



---

---

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

## DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**Evaluación y modificación de un dosificador de  
semillas para superficies pequeñas.**

**POR:**

**DEYANIRA GAYOSSO TOLENTINO**

## **T E S I S**

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Abril de 2010.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

Evaluación y modificación de un dosificador de semillas  
para superficies pequeñas.

Por:

**Deyanira Gayosso Tolentino**

**TESIS**

Que somete a Consideración del H. Jurado Examinador como  
Requisito Parcial para Obtener el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

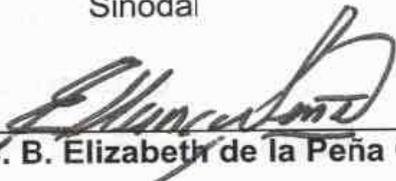
Aprobado por el Comité de Tesis

Asesor Principal



**Dr. Martín Cadena Zapata**

Sinodal



**M. C. B. Elizabeth de la Peña Casas**

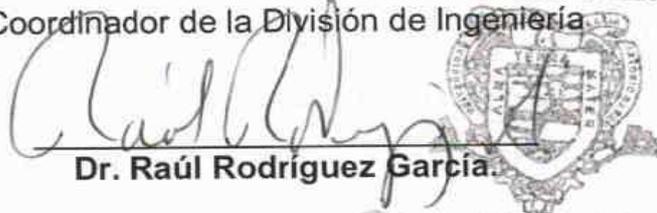
Co-Director de Tesis.



**Dr. Santos G. Campos Magaña**

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"

Coordinador de la División de Ingeniería



**Dr. Raúl Rodríguez García**

**Coordinación de  
Ingeniería**

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México  
Abril de 2010.

## **AGRADECIMIENTOS**

***A dios:** por permitirme culminar mi carrera de manera satisfactoria, guiándome por el camino del bien enseñándome que con esfuerzo y dedicación todo se puede lograr y que no hay imposibles. Gracias por dejarme vivir y darme una familia maravillosa que me ha llenado de amor y cariño.*

***A mi alma terra mater:** por brindarme una formación educativa y darme las herramientas necesarias para poder enfrentar nuevos retos el día de mañana.*

***Al Dr. Martín Cadena Zapata:** por permitirme trabajar en este proyecto de tesis dándome la oportunidad de colaborar con él.*

***Al Dr. Santos G. Campos Magaña:** por su gran apoyo, consejos, conocimiento y tiempo brindado durante todo este tiempo para poder terminar mi tesis "Gracias".*

***A la MC. B. Elizabeth de la Peña Casas:** por su colaboración en mi trabajo de tesis y por las enseñanzas brindadas durante mi estancia en la universidad.*

***Al MC. Héctor Uriel Serna Fernández:** por su amistad, apoyo, confianza y conocimientos brindados durante mi estancia en la institución "Gracias".*

*A todos los maestros del departamento de maquinaria agrícola: MC. Uriel Serna, Ing. Juan Arredondo, MC. Antonio Guerrero, MC. Jesús Valenzuela, Ing. Rosendo González, Ing. Jorge Flores, Ing. Ramiro Luna, MC. Elizabeth de la Peña, Dr. Martín Cadena y Dr. Gabriel Campos; por la formación académica brindada durante estos cuatro años en la universidad.*

*A mis compañeros de la generación CVIII de la carrera de Ingeniero Mecánico Agrícola: Cesar, Víctor, Nelson, Álvaro, Michel, Romain, Joel, Jorge, Nahúm, Cándido, Melbí, Obet, Samuel, José y Josafat.*

*Al personal de servicios asistenciales en especial a Iris y Xochitl por su apoyo, cariño y confianza gracias.*

## DEDICATORIAS

*A mis padres: las personas que más amo en el mundo (por ustedes soy lo que soy), gracias por ser mis papas y estar juntos apoyándome siempre. Gracias por darme una profesión, por sus sabios consejos que me han llevado por el buen camino. ¡Este trabajo es suyo!*

*María de Jesús Tolentino Trejo*

*y*

*Primitivo Gayosso Martínez*

*A ti mamá: este logro es para ti mamá por ser excepcional, el ángel que me cuida, protege, apoya y ama por sobre todas las cosas. Porque todos los sacrificios, esas desveladas, preocupaciones y disgusto que te hice pasar han tenido frutos sin ti jamás lo hubiera logrado. Tu eres el impulso que me ha dado la vida para lograr cada una de mis metas para no darme por vencida y seguir adelante porque tú eres el ejemplo más grande a seguir pues nunca has desistido en tu lucha por darnos una vida mejor a mí y a mis hermanos. Te amo mi señora bonita...*

*A ti papá: eres el mejor papa que dios me dio y por lo cual le estoy muy agradecida, gracias por ese apoyo, cariño y confianza incondicional que has brindado, por impulsarme a salir delante diciéndome que en la vida hay cosas difíciles pero o imposibles, me has dado la fuerza y el valor suficiente para poder lograr mis metas. Te amo*

*A mis hermanos:*

***Erika Itzel***

***Abdrey de Jesús***

***Diana Laura***

*Gracias por todo el cariño y apoyo que e recibido de ustedes, por los malos y buenos momentos que pasamos. Porque juntos contribuyeron con un granito de arena para que terminara mi carrera. Los amo, son los mejores hermanos que tengo y a los cuales quiero con todo el corazón este logro es por ustedes.*

*A mis abuelos:*

***Julia***

***y***

***Zenón***

*Por los sabios consejos que me enseñaron a ser mejor cada día, por todo el cariño y amor me dieron durante el tiempo que he vivido junto a ustedes y que a pesar de estar lejos los extraño y espero que siempre estén conmigo (los amo).*

***Delfina***

***y***

***Antonino***

*Por su amor y cariño brindado, por lo bueno que me han obsequiado con sus enseñanzas dándome aliento para seguir adelante y superarme nunca me falten (los amo).*

*A mi sobrina Heidi Daniela: por ser la chispita de luz que ilumino a mi familia llenándola de alegría, motivándonos a ser*

*mejor cada día para superar los momentos más difíciles en nuestra vida y estar siempre unidos.*

***A mi cuñado Daniel:** por brindarme su apoyo y amistad en todo momento.*

***A Corne:** Gracias por compartir conmigo tu amistad, apoyo, confianza y cariño, por estar siempre en los buenos y malos momentos que compartimos (Te amo).*

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE CUADROS.....	x
RESUMEN.....	xiv
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1 Importancia de la precisión en la distribución.....	1
1.2 Tracción animal.....	3
1.3 Pruebas de dosificación en laboratorio y campo... ..	3
1.4 Normalización de la maquinaria.....	6
1.5 Objetivos e Hipótesis.....	8
1.5.1 Objetivos generales.....	8
1.5.2 Objetivos específicos.....	8
1.5.3 Hipótesis.....	8
<b>II. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Clasificación de los tipos de dosificadores.....	9
2.2 Sistemas de siembra.....	13
2.2.1 Sistema de siembra en hileras.....	14
2.2.2 Sistemas de grano fino y al voleo.....	14
2.3 Funciones que debe cumplir una sembradora.....	14
2.4 Pruebas y evaluación de maquinaria agrícola.....	15
2.4.1 Importancia de evaluar la maquinaria agrícola.....	15
2.4.2 Sistemas de evaluación para maquinaria agrícola.....	16
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>20</b>
3.1 Localización del área de trabajo.....	20
3.2 Materiales.....	20
3.3 Metodología.....	21

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION.</b> .....	24
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b> .....	41
<b>VI. LITERATURA CITADA.</b> .....	43
<b>VII. ANEXOS</b> .....	47
<b>Anexo 1.</b> Dibujos de diseño.....	47
<b>Anexo 2.</b> Memorias de cálculo. ....	52

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Clasificación de los mecanismos dosificadores de los equipos de siembra.....	10
<b>Figura 2.2.</b> Mecanismo de medición de plato horizontal. ....	10
<b>Figura 2.3.</b> Mecanismo de medición con plato inclinado.....	10
<b>Figura 2.4.</b> Mecanismo de medición con plato vertical.....	11
<b>Figura 2.5.</b> Mecanismo de medición con celdas de una banda. ....	11
<b>Figura 2.6.</b> Distribuidor mecánico de cucharas. ....	12
<b>Figura 2.7.</b> Mecanismo de medición con dosificación al vacío.....	12
<b>Figura 2.8.</b> Mecanismo distribuidor de cilindro .....	13
<b>Figura 2.9.</b> Banco de pruebas. ....	18
<b>Figura 2.10.</b> Sistema Conr counter.....	18
<b>Figura 3.1.</b> Banco de pruebas. ....	20
<b>Figura 3.2.</b> Moto reductor... ..	21
<b>Figura 3.3.</b> Diagrama de actividades para la evaluación de la sembradora .....	22
<b>Figura 4.1.</b> Componentes del banco de pruebas... ..	24
<b>Figura 4.2.</b> Dimensiones principales de la semilla.....	25
<b>Figura 4.3.</b> Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con Maíz Plano, en un rango de 118 a 652 celdas por minuto.....	26
<b>Figura 4.4.</b> Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con Maíz Bola, en un rango de 159 a 592 celdas por minuto.....	28
<b>Figura 4.5.</b> Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con Frijol, en un rango de 163 a 580 celdas por minuto... ..	29
<b>Figura 4.6.</b> Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con Maíz Plano, en un rango de 234 a 861 celdas por minuto.....	31
<b>Figura 4.7.</b> Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con Maíz Bola, en un rango de 251 a 831 celdas por minuto.....	32
<b>Figura 4.8.</b> Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con Frijol, en un rango de 235 a 854 celdas por minuto... ..	33
<b>Figura 4.9.</b> Limpiador de cepillo.....	34
<b>Figura 4.10.</b> Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con Maíz Plano, en un rango de 216 a 783 celdas por minuto.....	35

<b>Figura 4.11.</b> Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con Maíz Bola, en un rango de 179 a 649 celdas por minuto.....	36
<b>Figura 4.12.</b> Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con Frijol, en un rango de 188 a 681 celdas por minuto.....	38
<b>Figura 4.13.</b> Limpiador de cepillo y plato dosificador.....	39
<b>Figura 4.14.</b> Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con Maíz Bola, en un rango de 192 a 682 celdas por minuto.....	40
<b>Figura 7.2.1.</b> Relación de transmisión.....	53
<b>Figura 7.2.2.</b> Plato dosificador.....	55
<b>Figura 7.2.3.</b> Botador y limpiador.....	55
<b>Figura 1A</b> Distribución de tamaño para Maíz Plano tenemos que 91 % de la semilla seleccionada por tamaño fue de 13 cm, el 4% menor a los 13 cm y el restante 5 % fue con semilla mayor a 13 cm.....	56
<b>Figura 1B</b> Distribución de tamaño para Maíz Bola tenemos que 81 % de la semilla seleccionada por tamaño fue de 12 cm, el 10 % menor a los 12 cm y el restante 9 % fue con semilla mayor a 12 cm.....	56
<b>Figura 1C</b> Distribución de tamaño para Frijol tenemos que 82 % de la semilla seleccionada por tamaño fue de 13 cm, el 6 % menor a los 13 cm y el restante 11 % fue con semilla mayor a 13 cm.....	57

