadro 2.2** *Potencia requerida en implementos integrales.*

Implemento		FH (KN)	Energía o trabajo KW H/HA
Arado	3 discos	12.649	22.1 – 46.1
Rastra	20 discos	5.928	4.0 – 7.4
Multiarado	2 cuerpos	73	3.1 – 5.2
Sembradora	2 hileras	3.6	2.4 – 12

Fuente: HUNT D. Farm power and machinery management. Seventh edition. 1997. Iowa State University press. P.28-52

Para un implemento particular y condición del suelo, las fuerzas se incrementaran con la profundidad de trabajo por lo tanto la resultante del peso tendrán una magnitud variable, dirección y posición dependiendo la profundidad de trabajo. En una serie de evaluaciones con diferentes implementos de labranza, midieron las fuerzas de tiro y en la barra de compresión, producidas por la interacción suelo-implemento.

**Cuadro 2.3** *Análisis de datos para la fuerza requerida en cada implemento.*

Implementos	Fuerzas en la barra de compresión			Fuerzas en el tiro		
	Profundidad (m)	Fuerza Media	Fuerza Pico (KN)	Fuerza Media (KN)	Fuerza Pico (KN)	Radio entre

		(KN)				Fc/FT
<b>Arado</b>	0.30	23.21	33.71	15.48	30.66	1.50
<b>Multiarado</b>	0.34	30.83	34.07	22.06	32.05	1.40
<b>Multiarado</b>	0.21	38.52	43.64	23.77	3.05	1.62
<b>Rastra</b>		17.05	16.24	5.39	21.92	3.16
<b>Cultivadora</b>		4.84	9.16	4.76	20.72	1.02
<b>Vibrocultivador</b>		16.46	6.73	9.84	37.78	1.67

Fuente: Marin, L.. Desarrollo de un transductor de fuerza para la evaluación de implementos integrales a tractores categoría. Tesis de licenciatura 2003. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

### 2.3 Diseño de Transductores

La idea de emplear anillos octagonales extendidos (Extended Octagonal Rings) en un sistema de medición fue introducido por primera vez por Lowen *et. al.*, (1951). Hoag y Yoerger (1975) derivaron ecuaciones analíticas de distribución de fuerzas para transductores simples y octagonales de anillos extendidos para diferentes cargas y condiciones límites utilizando el método de tensión de energía.

Diseñaron tres transductores de (EOR) usando tres diferentes materiales con diferentes relaciones de radio y diferentes espesores del anillo ( $r / t$ ). Ellos encontraron que los sistemas desarrollados de instrumentación tenían suficiente resolución para medir el comportamiento dinámico vertical del suelo acoplado a un enganche de pivote único. (Godwin *et al.*, 1987)

Derivó una fórmula para determinar el espesor del anillo del transductor (EOR) mientras utilizaba datos de los transductores diseñados previamente por los investigadores. El introdujo un procedimiento gráfico para el diseño (EOR) basado en parámetros geométricos del anillo (O'Dogherty 1996)

Diseñaron y fabricaron un octagonal de doble anillo extendido (**DEOR** por sus siglas en inglés) acoplado a una barra de tiro. Ellos calibraron el transductor utilizando métodos de carga uni-axiales y tri-axiales. Los autores derivaron la

regresión de un modelo para predecir las fuerzas de tiro, verticales, y las cargas laterales, e informó de la sensibilidad cruzada del sensor de 1,9 y 7,0 % para las fuerzas de tiro y verticales respectivamente (McLaughlin *et. al.*, 1998)

Diseñó un sistema de transductor biaxial (EOR) para medir las fuerzas tractor-implemento, mostraron que la sensibilidad cruzada del sensor fue menor a 1,5 % para la mayoría de los casos (Khan *et. al.*, 2007)

Se puede decir que la mayoría de los sistemas de medición se pueden dividir en tres partes (Campos *et. al.*, 2000):

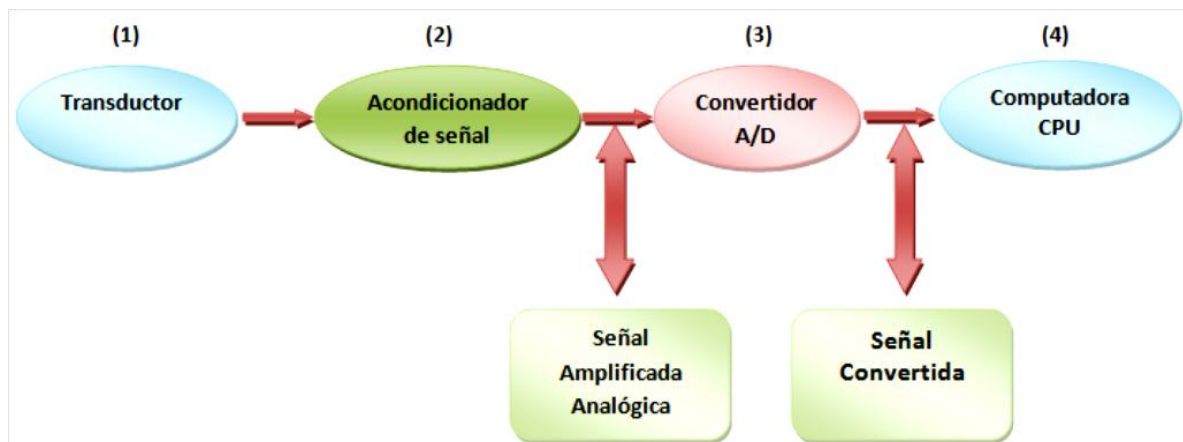
1. **Etapa detectora-transductora**, detecta la variable física y efectúa una transformación, ya sea mecánica o eléctrica para convertir la señal de una forma más manejable. Generalizando el concepto, un transductor es un dispositivo que transforma el efecto físico en otro, en gran mayoría de los casos, la variable física se transforma en una señal eléctrica, ya que ésta es la forma de señal más fácilmente medible.

2. **Etapa Intermedia**, modifica la señal que proviene del transductor, ya sea por amplificación, filtrado u otros medios para tener una salida deseable.

3. **Etapa final o terminal**, indica, graba o controla la variable que se desea medir.

Señala que los transductores (sensores) son elementos de transformación de una variable física correspondiente a un fenómeno, a una señal eléctrica que describe ese comportamiento y su desempeño se debe a los elementos de captura, estos solo trabajan con señales eléctricas. Generalmente los transductores son empleados en la medición de magnitudes físicas, como por ejemplo, temperatura, presión, longitud, etc. (Moo 1999),

En la Figura (2.2) se muestra un diagrama de bloques de un sistema típico de medición empleado en la correlación de datos.



**Figura2.2. Diagrama de adquisición y procesamiento de datos**

#### **2.4 Sensor Octagonal de Anillo Extendido**

Campos *et. al.*, (1992) desarrollaron una metodología sencilla para el diseño de Anillos Octagonales teniendo en mente su aplicación en la evaluación de implementos de labranza bajo condiciones de campo, y demostró que existe un efecto de la longitud del plato sobre la localización de los nudos de deformación, cosa que cabe señalar que Godwin (2007) no menciona el efecto de la longitud de los platos (en función del largo total del anillo extendido) sobre la sensibilidad del transductor y su efecto sobre la localización de los nudos de deformación

Esto se derivó en realizar una determinación experimental de las dimensiones apropiadas del plato; así como, su efecto en la nueva localización de los nudos de deformación para la fuerza horizontal ( $F_x$ ), corrigiendo así, la localización del nudo de deformación producido por la componente horizontal localizándose a un ángulo de  $391/4^\circ$  y se encontró las sensibilidades para cada nudo de deformación.

Uno de los transductores más apropiados para determinar las fuerzas de reacción del suelo en los implementos de labranza es el transductor octagonal extendido,

que tiene las ventajas sobre otros comúnmente empleados en la evaluación de equipos de labranza cuando la precisión de la localización de las galgas extensiométricas ha sido realizada. (Campos 1993).

Consideraciones adicionales para el diseño del anillo extendido fueron dadas por Hoag (1977) Citado por Campos (1993). Estos tienen el objetivo de mejorar la sensibilidad del anillo por medio de aumentar al máximo la relación  $[\epsilon/S \{x, y\}]$ . Esta relación representa la cantidad de deformación por unidad de desplazamiento relativo del anillo del fondo medio.

Para obtener máxima ejecución del anillo en la tensión-proporción del desplazamiento, sugirió Hoag, (1977) citado por Varela (2000) que la relación  $(t r - 2)$  debe aumentarse al máximo. Para los requerimientos específicos esperados de cualquier fuerza máxima o momento, la deformación máxima en el anillo puede ser seleccionando el material del anillo apropiado junto con un máximo conveniente a la deformación aceptable.

## ***2.5 Medición de fuerza y energía***

La energía consumida en la preparación del lecho de siembra viene condicionada, fundamentalmente, por el tipo de suelo y por su estado final tras la labor primaria. Aquellos suelos cuyo contenido de arcilla supera el 30-35% requieren, en general, más energía de desintegración de los terrones que los restantes, por lo que con frecuencia se recurre a utilizar aperos accionados a la toma de fuerza. Las condiciones del suelo que afectan la energía requerida para la labranza incluye: el contenido de humedad, tratamientos anteriores y siembra de protección del suelo.

En una serie de pruebas, el tiro de arado fue reducido desde un 15 a un 35% cuando el contenido de humedad del suelo fue aumentado del 9.1 al 11.7% (Hughes 1981).

Realizo estudios relacionados con el uso de energía señalan la ubicación de puntos óptimos de referencia del estado de humedad en el suelo en las cuales las labores de aradura y rastreo demandaron una menor inversión de energía (Cadena 2000)

La relevancia de estos puntos estriba en que conociendo la curva de retención de humedad de suelos arcillosos y francos, se pueden ubicar los rangos del contenido de humedad a la cual se obtendrá una mejor calidad de labor con mínimo de aplicación de energía, asumiendo una correcta calibración y ajuste de la configuración tractor – implemento.

Señala que las labores de preparación de suelos son la que más demanda energía. Los estudios encaminados a encontrar propuestas al uso eficiente de la aplicación de la misma en los sistemas agrícolas consideran principalmente el uso de energía en labores para establecer cultivos (Hernanz, 1995).

En estudios recientes se menciona que el consumo de combustible correspondiente a la agricultura alcanza el 30-45 % del total.

Señalan que se pueden lograr ahorros sustanciales en el consumo de combustible en operaciones de campo que pueden ser ganadas tan solo por un buen manejo y organización (Bell y Willcocks 1982)

Por eso es importante destacar que la selección del implemento de labranza, ya que tiene un efecto directo sobre la energía requerida por hectárea, y que está a su vez depende y varía con las condiciones locales del suelo y clima. Los arados de vertedera disturbán más suelo que la mayoría de las herramientas de labranza, así que estos por lo general requieren más combustible por hectárea.

Los arados de cinceles, por ejemplo, requieren solamente un 30 por ciento al 40 por ciento del combustible por hectárea que los arados de vertedera, dependiendo de la profundidad y la velocidad. (FAO 2003).

Por otro lado también señala que con el aumento de la velocidad de labranza hay un aumento exponencial de la fuerza de tiro y por lo tanto la fuerza necesaria. Esto se refleja en el consumo de combustible del tractor y así en los costos operativos; Por esta razón el aumento de la velocidad no es la manera adecuada para aumentar el rendimiento de una operación de labranza: con el doble de la velocidad (8 km/h en vez de 4 km/h) se duplica el rendimiento pero se necesitan cuatro veces más energía y combustible (FAO 2003)

Otro aspecto referente al consumo de energía es la configuración de los tractores e implemento ya que es un factor importante para el ahorro de esta en la preparación del suelo; que estos sean ahorrrativos o de bajo consumo no es una consecuencia exclusiva del diseño, el resultado también dependerá de la forma en que sea utilizado.

En general un mismo tractor es empleado para cumplir con labores tan diversas como una labranza, una labor secundaria o de transporte. Cada una presenta demandas diferentes de par motor y/o velocidad de avance que, a su vez implica consumos de combustible distintos; es posible optimizar el consumo con un adecuado empleo de la caja de velocidades y selección del régimen de funcionamiento del motor. (Márquez Delgado 1990).

La armonía entre estas partes define en gran medida la eficiencia con la cual se trabaja en campo. Equipos de gran tamaño sobrecargan al tractor y en muchos casos no se pueden realizar las labores a velocidad deseada. En contraste los equipos pequeños, exigen muy poco al tractor, pero al ser este de mayor potencia tienen un consumo acorde sin poder utilizar esa energía en trabajo útil. Para ahorrar energía se debe realizar una configuración del equipo de manera que la Potencia requerida por la herramienta está cerca de la potencia nominal del tractor.

La estrategia de un cambio adelante y el acelerador atrás para ahorrar combustible, es útil desde el punto de vista del motor y de la transmisión. Si el tractor se opera a un nivel de potencia debajo de su potencia nominal mientras

que el motor opera a su velocidad nominal, la eficiencia se reduce y el consumo de combustible será más alto de lo necesario. (Renius 1994)

## ***2.6 Prueba y Evaluación de Máquinas y Equipos Agrícolas***

El termino prueba es normalmente usado en la conexión con un análisis del comportamiento de una maquina comparado con estándares bien definidos, bajo condiciones ideales y repetibles. (Johnson 1985)

El propósito de obtener información con las pruebas es comparar un aparato o maquina con el requerimiento que se esperaba satisfacer. En contraste la evaluación es la medición del rendimiento de la maquina bajo condiciones reales. Por ejemplo: el comportamiento de un arado en suelos de diferentes texturas y contenidos de humedad y un rango de cubiertas vegetales (malezas, rastrojos, pasto). (Croosley y Kilgour 1983)

## ***2.7 Sistema de Evaluación de Implementos en México.***

En México, la modernización de la explotación agrícola y el mejoramiento de estatus social y económico de las zonas rurales a través del formato de la mecanización de las labores agrícolas de los productores de pequeña escala, se consideran como tareas prioritarias de políticas agropecuarias. Sin embargo existen factores que inhiben la mecanización agrícola, dentro de las cuales están los siguientes:

- a). Actualmente aunque existe un sistema de investigación para el desarrollo y el mejoramiento de las máquinas agrícolas, en algunas empresas del país toda vía se requieren la generalización de pruebas de durabilidad o de economía de las mismas y por lo tanto se requieren conocimientos científicos y técnicos adicionales sobre estos aspectos.



- b). Los productores agrícolas se interesan en la introducción de las máquinas agrícolas; sin embargo tienen que correr muchos riesgos al intentar adquirirlas. Para esto se requiere una mayor difusión de los resultados de las evaluaciones realizadas por los centros de evaluación de maquinaria y equipo agrícola que existen en el país entre ellos el **OCIMA** y **CENEMA**.

El Centro de Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (**CENEMA**) fue creado en marzo de 1999, bajo un acuerdo de cooperación técnica entre gobiernos de México y Japón, con el objetivo de coadyuvar al desarrollo y promoción del uso de maquinaria agrícola adecuada y segura para pequeños y medianos productores. Para lograr lo anterior se pretende fortalecer el sistema de pruebas y evaluación aunado al mejoramiento de la técnica para la conducción de pruebas de maquinaria agrícola. Para lograr esto se ha implementado una estrategia que involucra a usuarios, fabricantes, distribuidores, importadores de maquinaria agrícola, así como investigadores, académicos, diseñadores y en general todos los sectores de interés en el desarrollo tecnológico de la maquinaria agrícola

### **2.8 Norma de Evaluación de Arados (NMX-O-182-SCFI-2003)**

Esta norma mexicana establece las especificaciones mínimas de calidad y el método de prueba para evaluar el funcionamiento, durabilidad, facilidad y Seguridad de operación de los arados de discos nuevos, que se comercializan en la República Mexicana (CENEMA 2002). Los apartados principales de esta norma son los siguientes:

- 1) Alcance de la Prueba.
- 2) Definición de términos.
- 3) Especificaciones del implemento.
- 4) Pruebas de laboratorio.
- 5) Condiciones de la prueba.
- 6) Desempeño de la Prueba.

- 7) Ensayos de durabilidad.
- 8) Ensayos en campos de los agricultores.
- 9) Formato para el reporte de las pruebas.**

### III. MATERIALES Y METODOS

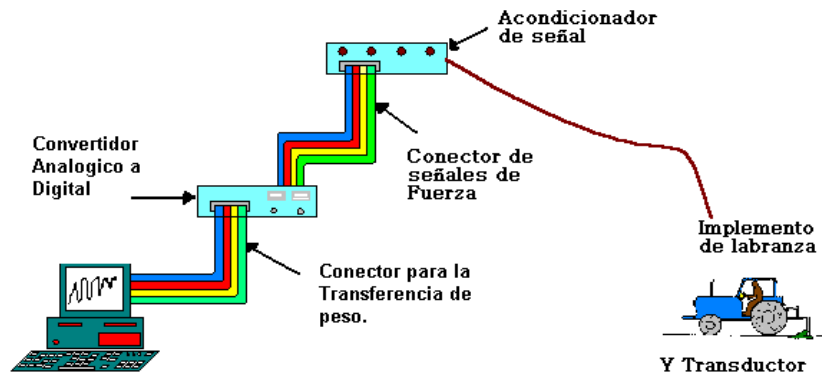
#### 3.1 Equipo Empleado en la Evaluación

Para la evaluación del equipo se utilizaron los siguientes materiales: un dinamómetro de tipo anillo con capacidad de 100Kn, un tractor marca John Deere modelo 4840 con capacidad de 180hP en el anexo número(1)se indican resultados de especificaciones de la prueba de Nebraska con número (Test 1263), un convertidor analógico digital LOG BOOK 360, un acondicionador de señales DBK 43A ambos utilizados para el procesamiento de la información obtenida en campo, equipo de medición de calidad de labor como son:(perfilometro y tamices), así también se utilizó un equipo para medición de consumo de combustible que consta de un tanque con capacidad de 50Lt.

**Cuadro 3.1.** Características material empleado para la evaluación.

No de Componente.	Componente	Descripción
1	Dinamómetro	Transductor de fuerza de tipo anillo acoplado a la barra de tiro del tractor, con capacidad de 100kN, Con un factor de seguridad de 6.
2	Tractor	Tractor John Deere modelo 4840 de tracción sencilla con doble rodada con una potencia AL MOTOR de 180Hp y una potencia y fuerza máxima a la barra de tiro de 151 hp y 73 kN respectivamente. Se anexa Reporte de la prueba de Nebraska: Test 1263: John Deere 4840 Diesel
3	Convertidor analógico digital	Convertidor analógico digital Daq Book 2000 marca lotech, con capacidad de 16 canales analógicos, 32 digitales con velocidad de muestreo de 1000Hz.
4	Acondicionador de señales	Amplificador y filtro, marca lotech, DBK 43A con capacidad de 8 canales, con una ganancia de 10K $\mu\epsilon$ Y voltaje de excitación de 10v.
5	Equipo de medición calidad de labor	1.- Un perfil metro de 24 varillas de 75 cm de largo espaciadas a 10 cm cada una 2.- 5 tamices de 50x50 cm. Con malla de 12.5, 25, 35,50, 75 y 100mm.
6	Equipo para medición de consumo de combustible	Tanque con capacidad de 50 Lt, independiente del sistema del tractor, para realizar llenados de con precisión de 100 ml.

En la Figura (3.1.) Se muestra el Sistema de adquisición de datos que se empleó para determinar el valor de la fuerza que se aplica en condiciones controladas y en campo (trabajando con el implemento).



**Figura 3.1. Diagrama del sistema de adquisición de datos.**

### **3.1.2 Convertidor Analógico-Digital.**

**(DaQ Book 2000).** Este módulo se conecta al puerto paralelo de la computadora y convierte los valores de voltaje en valores digitales para que con la PC puedan ser procesados. Este sistema está compuesto por dos partes:

- ❖ La primera parte es la encargada de procesar la información.
- ❖ La segunda parte es un banco de baterías que alimenta al equipo que adquiere y procesa los datos.

Este módulo es integrado por seis módulos de voltaje diferencial. Con una ganancia de 0.01 – 10 V y con una velocidad de muestreo de 25 – 625 E3 muestras por segundo. Con 16 canales analógicos y ocho canales digitales con rangos de ganancias en micro deformaciones de 100 a 10 K. Este sistema permite almacenar en forma instantánea los datos, en el disco duro del ordenador, y permite ver la respuesta de los canales en pantalla durante el proceso.



**Figura 3.2. Sistema de adquisición de datos.**

### **3.1.3. Amplificador-Acondicionador de señal DBK43a.**

Este elemento consta con un módulo de 8 canales, con ganancias de 10x a 1250x ( $\epsilon$ ) fabricado por *Iotech, Inc.* (<http://www.iotech.com>) usado para amplificar la señal del transductor y proporcionar una salida estandarizada de voltaje para así poder enviarla a un convertidor analógico-digital y que este además provee el voltaje de excitación al transductor (puente de Wheatstone) en un rango de 1-10 V y 100 mA.



**Figura 3.3. Amplificador de señal DBKA 43A**

### **3.1.4. Tripié y Contrapesos**

Para la calibración del sensor acoplado a la barra de tiro se colocó en la parte superior del tripie, en este proceso se le colocó una canastilla para agregarle pesos de forma proporcional, agregando primero los pesos de 45.35 y 25 Kg



**Figura 3.4. Tripie con plataforma para suspensión de pesos**

### **3.1.5.-Tractor acondicionado**

La evaluación del equipo se realizó con un tractor John Deere modelo 4840, tracción sencilla el cual tiene las siguientes características: Tractor John Deere modelo 4840 de tracción sencilla, doble rodada con una potencia al motor de 180 hp y una potencia y fuerza máxima a la barra de tiro de 151 hp y 73 kN respectivamente. Se anexa ficha técnica de las pruebas de Nebraska con número de reporte Test 1263. (<http://digitalcommons.unl.edu/tractormuseumlit/1582>)



**Figura 3.5: Tractor acondicionado para la adquisición de datos en campo**

### **3.1.6. Software utilizado**

Los software utilizados para el almacenamiento y procesamiento de los datos obtenidos del comportamiento del sensor fueron: **Daq View 9.1, Minitab 15 y MatLab R2011b.**

### **3.2 Metodología para Calibración del Sensor en Laboratorio y Medición de Fuerzas en Campo**

Para la calibración del sensor de ring se siguieron los siguientes pasos:

1.- Asignar el destino de la información, Dándole nombre al archivo se elige la carpeta a la cual se desea enviar la información.

2.- se configura la frecuencia de adquisición de datos para el trabajo de calibración del sensor en laboratorio. la configuración fue para, 15 muestreos por segundo, con un total de datos de 9100, donde los primeros 700 datos no se aplicaron pesos, una vez transcurridos los primeros 700 datos se le agrega el primer peso y así en cada rango hasta acumular 235kg, tanto encarga como en descarga

3.- analizar el archivo en Excel graficando los datos para monitorear el comportamiento del sensor al aplicar los pesos.

4.- Con los datos obtenidos en Excel, con sus repeticiones respectivas, se llevan a Minitab para determinar la constante de calibración del sensor en Newtons por mili volts.

### **3.3 Análisis de Información de Datos Obtenidos en Campo**

Para el análisis de datos de campo se empleó el programa elaborado por Mojica (2007) en el ambiente MATLAB R2011b, que permite procesar toda la información a través de un análisis espectral en donde se pueden conocer las fuerzas que se

presentan durante la operación del implemento. Para poder procesar la información en este ambiente de MATLAB R2011b se guardan todos los archivos generados en cada una de las pruebas con la extensión .DAT, El análisis de las pruebas se analizó por secciones de cada repetición.

### 3.4 Arreglos Evaluados

Para la evaluación del **ECO BISON** se efectuaron seis arreglos con el fin de determinar cuál presenta la menor demanda de fuerza de tiro, un mayor ahorro de combustible y una mejor calidad de labor. En el Cuadro (3.2) se muestran los arreglos que se efectuaron durante la evaluación.

**Cuadro .3.2.** Arreglos considerados para la evaluación Agro- Técnica

Arreglo	Cinceles	Rastra	Desterronador	Descripción
1	7	Castigada	Máximo	7 cinceles a una profundidad de 30 cm rastra y desterronador completamente castigado.
2	7	Mitad	Mitad	7 cinceles a una profundidad de 30 cm rastra y desterronador a la mitad.
3	5	Castigada	Máximo	5 cinceles 3 frontales y 2 traseros a una profundidad de 30cm, rastra y desterronador completamente castigados.
4	5	Castigada	Máximo	5 cinceles 3 frontales y 2 traseros con alas grandes, con ángulo de 3 y 19.5 grados, a una profundidad de 30cm, con rastra y desterronador completamente castigados.
5	5	Castigada	Máximo	5 cinceles con alas grandes 3 frontales a una profundidad de 20cm y 2 traseros a 30cm a una profundidad de 30cm, rastra y desterronador completamente castigados.
6	Sin Cinceles	Castigada	Máximo	Rastra y desterronador completamente castigados



### 3.5 Variables a Medir

En el Cuadro (3.10) se muestran las variables que se midieron durante el proceso de evaluación estas se clasificaron según la etapa de valuación en que se tomaran: antes, durante y después de la prueba

**Cuadro3.3** Variables a medir durante el proceso de evaluación

Variable	Antes	Durante	Después de la prueba	Unidad
Cobertura vegetal	X		X	%
Humedad del suelo	X			%
Resistencia a la penetración	X			kPa
Textura del suelo	X			%
Fuerza de tiro		X		kN
Velocidad		X		km/h
Eficiencia de labor			X	%
Tiempos 5.1: En vueltas 5.2: Efectivo		X		minutos
Perfil de disturbación		X		M <sup>2</sup>
Consumo de combustible		X		l/ha l/h
Área total			X	M <sup>2</sup>
Tamaño de agregados			X	mm

### 3.5.1 Cobertura

Para la medición de esta variable se utilizó un marco de 1x1m, con 100 divisiones uniformes, tomando esta variable antes y después de la labor. Como se muestra en la figura (3.6)



A) Antes de la labor



B) Después de la labor

Figura 3.6.-Determinación % de cobertura

### 3.5.2 Humedad del Suelo

Una vez que se realizaron las pruebas en campo se tomaron 2 muestras de suelo a una profundidad de 15 cm, divididas en toda el área de la parcela, donde se hicieron las pruebas, posteriormente las muestras de suelo se pesaron en una báscula digital, se tomó el peso del suelo húmedo, se metió el suelo a un horno de microondas durante 10 minutos para secarlo, por último se pesó el suelo y se determinó el % de humedad mediante la ecuación (3.1). Este procedimiento se realizó mediante el proceso que establece la norma **ASTM D 4643-00** (Norma Sobre el Método de Ensayo para la Determinación del Contenido de Humedad en Suelos por Calentamiento de Horno de Microondas).

$$\text{Ecuación 3.1... \% Humedad} = \left( \frac{p_h - p_s}{p_s} \right) \times 100$$

**Donde:**

**Ph:** Peso húmedo (gr)

**Ps:** Peso seco (gr)

### **3.5.3 Fuerza de Tiro**

La fuerza de tiro que demanda el implemento, se determinó empleando el dinamómetro de tipo de anillo, con capacidad de 100kN, acoplado a la barra de tiro del tractor, en esta fase se hicieron 6 repeticiones por arreglo. En la figura (3.7) se muestra el acoplamiento del sensor a la barra de tiro.



**Figura3.7 fuerza de tiro que demanda el implemento**

Las lecturas de fuerza de tiro y el tiempo requerido para cubrir la superficie de la parcela se tomaron a una frecuencia de 15 datos por segundo con un total de 9100 datos. Para la obtención de datos se empleó un sistema de -adquisición de datos, DBK 43A Y DAQ BOOK 2000

### **3.5.4 Eficiencia de Labor.**

La eficiencia de labor se calculó con los tiempos tomados durante la prueba. Para calcular la eficiencia se empleó la ecuación número (3.2)

$$\text{Ecuación 3.2} \quad \text{eficiencia} = \left( 1 - \frac{\text{tiempo total en vueltas}}{\text{tiempo total efectivo}} \right) \times 100$$

### 3.5.5 Resistencia Específica

La resistencia específica se calculó con los datos obtenidos de la fuerza de tiro y el área disturbada por cada arreglo empleando la ecuación número (3.3)

$$\text{Ecuación 3.2} \quad RE = \frac{\text{fuerza media}}{\text{area disturbada}}$$

### 3.5.6 Toma de Perfil de Labranza

La mención del perfil se llevó a cabo mediante un perfil de aluminio de 3m de largo con perforaciones de 10cm de espaciamiento con un total de 24 varillas, sobre este se colocaron unas varillas de 75 cm de largo, se tomaron 12 muestras por parcela. La determinación del perfil se muestra en la figura número (3.8)



**Figura 3.8 Toma de perfil de labranza**

### **3.5.7 Medición de Consumo de Combustible**

Para la medición de consumo de combustible se adaptó un tanque con capacidad de 50 l, este estaba independiente del sistema del tractor, éste dato se tomó durante las pruebas, se midió el consumo de combustible con los diferentes arreglos, en estas pruebas se realizaron llenados con precisión de 50ml.

En la Figura (3.9) se observa el equipo de medición de consumo de combustible durante las pruebas.



**Figura 3.9 Medición de Consumo de Combustible**

### 3.5.8.-Medición de Tamaño de Agregados

Para la determinación de la calidad y tamaño de agregados se utilizaron 5 tamices de 50 x50cm con malla de 12.5, 25, 35, 50,75 y 100mm. Se tomaron 12 muestras por parcela, para determinar los pesos de los diferentes tamaños de agregados se equipó un tractor Massey Ferguson de 60 hp con dinamómetro con capacidad de 500kg, sobre una canastilla enganchada a este, se colocaron los diferentes contenidos de agregados. El cálculo del tamaño promedio del terrón se obtuvo empleando la ecuación número (3.4)

**Ecuación 3.4** 
$$D = \frac{5(A + 3B + 5C + 7D + 9E + 11F + 13G + 15H + 17I + 19J + 21K)}{W}$$

**Donde:**

- D:** es el tamaño promedio terrón, mm;
- A-K:** es el peso de muestras, kg,
- W:** es el peso total, Kg.

En las siguientes figuras se muestra el proceso de medición de tamaño de agregados.

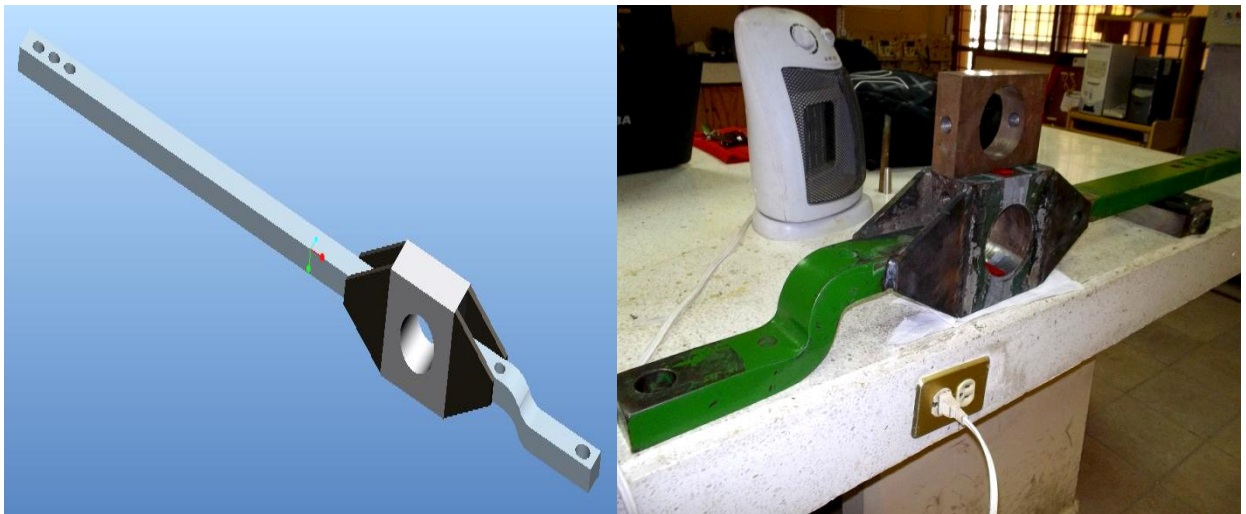


**Figura 3.10 Medición de tamaño de agregados**

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Diseño de Acoplamiento del Sensor a la Barra de Tiro

Se realizó el rediseño de un sensor de anillo simple que permitiera ser acoplado al tractor 4840 con una capacidad de 180 hp (141.3 K w) dato obtenido del reporte de la prueba de Nebraska (Test 1263). Para el rediseño se empleó el software Pro-Engineer 5.0. Como se muestra en la Figura (4.1)



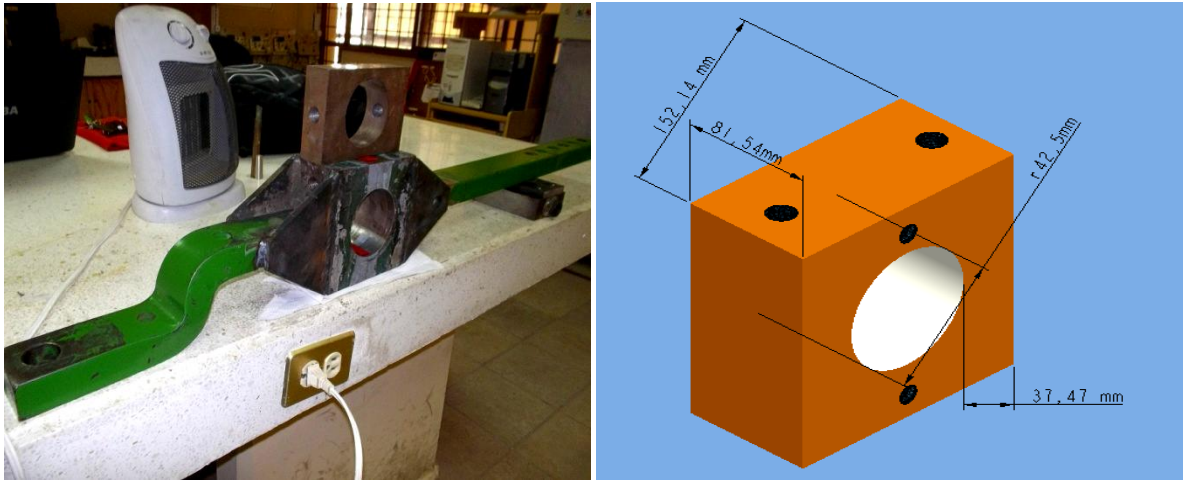
a) Diseño en PRO-E

b) Real

Figura 4.1: Diseño de acoplamiento del sensor a la barra de tiro.

Las dimensiones del sensor de anillo rediseñado se muestran en la figura 4.2. Y cuya capacidad de diseño fue para soportar una fuerza de tiro de 100 kN, con un factor de seguridad de 6, este anillo fue maquinado con un acero 1020 laminado en frío con una resistencia última a la tensión de 420 MPa.

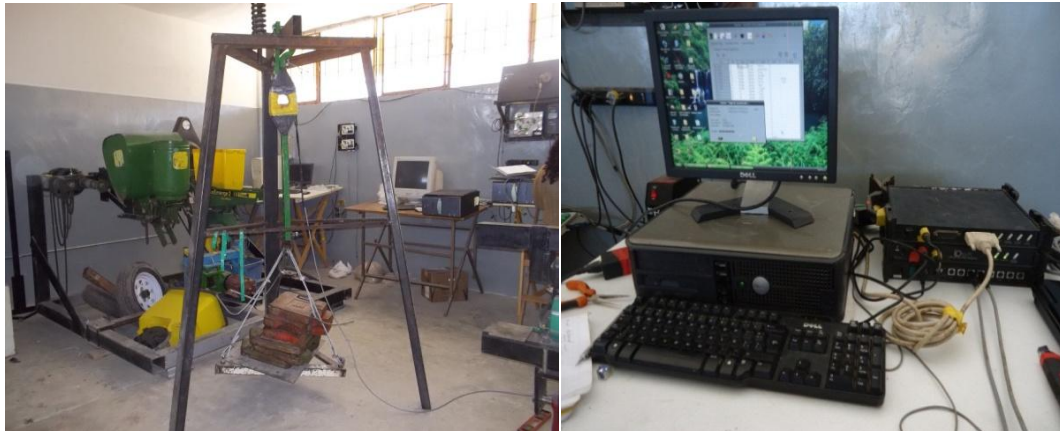
- ❖ Radio = 42.5 mm,
- ❖ Ancho de ring = 152.14 mm y
- ❖ Espesor = 37.47 mm,



**Figura 4.2. Sensor axial empleado para la toma de datos en laboratorio y en condiciones de campo.**

#### **4.2 Constante de calibración del sensor de anillo**

En la Figura (4.3) se muestra el proceso de calibración del sensor de anillo con capacidad de 100 kN empleando seis pesos de 2305 N y se muestran los registros de los pesos, empleando el sistema de adquisición de datos Daq-book 2000. Este sensor fue utilizado para determinar la magnitud de las fuerzas que se ejercen a la barra de tiro.