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 4.1.</b> Dimensiones de las semillas utilizadas en las pruebas. ....	25
<b>Cuadro 4.2.1.</b> Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con Maíz Plano, con seis rangos de velocidad.....	26
<b>Cuadro 4.2.2.</b> Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con Maíz Plano, en un rango de velocidades de 118 a 652 semillas por minuto. ....	26
<b>Cuadro 4.3.1.</b> Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con Maíz Bola, con seis rangos de velocidad .....	27
<b>Cuadro 4.3.2.</b> Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con Maíz Bola, en un rango de velocidades de 159 a 592 semillas por minuto.....	27
<b>Cuadro 4.4.1.</b> Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con Frijol, con seis rangos de velocidad.....	28
<b>Cuadro 4. 4.2.</b> Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con frijol, en un rango de velocidades de 163 a 580 semillas por minuto ....	29
<b>Cuadro 4.5.1.</b> Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con Maíz Plano, con seis rangos de velocidad .....	30
<b>Cuadro 4.5.2.</b> Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con Maíz Plano, en un rango de velocidades de 234 a 861 semillas por minuto .....	30
<b>Cuadro 4.6.1.</b> Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con Maíz Bola, con seis rangos de velocidad.. .....	31
<b>Cuadro 4.6.2.</b> Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con Maíz Bola, en un rango de velocidades de 251 a 831 semillas por minuto.....	32
<b>Cuadro 4.7.1.</b> Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con Frijol, con seis rangos de velocidad.....	33
<b>Cuadro 4.7.2.</b> Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con Frijol, en un rango de velocidades de 235 a 854 semillas por minuto...	33

<b>Cuadro 4.8.1.</b> Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con Maíz Plano, con seis rangos de velocidad.....	34
<b>Cuadro 4.8.2.</b> Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con Maíz Plano, en un rango de velocidades de 216 a 783 semillas por minuto.....	35
<b>Cuadro 4.9.1.</b> Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con Maíz Bola, con seis rangos de velocidad.....	36
<b>Cuadro 4.9.2.</b> Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con Maíz Bola, en un rango de velocidades de 179 a 649 semillas por minuto.....	36
<b>Cuadro 4.10.1.</b> Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con Frijol, con seis rangos de velocidad.....	37
<b>Cuadro 4.10.2.</b> Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con Frijol, en un rango de velocidades de 188 a 681 semillas por minuto.....	37
<b>Cuadro 4.11.1.</b> Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con Maíz Bola, con seis rangos de velocidad.....	39
<b>Cuadro 4.11.2.</b> Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con Maíz Bola, en un rango de velocidades de 192 a 682 semillas por minuto.....	39
<b>Cuadro 4.12.</b> Se muestran los niveles de daños tanto para semilla de maíz como para frijol. ....	40
<b>Cuadro 7.2.1.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Plano con la relación de engranes [24:18].....	58
<b>Cuadro 7.2.2.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Plano con la relación de engranes [18:24].....	58
<b>Cuadro 7.2.3.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Bola con la relación de engranes [24:18].....	59
<b>Cuadro 7.2.4.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Bola con la relación de engranes [18:24].....	59
<b>Cuadro 7.2.5.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Frijol con la relación de engranes [24:18].....	60
<b>Cuadro 7.2.6.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Frijol con la relación de engranes [18:24].....	60

<b>Cuadro 7.2.7.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Plano con la relación de engranes [24:18] .....	61
<b>Cuadro 7.2.8.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Plano con la relación de engranes [18:24] .....	61
<b>Cuadro 7.2.9.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Bola con la relación de engranes [24:18].....	62
<b>Cuadro 7.2.10.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Bola con la relación de engranes [18:24] .....	62
<b>Cuadro 7.2.11.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Frijol con la relación de engranes [24:18].....	63
<b>Cuadro 7.2.12.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Frijol con la relación de engranes [18:24].....	63
<b>Cuadro 7.2.13.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Plano con la relación de engranes [24:18] .....	64
<b>Cuadro 7.2.14.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Plano con la relación de engranes [18:24] .....	64
<b>Cuadro 7.2.15.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Bola con la relación de engranes [24:18] .....	65
<b>Cuadro 7.2.16.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Bola con la relación de engranes [18:24] .....	65
<b>Cuadro 7.2.17.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Frijol con la relación de engranes [24:18].....	66
<b>Cuadro 7.2.18.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Frijol con la relación de engranes [18:24].....	66
<b>Cuadro 7.2.19.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Bola con la relación de engranes [24:18] .....	67
<b>Cuadro 7.2.20.</b> Resultados obtenidos de la prueba con Maíz Bola con la relación de engranes [18:24] .....	67
<b>Cuadro 7.2.21.</b> Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con Maíz Plano, a seis diferentes velocidades de dosificación .....	68
<b>Cuadro 7.2.22.</b> Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con Maíz Bola, a seis diferentes velocidades de dosificación .....	68

<b>Cuadro 7.2.23.</b> Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con Frijol, a seis diferentes velocidades de dosificación.....	68
<b>Cuadro 7.2.24.</b> Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con Maíz Plano, a seis diferentes velocidades de dosificación .....	69
<b>Cuadro 7.2.25.</b> Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con Maíz Bola, a seis diferentes velocidades de dosificación .....	69
<b>Cuadro 7.2.26.</b> Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con Maíz Bola, a seis diferentes velocidades de dosificación .....	69
<b>Cuadro 7.2.27.</b> Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con Maíz Plano, a seis diferentes velocidades de dosificación .....	70
<b>Cuadro 7.2.28.</b> Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con Maíz Bola, a seis diferentes velocidades de dosificación .....	70
<b>Cuadro 7.2.29.</b> Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con Frijol, a seis diferentes velocidades de dosificación.....	70
<b>Cuadro 7.2.30.</b> Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con Maíz Bola, a seis diferentes velocidades de dosificación .....	71

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la evaluación del prototipo de sembradora, Cotaxtla 1 de la empresa Herconth de Puebla, de labranza de conservación para tracción animal, con el objetivo de determinar la eficiencia de dosificación en términos de la velocidad del plato dosificador bajo condiciones de laboratorio con semilla de maíz y frijol, y observar el nivel de daños a la semilla producto de la velocidad del plato dosificador.

Las pruebas de la sembradora se hicieron con base a lo establecido en la norma NMX - O- 168 – SCFI – 2009 para prueba y evaluación de sembradoras unitarias y/o fertilizadoras accionadas mecánicamente con dosificador de semilla de disco.

De acuerdo a los resultados obtenidos se observó que en la prueba realizada en las condiciones que llegó la sembradora no presenta un comportamiento regular en relación a la uniformidad de dosificación, con maíz plano, ya que resultó una alta dispersión con una desviación estándar del 30%. En otra prueba utilizando un cepillo limpiador se presentó una dispersión con una desviación estándar del 17%. Lo cual indica la mejora en cerca del 50% en regularidad de dosificación cuando se empleó el cepillo limpiador.

En relación a los niveles de daños esto se redujo para el caso de maíz de 8 a 1.5 semillas dañadas por cada 1000, cuando se realizaron modificaciones al limpiador y al plato dosificador.

Por lo tanto se recomienda rediseñar los platos dosificadores para maíz y frijol para que estos dejen pasar una semilla por golpe, antes de realizar las evaluaciones bajo condiciones de campo, así como seguir utilizando el limpiador de cepillo para la evaluación de campo.

## **I. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1 Importancia de la precisión en la distribución.**

Los requerimientos de hoy en día en la agricultura moderna están orientados hacia los sistemas que reduzcan el uso de insumos y maximicen los rendimientos y utilidades (Reynolds, 2006).

Para obtener el máximo potencial de rendimiento de un cultivo, se requiere lograr una adecuada población y distribución de plantas en el sitio por lo que el éxito o fracaso de la cosecha se concentra principalmente en la siembra (Gracia y Palau, 1983).

La mejora de la calidad de siembra en la distribución esta directamente ligada con los aspectos agronómicos y económicos de la producción. Desde el punto de vista agronómico la colocación en el terreno de la cantidad precisa de semilla y en la posición adecuada es garantía de éxito en el rendimiento final del cultivo (Gil, 2000).

En términos de economía, y dentro de la necesidad de reducción de los costos de producción, la posibilidad de reducir la cantidad de semilla empleada mediante la utilización adecuada de la sembradora va a permitir ahorros económicos importantes, sobre todo si se tiene en cuenta el creciente costo de las semillas (Gil, 2000).

Maroni, (2006). Un proceso de siembra correcto, es el primer paso para obtener un resultado exitoso del cultivo. En las siembras, la entrega de semillas que hace el dosificador debe ser de a una por vez para lograr poblaciones y distribuciones óptimas, siendo muy importante el tipo de dosificador utilizado en la máquina sembradora. Se obtendrá una “buena siembra” cuando la

sembradora cumpla con el objetivo de entregar la cantidad de semillas por hectárea prefijada (densidad poblacional), separadas entre sí a una distancia uniforme (distribución espacial) y colocándolas en el suelo en el ambiente adecuado para que germinen y emerjan la totalidad de las plantas en el menor tiempo posible (profundidad uniforme); contactado semilla-suelo; tapado.

En forma común se observan importantes diferencia entre las poblaciones de número de plantas programadas y las logradas, así como de la uniformidad, por lo que optimizar los sistemas de dosificación se presentan como una alternativa de solución. Por lo que optimizar los sistemas de dosificación de semillas debería enfocarse al análisis de parámetros tales como: geometría y masa de semilla, fuerzas de succión, velocidad de siembra y fuerza de impacto (Kepner, 1978).

El uso de dosificadores surge como una respuesta a la necesidad de los agricultores por una tecnología de alta precisión. Esto representa sin duda una autonomía, en la calidad de siembra, de la variabilidad de los parámetros a los que se enfrentan durante el establecimiento de los cultivos (Cortes, 2005).

El porcentaje de llenado de celdas para una sembradora está influenciada por factores tales como: el tamaño de semillas, la forma de estas, el tiempo de exposición de una celda a la semilla dentro del depósito, y a la velocidad lineal de la celda (Kepner, 1978).

La forma de la celda en los platos dosificadores determina la eficiencia en el porcentaje de llenado de celdas y además recomienda el uso de sensores de desplazamiento, frecuencia de la caída de semilla para asegurar eficiencias superiores al 90% (Ramírez, 2000).