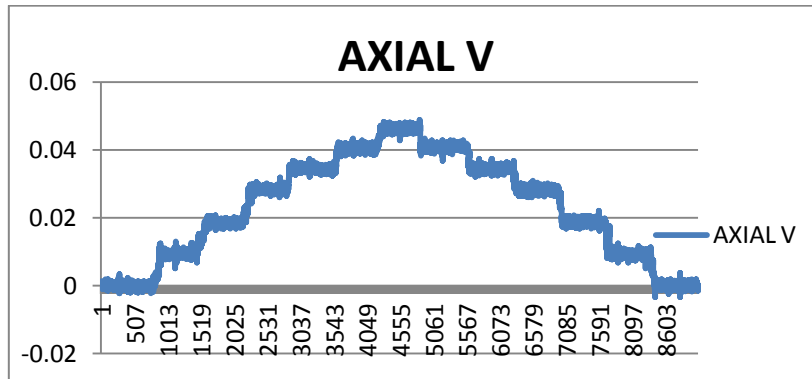


**Figura 4.3. Proceso de calibración y registro de información del sensor de anillo con capacidad de 100kN**

La Figura (4.4) muestra un ejemplo de Calibración de la fuerza horizontal FX utilizando seis diferentes pesos (45, 45, 45, 35,35 y 25 kilogramos) realizada bajo



condiciones de laboratorio, empleando Daq-book-2000, a una frecuencia de 15 Hz y 9100 datos de prueba.



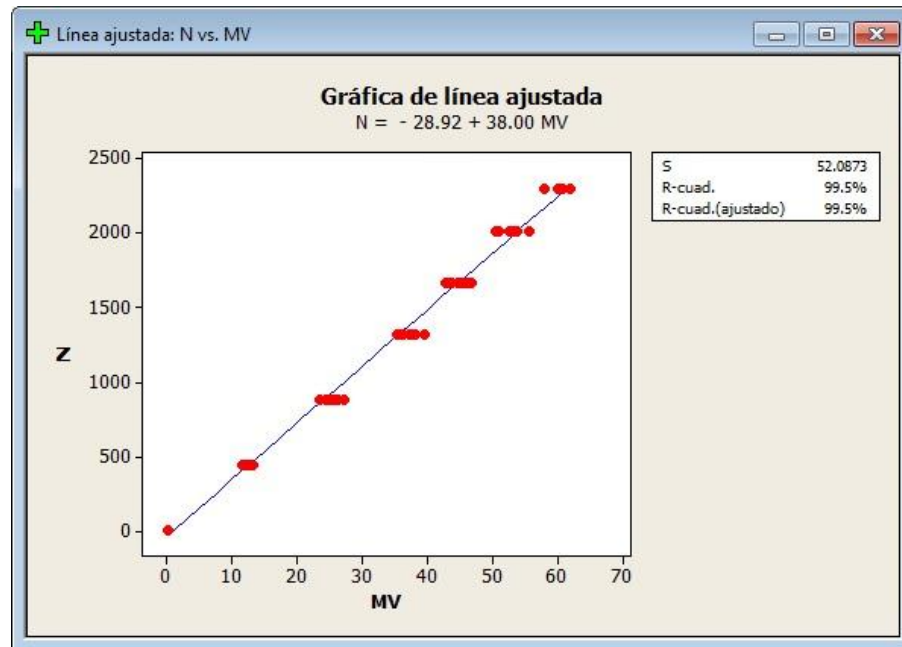
**Figura 4.4. Gráfica escalonada de calibración de la fuerza horizontal FX utilizando seis pesos diferentes**

En el Cuadro (4.1) se muestran los datos de la respuesta obtenida con el sensor axial, en mili volts, versus las cargas en Newtons

**Cuadro 4.1** Valores medios en mV obtenidos por repetición durante el proceso de calibración del sensor axial con seis diferentes pesos tanto en carga como en descarga.

Fuerza (N)	Pruebas realizadas para la calibración				
	1	2	2	4	5
0	0	0	0	0	0
441.14	9.1	7.3	9.5	9.2	8.5
882.9	19	17.9	19.6	18.7	19.5
1324.3	29.6	27.2	28.1	29.2	28.8
1667.7	34.9	33.4	35.9	35.4	33.4
2011	41.5	39.8	41.2	40.6	39.9
2305.3	46.5	46.2	45.9	47.3	45.4
2011	39.5	39.2	41.4	41.7	39.9
1667.7	34.6	33.1	34.8	34.5	34.4
1324.3	27.6	28.8	29.6	27.4	27.4
882.9	19.3	16.9	20.6	18.4	19.8
441.14	8.7	7.9	9.7	10.1	8.4

En la Figura (4.5) se muestra la línea ajustada de la calibración obtenida mediante un análisis de regresión lineal empleando el programa Minitab V15 con la finalidad obtener la constante de calibración. La constante obtenida fue de 38.0 mV N<sup>-1</sup> con un coeficiente de correlación del 99.5 % lo cual muestra una alta confiabilidad de la constante de calibración



**Figura 4.5 Línea ajustada, ecuación de respuesta y constante de calibración para la FX del sensor de anillo**

El cuadro 4.2 muestra el análisis de varianza de la línea ajustada para la obtención de la constante de calibración en la cual se puede apreciar una diferencia significativa entre los valores de las cargas(N) con respecto a los valores de respuesta (mv)

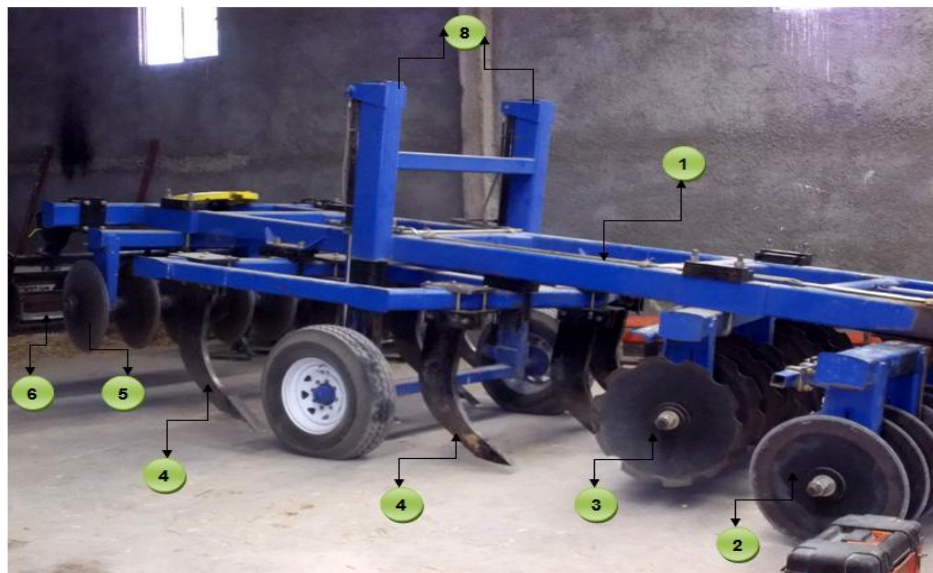
**Cuadro 4.2** Análisis de varianza de los datos de calibración del sensor de tiro y su ecuación de regresión.

ANALISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	35860241	35860241	13217.5	0
Error	63	170925	2713		
Total	64	36031166			
La ecuación de regresión es					
$N = - 28.92 + 38.00 \text{ mV}$					
S= 52.0873		<b>R-cuad. = 99.5%</b>		<b>R-cuad.(ajustado) = 99.5%</b>	

### 4.3 Características del Implemento Integral de Labranza Eco Bison

Para la evaluación del **ECO BISON** primero se identificaron sus componentes que lo integran, así como cada una de sus características.

En la Figura (4.6) Y en el cuadro (4.3) se muestran y se en listan los componentes del “**ECO BISON**”



**Figura 4.6** Componentes del Eco-Bison



***Figura 4.7. Componentes del sistema de levante del Eco-Bison***

**Cuadro 4.3. Descripción de los Componentes del “ECO-BISON”**

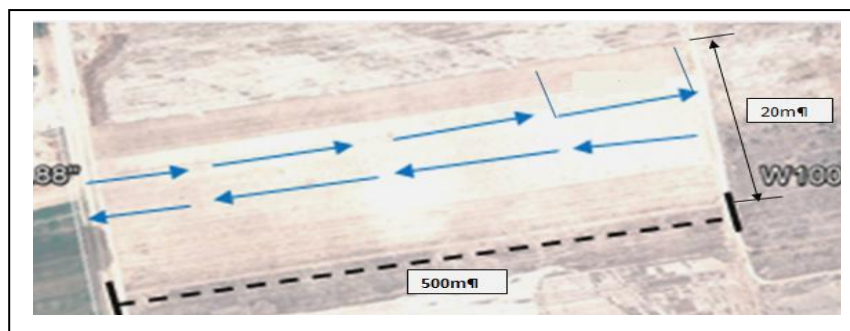
No de componente.	Componente	Descripción	cantidad
1	Chasis	Dimensiones de 5.00m de largo por 1.10x2.20-2.60x2.30 m de ancho.	1
2	Cortador de residuos	Diámetro de discos de 22 pulgadas, espaciamiento entre cuerpos 19cm, espesor de cada 3/16 “.	13
3	Rastra de discos con muescas	Diámetro de de 24 pulgadas, con un espesor de ¼ “ con un total de 10 muescas por disco, espaciamiento entre cuerpos de 29 cm.	8
4	7 cinceles	Dos líneas de 7 cinceles parabólicos con un largo de 31”, espesor de 4cm, la primera integrada por 3 cuerpos, la segunda integrada por 4 cuerpos ambas líneas con un espaciamiento de 70 cm.	7
5	Rastras de discos lisos	Diámetro de de 24”, con un espesor de ¼ pulgada , espaciamiento entre cuerpos de 29cm.	8
6	Desterronador	Integrado por 5 secciones de 45 cm de largo y diámetro de 48 cm con un total de 7 cuchillas por sección de 3/8” de espesor con espaciamiento de 20cm y con un desfase entre secciones de 6 cm en forma helicoidal.	1
7	Lanza de tirón	Largo de 1.83 m del pivote hasta el enganche de la barra de tiro.	1
8	Sistema hidráulico	Integrado por tres actuadores lineales. Dos de ellas para el control de profundidad con una carrera máxima de 82cm y una mínima de 21 cm, un tercero para la nivelación de la barra de tirón y para la nivelación del chasis durante el traslado con una carrera máxima de 30cm y una mínima de 20.cm. La profundidad de los cinceles está regulada por las ruedas traseras R16-16. El sistema de control de levante y nivelación está integrado por dos válvulas reguladoras de flujo, 4 válvulas check y dos válvulas divisoras de flujo.	3

#### **4.4 Evaluación en Campo**

La evaluación se llevó a cabo en la comunidad de San Rafael municipio de Galeana Nuevo León en dos predios, uno en el rancho Navidad, propiedad de la UAAAN, con una textura franco – arenosa, en una superficie de 5 hectáreas. El segundo predio en el rancho #4 en una superficie de 2 hectáreas con una textura

franco arcillosa. La humedad del suelo fue de 7.6% y 13% para el primero y segundo respectivamente, con una cobertura vegetal del 86 al 92%. Con una resistencia a la penetración de 1530 a 2650 kPa.

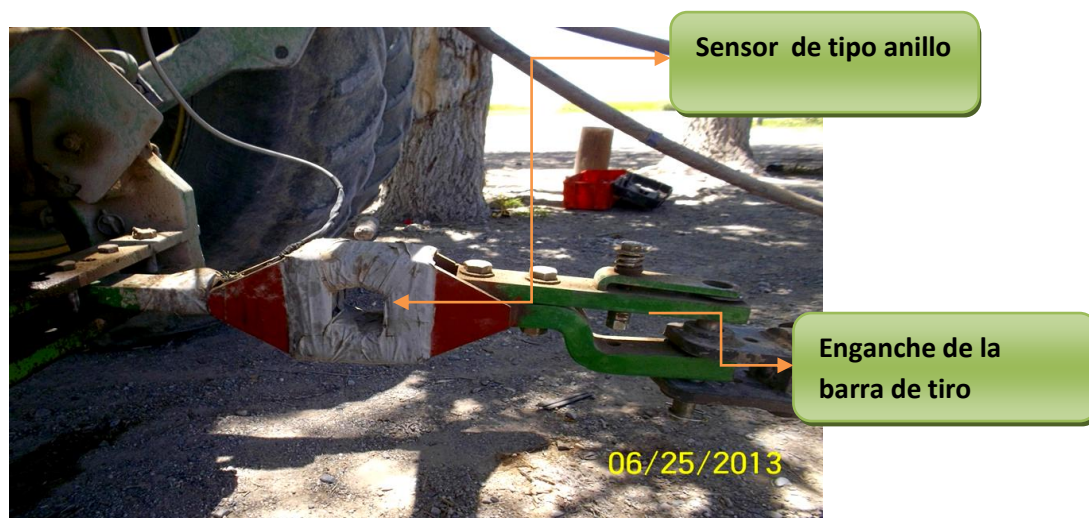
La evaluación del equipo se realizó en parcelas de 20m (ancho) x 500m (largo) cuyas características se muestran en la Figura (4.8)



**Figura 4.8. Dimensiones y ubicación de la parcela de prueba.**

#### **4.5 Resultados de la determinación de la fuerza de tiro**

En la Figura (4.9) se muestra el acoplamiento del sensor de anillo al tractor 4840, empleado en la determinación de fuerza de tiro requerida por los diferentes arreglos de evaluación del implemento

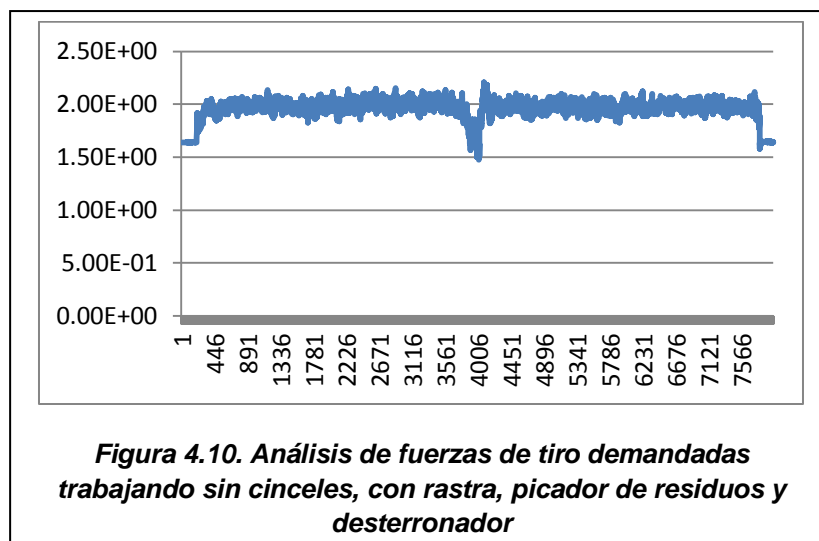


**Figura 4.9. Sensor acoplado a la barra de tiro.**

En el Cuadro (4.4) y la Figura (4.10) se muestra un ejemplo del análisis de las fuerzas de tiro demandadas cuando se empleó el arreglo sin cinceles, con rastra, picador de residuos y desterronador.

**Cuadro 4.4** .Magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco arenoso trabajando con sin cinceles, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86% a una velocidad de trabajo de  $6 \text{ kmh}^{-1}$

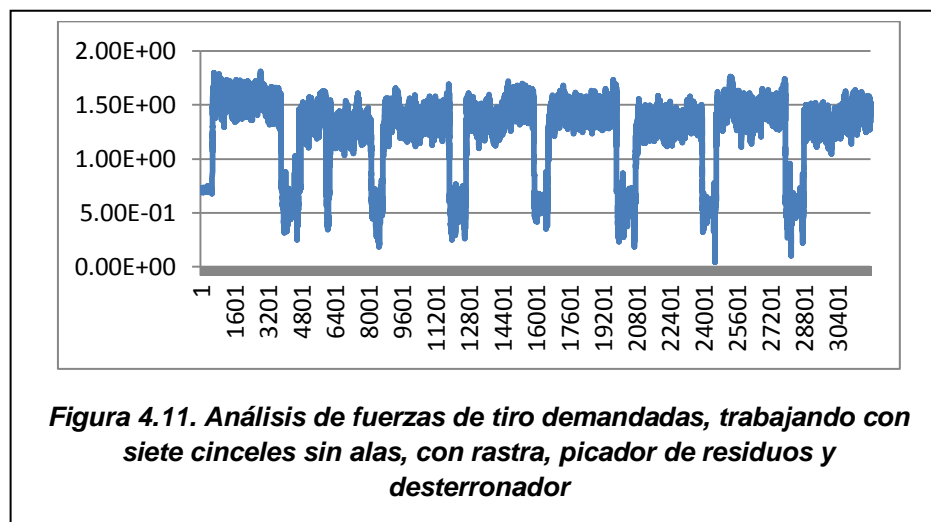
Pruebas	1	2	3
Valores medios (mV)	230.20	328.30	367.90
Valores máximos(mV)	548.80	635.40	568.10
Fuerza de tiro media (kN)	8.7	12.5	14.0
Fuerza máxima de tiro (kN)	20.8	24.1	21.5



En el Cuadro (4.5) y la Figura (4.11) se muestra un ejemplo del análisis de las fuerzas de tiro demandadas cuando se empleó el arreglo con siete cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador

**Cuadro 4.5.** Magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco arenoso trabajando con siete cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 92%. Con rastreo de maíz a una velocidad de trabajo de 6 km/h

Pruebas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Valores medios (mV)</b>	937.9	875. 4	889.5	1032. 1	765.6	825.1	888.9	883.6	764.5	695.4
<b>Valores máximos (mV)</b>	1353. 35	999. 31	1129. 31	1024. 31	1138. 31	1159. 71	1292. 61	1089. 61	1313. 31	1088. 01
<b>Fuerza de tiro media (kN)</b>	35.64	33.2 7	33.80	39.22	29.09	31.35	33.78	33.58	29.05	26.43
<b>Fuerza máxima de tiro(kN)</b>	51.43	37.9 7	42.91	38.92	43.26	44.07	49.12	41.41	49.91	41.34

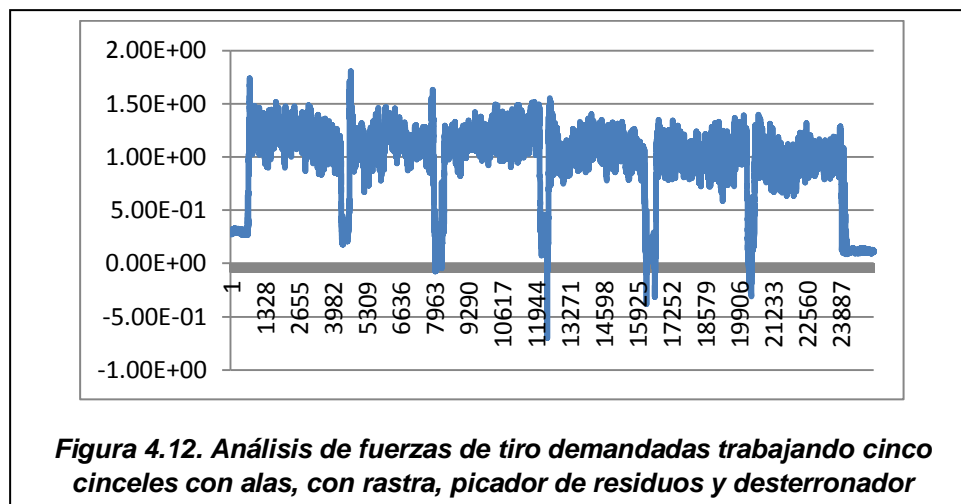


En el Cuadro (4.6) y la Figura (4.12) se muestra un ejemplo del análisis de las fuerzas de tiro demandadas cuando se empleó el arreglo de cinco cinceles con alas, con rastra, picador de residuos y desterronador



**Cuadro 4.6** Magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco arenoso trabajando con cinco cinceles con alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86%. con un ángulo de ala con respecto a la horizontal de  $19.5^{\circ}$  a una velocidad de trabajo de  $6 \text{ kmh}^{-1}$

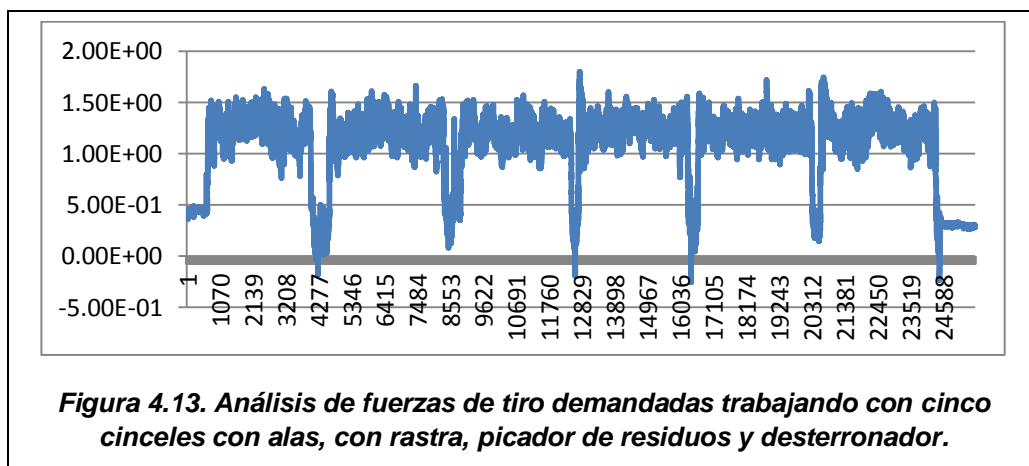
Pruebas	1	2	3	4	5	6
Valores medios (mV)	844.90	866.50	857.70	863.50	923.70	812.90
Valores máximos (mV)	1164.00	1200.72	1051.83	1295.93	1346.75	1166.67
FUERZA (kN)	32.11	32.93	32.59	32.81	35.10	30.89
Fuerza máxima (kN)	44.23	45.63	39.97	49.25	51.18	44.33



En el Cuadro (4.7) y la Figura (4.13) se muestra un ejemplo del análisis de las fuerzas de tiro demandadas cuando se empleó el arreglo de cinco cinceles con alas, con rastra, picador de residuos y desterronador

**Cuadro 4.7.** Magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco arenoso trabajando con cinco cinceles con alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86%. con un ángulo ala con respecto a la horizontal de 3° a una velocidad de trabajo de 6 kmh<sup>-1</sup>

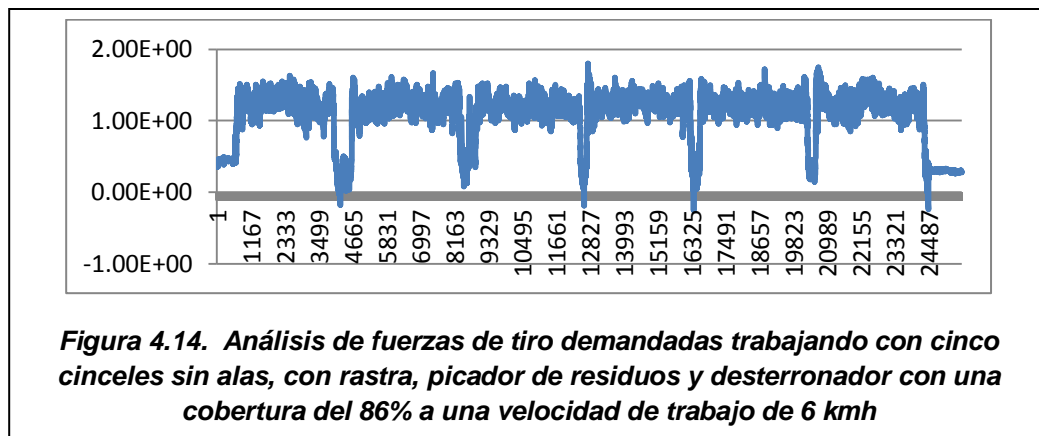
Pruebas	1	2	3	4	5	6
Valores medios (mV)	850.80	891.70	772.20	761.60	791.80	820.30
Valores máximos (mV)	1052.53	1199.18	1038.58	1212.66	1345.42	1159.58
Fuerza de tiro media (kN)	32.33	33.88	29.34	28.94	30.09	31.17
Fuerza máxima de tiro (kN)	40.00	45.57	39.47	46.08	51.13	44.06



En el Cuadro (4.8.) y la Figura (4.14) se muestra un ejemplo del análisis de las fuerzas de tiro demandadas cuando se empleó el arreglo de cinco cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador

**Cuadro 4.8.** Magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco arenoso trabajando con cinco cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86% a una velocidad de trabajo de  $6 \text{ kmh}^{-1}$

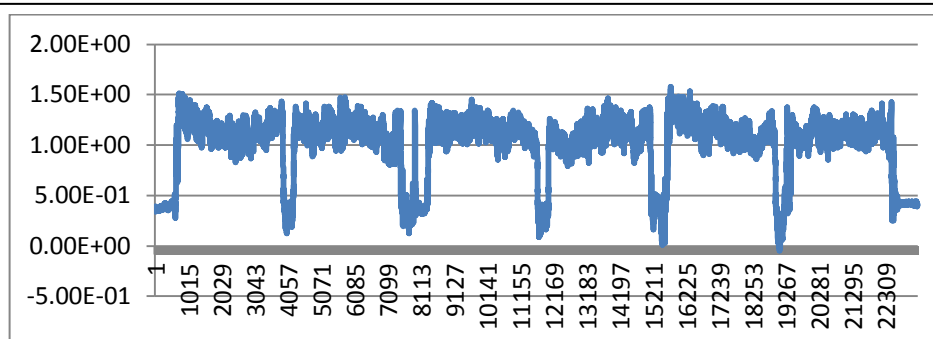
Pruebas	1	2	3	4	5	6
Valores medios (mV)	852.20	813.50	802.10	786.80	769.40	763.60
Valores máximos (mV)	1367.70	1674.39	1775.65	1638.31	1650.69	1333.02
Fuerza de tiro media (kN)	32.38	30.91	30.48	29.90	29.24	29.02
fuerza máxima de tiro (kN)	51.97	63.63	67.47	62.26	62.73	50.65



En el Cuadro (4.9) y la Figura (4.15) se muestra un ejemplo del análisis de las fuerzas de tiro demandadas cuando se empleó el arreglo de siete cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador

**Cuadro 4.9.** Magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco-arenoso trabajando con siete cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86% a una velocidad de trabajo de  $6 \text{ kmh}^{-1}$

Pruebas	1	2	3	4	5	6
Valores medios Mv	948.20	882.80	858.00	892.90	859.40	945.50
Valores máximos mV	1217.84	1388.99	1406.56	1427.50	1324.83	1537.37
FUERZA (kN)	36.03	33.55	32.60	33.93	32.66	35.93
FUERZA MAXIMA (kN)	46.28	52.78	53.45	54.25	50.34	58.42

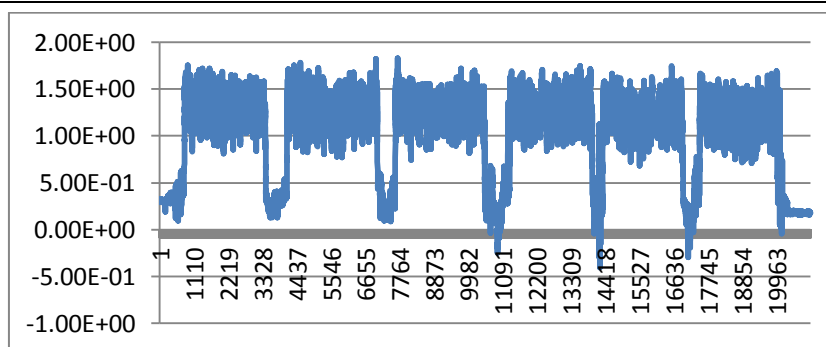


**Figura 4.15** Análisis de Fuerzas de Tiro Demandadas Trabajando con Siete Cinceles sin Alas, con Rastra, Picador de Residuos y Desterronador

En el Cuadro (4.10) y la Figura (4.16) se muestra un ejemplo del análisis de las fuerzas de tiro demandadas cuando se empleó el arreglo de siete cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador

**Cuadro 4.10.** Magnitud de la fuerza de tiro con en suelo franco-arcilloso trabajando con arreglo de siete cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86%. a una velocidad segunda baja trabajo de  $3.56 \text{ kmh}^{-1}$

Pruebas	1	2	3	4	5	6
Valores medios (mV)	1055.10	1023.40	1003.60	1023.80	986.20	956.40
Valores máximos (mv)	1452.50	1660.44	1640.78	1608.95	1591.54	1591.54
Fuerza de tiro media (kN)	40.09	38.89	38.14	38.90	37.48	36.34
Fuerza máxima de tiro (kN)	55.20	63.10	62.35	61.14	60.48	60.48

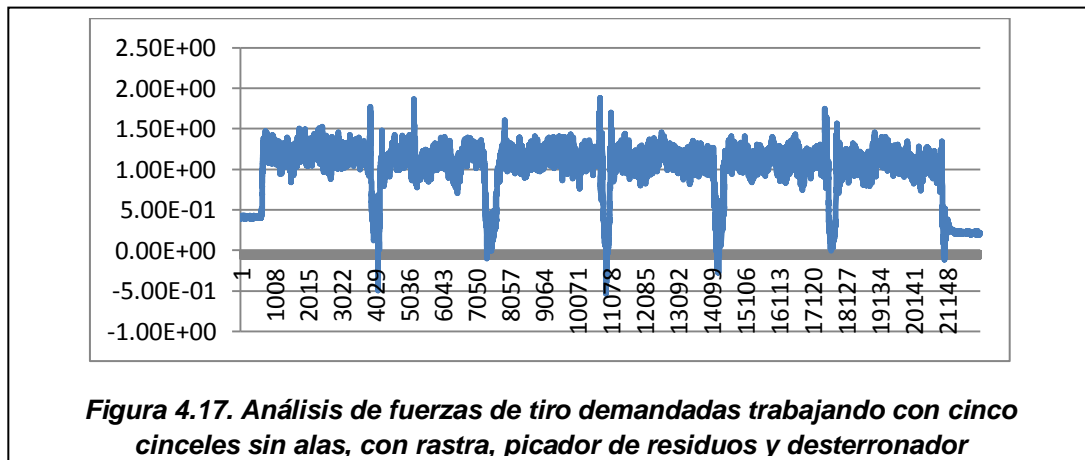


**Figura 4.16.** Análisis de fuerzas de tiro demandadas trabajando con arreglo de siete cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador

En el Cuadro (4.11) y la Figura (4.17) se muestra un ejemplo del análisis de las fuerzas de tiro demandadas cuando se empleo el arreglo de cinco cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador

**Cuadro 4.11** Magnitud de la fuerza de tiro en suelo franco-arcilloso trabajando con cinco cinceles sin alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86% a una velocidad de trabajo de  $6 \text{ kmh}^{-1}$

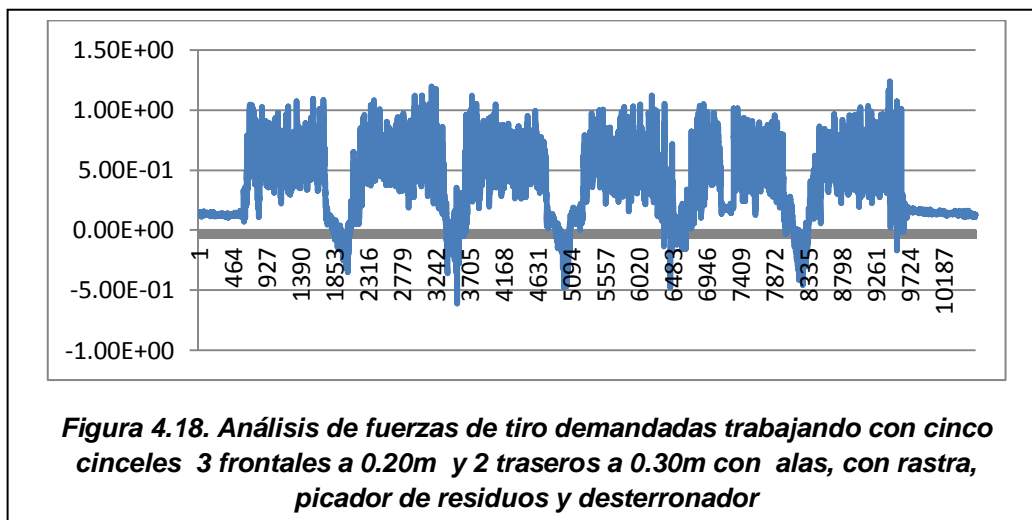
Pruebas	1	2	3	4	5	6
Valores medios (mV)	776.9	779.2	795.0	771.9	815.1	758.9
Valores máximos (mV)	1177.26	1377.02	1398.64	1213.37	1451.71	1252.35
Fuerza de tiro media (kN)	29.5222	29.6096	30.21	29.3322	30.9738	28.8382
Fuerza máxima de tiro (kN)	44.73588	52.32676	53.14832	46.10806	55.16498	47.5893



En el Cuadro (4.12) y la Figura (4.18) se muestra un ejemplo del análisis de las fuerzas de tiro demandadas cuando se empleó el arreglo de cinco cinceles 3frontales a 20cm y 2 traseros a 30cm con alas, con rastra, picador de residuos y desterronador

**Cuadro 4.12.** Magnitud de la fuerza de tiro, en suelo franco-arcilloso trabajando con cinco cinceles 3 frontales a 0.20m y 2 traseros a 0.30m con alas, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86% a una velocidad de trabajo de 6 kmh<sup>-1</sup>

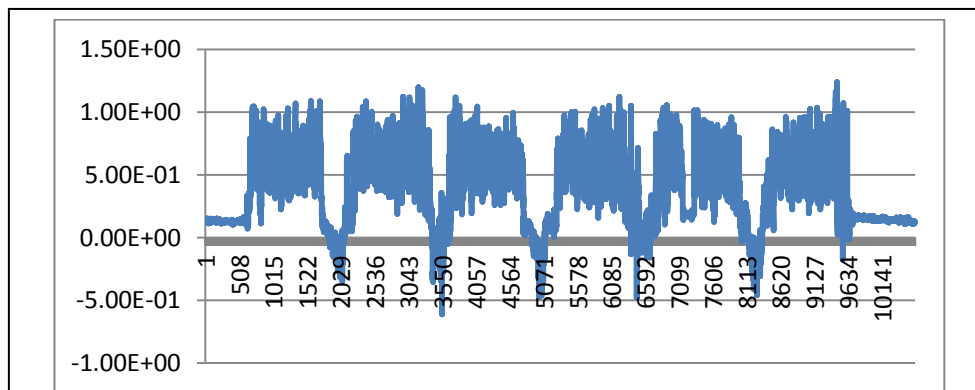
Pruebas	1	2	3	4	5	6
Valores medios (mV)	558.8	570	530.7	525	532.3	519.9
Valores máximos (mV)	968.66	1240.25	1143.34	1189.25	924.22	1253.79
Fuerza de tiro media (kN)	21.2344	21.66	20.1666	19.95	20.2274	19.75
Fuerza máxima de tiro (kN)	36.80	47.12	43.44	45.19	35.12	47.64



En el Cuadro (4.13) y la Figura (4.19) se muestra un ejemplo del análisis de las fuerzas de tiro demandadas cuando se empleó el arreglo de cinco cinceles con alas todos a 0.30m de profundidad, con rastra, picador de residuos y desterronador

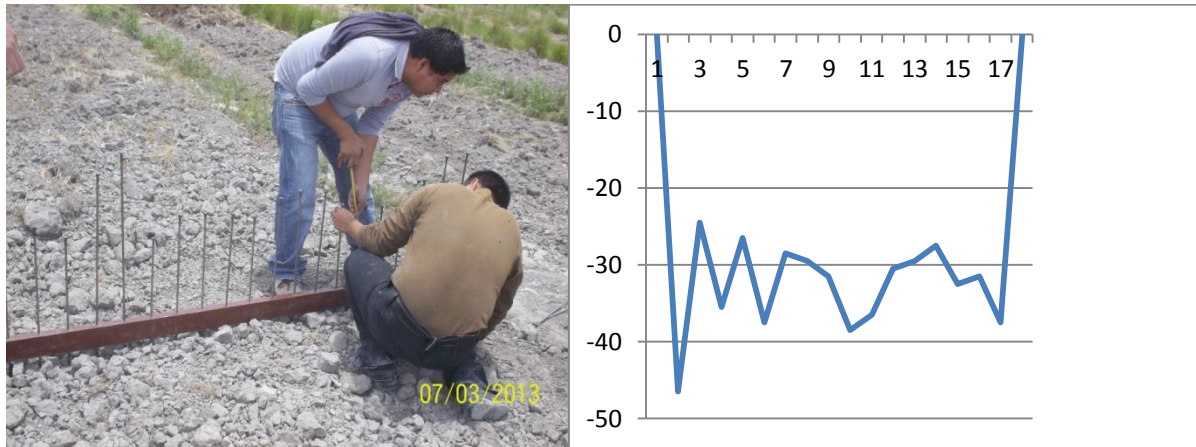
**Cuadro 4.13.** Magnitud de la fuerza de tiro con en suelo franco-arcilloso trabajando con cinco cinceles con alas todos a 0.30m de profundidad, con rastra, picador de residuos y desterronador con una cobertura del 86%. a una trabajo de 6 kmh<sup>-1</sup>

Pruebas	1	2	3	4	5	6
Valores medios (mV)	810.1	835.8	798.3	824.3	980.1	771.6
Valores máximos (mV)	1246.2	1424.1	1167.6	1652.3	1559.0	1532.5
Fuerza de tiro media (kN)	30.8	31.8	30.3	31.3	37.2	29.3
Fuerza máxima de tiro (kN)	47.4	54.1	44.4	62.8	59.2	58.2



**Figura 4.19.** Análisis de Fuerzas de Tiro Demandadas Trabajando con Cinco Cinceles con Alas Todos a 0.30m de Profundidad, con Rastra, Picador de Residuos y Desterronador

En la Figura (4.20) se muestra un ejemplo del perfil de la sección transversal generada durante la evaluación del sensor integral empleando el perfil metro de 24 varillas espaciadas 10 cm entre ellas de forma uniforme



**Figura 4.20.** Se muestra la aplicación del perfilometro para la determinación del área disturbada.

En el Cuadro (4.14) se muestra un resumen de las fuerzas, sección transversal, consumo de combustible, tamaño de agregados y eficiencia obtenida en la evaluación del implemento integral con los 7 arreglos considerados.