## **1.2 Tracción animal.**

Actualmente se ha revitalizado la mecanización con tracción animal en el país, con la utilización de esta tecnología se preservan los suelos y se disminuye la contaminación atmosférica. El uso de esta fuente energética siempre será pertinente en un grupo de labores donde su eficiencia ha quedado demostrada en áreas poco mecanizables por su pendiente, pedregosidad, obstáculos, etc.; en parcelas pequeñas de huerto, autoconsumo, etc. (Valdés et al., 2004).

El uso de la tracción animal en las labores agrícolas en áreas poco mecanizables por sus condiciones topográficas, de desarrollo, de suelo, por sus dimensiones, etc. nos obliga a acoplarles implementos constructivamente adecuados y que no produzcan una mayor degradación del suelo (Wong et al., 2004).

Galindo, (2009). Propone a la tracción animal como una alternativa tecnológica viable e innovadora para el productor que así puede sortear las dificultades económicas y ser más eficiente en la realización de su trabajo.

Conocer la fuerza de tiro y la demanda de potencia de los implementos agrícolas es de fundamental importancia para armonizar el conjunto animal-maquina, producir mejoras en su diseño y planificar los tiempos de descanso de los animales. También es de suma utilidad para el diseño o regulación óptima de los arneses.

## **1.3 Pruebas de dosificación en laboratorio y campo.**

Acevedo, (2005). Evaluó el desempeño de la sembradora "ZILLI" siguiendo los procedimientos de la norma mexicana (NMX - 0- 168 – SCFI – 2002) en lo referente a las pruebas de campo y de laboratorio. Las pruebas y evaluación fueron las de dosificación de semilla y fertilizante a diferentes velocidades e inclinaciones con dos tipos de semillas y un tipo de fertilizante. Se concluyó que la norma pudo aplicarse y alcanzar un estándar de funcionamiento de la

sembradora evaluada dentro de los estándares de  $\pm 5 \%$  para el daño mecánico. No se registro diferencia significativa en la profundidad de siembra; en la distancia entre semillas, no presento diferencia significativa al tratamiento uno y dos comparándolos con el tercero existe diferencia significativa, así mismo se observo el 100 por ciento de semilla cubierta con labranza secundaria.

García et al., (2000); realizaron un estudio sobre la calidad de dosificación de sembradoras neumáticas en laboratorio, donde evaluó una sembradora monograno marca "STANHAY", con tres diferentes tipos de semilla, a velocidades del disco dosificador de 12 y 24 rpm con tres niveles de vacío 30, 40 y 60 milibares con niveles de sacudidas de 120 a 240 impactos/minuto, con una amplitud de 20 milímetros. Como resultados de estos ensayos él reporta que las sacudidas alteran notablemente la calidad de trabajo, como también la velocidad excesiva del mismo disminuye la entrega de semillas del mecanismo dosificador.

Bernabé et al., (1993); evaluaron en campo dos sembradoras unitarias con semilla de maíz, en cuanto a su calidad de trabajo, llenando la tolva y combinaciones de engranes, el autor reporta que con una relación de engranes de 14 y 17 dientes movido y conducido respectivamente y a 4.4 km/hr de velocidad de avance y con un 50 % de llenado de tolva obtuvo la profundidad de siembra más estable, como también que a mayor velocidad de avance y llenado de tolva la distancia entre semillas disminuye, incrementado la dosis de siembra y el daño mecánico en la semilla de ambas sembradoras. También señala como la calidad de dosificación depende directamente de la velocidad de avance de la sembradora y la calidad de preparación de la cama de siembra.

Entre los años 2001 y 2002, en la Cátedra de Maquinaria Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR, Venezuela) se llevaron a cabo ensayos de un dosificador neumático utilizando semillas de maíz y de girasol de diversos calibres comerciales, de la mezcla entre ellos y hasta de semillas sin calibrar.

En las conclusiones se cita que: "...el dosificador neumático por succión de placa plana con perforaciones sectorizadas mediante un aro interceptor es capaz de manejar las semillas de maíz o de girasol, sin interesar su forma o tamaño y trabajando en un amplio rango de velocidades de avance". También que: "...es posible dosificar semillas de diversos calibres comerciales, las mezclas entre ellos y aún semillas sin el proceso de calibración previo que realiza el semillero". Por último, se señala que: "...tanto para maíz como para girasol, es suficiente la utilización de una sola placa dosificadora por especie" (Maroni, 2006).

En el instituto de ingeniería de Castelar, Buenos Aires, Argentina se evaluó el rendimiento de dosificación neumático por precisión con un dosificador neumático por depresión de la sembradora MaterMacc modelo Magicsem a tres diferentes velocidades de avance y empleándose 4 tipos de semilla de maíz, una de ellas compuesta por diversos tamaños llamada semilla de descarte.

Como resultado de las pruebas se obtuvo un elevado porcentaje de semillas dosificada dentro del rango que se considerado como aceptable y al aumentar la velocidades se incremento el numero de fallas. Al termino del trabajo se concluyo que el dosificador no presento ninguna influencia por la uniformidad de tamaño de la semilla, aun cuando se trabajo con muestras muy irregulares como lo fue el material de descarte (D' Amico et al., 2007).

El equipo docente de la Cátedra de maquinaria agrícola de la FCA-UNR (Venezuela), evaluó un dispositivo servidor neumático para bases de siembra mecánica con semilla de maíz calibrada y sin calibrar; donde se combina un sistema de captación de semillas neumático por vacio con un sistema mecánico de placa ranurada tradicional.

Como resultado de la evaluación se obtuvo que las mayores fallas corresponde a la semilla sin calibrar y estas se incrementaron al aumentar la velocidad; pero no se presentaron diferencias significativas en las fallas para cada tipo de semilla. Por lo tanto el dispositivo es capaz de manejar semillas de maíz de

diversos calibres, sin interesar su forma o tamaño y sin proceso de calibración (Maroni y Fernández, 2005).

#### **1.4 Normalización de la maquinaria.**

La Normalización ha sido durante años algo ciertamente desconocido fuera de un reducido grupo de técnicos especializados, a pesar de los beneficios que de su actividad se han derivado tanto para el productor como para el consumidor; debido que en el medio agrícola tiene una complicación adicional, en comparación con la normalización industrial, por las propias características del sector, donde usuario han tenido que aprender por si solos a elegir y manejar las maquinas que utilizan pequeños fabricantes que no pueden pagar asesoramiento técnico que los oriente sobre el manejo y calidad de ciertas maquinas. ([http://www.infoagro.com/maquinaria/normativa\\_tractores.htm](http://www.infoagro.com/maquinaria/normativa_tractores.htm)).

La mecanización agrícola es uno de los factores que contribuyen a mejorar la productividad y competitividad de las actividades en el campo. Por eso es tan importante que la maquinaria agrícola que se comercializa en el mercado esté regulada por ciertas normas de calidad que garanticen su adecuado funcionamiento y que aseguren a los productores que están adquiriendo los equipos que responden a sus necesidades.

Para la verificación de estos equipos, el INIFAP cuenta con el Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA), que se encarga de realizar pruebas y evaluaciones para maquinaria e implementos agrícolas conforme a las disposiciones de las Normas Mexicanas (NMX), a fin de verificar que las especificaciones técnicas de comportamiento del equipo que señala el fabricante efectivamente correspondan al producto que adquiere el consumidor final. ([www.inifap.gob.mx/servicios/cenema.htm](http://www.inifap.gob.mx/servicios/cenema.htm)).

Con el establecimiento de la norma mexicana NMX - O- 168 – SCFI – 2009; para Prueba y evaluación de Sembradoras unitarias y/o fertilizadoras

accionadas mecánicamente con dosificador de semilla de disco (cancela a la nmx-o-168-scfi-2002). Esta norma mexicana establece las especificaciones mínimas de calidad y el método de prueba para evaluar el funcionamiento, desempeño, seguridad y facilidad de operación de las sembradoras mecánicas y/o fertilizadoras en hileras con dosificador mecánico, que se comercialicen en la República Mexicana. ([www.dof.gob.mx/documentos/3696/seeco3/seeco3.htm](http://www.dof.gob.mx/documentos/3696/seeco3/seeco3.htm)).

Se tiene ahora un instrumento donde se puede, en teoría, verificar estándares mínimos de calidad, seguridad y eficiencia de sembradoras fertilizadoras.

**Palabras clave: Sembradora, dosificador, pruebas, maíz y fríjol.**

## **1.5 Objetivos e Hipótesis.**

### **1.5.1 Objetivo general.**

Prueba en laboratorio (banco de pruebas) del mecanismo dosificador de semilla de la sembradora Herconth.

### **1.5.2 Objetivos específicos.**

- Determinar la eficiencia de dosificación en términos de la velocidad del plato dosificador convencional y uno modificado bajo condiciones de laboratorio con semilla de maíz y frijol.
- Determinar el nivel de daños de la semilla producto de la velocidad del plato dosificador utilizando el limpiador metálico convencional y otro limpiador tipo cepillo.

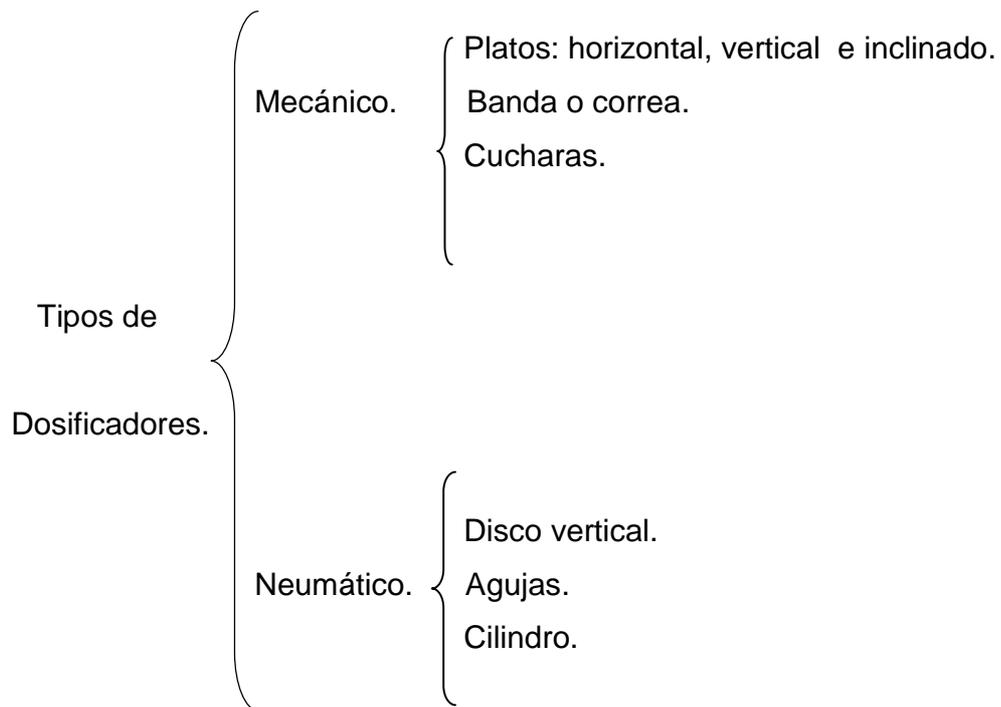
### **1.5.3 Hipótesis.**

El mecanismo dosificador convencional Herconth cumple los estándares de calidad establecidos por la norma NMX - O- 168 – SCFI – 2009; para Prueba y evaluación del mecanismo dosificador accionadas mecánicamente. Sin embargo su eficiencia puede ser aumentada realizando modificaciones al plato y al limpiador.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1 Clasificación de los tipos de dosificadores.

De acuerdo con Bragachini et al., (2003) en la **Fig. 2.1.** se muestra la clasificación de los mecanismos dosificadores más comunes en los equipos de sembradoras.



**Fig. 2.1.** Clasificación de los mecanismos dosificadores de los equipos de siembra.

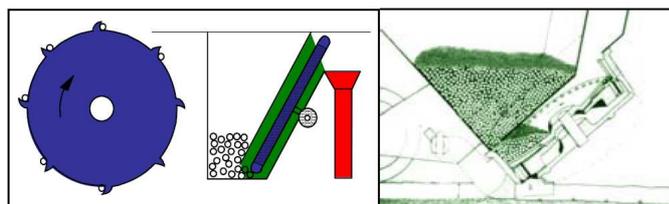
**Mecanismo distribuidor con plato horizontal;** donde el disco distribuidor con su movimiento de rotación va transportando semillas alojadas en sus alvéolos o escotaduras, desde la tolva hacia el exterior, próximo al suelo, desde donde en

caída libre de pocos centímetros alcanzaran el lecho preparado (**Fig. 2.2.**); pero no se recomienda a semillas de pequeño tamaño (Gracia y Palau, 1983).



**Fig. 2.2.** Mecanismo de medición con plato horizontal.

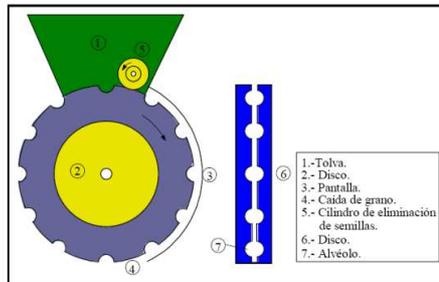
**Mecanismo distribuidor con plato inclinado;** en este sistema la alimentación es lateral donde las semillas se recogen desde la parte inferior de la tolva siendo descargada por la parte superior, o en un segundo plato paralelo al inferior que conduce hasta la zona de descarga situado bajo la tolva como se muestra en la **Fig. 2.3.** Este tipo de distribuidos es sensible a la caída de semilla debido a las vibraciones de la sembradora y la altura de caída de la semilla varía entre 10 y 30 cm. (Ortiz, 1989).



**Fig. 2.3.** Mecanismo de medición con plato inclinado.

**Mecanismo distribuidor con plato vertical;** Kepner (1978), nos dice que este mecanismo se usa frecuentemente en siembras precisas de vegetales y remolacha azucarera. Los platos verticales (**Fig. 2.4.**) son los que ofrecen mayor seguridad dentro del grupo de los discos para siembra de precisión con semilla de tamaño medio siempre y cuando esté bien calibrada; estos distribuidores tienen la ventaja de aproximar mucho la semilla al suelo evitando

que se presenten desviaciones significativas con respecto al punto de encuentro previsto (Gracia y Palau, 1983).



**Fig. 2.4.** Mecanismo de medición con plato vertical.

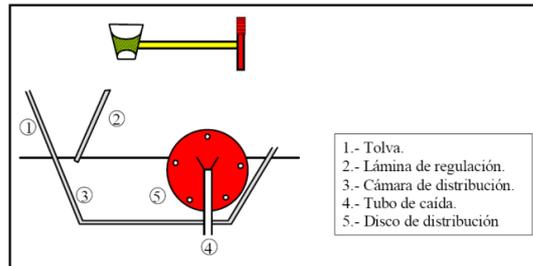
**Mecanismo distribuidor de banda o correa;** este tipo de mecanismo preciso de medición tiene celdas en una banda, ajustadas a las semillas (véase la **Fig. 2.5**). Las semillas llegan desde un depósito y entran a la cámara por arriba de la banda por medio de una apertura, y son mantenidas en un nivel controlado. Como la banda gira en sentido contrario a las manecillas del reloj, el botador de semillas que también gira retira el exceso de semilla, permitiendo una semilla por celda, estas son transportadas sobre la base y descargadas en la parte inferior de la banda en la rueda repelente de semillas (Kepner, 1978).



**Fig. 2.5.** Mecanismo de medición con celda de una banda.

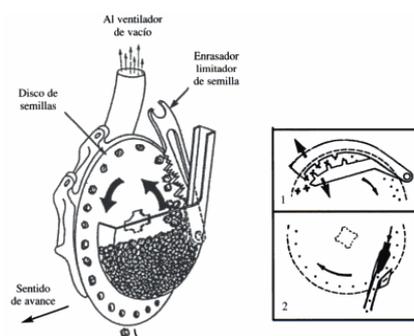
**Mecanismo distribuidor de cucharas;** método desarrollado en Suecia con una rueda sembradora provista de cucharas radiales que cogen la semilla de la cámara de carga y la transportan hasta un punto donde la dejan caer al suelo, realizando para ello una pequeña rotación dirigida por una leva como se observa en la **Fig. 2.6**. Existe un gran número de cucharas de diferentes

tamaños y formas para cubrir toda la gama de semillas hortícolas. Hay alguna cuya cavidad semiesférica apenas alcanza 1 mm. de diámetro, que se destinan a semillas pequeñas de col (Gracia y Palau, 1983).



**Fig. 2.6.** Distribuidor mecánico de cucharas.

**Mecanismo de medición por dosificación al vacío;** (Bragachini, et al., 2003) presentan en promedio una mejor distribución de semillas con formas y tamaños irregulares como el girasol y el maíz, tolerando una mayor velocidad de siembra que el mecánico, sin provocar fallas por falta de carga de la placa. La semilla es succionadas en contra de las celdas del plato giratorio, mantienen en el hasta llegar a un punto donde el sello de vacío termina (**véase la Fig. 2.7.**), y debido a la diferencia de presión existente entre la recamara de vacío y la presión atmosférica, las semillas caen hacia el fondo del surco por gravedad (Kepner, 1978).



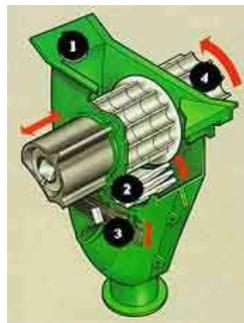
**Fig. 2.7.** Mecanismo de medición por dosificación al vacío.

**Mecanismo distribuidor neumático de agujas;** en el sistema neumático de disco con agujas, el distribuidor está constituido por un estrecho cilindro en cuyo interior se crea una depresión a través de las conducciones neumáticas que

llegan a su eje. En su superficie lateral lleva colocadas entradas de aire que se asemejan a los engrasadores clásicos, que al girar atraen la semilla, y cuando ésta alcanza el punto deseado cesa la aspiración y caen hasta el suelo.

Utilizando agujas con orificios bien adaptados al grano y creando una depresión suficiente se llega en la mayor parte de los casos a no tomar más que un sólo grano por tubo. ( [www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/.../temas/sembradoras.pdf](http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/.../temas/sembradoras.pdf))

**Mecanismo distribuidor de cilindro;** El dosificador de semilla es del tipo rotor acanalado externo (**Fig. 2.8.**), destacándose por su eficiencia y su sencilla regulación. Para un tratamiento suave de la semilla el cuerpo de la tasa alimentadora es de material plástico (acetato copolímero reforzado con fibra de vidrio) y la compuerta de alimentación es de nylon. Cuya regulación se basa en la translación del rodillo, dejando expuesto mayor o menor volumen de acanaladura al flujo de semillas (Diezma y García, 2006).



**Fig. 2.8.** Mecanismo distribuidor de cilindro.

## 2.2 Sistemas de siembra.

Los sistemas de siembra más importantes son los siguientes (Breece, 1975):

- Sistema de siembra en hileras.
- Sistemas de grano fino y al voleo.

### **2.2.1 Sistema de siembra en hileras.**

En sistema de siembra se utilizan las sembradoras en hileras, utilizadas para cultivos que van en líneas separadas, a las distancias más apropiadas y determinadas por experimentación, para lograr mejores rendimientos. Estos cultivos al sembrarse en estas condiciones, podrán ser escardadas, es decir, se podrá cultivar la plantación y efectuar todas las labores subsecuentes sin el problema de perjudicar la plantación (Soto, 1983).

### **2.2.2 Sistemas de grano fino y al voleo.**

La siembra a voleo consiste en la distribución al azar de las semillas sobre toda la superficie del terreno. La siembra a voleo es apropiada para semillas pequeñas. Estas sembradoras suelen ser de construcción muy simple, viéndose dos tipos: centrífugas y de descarga libre (Hernanz, 1997).

Los cultivos sembrados con una sembradora para grano fino generalmente son cosechas de alto rendimiento. Las sembradoras de grano fino proporcionan una distribución más precisa de las semillas y una profundidad más uniforme que el equipo de siembra tipo a voleo; existen dos tipos de sembradoras de grano fino: sembradora con rueda en los extremos y sembradora con ruedas prensadoras (Breece, 1975).

### **2.3 Funciones que debe cumplir una sembradora.**

Abrir el surco en el suelo, con la profundidad y la forma adecuadas. Para una germinación adecuada las semillas deben colocarse debajo de la superficie, por tanto, el equipo sembrador debe prever un mecanismo para la apertura del surco. Este dispositivo es un abresurco que debe mantener el surco a una profundidad apropiada en una variedad de condiciones de suelo. La semilla no

puede ser plantada superficialmente ni demasiado profundo, ya que estas dos situaciones ponen en riesgo la germinación (Rodríguez, 2008).

## **2.4 Pruebas y evaluación de maquinaria agrícola.**

El termino prueba es normalmente usado en conexión con un análisis de comportamiento de una maquina comparado con estándares bien definidos bajo condiciones ideales y repetibles.

En contraste, evaluación es la medición del rendimiento de la maquina en condiciones reales de campo. El propósito es obtener información de las maquinas bajo condiciones del medio para el cual fue diseñada y que varia continuamente (Smith y Sims, 1990).

Ambos conceptos prueba y evaluación se complementan para dar una apreciación integral de las maquinas agrícolas.