La reducción de sección transversal entre el arreglo de siete cinceles trabajando a 0.30 m de profundidad en comparación con los arreglos de cinco cinceles Fue de .08 m<sup>2</sup> tanto para el terreno franco arcilloso como para el suelo franco arenoso lo cual equivale una reducción en superficie disturbada de 16.4% .La resistencia específica del suelo a ser roturado en el suelo franco arcilloso fue de 33.5 kN.m<sup>-2</sup> y de 57.16 kN.m<sup>-2</sup> cuando se emplean cinco cinceles, dos traseros a 0.30m con alas a 0.60m, y tres frontales a 0.20m en comparación con 7 cinceles a 0.30m de profundidad respectivamente lo cual muestra una reducción de la resistencia específica del 33.1% La fuerza media de tiro empleando cinco cinceles, dos traseros con alas de 0.60m de ancho y tres frontales a 0.20m requirió de 20.45Kn en comparación con los 38.30Kn del arreglo de 7 cinceles a 0.30m lo cual represento una reducción del 46.6% . El consumo de combustible empleando el arreglo de cinco cinceles, dos cinceles a 0.30m de profundidad con alas de 0.60m de ancho y tres frontales a 0.20m, es menor en un 26.7% en comparación del arreglo de 7 cinceles. La potencia media requerida por el **ECO-BISON** a la barra de tiro del tractor empleando siete cinceles fue de 56.85 kw con picos de demanda



del orden de 87 kw en comparación de 34 kw empleando el arreglo de cinco cinceles, dos alados a 0.30 m de profundidad tres frontales a 0.20m. La calidad de agregados es superior en un 33.75% cuando se emplean siete cinceles en comparación de cinco cinceles sin alas. El uso de alas con cinceles frontales a 0.20m ó 0.30 m de profundidad producen igual calidad de agregados que empleando siete cinceles sin alas. Por la calidad de agregados producida por el **ECO-BISON** combinando, siete cinceles o cinco cinceles, tres frontales y dos traseros con alas, producen una calidad de agregados menor a 8.5 mm lo cual indica que el acondicionamiento de la cama de siembra es suficiente para la siembra inmediata.

**Cuadro 4.14.** Resumen de las fuerzas, sección transversal, consumo de combustible, tamaño de agregados y eficiencia obtenida en la evaluación del implemento integral con los 7 arreglos considerados

Número de Arreglo	Fuerza Media (kN)	Fuerza Máxima (kN)	Velocidad de Trabajo (kmh <sup>-1</sup> )	Potencia Media a Barra de tiro (kW)	Potencia Máxima a la barra de tiro (kW)	Consumo de Combustible (lt/ha)	Sección Disturbada (m <sup>2</sup> )	Tamaño Medio De Agregados (mm)	Resistencia Especifica (kNm <sup>-2</sup> )	Eficiencia (%)
1	11.73	22.13	6	19.55	36.88					
2	29.52	44.03	6	49.2	73.38					78%
3	32.73	45.76	6	54.55	76.26	35.45	0.66		49.59	
4	30.95	44.38	6	51.58	73.96	34.31	0.65		47.61	
5	30.32	59.78	6	50.53	99.63	28.0	0.64		47.34	
6	34.11	52.58	6	56.85	87.63	32.57	0.73		46.72	
7	38.30	60.45	3.56	37.87	59.77	43.0	0.67	8.50	57.16	
8	29.74	49.83	6	49.56	83.05	38.36	0.58	12.68	51.27	
9	20.45	42.55	6	34	70.91	31.56	0.61	8.31	33.52	
10	31.78	54.35	6	52.96	90.5	36.77	0.59	8.42	53.86	

## Descripción de los arreglos evaluados

- 1) Sin cinceles, con rastra, picador de residuos y desterronador castigados, suelo franco-arenoso, cobertura de 86%, después de la labor 8%.
- 2) 7 cinceles 30x30 rastra y desterronador castigados suelo franco-arenoso, cobertura del 92% con rastrojo de maíz, después de la labor 10%.
- 3) 5 cinceles 30x30.con alas rastra y desterronador castigados ángulo de ala con respecto a la horizontal de 19.5<sup>a</sup> suelo franco-arenoso, cobertura del 86%.
- 4) 5 cinceles 20x30.con alas rastra y desterronador castigados ángulo de ala con respecto a la horizontal de 3<sup>a</sup> suelo franco-arenoso, cobertura del 86%.
- 5) 5 cinceles 30x30.sin alas rastra y desterronador castigados suelo franco-arenoso, cobertura del 86.
- 6) 7 cinceles 30x30 sin alas rastra y desterronador castigados suelo franco-arenoso, cobertura del 86% segunda baja.
- 7) 7cinceles,30x30 sin alas rastra y desterronador suelo franco-arcilloso, cobertura del 86% segunda baja.
- 8) 5 cinceles, sin alas (30x30) rastra y desterronador castigados suelo franco-arcilloso, cobertura del 86%, después de la labor 10%.
- 9) 5 cinceles, con alas (20x30) rastra y desterronador castigados suelo franco-arcilloso, cobertura del 86% cinco cinceles 3 frontales a 20cm y 2 traseros a 30cm con alas grandes.
- 10)5 cinceles, con alas a (30 x30) rastra y desterronador castigados suelo franco-arcilloso, cobertura del 86%.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- La reducción de sección transversal o área disturbada entre el arreglo de siete cinceles en comparación con el de cinco cinceles. con alas fue del 16.4%
- La resistencia específica del suelo a ser roturado es menor en un 33.1% cuando se emplean cinco cinceles, dos traseros a 0.30m con alas a 0.60m, y tres frontales a 0.20m. en comparación con el de 7 cinceles todos a una profundidad de 0.30m
- La fuerza media de tiro empleando cinco cinceles, dos traseros con alas de 0.60m de ancho y tres frontales a 0.20m, requiere de un 46.6% menos de fuerza de tiro que empleando siete cinceles a treinta centímetros de profundidad
- El consumo de combustible empleando el arreglo de cinco cinceles, dos cinceles a 0.30m de profundidad con alas de 0.60m de ancho y tres frontales a 0.20m, es menor en un 26.7% en comparación del arreglo de 7 cinceles.
- La potencia media requerida por el **ECO-BISON** a la barra de tiro del tractor empleando siete cinceles fue de 56.85 kw con picos de demanda del orden de 87 kw en comparación de 34 kw empleando el arreglo de cinco cinceles, dos alados a 0.30 m de profundidad tres frontales a 0.20m.
- La calidad de agregados es superior en un 33.75% cuando se emplean siete cinceles en comparación de cinco cinceles sin alas. el uso de alas con cinceles frontales a 0.20m ó 0.30 m de profundidad producen igual calidad de agregados que empleando siete cinceles sin alas.
- Por la calidad de agregados producida por el **ECO-BISON** combinando, siete cinceles o cinco cinceles, tres frontales y dos traseros con alas, producen una calidad de agregados menor a 0.0085 mm lo cual indica que

el acondicionamiento de la cama de siembra es suficiente para la siembra inmediata.

- Los requerimientos de las fuerzas medias por cincel individual trabajando a 0.20m de profundidad fue del orden de 5.03 kN con picos máximos de 11.5 kN en comparación de las 11.2 kN de fuerza media cuando los cinceles trabajaron a una profundidad de 0.30 m con picos máximos de 17.65 kN. lo cual representa una reducción de la demanda de fuerza del orden del 55.1%.
- El incremento de la demanda de fuerza de tiro por incorporar alas a cada timón va de 11.27 kn a 18.4 kn lo cual representa un incremento de fuerza del orden del 38.75%.

## **5.2 Recomendaciones**

- En relación al sistema hidráulico de nivelación y levante, se tuvieron dificultades para nivelar en el transporte el equipo, el sistema no respondió para su traslado. se sugiere que los actuadores de las ruedas de traslado y el gato de nivelación de la barra de tiro tengan tomas remotas independientes. empleando solo una válvula divisora de flujo. de esta forma se facilitó el enganche a la barra de tiro del tractor y su traslado al campo de labor. requiriéndose de solo cinco minutos para realizar tanto el enganche como la nivelación del marco principal .Con esto se logró que la velocidad de levante como en posición de trabajo fuera uniforme.
- En virtud de la calidad de agregados es suficiente para la siembra inmediata se sugiere incorporar como una opción un módulo de siembra-fertilización.
- Con los valores obtenidos mediante el monitoreo de las fuerzas que interactúan entre el implemento y el suelo para diferentes arreglos y profundidades se puede realizar un análisis de esfuerzos de la estructura mediante el método de elemento finito.
- Se sugiere considerar el arreglo de cinco cinceles, tres frontales a 0.20m de profundidad y dos traseros a treinta. Rediseñando el marco para que los traseros estén a un metro entre centro y empleando alas de 0.80 m ancho total. Este arreglo además permite el flujo del residuo cortado e incorporado entre la última sección de cinceles y la rastra última.

## LITERATURA CITADA

Aluko, O.B., and D.A. Seig. 2000. An experimental investigation of the characteristics of and conditions for brittle fracture in two-dimensional soil cutting. *Soil Tillage Res.* 57:143-157.

Barber, R.G., Navarro, F. y Orellana, M. 1993. *Labranza Vertical*. Centro de Investigación Agrícola Tropical, Misión Británica en Agricultura Tropical y Proyecto de Desarrollo Tierras Bajas del Este del Banco Mundial, Santa Cruz, Bolivia.

Buckingham F. 1984. *Fundamentos de funcionamiento de maquinaria (FMO), serie cultivo*. Deere & Company Service Training. Moline, Illinois. E. U. A.

Cadena Z. M. Gaytán M. T. y Zermeño G. A., 2004. Desempeño de implementos de labranza en términos de consumo de energía y calidad de trabajo. *Revista agraria - nueva época- año I – Vol.1* pp. 58-65.

Camacho, H. J y Magalhães P. S. G. 2002. A study of operational parameters of double discs and parabolic chisels for applications on areas with surface crop residues. Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Estatal de Campinas. Sao Paulo, Brasil.

Campos-Magaña, S. G. 1993. *Development of minimum maize planter for Mexican agriculture*, unpublished PhD. Thesis, Newcastle University. England.

Campos-Magaña, S. G., Aragón, R. A., y Cadena-Zapata, M. 2000. Diseño y comportamiento de tres transductores de fuerzas para la evaluación de herramienta de labranza. Congreso Latinoamericano de Ingeniería Agrícola. CLIA. X Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola AMIA 2000.

Coelho, J.L.d. 1998. Avaliação de elementos sulcadores para semeadora-adubadoras utilizadas em sistemas conservacionistas de manejo do solo. 71 p.

Crossley, P and Kilgour, J, 1983, Pequeña mecanización de parcelas para países en vía de desarrollo, Chichester John Wiley, pp. 221–224.

Chichester, F.W., J.E. Morrison, and T.J. Gerik. 1985. Minimum disturbance fertilizer knifing for no-till. Trans. ASAE 28:1013-1018.

Camacho-Tamayo J.H. y G.A. Rodríguez. 2007. Evaluación de implementos de labranza a diferentes velocidades de operación y contenidos de agua del suelo. Agricultura Técnica 67(1):60-67

Derspch, R. 2007. The no tillage revolution in South America. Farm Tech Proceedings 54-68.

Di Prinzio, A.P., C.D. Ayala, y J.C. Magdalena. 1997. Evaluación energética de distintas técnicas de subsolado y sus efectos sobre la densidad aparente del suelo. Agro-Ciencia 13:61-67.

FAO 2000. Manual de prácticas integradas de manejo de conservación de suelos. Roma, Italia, Cap. 8 pp. 59-85.

FAO.2003“Los principales tipos de labranza” (Documento web).s/f.[http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse\\_s/7 mo/iita/c8.htm#ini](http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7%20mo/iita/c8.htm#ini).

FAO.2003” principios generales para el desarrollo de estrategias para el manejo de suelos” (Documento web).s/f [http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse\\_s/7 mo/iita/c3.htm#ini](http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7%20mo/iita/c3.htm#ini).

Godwin, R.J. and M.J. O`dogherty, 2007. Integrated soil tillage prediction models. Journal of Terramechanics. 44(1): 3-14.

Hernanz, J.L. 1995. Equipos y sistemas de labranza, desarrollo y evolución de aperos, *Vida rural*, numero 21, septiembre de 1995 pp. (46–47).

Hoag, D.L., and Yoerger, R. R. 1977. Analysis and Design of Load Rings. *Trans. ASAE*, 19: 995-1000.

Hunt D. Farm power and machinery management. Seventh edition. 1997. Iowa State University press.

Johnson, I, M, 1985. Las pruebas de maquinaria de granja para desarrollo agrícola. Silsoe UK, overseas. Instituto nacional de división de ingeniería Agrícola.6 p (unpublished).

Khan, J., Godwin, R. J., Kilgour, J., and Blackmore, B. S. 2007. Design and Calibration of a Bi-axial Extended Octagonal Ring Transducer System for the Measurement of Tractor-implement Forces. *J. Eng. Appl.*

Kichler, C.M J.P. Fulton, R.L. Raper, W.C. Zech, T.P. McDonald, C.J. Brodbeck 2007. Spatially Monitoring Tractor Performance to Evaluate Energy Requirements of Variable Depth Tillage and Implement Selection ASAE annual meeting 2007 paper 071028.

Krause R., Lorenz F., Hoogmoed W. 1984. Soil tillage in the tropics and subtropics. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)*. Eschborn, Germany.

Lal, R. 1995. Tillage systems in the tropics: Management options and sustainability implications. *Soils Bulletin* 71. FAO, Rome, Italy.

Lanças, K.P. e S.H. Benez. 1988. Influencia da velocidade de subsolagem no consumo de combustível e na área mobilizada do solo. *Energia na Agricultura (Botucatu)* 3:25-30.



Mclaughlin, N. B., Tessier, S., and Guilbert, A. 1998. Improved Double Extended Octagonal Ring Drawbar Transducer for 3-D Measurement. Can. Agric. Eng.

Marín, L. Desarrollo de un transductor de fuerza para la evaluación de implementos integrales a tractores categoría. Tesis de licenciatura 2003. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Márquez Delgado, L. 1990 Sólo tractor. Ed. Laboreo. España.

Mckyes, E. 1985. Agricultura técnica (chile) 67(1):60-67 (enero-marzo 2007).

Moo-Yam, V.M.J. 1999. Desarrollo y evaluación de un sistema de adquisición de datos para la evaluación de implementos de labranza. Tesis, Maestría, Universidad Veracruzana, Instituto de ingeniería, Veracruz, Veracruz, México.

Norma Mexicana para Arados. 2002. Manual de prueba y evaluación de arados. CENEMA. Texcoco, Estado de México.

O'Dogherty, M. J. 1996. The Design of octagonal Ring Dynamometer. J. Agric.Eng. Res.

Ortiz-Cañavate, J. 1990 Requerimientos energéticos de la agricultura. Máquinas y Tractores N° 0. Ed. Edagrícola. España.

Renius, K.T. 1994 Consumo de combustible del tractor en relación a las curvas características del motor y a su transmisión, Tendencias en Diseño de tractor con Referencia Particular a Europa, J.Agric. Engng. Res. 57 (1): 3-22

Smith D. W., Sims B. G. 1990. Procedimiento para evaluación de implementos para labranza primaria. Evaluación técnica de equipos para pequeños productores. Manual teórico- práctico. Programa de coopeación técnica México-Gran Bretaña, pp. 1-14.

Steiner, K.G. 1998 Conserving Natural Resources and Enhancing food security by adopting no tillage. TÖB Publication No. F-5/e GTZ. Echborn. Germany.  
Tesis Maestría Ingeniería Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, Sao Paulo, Brasil.

## PAGINAS CONSULTADAS EN INTERNET

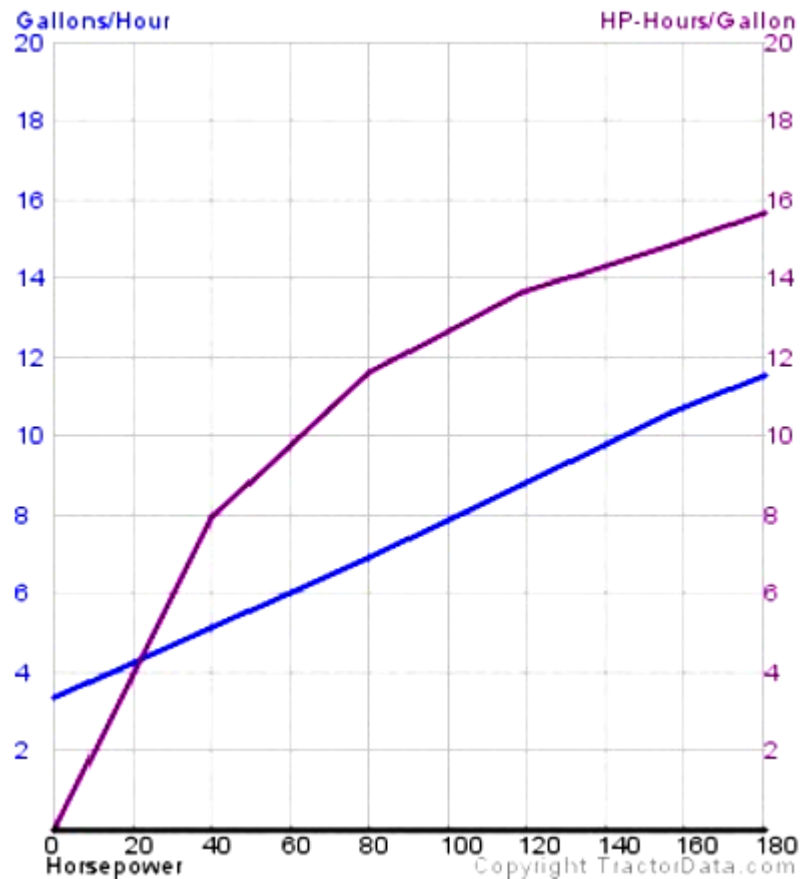
Copyright Measurement Computing Corporation © 2013 DBK Signal Conditioning for the IOtech Daq Series. [en línea] [fecha de consulta: junio 3 de 2013]: Base de datos disponible en: <<http://www.mccdaq.com/products/daqbk2000s.htm>>.