### **2.4.1 Importancia de evaluar la maquinaria agrícola.**

En México, se consideran como tareas primordiales de política agropecuaria la modernización de la explotación agrícola para el mejoramiento del estatus social y económico de las zonas rurales, a través del fomento de la mecanización de las labores agrícolas de productores de pequeña escala, sin embargo existen factores que inhiben la funcionalidad agrícola en el cual se contemplan los siguientes:

- El no existir un sistema de funcionalidad para el desarrollo y mejoramiento de las maquinas agrícolas, ni de pruebas de durabilidad o de la economía de las mismas por tal motivo no hay suficientes conocimientos técnicos y científicos acumulados sobre estos aspectos.

- Los productores agrícolas se interesan en la funcionalidad de las maquinas agrícolas, sin embargo, tienen que correr el riesgo al intentar adquirirlas, al no existir un sistema confiable de aseguramiento de la calidad y de la funcionalidad de las mismas (Ozuna, 2003).

Por lo tanto es necesario establecer un sistema de pruebas y de evaluación de las maquinas agrícolas para asegurar la funcionalidad de estas maquinas usadas en el campo.

#### **2.4.2 Sistemas de evaluación para maquinaria agrícola.**

Smith et al., 1994. Para el procedimiento de pruebas de sembradoras en laboratorio, algunos de los puntos que deben analizarse son:

- El mecanismo dosificador y método para cambiar la dosis de semilla entregada.
- Tipos de abridores de surcos y tapadores.
- Tipos de mecanismos y transmisión para accionar la maquina.
- Controladores de profundidad.
- Pruebas del mecanismo dosificador: donde los resultados obtenidos darán la información básica para obtener su rendimiento o desempeño en el campo.
- Rango de siembra: deberán ser evaluados a su máxima, media y mínima efectiva tasa de siembra.
- Semillas para la prueba ya daño mecánico: las pruebas deberán ser efectuadas usando tres diferentes tipos de semilla las cuales deberán ser especificadas de acuerdo a su tipo y peso de 1000 gramos tamaño medio y contenido de humedad. Después de cada prueba se tomaran tres muestras de semilla al azar y se pesara.

Por su parte el comité estatal de normalización de Cuba de maquinaria agrícola (1987). Señala que la evaluación objetiva de la maquinaria agrícola debe reunir y determinar los siguientes aspectos:

- Las maquinas agrícolas deben garantizar la calidad de trabajo. Para lo cual es necesario tomar en cuenta la influencia de las condiciones del suelo, el cultivo y las condiciones ambientales sobre los índices energéticos y económicos del trabajo de la maquinaria.
- Las maquinas agrícolas seleccionadas, en este caso la sembradora debe garantizar la carga optima del tractor, de tal manera que utilice al máximo la potencia del mismo para obtener una alta eficiencia en el consumo energético por unidad de superficie sembrada.
- El implemento debe garantizar una alta seguridad y comodidad de explotación.

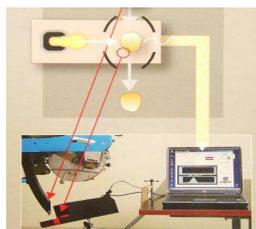
Syngenta cuenta con una herramienta para evaluar plantabilidad y distribución en el sistema de siembra mecánico (de placas). Este sistema consta de un simulador de siembra (instalado como banco de pruebas), fabricado con elementos originales de sembradoras existentes en el mercado argentino, con dos modalidades: un modelo de cuerpo de siembra con fondo plano y otro modelo de fondo inclinado.

El banco de pruebas (**Fig. 2.9**), tiene la opción de simular la velocidad de siembra deseada y contar los alvéolos de las placas, lo que nos permite la comparación con las semillas contadas a distintas velocidades.



**Fig. 2.9.** Banco de pruebas.

Adosado a éste banco de pruebas, el sistema “Corn Counter” (desarrollado por Syngenta Basilea – Suiza) que se muestra en la **Fig. 2.10.**, permite contar las semillas que caen por el tubo de bajada de los cuerpos de siembra y medir por tiempo el paso entre una semilla y otra, lo que refleja la posible distribución espacial en la línea de siembra.



**Fig. 2.10.** Sistema “Corn Counter”.

Este sistema (Corn Counter), nos permite evaluar la posible distribución en un sistema de siembra neumático. Estas mediciones (cantidad y tiempo entre semillas), son transmitidas a un software, donde elabora un informe y grafica los datos recibidos. De ésta manera, se determina la placa más adecuada para cada Híbrido/Calibre/Batch y se sugiere la misma para cada caso con un reporte de la prueba. (<http://www.nkenvivo.com.ar/guiadesiembra.pdf>)

Albarran, 2004. Menciona que las pruebas evaluación se deben realizar con el procedimiento de la Norma Mexicana (NMX-O168-2002) a los implementos agrícolas son:

- Llegada del equipo que se somete a prueba y evaluación.

- Preparación de la prueba: (tractor, combustible, insumos, campo, instrumentación y herramientas).
- Estudio de la estructura.
- Estudio agronómico y de ingeniería del material sujeto a pruebas.
- Prueba de dosificación en banco: (velocidad de operación, ajuste del dosificador de precisión, dosificación de la semilla por metro y fertilizante, densidad de siembra, dosis de fertilizante, irregularidad de la entrega de la maquina, irregularidad de entrega entre salidas, porcentaje de semilla dañada, efecto del cambio de operación en la dosificación de semilla, efecto del cambio de inclinación transversal de la maquina en la dosificación de semilla y efecto de vibración en la dosificación de semilla).
- Pruebas de dosificación por desplazamiento.
- Estudio sobre las condiciones de campo: (prueba de ajuste).
- Evaluación del funcionamiento: (parcela de pruebas y condiciones de operación).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1 Localización del área de trabajo.

La evaluación se realizó en el laboratorio de sembradoras de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo y se localiza al suroeste de Coahuila, en las coordenadas 101°59'17" longitud oeste y 25°23'59" latitud norte, a una altura de 1,600 metros sobre el nivel del mar.

#### 3.2 Materiales.

Para la evaluación del prototipo de sembradora, Cotaxtla 1 de la empresa Herconth de Puebla, de labranza de conservación para tracción animal se emplearon los siguientes equipos e instrumentos:

- Banco de pruebas mostrado en la **Fig. 3.1.** que consta de lo siguiente.



**Fig. 3.1.** Banco de pruebas y sembradora.

- Un enganche de paralelogramo para enganchar la sembradora al banco de pruebas.

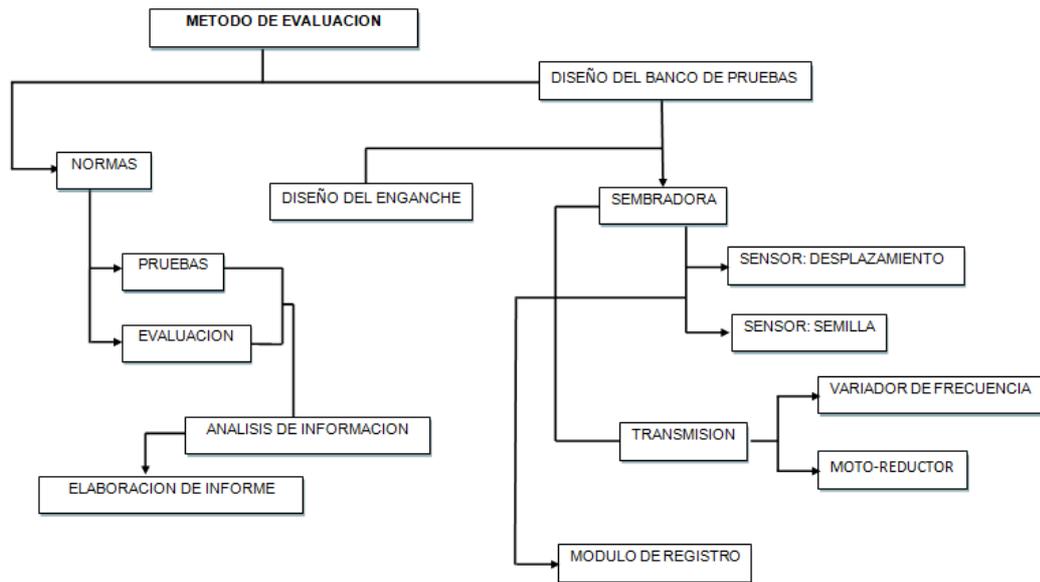
- Un moto reductor de 5 hp, con una relación de reducción de 1:30 para obtener diferentes velocidades de giro para simular distintas velocidades de siembra.
- Variador de frecuencia (micromaster 4200) marca siemens.
- Sensor de caída de semilla.
- Contador digital de semillas reales e ideales.
- Semillas de maíz (plano y bola) frijol.



**Fig. 3.2.** Moto reductor.

### **3.3 Metodología.**

Las pruebas de la sembradora se realizaron en el laboratorio de pruebas del departamento de maquinaria agrícola de la UAAAN de acuerdo a la norma mexicana NMX-0-168-SCFI-2009 siguiendo el esquema de evaluación mostrado en la **Fig. 3.3**.



**Fig. 3.3.** Diagrama de actividades para la evaluación de sembradora.

En la **Fig. 3.1** se muestra una fotografía de la maquina sembradora a ser evaluada de las cuales se registro la siguiente información:

- Unidades que integran la sembradora como son: platos dosificadores, tipos de abresurco, tipo de disco cortador de residuos, relación de transmisión así como tipo de enganche.
- Dimensiones generales.
- Peso total de la maquina.

Las pruebas del prototipo de sembradora, Cotaxtla 1 de la empresa Herconth de Puebla, se realizaran para determinar la eficiencia de dosificación en función del porcentaje de llenado de celdas a 6 diferentes velocidades en las semillas de maíz bola, maíz plano y frijol. Los rangos de velocidades a seleccionadas fueron en función de una densidad de siembra de 40,000 a 100,000 semillas por hectárea para maíz y de 30,000 a 250,000 para frijol en un rango de velocidades de 2.5 a 5 km/hr como se muestra en el **Anexo 2**.

Para obtener la mayor uniformidad en dosificación se realizó una selección de semilla por tamaño y forma empleando una seleccionadora mecánica. Para determinar el tamaño y forma de la semilla se tomó una muestra de 100 semillas con tres repeticiones midiendo largo, ancho y espesor y realizando un análisis estadístico de las muestras.

Para llevar a cabo la evaluación de dosificación se determinó la mejor relación de transmisión y la frecuencia a la que debería operar el moto reductor para obtener los rangos de semillas por minuto en función de las características de operación bajo condiciones de campo. Una vez obtenidas las frecuencias y las relaciones de transmisión se iniciaron las pruebas de dosificación.

Para cada uno de los tratamientos se realizaron 3 repeticiones de 1000 semillas reales y se registró el tiempo, semillas ideales, semillas dañadas, tanto para maíz plano, maíz bola y frijol.