Reporte de prueba de Nebraska. . [en línea]. [fecha de consulta: junio 12 de 2013]

[http://translate.googleusercontent.com/translate\\_c?depth=1&hl=es&prev=/search%3Fq%3Despecificaciones%2Btecnicas%2Bde%2Btractor%2Bjohn%2Bdeere%2B4840%26sa%3DX%26biw%3D1093%26bih%3D521&rurl=translate.google.com.mx&sl=en&u=http://www.tractordata.com/farm-tractors/000/0/9/98-john-deere-4840-tests.html&usg=ALkJrhgALQPK3392BI9dkz5xMgkNoJxpXA](http://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=es&prev=/search%3Fq%3Despecificaciones%2Btecnicas%2Bde%2Btractor%2Bjohn%2Bdeere%2B4840%26sa%3DX%26biw%3D1093%26bih%3D521&rurl=translate.google.com.mx&sl=en&u=http://www.tractordata.com/farm-tractors/000/0/9/98-john-deere-4840-tests.html&usg=ALkJrhgALQPK3392BI9dkz5xMgkNoJxpXA)

# VII.-ANEXOS

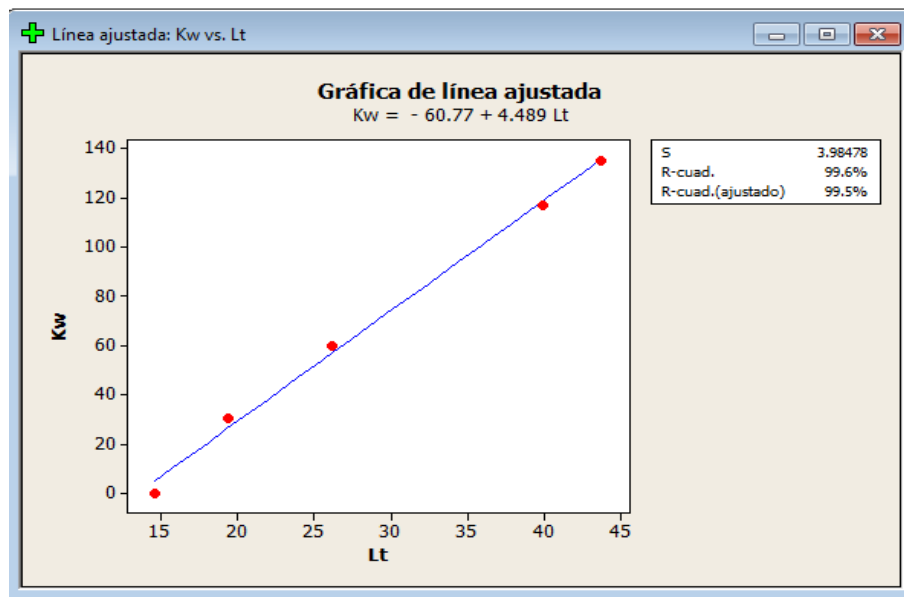
## Reporte de prueba de Nebraska para el tractor John Deere modelo 4840.



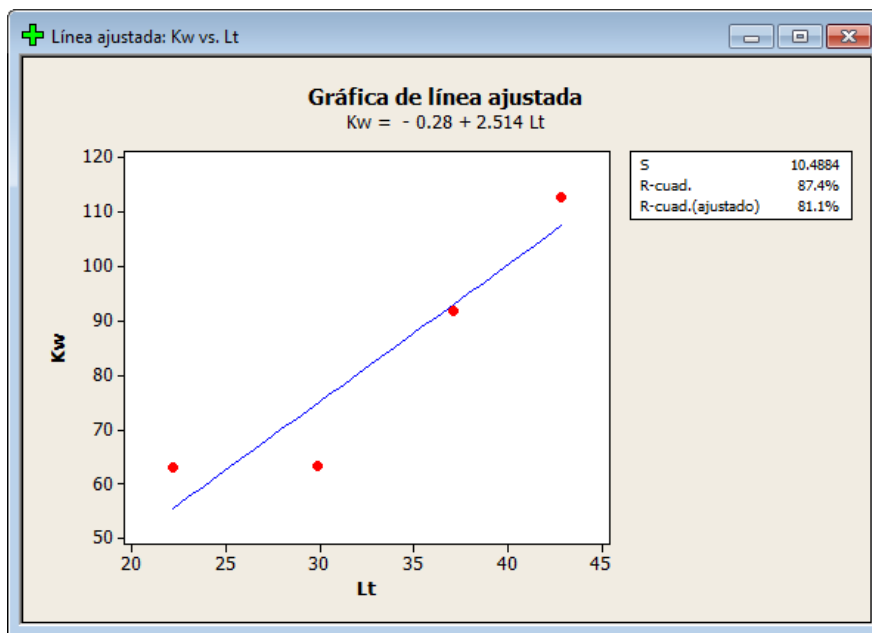
Fecha de la prueba:	2 hasta 12 noviembre 1977
Tipo:	Diesel de 8 velocidades 2WD
Potencia de transmisión (velocidad nominal del motor):	180,63 CV [134,7 kW]
El uso de combustibles PTO (velocidad del motor):	11.5 gal / hora [43,5 l / hora]
Potencia PTO (toma de fuerza nominal):	181,63 CV [135,4 kW]
El uso de combustibles PTO (toma de fuerza):	11.5 gal / hora [43,5 l / hora]
Potencia barra de tiro (max):	151,21 CV [112,8 kW]
El uso de combustibles barra de tiro (max):	11.3 gal / hora [42,8 l / hora]
Fuerza de tracción (max):	17.307 libras [7.850 kg]
Max artes atracción:	2
Informe de prueba:	Archivo PDF

**Figura 7.1.- Grafica de las pruebas de Nebraska de consumo de combustible y potencia.**

## Graficas de línea ajustada para las prueba de Nebraska



**Figura 7.2.- Grafica de línea ajustada para la potencia y consumo de combustible al motor del tractor**



**Figura 7.3.- Grafica de línea ajustada para la potencia y consumo de combustible a la barra de tiro del tractor.**

**Anexo 7.1.- Cuadro de Peso de agregados para el arreglo (a) de 5 cinceles 3 frontales a 20cm y 2 traseros a 30 cm con alas grandes en suelo franco arcilloso.**

Peso por tamaño de agregados						
	12.5>	20-25	30-40	50-60	70-80	90-100
1	54,1486239	7,13068298	1,44841998	1,59326198	0,1738104	0
2	80,6658512	8,57910296	0,16044037	0,16935372	0,17603874	0
3	44,6781855	5,57084608	1,43727829	1,71582059	0,55708461	0
4	77,1005097	10,5846075	0,9916106	1,05846075	0,01114169	0
5	53,0344546	8,46768603	0,144842	0,16712538	0	0
6	61,9478084	8,46768603	0,144842	0,16823955	0,17158206	0
Media	61,93	8,133	0,721	0,812	0,1816	0
Desv.Est	14,27	1,673	0,647	0,739	0,2016	0

**Anexo 7 2.- cuadro de peso de agregados para el arreglo (b) de 7 cinceles 3 frontales, 4 traseros a 30 cm sin alas en suelo franco arcilloso.**

Peso por tamaño de agregados						
	12.5>	20-25	30-40	50-60	70-80	90-100
1	88,9107034	0,44566769	0,9916106	1,15873598	0	0
2	80,7772681	3,56534149	0,93590214	1,05846075	0	0
3	68,8556575	10,0275229	1,22558614	0	0	0
4	106,737411	2,78542304	0,81334353	1,03617737	1,05846075	0
5	77,1005097	2,89683996	10,3617737	4,45667686	0	0
6	90,3591233	2,89683996	6,68501529	0	0	0
Media	85,46	3,77	3,5	1,285	0,176	0
Desv.Est	13,09	3,25	4,06	1,643	0,432	0

**Anexo 7.3.-** Cuadro de peso de agregados para el arreglo (c) de 5 cinceles 3 frontales, 2 traseros a 30 cm con alas grandes en suelo franco arcilloso

Peso por tamaño de agregados						
	12.5>	20-25	30-40	50-60	70-80	90-100
1	53,2572885	7,79918451	1,10302752	1,06960245	0	0
2	71,3068298	1,89408767	10,9188583	1,08074414	0	0
3	85,6796126	8,91335372	0,83562691	0,98046891	0,89133537	0
4	49,0234455	2,56258919	0,7130683	1,02503568	1,09188583	0
5	71,6410805	4,45667686	0,77991845	0,89133537	1,09188583	0
6	79,3288481	4,45667686	0,44566769	0,89133537	0,9916106	0
Media	68,37	5,01	2,47	0,9898	0,678	0
Desv.Est	14,43	2,8	4,15	0,0841	0,53	0

**Anexo 7.4.-** Cuadro de peso de agregados para el arreglo (d) de 5 cinceles 3 frontales, 2 traseros a 30 cm sin alas en suelo franco arcilloso

Peso por tamaño de agregados						
	12.5>	20-25	30-40	50-60	70-80	90-100
1	99,7181448	16,2668705	9,91610601	10,1389399	7,35351682	0
2	38,1045872	26,962895	1,11416922	7,13068298	7,46493374	0
3	76,654842	2,78542304	0,89133537	1,05846075	0,89133537	0
4	66,4379103	1,89408767	11,4759429	1,25901121	1,10302752	0
5	66,738736	5,45942915	1,2812946	1,49298675	0	0
6	85,9024465	8,02201835	1,16987768	1,30357798	0	0
Media	72,26	10,23	4,31	3,73	2,8	0
Desv.Est	20,93	9,68	4,97	3,92	3,6	0



**Anexo 7.5.- cuadro de perfil de pruebas en rancho navidad suelo franco-arenoso.**

7 cinceles rastra y desterronador ala mitad 3 <sup>era</sup> baja													
PROFUNDIDAD													
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	12.5	22.5	34.5	42.5	39.5	30.5	40.5	35.5	27.5	35.5	42.5	39.5	34.5
2	18.5	32.5	39.5	39.5	35.5	39.5	28.5	17.5	25.5	21.5	20.5	24.5	21.5
3	14.5	24.5	36.5	29.5	29.5	37.5	32.5	35.5	33.5	33.5	39.5	30.5	41.5
4	37.5	37.5	31.5	29.5	39.5	40.5	37.5	36.5	18.5	34.5	35.5	37.5	27.5
5	20.5	34.5	36.5	35.5	25.5	16.5	34.5	22.5	21.5	42.5	39.5	34.5	32.5
6	22.5	44.5	32.5	27.5	46.5	24.5	35.5	26.5	37.5	28.5	29.5	31.5	38.5
7	37.5	35.5	31.5	41.5	39.5	29.5	33.5	38.5	30.5	28.5	34.5	35.5	24.5
8	34.5	37.5	36.5	26.5	34.5	38.5	29.5	38.5	37.5	28.5	23.5	36.5	27.5
9	38.5	38.5	33.5	29.5	38.5	37.5	31.5	38.5	30.5	30.5	27.5	38.5	22.5
10	41.5	39.5	35.5	31.5	32.5	42.5	33.5	27.5	38.5	35.5	24.5	34.5	34.5
11	38.5	41.5	35.5	37.5	38.5	21.5	28.5	37.5	29.5	38.5	35.5	37.5	29.5
12	47.5	33.5	31.5	33.5	34.5	27.5	25.5	29.5	48.5	22.5	22.5	35.5	30.5
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PROF	AREA M <sup>2</sup>	
39.5	22.5	12.5	35.5	37.5	14.5	33.5	40.5	23.5	21.5	34.5	31.3	0.73	
20.5	27.5	37.5	33.5	32.5	37.5	25.5	20.5	36.5	36.5	22.5	28.9	0.67	
34.5	21.5	21.5	32.5	18.5	17.5	45.5	41.5	26.5	30.5	32.5	30.88	0.72	
34.5	37.5	33.5	25.5	25.5	37.5	25.5	29.5	37.5	37.5	23.5	32.96	0.76	
38.5	13.5	28.5	34.5	29.5	31.5	43.5	32.5	26.5	27.5	32.5	30.63	0.71	
36.5	30.5	29.5	27.5	32.5	31.5	37.5	35.5	27.5	27.5	28.5	32.08	0.74	
23.5	37.5	27.5	21.5	23.5	33.5	24.5	35.5	38.5	30.5	22.5	31.63	0.73	
37.5	41.5	39.5	26.5	34.5	35.5	28.5	27.5	35.5	44.5	32.5	33.88	0.78	
35.5	20.5	33.5	22.5	27.5	38.5	23.5	30.5	40.5	37.5	32.5	32.42	0.74	
22.5	31.5	37.5	34.5	30.5	32.5	27.5	18.5	23.5	34.5	30.5	32.29	0.74	
30.5	33.5	33.5	28.5	35.5	35.5	24.5	28.5	38.5	37.5	19.5	33.13	0.77	
34.5	37.5	34.5	14.5	26.5	33.5	24.5	19.5	32.5	32.5	25.5	30.75	0.7	
PROFUNDIDAD PROMEDIO TOTAL: <b>31.75</b>						AREA PROMEDIO TOTAL: <b>0.73 m<sup>2</sup></b>							
MEDIA: <b>0.73271</b>				DESV.EST: <b>0.02946</b>				MEDIANA: <b>0.73425</b>					

**Anexo 7.6.- Cuadro de perfil de pruebas en rancho navidad franco-arenoso**

7 cinceles rastra y desterronador a la mitad 2 <sup>da</sup> baja													
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	5.5	29.5	39.5	37.5	30.5	37.5	31.5	29.5	31.5	35.5	33.5	31.5	36.5
2	24.5	39.5	37.5	27.5	34.5	37.5	24.5	27.5	37.5	37.5	20.5	35.5	35.5
3	41.5	35.5	27.5	35.5	35.5	29.5	29.5	38.5	37.5	35.5	35.5	35.5	24.5
4	29.5	32.5	31.5	20.5	30.5	34.5	22.5	26.5	33.5	29.5	27.5	28.5	33.5
5	29.5	33.5	32.5	21.5	23.5	29.5	24.5	27.5	25.5	30.5	31.5	35.5	35.5
6	22.5	35.5	34.5	31.5	34.5	34.5	19.5	30.5	14.5	22.5	17.5	35.5	33.5
7	36.5	41.5	35.5	29.5	32.5	34.5	21.5	24.5	37.5	28.5	26.5	33.5	34.5
8	34.5	40.5	29.5	30.5	37.5	37.5	23.5	32.5	35.5	26.5	32.5	36.5	27.5
9	41.5	35.5	39.5	33.5	37.5	25.5	23.5	34.5	31.5	29.5	37.5	39.5	24.5
10	40.5	37.5	27.5	33.5	37.5	22.5	27.5	37.5	34.5	24.5	34.5	34.5	24.5
11	32.5	42.5	35.5	28.5	39.5	33.5	27.5	32.5	37.5	33.5	30.5	37.5	29.5
12	34.5	43.5	39.5	31.5	39.5	37.5	32.5	20.5	40.5	36.5	35.5	37.5	27.5
	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>PROF</b>	<b>AREA</b>
													M <sup>2</sup>
	46.5	15.5	32.5	34.5	17.5	32.5	34.5	36.5	18.5	31.5	16.5	30.25	0.72
	24.5	24.5	35.5	31.5	28.5	17.5	25.5	25.5	27.5	35.5	25.5	30.04	0.7
	30.5	34.5	25.5	22.5	34.5	20.5	22.5	32.5	42.5	26.5	17.5	31.29	0.72
	26.5	28.5	33.5	29.5	37.5	31.5	29.5	25.5	33.5	37.5	28.5	30.08	0.69
	32.5	27.5	27.5	35.5	30.5	27.5	40.5	37.5	23.5	40.5	26.5	30.42	0.7
	19.5	35.5	36.5	35.5	20.5	17.5	31.5	22.5	33.5	37.5	24.5	28.38	0.66
	29.5	33.5	33.5	27.5	26.5	34.5	27.5	25.5	33.5	35.5	23.5	31.13	0.72
	27.5	34.5	33.5	22.5	25.5	34.5	21.5	26.5	34.5	35.5	21.5	30.92	0.71
	29.5	34.5	27.5	24.5	35.5	32.5	23.5	28.5	37.5	27.5	22.5	31.54	0.73
	29.5	35.5	32.5	25.5	27.5	22.5	35.5	21.5	35.5	27.5	17.5	30.29	0.7
	24.5	14.5	35.5	22.5	26.5	35.5	25.5	23.5	32.5	32.5	23.5	30.71	0.71
	29.5	36.5	32.5	29.5	34.5	29.5	25.5	33.5	34.5	26.5	22.5	32.96	0.76
PROFUNDIDAD PROMEDIO TOTAL: <b>30.46</b>							AREA PROMEDIO TOTAL: <b>0.71 m<sup>2</sup></b>						
MEDIA: <b>0.0.14184</b>				DESV.EST: <b>0.00492</b>				MEDIANA: <b>0.14230</b>					

**Anexo 7.7.- Cuadro de perfil de pruebas en rancho navidad franco-arenoso**

5 cinceles rastra y desterronador ala mitad 3 <sup>era</sup> baja													
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		22.5	18.5	16.5	23.5	37.5	23.5	22.5	33.5	29.5	26.5	28.5	30.5
2	29.5	29.5	29.5	29.5	36.5	39.5	33.5	35.5	30.5	28.5	41.5	43.5	29.5
3	18.5	16.5	17.5	16.5	17.5	27.5	34.5	24.5	19.5	31.5	28.5	24.5	25.5
4	15.5	14.5	15.5	22.5	27.5	37.5	31.5	23.5	31.5	34.5	27.5	27.5	35.5
5	21.5	14.5	19.5	20.5	32.5	36.5	26.5	20.5	35.5	35.5	29.5	34.5	34.5
6	22.5	19.5	20.5	25.5	36.5	36.5	26.5	31.5	36.5	32.5	25.5	35.5	34.5
7	19.5	17.5	17.5	17.5	29.5	37.5	32.5	22.5	32.5	38.5	28.5	30.5	37.5
8	17.5	22.5	19.5	15.5	25.5	39.5	35.5	29.5	29.5	39.5	33.5	25.5	35.5
9	14.5	15.5	15.5	17.5	29.5	36.5	24.5	23.5	33.5	35.5	21.5	35.5	36.5
10	14.5	15.5	18.5	27.5	34.5	28.5	26.5	32.5	28.5	24.5	29.5	35.5	28.5
11	19.5	20.5	18.5	20.5	30.5	37.5	25.5	23.5	31.5	31.5	31.5	22.5	27.5
12	12.5	14.5	22.5	31.5	31.5	22.5	32.5	32.5	25.5	20.5	34.5	27.5	35.5
	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>PROF</b>	<b>AREA M<sup>2</sup></b>
	23.5	31.5	35.5	26.5	23.5	30.5	33.5	34.5	20.5	17.5	15.5	26.33	0.61
	35.5	35.5	29.5	25.5	36.5	36.5	27.5	21.5	24.5	24.5	17.5	31.29	0.73
	34.5	24.5	25.5	33.5	26.5	28.5	33.5	34.5	27.5	26.5	29.5	26.13	0.6
	21.5	25.5	31.5	33.5	29.5	29.5	34.5	17.5	19.5	18.5	9.5	25.63	0.6
	22.5	21.5	33.5	34.5	25.5	28.5	34.5	22.5	21.5	17.5	16.5	26.67	0.62
	33.5	28.5	35.5	31.5	24.5	33.5	34.5	26.5	14.5	14.5	10.5	27.96	0.65
	25.5	32.5	21.5	33.5	33.5	24.5	24.5	35.5	28.5	14.5	17.5	27.21	0.63
	32.5	27.5	30.5	38.5	27.5	24.5	38.5	32.5	24.5	18.5	18.5	28.42	0.66
	22.5	31.5	34.5	30.5	25.5	33.5	33.5	22.5	13.5	14.5	15.5	25.71	0.6
	28.5	34.5	30.5	29.5	28.5	39.5	38.5	21.5	19.5	19.5	15.5	27.08	0.64
	29.5	27.5	28.5	34.5	32.5	33.5	33.5	35.5	29.5	22.5	15.5	27.63	0.65
	35.5	24.5	24.5	37.5	32.5	24.5	17.5	26.5	26.5	26.5	13.5	26.38	0.62
PROFUNDIDAD PROMEDIO TOTAL: <b>27.28</b>							AREA PROMEDIO TOTAL: <b>0.64 m<sup>2</sup></b>						
MEDIA: <b>0.6350</b>				DESV.EST: <b>0.0357</b>				MEDIANA: <b>0.6278</b>					