Se realizó un análisis de varianza por cada tipo de semilla para los 6 tratamientos, empleando el paquete estadístico de la Universidad de Nuevo León, en caso de presentar diferencia estadística se hizo un contraste de medias. Para la determinación de la curva de comportamiento del dosificador por cada tipo de semilla se realizó un análisis de regresión empleando el paquete estadístico de Minitab.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Para la realización de la evaluación fue necesaria la construcción de un marco de pruebas como se muestra en la **Fig. 4.1** la cual incluye paralelogramo (1) de montaje al bastidor del marco de pruebas; moto variador (2), monitor de registro de datos (3), sensores de semilla y desplazamiento (4) y variador de frecuencia (5). En el **Anexo 1** se muestra los dibujos que se realizaron para el diseño del acoplamiento de la sembradora al marco de evaluación.



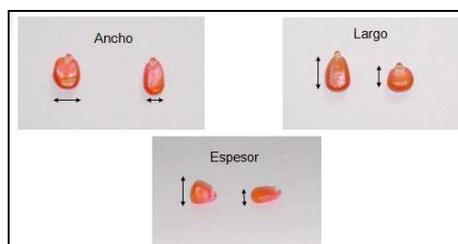
**Fig. 4.1.** Componentes del banco de pruebas.

En el **Cuadro 4.1.** se muestran las dimensiones de las semillas, de maíz plano y bola así como las de frijol, empleadas en las pruebas de funcionamiento del dosificador de la sembradora de labranza de conservación Cotaxtla 1 de la empresa Herconth de Puebla.

**Cuadro 4.1** Dimensiones de las semillas utilizadas en las pruebas.

DIMENSIONES (cm)	TIPO DE SEMILLA								
	MAIZ PLANO			MAIZ BOLA			FRIJOL		
	PROM.	SD	CV	PROM.	SD	CV	PROM.	SD	CV
ANCHO	9.18	0.73	8	8.76	1.08	12.34	8.03	0.4	5.08
ALTO	12.17	1	8.23	10.9	1.31	12.08	12.75	0.72	5.7
ESPESOR	5.26	0.83	15.8	6.08	0.94	15.46	5.6	0.47	8.57

En el **Anexo 2 (Fig. 1A, 1B, 1C)** se muestran las figuras con los datos estadísticos de las distribuciones por tamaño de las semillas empleadas y en la **Fig. 4.2.** se muestran las principales dimensiones tomadas para el análisis. Para maíz plano tenemos que 90% de la semilla seleccionada por tamaño fue de 13 cm, el 4% menor a los 13 cm y el restante 6% fue con semilla mayor a 13 cm. Las distribuciones por tamaño para maíz bola y frijol se muestran en el **Anexo 2** en las **Fig. 1B y 1C.**



**Fig. 4.2.** Dimensiones principales de la semilla.

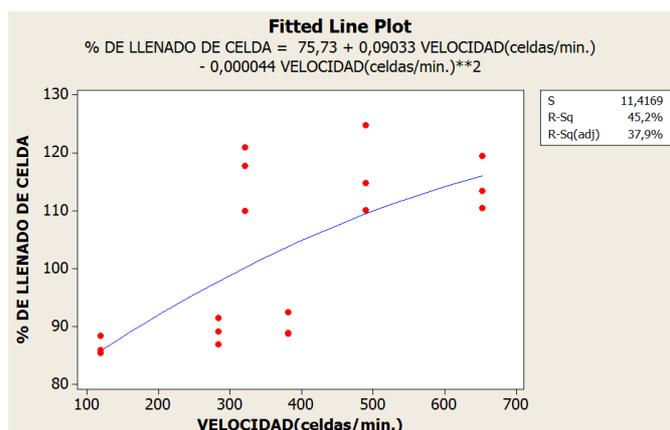
En los **Cuadros 4.2.1 al 4.4.2** se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas a la sembradora en las condiciones que fueron entregadas por el fabricante. En el cual se emplearon los platos, limpiador de exceso de semillas y botador originales, cuyas características se muestran en el **Anexo 2.**

**Cuadro 4.2.1.** Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con *Maíz Plano*, con seis rangos de velocidad.

TRATAMIENTO	VELOCIDAD	REPETICIONES		
	(Celdas/min)	1	2	3
1	188	88.4	86.0	85.4
2	283	86.9	89.1	91.5
3	320	120.8	110.0	117.7
4	380	88.8	92.5	88.8
5	489	124.7	114.7	110.0
6	652	113.4	119.4	110.4

**Cuadro 4.2.2.** Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con *Maíz Plano*, en un rango de velocidades de 118 a 652 semillas por minuto.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
5	116.5 A
3	116.1 A
6	114.4 A
4	90.0 B
2	89.2 B
1	86.6 B
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA =</b>	<b>0.05</b>



**Figura 4.3.** Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con *Maíz Plano*, en un rango de 118 a 652 celdas por minuto.

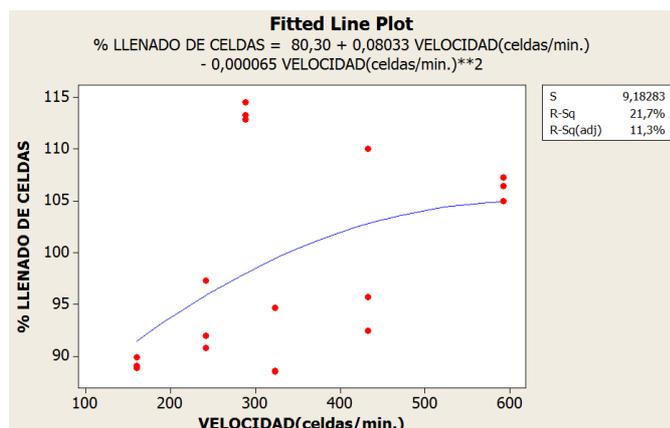
De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de comparación de medias, **Cuadro 4.2.2.**, se muestra una dosificación de semilla afectada por la velocidad de siembra, así mismo en el análisis de regresión, **Fig. 4.3.** no se muestra ninguna tendencia clara del comportamiento de la maquina, en sus condiciones como la entrega el fabricante, mostrando un bajo coeficiente de correlación (R-sq) del 45.2%. En el **Anexo 2** se muestran los datos y la memoria de cálculos obtenidos en la evaluación, en este se puede apreciar claramente que el numero de semillas por celda es irregular con una media de 3.23 y con una desviación estándar de 0.45.

**Cuadro 4.3.1.** Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con **Maíz Bola**, con seis rangos de velocidad.

TRATAMIENTO	VELOCIDAD	REPETICIONES		
	(Celdas/min)	1	2	3
1	159	89.9	88.9	89.1
2	241	97.3	92.0	90.8
3	288	113.3	114.6	112.9
4	323	94.7	88.5	88.6
5	433	110.1	92.5	95.7
6	592	107.3	105.0	106.5

**Cuadro 4.3.2.** Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con **Maíz Bola**, en un rango de velocidades de 159 a 592 semillas por minuto.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
3	113.6 A
6	106.2 B
5	99.4 C
2	93.3 CD
4	90.6 D
1	89.3 D
NIVEL DE SIGNIFICANCIA =	0.05



**Figura 4.4.** Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con **Maíz Bola**, en un rango de 159 a 592 celdas por minuto.

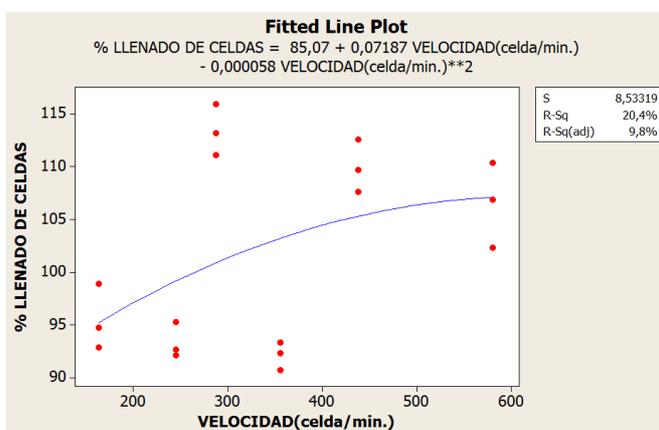
De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de comparación de medias, **Cuadro 4.3.2.**, se muestra una dosificación de semilla afectada por la velocidad de siembra, así mismo en el análisis de regresión, **Fig. 4.4.** no se muestra ninguna tendencia clara del comportamiento de la maquina, en sus condiciones como la entrega el fabricante, mostrando un bajo coeficiente de correlación (R-sq) del 21.7%. En el **Anexo 2** se muestran los datos y la memoria de cálculos obtenidos en la evaluación, en este se puede apreciar claramente que el numero de semillas por celda es irregular con una media de 2.79 y con una desviación estándar de 0.27.

**Cuadro 4.4.1.** Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con **Frijol**, con seis rangos de velocidad.

TRATAMIENTO	VELOCIDAD	REPETICIONES		
	(Celdas/min)	1	2	3
1	163	94.7	98.8	92.8
2	245	92.6	95.3	92.1
3	287	113.2	111.1	115.9
4	355	90.7	92.3	93.3
5	437	107.6	112.6	109.7
6	580	102.3	110.3	106.9

**Cuadro 4.4.2.** Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con *Frijol*, en un rango de velocidades de 163 a 580 semillas por minuto.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
3	113.4 A
5	109.9 A
6	106.5 B
1	95.5 C
4	93.3 C
2	92.1 C
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA =</b>	
	0.05



**Figura 4.5.** Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con *Frijol*, en un rango de 163 a 580 celdas por minuto.

De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de comparación de medias, **Cuadro 4.4.2.**, se muestra una dosificación de semilla afectada por la velocidad de siembra, así mismo en el análisis de regresión, **Fig. 4.5.** no se muestra ninguna tendencia clara del comportamiento de la maquina, en sus condiciones como la entrega el fabricante, mostrando un bajo coeficiente de correlación (R-sq) del 20.4%. En el **Anexo 2** se muestran los datos y la memoria de cálculos obtenidos en la evaluación, en este se puede apreciar claramente que el numero de semillas por celda es irregular con una media de 2.88 y con una desviación estándar de 0.25.

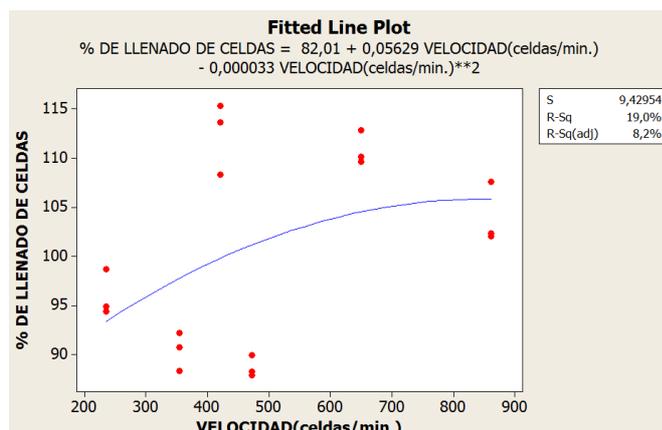
De los **Cuadros 4.5.1.** al **4.7.2.** se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas a la sembradora manteniendo tanto el plato como el botador originales cambiando el limpiador por uno metálico equivalente como se muestran en el **Anexo 2.**

**Cuadro 4.5.1.** Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con **Maíz Plano**, con seis rangos de velocidad.

TRATAMIENTO	VELOCIDAD	REPETICIONES		
	(Celdas/min)	1	2	3
1	234	94.4	98.7	94.9
2	354	88.4	92.2	90.8
3	420	108.4	115.4	113.7
4	472	88.3	90.0	87.9
5	650	112.9	110.2	109.7
6	861	107.6	102.4	102.1

**Cuadro 4.5.2.** Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con **Maíz Plano**, en un rango de velocidades de 234 a 861 semillas por minuto.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
3	112.5 A
5	110.9 A
6	104.0 B
1	96.0 C
2	90.4 D
4	88.7 D
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA =</b>	0.05



**Figura 4.6.** Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con **Maíz Plano**, en un rango de 234 a 861 celdas por minuto.

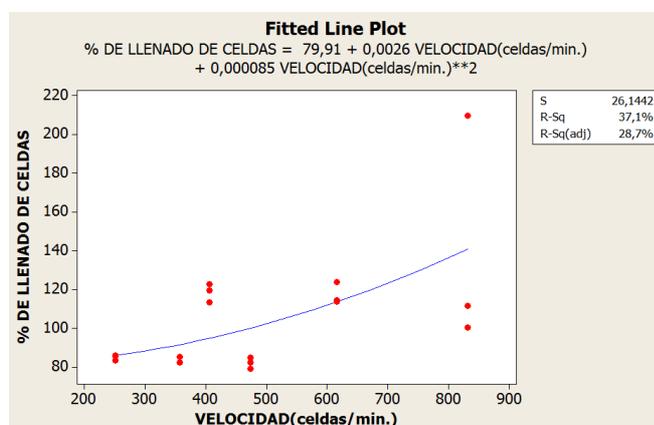
De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de comparación de medias, **Cuadro 4.5.2.**, se muestra una dosificación de semilla afectada por la velocidad de siembra, así mismo en el análisis de regresión, **Fig. 4.6.** no se muestra ninguna tendencia clara del comportamiento de la maquina, en sus condiciones como la entrega el fabricante, mostrando un bajo coeficiente de correlación (R-sq) del 19.0%. En el **Anexo 2** se muestran los datos y la memoria de cálculos obtenidos en la evaluación, en este se puede apreciar claramente que el numero de semillas por celda es irregular con una media de 4.18 y con una desviación estándar de 0.15.

**Cuadro 4.6.1.** Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con **Maíz Bola**, con seis rangos de velocidad.

TRATAMIENTO	VELOCIDAD	REPETICIONES		
	(Celdas/min)	1	2	3
1	251	85.9	85.6	83.7
2	357	82.5	82.3	85.3
3	405	119.7	113.3	122.7
4	473	79.1	85.0	82.4
5	615	124.0	113.9	114.4
6	831	111.6	109.5	100.3

**Cuadro 4.6.2.** Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con **Maíz Bola**, en un rango de velocidades de 251 a 831 semillas por minuto.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
3	118.5 A
5	117.4 A
6	107.1 B
1	85.0 C
2	83.3 C
4	82.1 C
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA =</b>	<b>0.05</b>



**Figura 4.7.** Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con **Maíz Bola**, en un rango de 251 a 831 celdas por minuto.

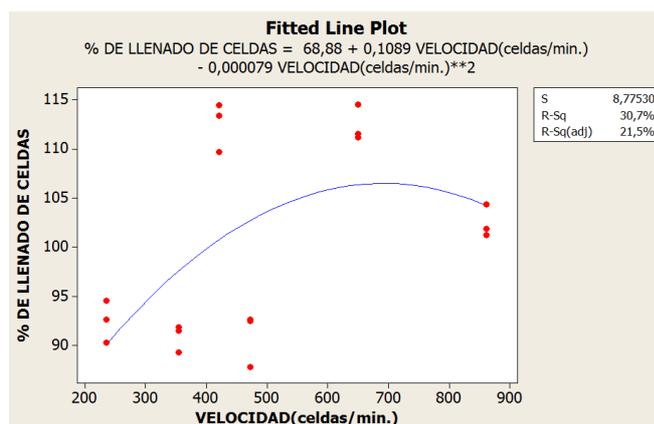
De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de comparación de medias, **Cuadro 4.6.2.**, se muestra una dosificación de semilla afectada por la velocidad de siembra, así mismo en el análisis de regresión, **Fig. 4.7.** no se muestra ninguna tendencia clara del comportamiento de la maquina, en sus condiciones como la entrega el fabricante, mostrando un bajo coeficiente de correlación (R-sq) del 37.1%. En el **Anexo 2** se muestran los datos y la memoria de cálculos obtenidos en la evaluación, en este se puede apreciar claramente que el numero de semillas por celda es irregular con una media de 3.95 y con una desviación estándar de 0.66.

**Cuadro 4.7.1.** Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con *Frijol*, con seis rangos de velocidad.

TRATAMIENTO	VELOCIDAD	REPETICIONES		
	(Celdas/min)	1	2	3
1	235	92.7	94.6	9.3
2	355	91.9	91.5	89.3
3	420	113.4	109.7	114.5
4	475	92.5	92.7	87.8
5	633	111.2	114.6	111.6
6	854	101.9	104.4	101.3

**Cuadro 4.7.2.** Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con *Frijol*, en un rango de velocidades de 235 a 854 semillas por minuto.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
3	112.5 A
5	112.4 A
6	102.5 B
1	92.5 C
4	91.0 C
2	90.9 C
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA =</b>	
	0.05



**Figura 4.8.** Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con *Frijol*, en un rango de 235 a 854 celdas por minuto.

De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de comparación de medias, **Cuadro 4.7.2.**, se muestra una dosificación de semilla afectada por la velocidad de siembra, así mismo en el análisis de regresión, **Fig. 4.8.** no se muestra ninguna tendencia clara del comportamiento de la maquina, en sus condiciones como la entrega el fabricante, mostrando un bajo coeficiente de correlación (R-sq) del 30.7%. En el **Anexo 2** se muestran los datos y la memoria de cálculos obtenidos en la evaluación, en este se puede apreciar claramente que el numero de semillas por celda es irregular con una media de 4.17 y con una desviación estándar de 0.41.

De los **Cuadros 4.8.1** al **4.10.2** se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas a la sembradora manteniendo tanto el plato como el botador originales cambiando el limpiador por uno de cerdas de plástico como se muestra en la **Fig.4.9.**



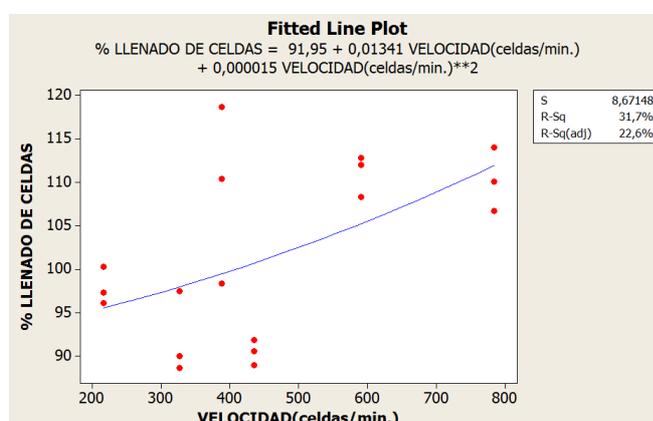
**Fig.4.9.** Limpiador de cepillo.

**Cuadro 4.8.1.** Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con **Maíz Plano**, con seis rangos de velocidad.

TRATAMIENTO	VELOCIDAD	REPETICIONES		
	(Celdas/min)	1	2	3
1	216	97.3	96.1	100.3
2	326	97.5	88.7	90.0
3	388	98.4	110.4	118.7
4	434	89.0	91.9	90.6
5	590	112.8	108.3	112.0
6	783	106.7	114.0	110.1

**Cuadro 4.8.2.** Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con **Maíz Plano**, en un rango de velocidades de 216 a 783 semillas por minuto.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
5	111.0 A
6	110.2 A
3	109.1 A
1	97.9 B
2	92.0 B
4	90.5 B
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA =</b>	
	0.05



**Figura 4.10.** Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con **Maíz Plano**, en un rango de 216 a 783 celdas por minuto.

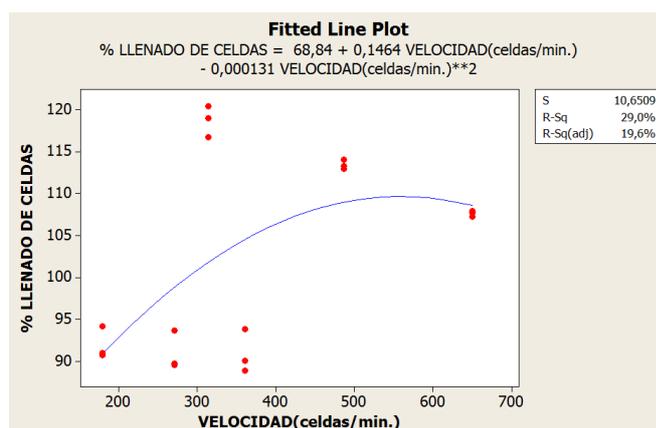
De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de comparación de medias, **Cuadro 4.8.2.**, se muestra una dosificación de semilla afectada por la velocidad de siembra, así mismo en el análisis de regresión, **Fig. 4.10.** no se muestra ninguna tendencia clara del comportamiento de la maquina, en sus condiciones como la entrega el fabricante, mostrando un bajo coeficiente de correlación (R-sq) del 31.7%. En el **Anexo 2** se muestran los datos y la memoria de cálculos obtenidos en la evaluación, en este se puede apreciar claramente que el numero de semillas por celda es irregular con una media de 3.90 y con una desviación estándar de 0.37.