**Anexo 7.8.- Cuadro de perfil de pruebas en rancho navidad franco-arenoso**

5 cinceles con alas con una angulo de 3 grados rastra y desterronador a la mitad 3 <sup>era</sup> baja													
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	21.5	26.5	27.5	37.5	38.5	36.5	37.5	34.5	28.5	29.5	38.5	38.5	22.5
2	22.5	23.5	24.5	35.5	29.5	32.5	33.5	31.5	22.5	25.5	35.5	30.5	25.5
3	17.5	12.5	14.5	29.5	37.5	30.5	35.5	26.5	25.5	32.5	37.5	28.5	28.5
4	17.5	16.5	16.5	18.5	31.5	29.5	32.5	33.5	25.5	24.5	30.5	35.5	27.5
5	17.5	18.5	15.5	21.5	35.5	27.5	28.5	28.5	28.5	35.5	37.5	29.5	25.5
6	16.5	12.5	11.5	14.5	27.5	37.5	27.5	30.5	35.5	29.5	23.5	23.5	35.5
7	15.5	16.5	20.5	19.5	29.5	37.5	35.5	33.5	32.5	30.5	22.5	31.5	33.5
8	27.5	26.5	27.5	24.5	29.5	38.5	28.5	28.5	38.5	34.5	24.5	26.5	37.5
9	20.5	23.5	21.5	21.5	30.5	37.5	33.5	33.5	36.5	29.5	26.5	27.5	35.5
10	19.5	19.5	21.5	21.5	27.5	35.5	22.5	29.5	34.5	25.5	30.5	35.5	27.5
11	14.5	15.5	15.5	25.5	25.5	33.5	10.5	31.5	34.5	27.5	24.5	29.5	31.5
12	36.5	18.5	16.5	23.5	39.5	34.5	36.5	36.5	26.5	27.5	33.5	37.5	27.5
	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>PROF</b>	<b>AREA</b>
													M <sup>2</sup>
	25.5	28.5	34.5	36.5	33.5	39.5	41.5	27.5	20.5	28.5	28.5	31.75	0.74
	28.5	35.5	30.5	28.5	35.5	27.5	22.5	20.5	21.5	22.5	32.5	28.25	0.65
	29.5	28.5	40.5	28.5	38.5	24.5	22.5	18.5	18.5	23.5	30.5	27.5	0.64
	27.5	33.5	37.5	37.5	37.5	39.5	27.5	22.5	18.5	18.5	16.5	27.33	0.64
	28.5	38.5	46.5	42.5	40.5	33.5	21.5	28.5	19.5	18.5	20.5	28.67	0.67
	29.5	31.5	32.5	35.5	29.5	32.5	37.5	28.5	19.5	16.5	13.5	26.33	0.62
	31.5	32.5	31.5	35.5	36.5	27.5	25.5	26.5	19.5	16.5	16.5	27.42	0.64
	33.5	23.5	30.5	36.5	33.5	32.5	36.5	33.5	24.5	21.5	23.5	30.08	0.7
	29.5	25.5	26.5	32.5	30.5	27.5	33.5	30.5	18.5	15.5	17.5	27.71	0.65
	25.5	28.5	34.5	36.5	32.5	32.5	33.5	17.5	17.5	16.5	22.5	27	0.63
	25.5	35.5	33.5	33.5	27.5	20.5	25.5	14.5	13.5	14.5	24.5	24.5	0.57
	23.5	28.5	40.5	36.5	32.5	26.5	21.5	15.5	23.5	13.5	15.5	28	0.65
PROFUNDIDAD PROMEDIO TOTAL: <b>27.9</b>						AREA PROMEDIO TOTAL: <b>0.62 m<sup>2</sup></b>							
MEDIA: <b>0.6479</b>				DESV.EST: <b>0.0412</b>				MEDIANA: <b>0.6440</b>					

**Anexo 7.9.- Cuadro de perfil de pruebas en rancho navidad franco-arenoso**

5 cinceles con a las con un ángulo de 19 grados rastra y desterronador a la mitad 3 <sup>era</sup> baja													
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	15.5	22.5	34.5	40.5	36.5	35.5	37.5	33.5	33.5	35.5	38.5	36.5	34.5
2	32.5	24.5	24.5	27.5	34.5	35.5	28.5	32.5	29.5	26.5	27.5	33.5	28.5
3	20.5	25.5	23.5	17.5	36.5	36.5	27.5	36.5	35.5	34.5	25.5	29.5	34.5
4	18.5	25.5	35.5	33.5	34.5	32.5	34.5	35.5	30.5	29.5	33.5	33.5	32.5
5	28.5	29.5	28.5	28.5	31.5	37.5	34.5	34.5	33.5	27.5	23.5	30.5	25.5
6	27.5	27.5	18.5	18.5	27.5	35.5	30.5	33.5	33.5	27.5	27.5	33.5	32.5
7	26.5	26.5	26.5	32.5	36.5	28.5	33.5	33.5	29.5	25.5	30.5	34.5	25.5
8	24.5	25.5	24.5	24.5	27.5	37.5	37.5	37.5	29.5	35.5	33.5	30.5	30.5
9	29.5	30.5	29.5	36.5	28.5	37.5	35.5	30.5	36.5	35.5	26.5	30.5	34.5
10	14.5	15.5	22.5	26.5	35.5	30.5	32.5	35.5	30.5	21.5	30.5	35.5	30.5
11	14.5	14.5	15.5	18.5	24.5	33.5	30.5	29.5	32.5	29.5	24.5	30.5	34.5
12	20.5	27.5	27.5	34.5	38.5	29.5	35.5	31.5	28.5	28.5	35.5	36.5	27.5
	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>PROF</b>	<b>AREA</b>
													M <sup>2</sup>
	35.5	39.5	37.5	37.5	41.5	39.5	32.5	22.5	25.5	24.5	27.5	33.25	0.78
	25.5	25.5	32.5	31.5	25.5	33.5	23.5	21.5	20.5	19.5	27.5	28	0.64
	22.5	26.5	31.5	33.5	27.5	27.5	27.5	20.5	15.5	17.5	15.5	27.04	0.63
	29.5	32.5	34.5	30.5	30.5	29.5	27.5	27.5	26.5	24.5	19.5	30.08	0.7
	28.5	29.5	31.5	32.5	28.5	32.5	21.5	15.5	12.5	11.5	22.5	27.5	0.63
	27.5	28.5	29.5	30.5	27.5	25.5	27.5	29.5	16.5	14.5	17.5	27	0.63
	20.5	20.5	27.5	28.5	29.5	21.5	17.5	13.5	16.5	12.5	18.5	25.67	0.59
	36.5	34.5	36.5	29.5	30.5	34.5	32.5	35.5	29.5	17.5	13.5	30.38	0.71
	33.5	25.5	25.5	30.5	32.5	28.5	36.5	34.5	32.5	15.5	15.5	30.5	0.71
	33.5	33.5	35.5	32.5	31.5	36.5	22.5	21.5	20.5	15.5	18.5	27.63	0.65
	27.5	26.5	25.5	32.5	29.5	28.5	34.5	33.5	24.5	31.5	28.5	27.29	0.63
	26.5	29.5	33.5	27.5	36.5	28.5	18.5	17.5	17.5	16.5	18.5	28	0.65
<b>PROFUNDIDAD PROMEDIO TOTAL: 28.58</b>						<b>AREA PROMEDIO TOTAL: 0.66 m<sup>2</sup></b>							
<b>MEDIA: 0.6632</b>				<b>DESV.EST: 0.0510</b>				<b>MEDIANA: 0.6442</b>					

7.10 .-Cuadro de perfil de pruebas en rancho navidad franco-arcilloso

7cinceles rastra y desterronador castigado 2 <sup>da</sup> baja.													
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	18.5	37.5	39.5	36.5	36.5	39.5	34.5	21.5	39.5	23.5	23.5	17.5	37.5
2	35.5	32.5	32.5	35.5	35.5	19.5	17.5	34.5	33.5	29.5	36.5	36.5	32.5
3	33.5	33.5	31.5	29.5	37.5	25.5	33.5	33.5	22.5	37.5	32.5	14.5	18.5
4	27.5	36.5	24.5	25.5	35.5	25.5	22.5	35.5	35.5	24.5	29.5	20.5	32.5
5	28.5	27.5	26.5	29.5	35.5	29.5	19.5	31.5	32.5	24.5	32.5	32.5	27.5
6	31.5	36.5	32.5	31.5	34.5	30.5	22.5	27.5	22.5	37.5	21.5	36.5	19.5
7	28.5	41.5	40.5	30.5	30.5	42.5	31.5	31.5	37.5	33.5	24.5	29.5	39.5
8	37.5	39.5	34.5	38.5	23.5	19.5	37.5	37.5	23.5	32.5	35.5	29.5	37.5
9	15.5	38.5	35.5	24.5	32.5	17.5	17.5	24.5	19.5	24.5	24.5	29.5	22.5
10	18.5	31.5	23.5	35.5	33.5	35.5	17.5	17.5	35.5	24.5	29.5	22.5	31.5
11	33.5	34.5	25.5	31.5	35.5	22.5	18.5	34.5	34.5	37.5	32.5	19.5	20.5
12	30.5	35.5	29.5	27.5	37.5	33.5	15.5	20.5	23.5	15.5	27.5	34.5	29.5
<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>PROF</b>	<b>AREA M<sup>2</sup></b>	
27.5	29.5	37.5	26.5	17.5	34.5	37.5	28.5	29.5	35.5	32.5	30.92	0.72	
24.5	36.5	36.5	24.5	37.5	34.5	21.5	24.5	15.5	22.5	11.5	29.21	0.68	
32.5	22.5	20.5	36.5	25.5	31.5	31.5	27.5	27.5	32.5	17.5	28.71	0.66	
20.5	35.5	35.5	19.5	31.5	37.5	33.5	35.5	44.5	37.5	20.5	30.29	0.7	
17.5	31.5	29.5	16.5	28.5	21.5	22.5	33.5	35.5	36.5	15.5	27.75	0.64	
30.5	32.5	32.5	23.5	24.5	23.5	35.5	33.5	35.5	35.5	26.5	29.92	0.69	
30.5	32.5	23.5	16.5	27.5	25.5	36.5	29.5	28.5	31.5	25.5	31.21	0.72	
37.5	37.5	29.5	35.5	35.5	24.5	21.5	35.5	31.5	20.5	13.5	31.21	0.72	
13.5	23.5	14.5	27.5	19.5	22.5	24.5	34.5	33.5	4.5	17.5	23.42	0.55	
25.5	20.5	54.5	36.5	26.5	28.5	22.5	35.5	17.5	20.5	13.5	27.42	0.64	
24.5	23.5	16.5	16.5	34.5	35.5	33.5	32.5	33.5	21.5	10.5	27.63	0.64	
19.5	49.5	31.5	27.5	30.5	35.5	33.5	31.5	25.5	32.5	16.5	28.92	0.67	
PROFUNDIDAD PROMEDIO TOTAL: <b>28.88</b>						AREA PROMEDIO TOTAL: <b>0.67 m<sup>2</sup></b>							
MEDIA: <b>0.6698</b>				DESV.EST: <b>0.0496</b>				MEDIANA: <b>0.6740</b>					

Anexo 7.11.- Cuadro de perfil de pruebas en rancho navidad franco-arcilloso

Scincelescon alas rastra y desterronador castigado 3 <sup>era</sup> baja													
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	7.5	7.5	8.5	8.5	20.5	33.5	18.5	10.5	34.5	33.5	17.5	17.5	30.5
2	7.5	12.5	11.5	12.5	12.5	40.5	6.5	34.5	21.5	23.5	30.5	41.5	22.5
3	11.5	18.5	15.5	21.5	33.5	32.5	27.5	27.5	32.5	31.5	25.5	29.5	32.5
4	12.5	15.5	17.5	27.5	34.5	20.5	13.5	18.5	34.5	25.5	32.5	37.5	22.5
5	13.5	18.5	17.5	21.5	36.5	36.5	16.5	30.5	38.5	36.5	34.5	35.5	37.5
6	7.5	17.5	20.5	31.5	38.5	31.5	33.5	35.5	37.5	19.5	33.5	36.5	21.5
7	14.5	12.5	13.5	33.5	35.5	34.5	17.5	29.5	23.5	11.5	19.5	31.5	28.5
8	18.5	13.5	13.5	20.5	22.5	35.5	24.5	17.5	35.5	14.5	14.5	21.5	37.5
9	17.5	17.5	22.5	34.5	18.5	20.5	34.5	34.5	21.5	22.5	34.5	28.5	23.5
10	11.5	15.5	20.5	38.5	39.5	37.5	36.5	35.5	38.5	37.5	37.5	37.5	35.5
11	38.5	32.5	7.5	28.5	39.5	21.5	20.5	32.5	31.5	33.5	35.5	37.5	30.5
12	13.5	20.5	17.5	14.5	27.5	32.5	20.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	19.5
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PROF	AREA M <sup>2</sup>	
21.5	16.5	34.5	16.5	18.5	30.5	28.5	15.5	12.5	10.5	9.5	19.29	0.45	
28.5	40.5	15.5	19.5	48.5	39.5	20.5	13.5	13.5	17.5	10.5	22.71	0.54	
29.5	32.5	34.5	39.5	33.5	40.5	38.5	39.5	20.5	13.5	15.5	28.21	0.66	
15.5	42.5	37.5	20.5	28.5	38.5	34.5	13.5	12.5	12.5	9.5	24.08	0.57	
25.5	17.5	35.5	35.5	18.5	33.5	33.5	18.5	18.5	15.5	15.5	26.71	0.63	
24.5	37.5	17.5	21.5	17.5	35.5	29.5	13.5	12.5	13.5	16.5	25.17	0.59	
31.5	30.5	16.5	15.5	21.5	31.5	30.5	15.5	12.5	17.5	14.5	22.63	0.53	
32.5	37.5	35.5	20.5	20.5	34.5	35.5	23.5	19.5	14.5	18.5	24.25	0.56	
35.5	35.5	17.5	25.5	35.5	21.5	12.5	11.5	27.5	37.5	22.5	25.54	0.59	
18.5	17.5	40.5	35.5	36.5	37.5	33.5	18.5	18.5	22.5	17.5	29.92	0.7	
18.5	39.5	39.5	25.5	23.5	28.5	28.5	17.5	15.5	18.5	17.5	27.58	0.63	
15.5	15.5	32.5	31.5	36.5	17.5	30.5	14.5	13.5	14.5	14.5	24.58	0.58	
PROFUNDIDAD PROMEDIO TOTAL: <b>25.06</b>						AREA PROMEDIO TOTAL: <b>0.59 m<sup>2</sup></b>							
MEDIA: <b>0.5865</b>				DESV.EST: <b>0.0660</b>				MEDIANA: <b>0.5848</b>					

**Anexo 7.12.- Cuadro perfil de pruebas en rancho navidad franco-arcilloso**

5cinceles 20 x 30 rastra y desterronador castigado 3 <sup>era</sup> baja													
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	10.5	10.5	13.5	27.5	31.5	27.5	23.5	29.5	24.5	15.5	17.5	30.5	20.5
2	9.5	10.5	18.5	33.5	31.5	27.5	30.5	36.5	13.5	19.5	32.5	27.5	22.5
3	11.5	16.5	16.5	16.5	18.5	25.5	27.5	28.5	22.5	23.5	21.5	26.5	33.5
4	21.5	36.5	21.5	27.5	32.5	32.5	33.5	32.5	32.5	32.5	34.5	31.5	33.5
5	16.5	13.5	18.5	20.5	25.5	36.5	25.5	23.5	34.5	34.5	25.5	22.5	34.5
6	17.5	16.5	22.5	18.5	30.5	23.5	32.5	30.5	27.5	25.5	24.5	34.5	30.5
7	16.5	16.5	21.5	28.5	36.5	31.5	28.5	30.5	33.5	21.5	27.5	29.5	29.5
8	18.5	22.5	22.5	19.5	29.5	45.5	35.5	34.5	37.5	36.5	31.5	27.5	31.5
9	12.5	18.5	18.5	27.5	32.5	32.5	34.5	31.5	31.5	31.5	37.5	18.5	19.5
10	17.5	16.5	17.5	15.5	36.5	33.5	31.5	30.5	30.5	20.5	24.5	29.5	34.5
11	15.5	16.5	18.5	28.5	34.5	31.5	31.5	28.5	26.5	28.5	29.5	32.5	26.5
12	30.5	13.5	28.5	29.5	34.5	33.5	25.5	21.5	13.5	24.5	24.5	33.5	30.5
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PROF	AREA M <sup>2</sup>	
11.5	25.5	28.5	24.5	11.5	28.5	29.5	9.5	6.5	9.5	17.5	20.21	0.47	
16.5	28.5	33.5	29.5	33.5	27.5	42.5	14.5	12.5	13.5	11.5	24.04	0.57	
27.5	29.5	21.5	35.5	33.5	24.5	31.5	25.5	17.5	17.5	14.5	23.63	0.55	
33.5	32.5	28.5	37.5	33.5	33.5	17.5	15.5	16.5	17.5	11.5	28.33	0.66	
31.5	23.5	24.5	24.5	32.5	31.5	35.5	27.5	17.5	20.5	13.5	25.58	0.6	
25.5	15.5	30.5	32.5	29.5	35.5	31.5	18.5	14.5	15.5	18.5	25.08	0.58	
25.5	20.5	35.5	36.5	31.5	35.5	23.5	23.5	12.5	13.5	21.5	26.29	0.61	
29.5	19.5	24.5	31.5	17.5	24.5	31.5	27.5	16.5	13.5	12.5	26.71	0.63	
21.5	15.5	13.5	31.5	37.5	27.5	17.5	14.5	16.5	17.5	12.5	23.83	0.56	
24.5	21.5	30.5	31.5	29.5	30.5	31.5	23.5	16.5	12.5	10.5	25.04	0.59	
24.5	30.5	28.5	30.5	28.5	34.5	25.5	17.5	10.5	10.5	17.5	25.29	0.59	
21.5	22.5	21.5	10.5	23.5	32.5	27.5	17.5	14.5	11.5	14.5	23.38	0.54	
<b>PROFUNDIDAD PROMEDIO TOTAL: 24.78</b>						<b>AREA PROMEDIO TOTAL: 0.58 m<sup>2</sup></b>							
<b>MEDIA: 0.5793</b>				<b>DESV.EST: 0.0481</b>				<b>MEDIANA: 0.5855</b>					

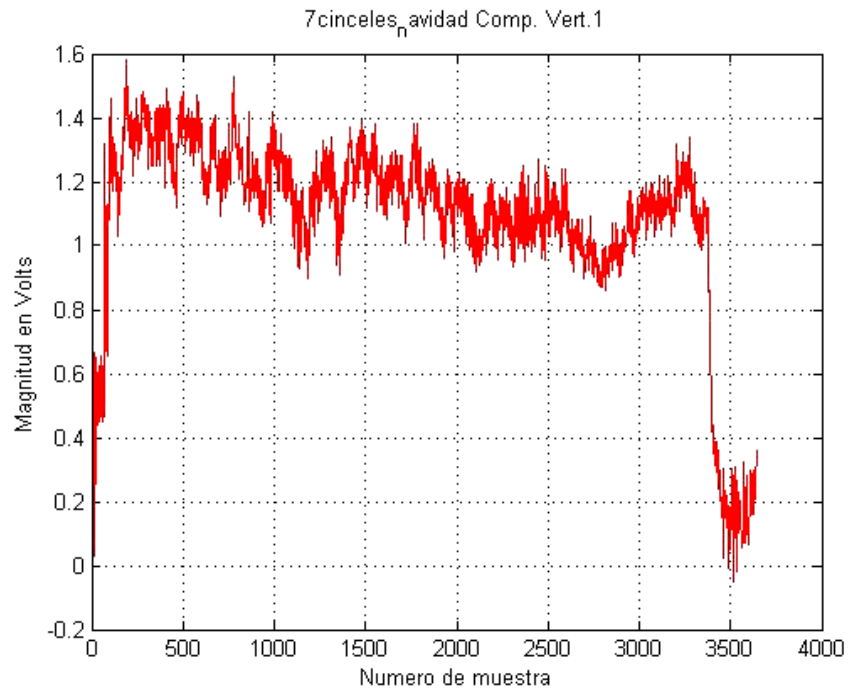


**Anexo 7.13. Cuadro de perfil de pruebas en rancho navidad suelo franco-arcilloso**

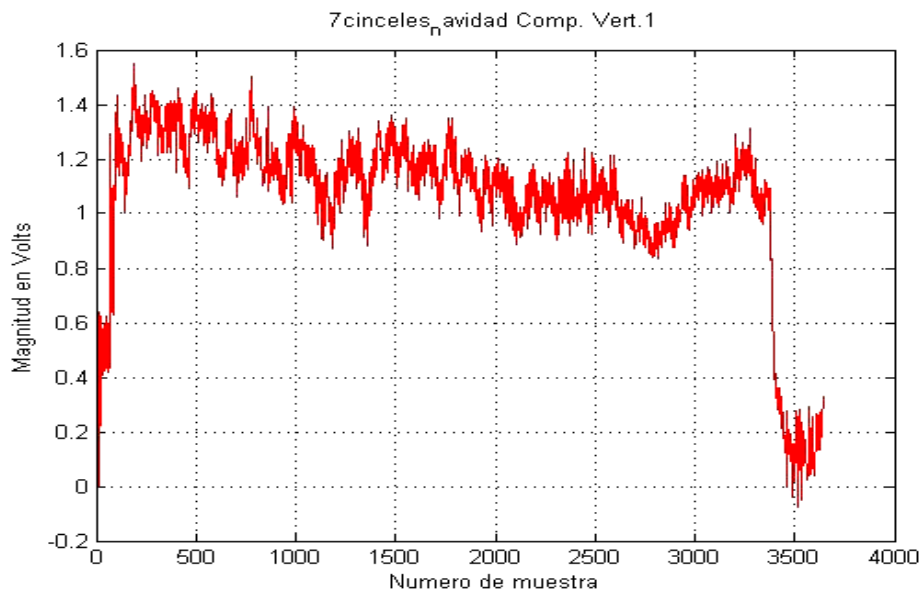
5cinceles rastra y desterronador castigado 3 <sup>era</sup> baja													
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	9	9	8.5	11.5	16.5	20	20	25.3	30	23	20.5	17.5	17
2	12	11.5	18.5	31	33	42.5	33	37	33.5	33.5	36.5	38	26
3	25	15	29	13	19.5	21.5	25.5	33	22.5	21.5	16.5	19.5	19
4	23	24	18	18.5	23.5	34	27	32.5	33.5	32	40.5	35.5	36
5	28	38.5	34.5	32	31.5	27	39	37	37	36	24	50	34
6	28.5	37	33.5	24.5	31.5	53	52	59.5	33	33.5	31.5	31.5	29
7	12.5	11.5	10	12.5	17.5	23.5	30.5	35.5	28	39.5	25	21.5	22.5
8	14	14.5	15	15.5	14	22	35.5	24	34.5	27.5	24.5	18.5	19.5
9	19.5	15.5	31	15.5	33	22.5	24.5	26.5	35	25.5	30.5	19.5	20.5
10	7	14	25	25.5	23.5	34	32	27	25	24.5	32	19.5	22.5
11	26.5	27.5	25.5	27	26	25.5	30.5	33.5	32.5	26	33.5	27.5	29.5
12	15.5	14.5	36.5	15.5	31.5	32.5	36.5	35	35	25.5	32.5	37	36.5
	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>PROF</b>	<b>AREA M<sup>2</sup></b>	
	20.5	22.5	23.5	33	24	21	16.5	11.5	9.5	8.5	18.19	0.41	
	26.5	34.5	33	29	25	29	16.5	17	16	18	27.41	0.62	
	23	39.5	33.5	24.5	20.5	22	16	16	15.5	15	22	0.49	
	23.5	37.5	34.5	38.5	27	21.5	19	18.5	16.5	18	27.5	0.62	
	46.5	37.5	37	37	34.5	23.5	33.5	33	26	21	33.83	0.76	
	30	32.5	35	32	36.5	34.5	32	34.5	28	20.5	34.5	0.78	
	28	32.5	32	30.5	24.5	19.5	13.5	10	9.5	14.5	21.93	0.5	
	22	36.5	32.5	34	26	22.5	21	16	13.5	14	22.48	0.51	
	20	26.5	26.5	36.5	34	38.5	34.5	34.5	35.5	13	26.89	0.61	
	30	37	43.5	30	32	27.5	35.5	29.5	27.5	13.5	26.85	0.61	
	27.5	28.5	37	34.5	35.5	31.5	21	33	33.5	49.5	30.54	0.69	
	38.5	38.5	36.5	38.5	37	39	33	33	33.5	32	32.33	0.74	
<b>PROFUNDIDAD PROMEDIO TOTAL: 27.04</b>						<b>AREA PROMEDIO TOTAL: 0.61 m<sup>2</sup></b>							
<b>MEDIA: 0.6127</b>				<b>DESV.EST: 0.1165</b>				<b>MEDIANA: 0.6175</b>					

**ANEXO 7.14 Graficas de datos obtenidos en campo, analizados en MatLab para la determinación de la fuerza de tiro trabajando con 7 cinceles en suelo-franco arenoso.**

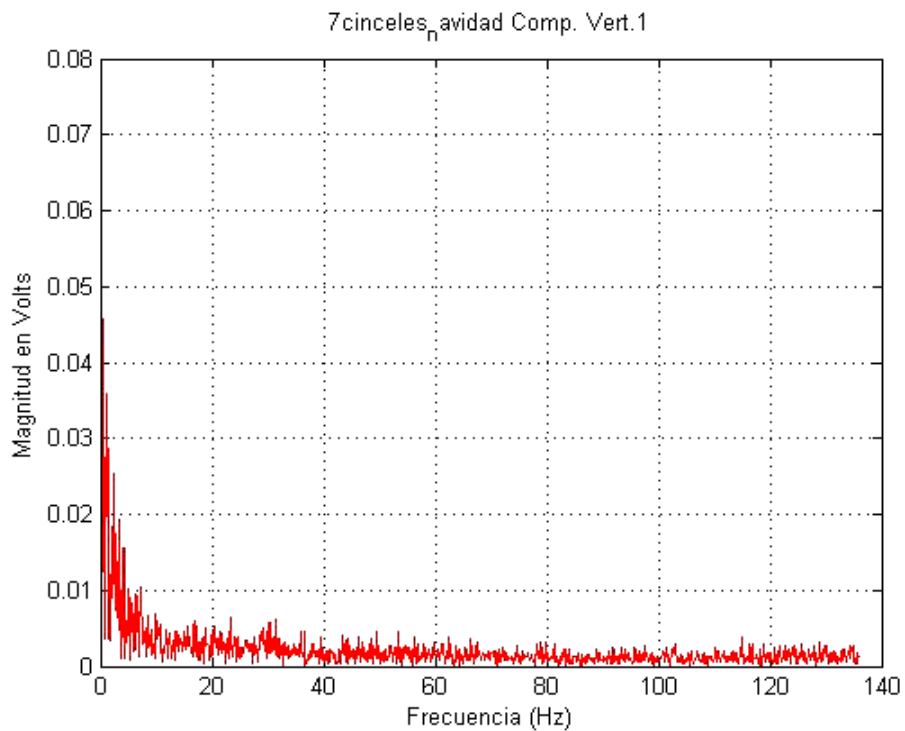
***Grafica inicial para análisis de datos***



***Grafica de ajuste de datos***



**Grafica obtenida de análisis terminado.**



**Anexo 7.15.- Proceso de análisis de datos obtenidos durante las pruebas en campo trabajando con 7 cinceles a 0.30m de profundidad en suelo franco-arenoso**

A continuación se muestra la recodificación en MATLAB de programa de análisis (Mojica, 2000).

Nombre de archivo de datos sin extensión: prueba5

Listo, archivo cargado

Numero de corrida (1/2): 1

Titulo para las graficas: 7cinceles\_navidad

Trabajando con la componente vertical...

Desplazamiento del inicio de valores con respecto a cero: 0.0282

Multiplicar por -1 o por 1: 1

En este momento se graficarán los datos ajustados...Pulsa una tecla...

Posición inicial para el análisis: 512

Posición final para el análisis: 2560

La media del segmento de datos es:

1.1482

Este valor será restado para desplazar los datos hacia el cero

Pulsa una tecla...

Ahora se obtendrán las magnitudes y frecuencias correspondientes.

Esto puede tardar un poco. Pulsa una tecla...

Si no se aprecian los valores, definir un rango entre 1 y el siguiente valor:

1025

¿Definir nuevo rango (s/n) ? n

El valor máximo para Pn es:

0.0734

A continuación, se analizará la componente horizontal. Pulsa una tecla...

Trabajando con la componente horizontal...

Desplazamiento del inicio de valores con respecto a cero: 0.0282

Multiplicar por -1 o por 1: 1

En este momento se graficarán los datos ajustados...Pulsa una tecla...

Posición inicial para el análisis: 512

Posición final para el análisis: 2560

La media del segmento de datos es:

1.1482

Este valor será restado para desplazar los datos hacia el cero

Pulsa una tecla...

Ahora se obtendrán las magnitudes y frecuencias correspondientes.

Esto puede tardar un poco. Pulsa una tecla...

Si no se aprecian los valores, definir un rango entre 1 y el siguiente valor:

1025

¿Definir nuevo rango (s/n)? n

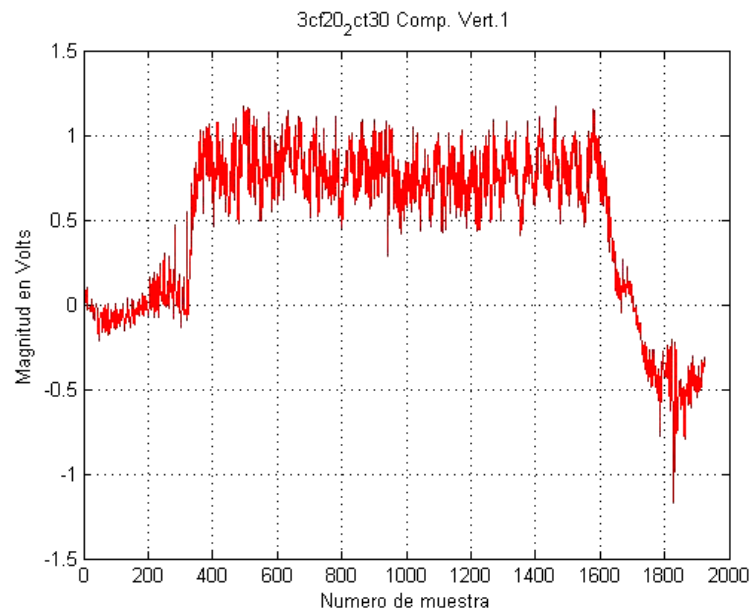
El valor máximo para Pn es:

0.0734

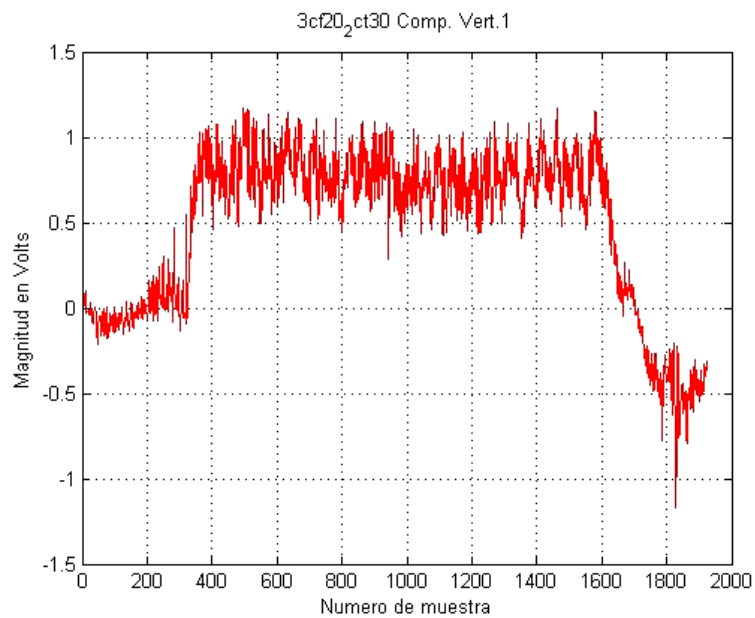
Análisis terminado

**ANEXO 7.16 Graficas de datos obtenidos en campo, analizados en MatLab para la determinación de la fuerza de tiro trabajando con 7 cinceles en suelo-franco arenoso.**

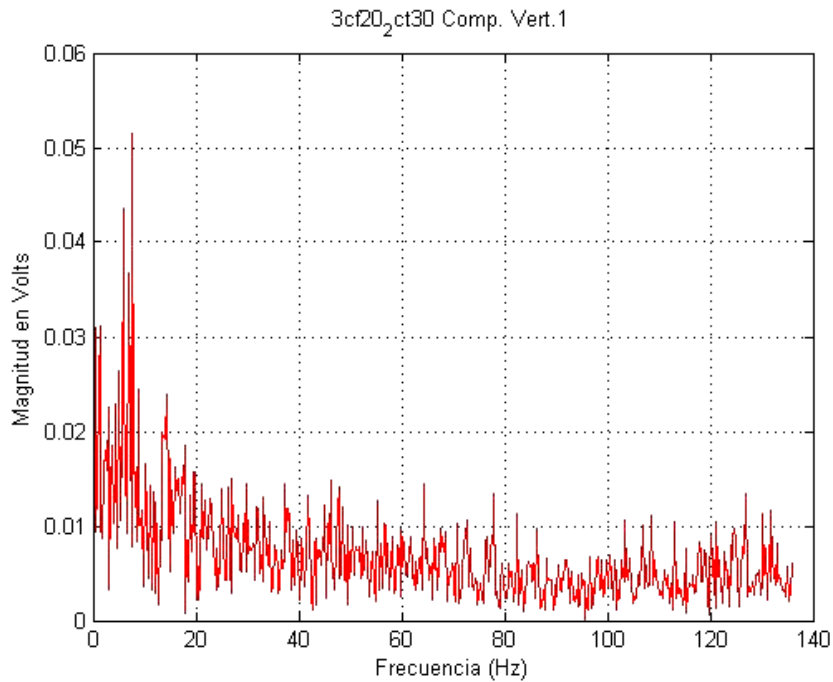
***Grafica inicial para análisis de datos***



***Grafica de ajuste de datos***



### **Grafica de análisis terminado**



### **Anexo 7.17.- Proceso de análisis de datos obtenidos durante las pruebas en campo trabajando con 7 cinceles a 0.30m de profundidad en suelo franco- arenoso**

Nombre de archivo de datos sin extensión: prueba3

Listo, archivo cargado

Numero de corrida (1/2): 1

Titulo para las graficas: 3cf20<sub>2</sub>ct30

Trabajando con la componente vertical...

Desplazamiento del inicio de valores con respecto a cero: 0.1971

Multiplicar por -1 o por 1: 1

En este momento se graficarán los datos ajustados...Pulsa una tecla...

Posición inicial para el análisis: 512

Posición final para el análisis: 1536

La media del segmento de datos es:

0.7782

Este valor será restado para desplazar los datos hacia el cero

Pulsa una tecla...

Ahora se obtendrán las magnitudes y frecuencias correspondientes.

Esto puede tardar un poco. Pulsa una tecla...

Si no se aprecian los valores, definir un rango entre 1 y el siguiente valor:

513

¿Definir nuevo rango (s/n)? n

El valor máximo para Pn es:

0.0529

A continuación, se analizará la componente horizontal. Pulsa una tecla...

Trabajando con la componente horizontal...

Desplazamiento del inicio de valores con respecto a cero: 0.1971

Multiplicar por -1 o por 1: 1

En este momento se graficarán los datos ajustados...Pulsa una tecla...

Posición inicial para el análisis: 512

Posición final para el análisis: 1536

La media del segmento de datos es:

0.7782

Este valor será restado para desplazar los datos hacia el cero

Pulsa una tecla...

Ahora se obtendrán las magnitudes y frecuencias correspondientes.



Esto puede tardar un poco. Pulsa una tecla...

Si no se aprecian los valores, definir un rango entre 1 y el siguiente valor:

513

¿Definir nuevo rango (s/n)? n

El valor máximo para Pn es:

0.0529

Análisis terminad