**Cuadro 4.9.1.** Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con **Maíz Bola**, con seis rangos de velocidad.

TRATAMIENTO	VELOCIDAD	REPETICIONES		
	(Celdas/min)	1	2	3
1	179	94.2	91.0	90.8
2	270	93.7	89.8	89.6
3	314	119.0	116.8	120.5
4	360	93.9	90.1	88.9
5	486	114.1	113.3	113.0
6	649	108.0	107.3	107.7

**Cuadro 4.9.2.** Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con **Maíz Bola**, en un rango de velocidades de 179 a 649 semillas por minuto.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
3	118.7 A
5	113.4 B
6	107.6 C
1	92.0 D
2	91.0 D
4	90.9 D
NIVEL DE SIGNIFICANCIA =	0.05



**Figura 4.11.** Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con **Maíz Bola**, en un rango de 179 a 649 celdas por minuto.

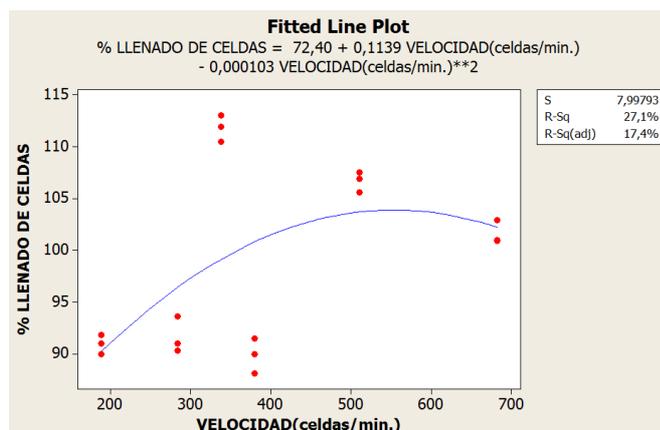
De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de comparación de medias, **Cuadro 4.9.2.**, se muestra una dosificación de semilla afectada por la velocidad de siembra, así mismo en el análisis de regresión, **Fig. 4.11.** no se muestra ninguna tendencia clara del comportamiento de la maquina, en sus condiciones como la entrega el fabricante, mostrando un bajo coeficiente de correlación (R-sq) del 29%. En el **Anexo 2** se muestran los datos y la memoria de cálculos obtenidos en la evaluación, en este se puede apreciar claramente que el numero de semillas por celda es irregular con una media de 3.24 y con una desviación estándar de 0.37.

**Cuadro 4.10.1.** Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con **Frijol**, con seis rangos de velocidad.

TRATAMIENTO	VELOCIDAD	REPETICIONES		
	(Celdas/min)	1	2	3
1	188	90.0	91.0	91.8
2	283	90.3	91.0	93.6
3	338	111.9	113.0	110.5
4	379	90.0	91.5	88.1
5	510	105.6	107.5	106.9
6	681	102.9	101.0	100.9

**Cuadro 4.10.2.** Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con **Frijol**, en un rango de velocidades de 188 a 681 semillas por minuto.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
3	111.8 A
5	106.6 B
6	101.6 C
2	91.6 D
1	90.9 D
4	89.8 D
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA =</b>	0.05



**Figura 4.12.** Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con **Frijol**, en un rango de 188 a 681 celdas por minuto.

De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de comparación de medias, **Cuadro 4.10.2.**, se muestra una dosificación de semilla afectada por la velocidad de siembra, así mismo en el análisis de regresión, **Fig. 4.12.** no se muestra ninguna tendencia clara del comportamiento de la maquina, en sus condiciones como la entrega el fabricante, mostrando un bajo coeficiente de correlación (R-sq) del 27.1%. En el **Anexo 2** se muestran los datos y la memoria de cálculos obtenidos en la evaluación, en este se puede apreciar claramente que el numero de semillas por celda es irregular con una media de 3.29 y con una desviación estándar de 0.29.

En los **Cuadros 4.11.** se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas a la sembradora cambiando el plato dosificador, con un prototipo de 20 celdas con un diametro 12.5 mm. y un espesor de 9 mm. manteniendo como el limpiador el cepillo de cerdas (**Fig. 4.13.**).



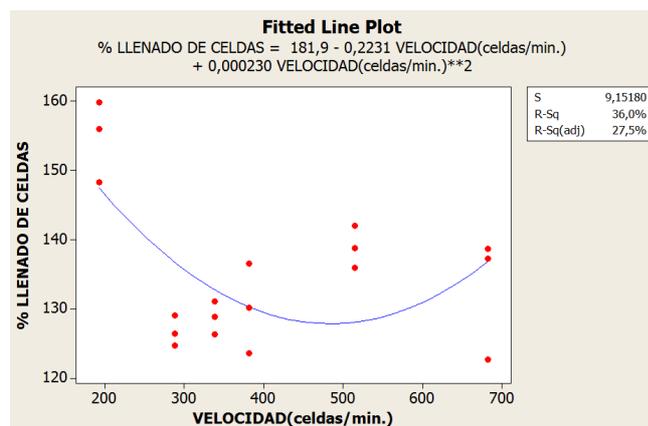
**Fig. 4.13.** Limpiador de cepillo y plato dosificador.

**Cuadro 4.11.1.** Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de dosificación, con **Maíz Bola**, con seis rangos de velocidad.

TRATAMIENTO	VELOCIDAD (Celdas/min)	REPETICIONES		
		1	2	3
1	192	156.0	148.3	159.8
2	287	126.4	129.1	124.7
3	338	126.3	128.9	131.1
4	381	136.5	123.6	130.2
5	514	142.0	138.8	135.9
6	682	138.7	137.3	122.7

**Cuadro 4.11.2.** Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas, con **Maíz Bola**, en un rango de velocidades de 192 a 682 semillas por minuto.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
1	154.7 A
5	138.9 B
6	132.9 BC
4	130.1 BC
3	128.7 C
2	126.7 C
NIVEL DE SIGNIFICANCIA =	0.05



**Figura 4.14.** Curva de respuesta de la eficiencia de llenado de celdas, con **Maíz Bola**, en un rango de 192 a 682 celdas por minuto.

En el análisis de comparación de medias mostrado en el **Cuadro 4.11.2.** se muestra que aun existe diferencias en la uniformidad de dosificación, con una media de regularidad de 135.3 % lo cual nos indica que el tamaño de celda es mayor que el tamaño de la semilla. En el contraste de medias mostrado en el **Cuadro 4.11.1.** nos muestra regularidad en dosificación para las velocidades de 287 a 682 semillas por minuto. Lo cual es corroborado por el análisis de regresión mostrado en la **Fig. 4.14.**; y mostrando una dispersión de los datos obtenido sobre la media. Lo cual explica que los datos no se ajusten a ninguna curva (R-sq=36%).

**Cuadro 4.12.** Se muestran los niveles de daños tanto para semilla de **Maíz** como para **Frijol**. Se puede observar que los niveles de daños son menores al 1% en todos los tipos de semilla y arreglos evaluados, lo cual está acorde a la norma mexicana para la evaluación dosificadores mecánicos la cual indica que en la prueba estos daños deben de ser menores al 5%.

Arreglos	1		2		3		4	
	Prom.	Ds	Prom.	Ds	Prom.	Ds	Prom.	Ds
<b>Maíz Plano</b>	8.4	3.01	2.8	1.40	1.7	1.01		
<b>Maíz Bola</b>	8.5	5.05	6.4	1.78	1.5	1.09	3.7	1.66
<b>Frijol</b>	2.7	1.56	1.6	0.85	1.3	0.91		

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Se realizó el acoplamiento al marco de sembradora para ser montada al banco de pruebas en forma satisfactoria. Lo cual permitió poder hacer los arreglos de las velocidades de dosificación así como el monitoreo y registro totales de semilla por tratamiento sin ningún contratiempo.

En la prueba realizada en las condiciones que llegó la sembradora no presenta un comportamiento regular en relación a la uniformidad de dosificación, con maíz plano, versus velocidad del plato dosificador mostrando la más alta dispersión con una desviación estándar del 30% en comparación con la evaluación realizada con el cepillo limpiador que presentó una dispersión con una desviación estándar del 17%. Lo cual indica la mejora en cerca del 50% en regularidad de dosificación cuando se empleó el cepillo limpiador.

En las condiciones originales para maíz de bola, el plato dosificador en promedio llenaba 3.23 semillas por golpe con una desviación estándar de 0.45 en comparación con 1.35 semillas por golpe y con una desviación estándar del 0.10 con el plato diseñado para una sola celda.

Para maíz de bola la dispersión se redujo del 25%, en las condiciones originales de la sembradora, a un 19% cuando se empleó el plato diseñado para seleccionar una semilla por celda.

En relación a los niveles de daños esto se redujo para el caso de maíz de 8 a 1.5 semillas dañadas por cada 1000, cuando se realizaron las modificaciones al limpiador y al plato dosificador.

De acuerdo a los resultados obtenidos y a las conclusiones a las que se llegó es recomendable lo siguiente:

- Rediseñar los platos dosificadores tanto de maíz como de frijol para que estos capten una semilla por celda con tolerancias menores a las empleadas o encontradas, buscando obtener  $100\% \pm 5$  de llenado de celdas en el rango de velocidad de trabajo bajo condiciones de campo.
- Mantener para la evaluación en campo el cepillo de cerdas como limpiador de exceso de semillas.

## VI. LITERATURA CITADA.

- Acevedo V. J. L., 2005. Evaluación de una sembradora mecánica acoplada a un motocultor. Tesis Licenciatura. Saltillo, Coahuila, México.
- Bernabé J.J., Morales C.N., Chávez A.N., 1993 .Evaluación de campo de la sembradora unitaria. Memorias del III congreso nacional de ingeniería agrícola. Querétaro, Qro., México.
- Bragachini M., Méndez A., Peiretti J., Scaramuzza F., 2003. Sembradoras para siembra directa. Proyecto agricultura de precisión, INTA Manfredi.
- Breece H. E., Hansen H. V., Hoerner T. A., 1975. Fundamentos de maquinaria. John Deere Service publications. Moline Illinois.
- CENEMA, 2004. Centro Nacional De Estandarización De Maquinaria Agrícola seminario “mecanización agrícola y su política”, km 18.5 Carretera Texcoco-Lechería. Texcoco, México.
- Comité estatal de normalización, 1987. Sembradoras de grano 34-50, (metodología para la realización de pruebas). Habana Vieja, Cuba.
- Cortes F. N., 2005.Construcción de un dosificador de semillas hortícolas para la siembra en charolas de germinación. Tesis licenciatura, Saltillo, Coahuila, México.
- D´Amico J., Duro S., Paredes D., Roba M., Romito A., Venturell L., Tesouro O., 2007. Evaluación de un sistema dosificador neumático por depresión. Instituto de Ingeniería Rural, Castelar, Buenos Aires, Venezuela.

- Diezma I. B., García R. F. J., 2006. Características técnicas de las sembradoras convencionales. Escuela Superior de Huesca.
- Galindo W. F., 2009. La tracción animal (se encuentra en). <http://www.cipar.org.com/cipar/resrch/livestk/waler.htm>.
- García B. S., García L. C., Serwatowski H. R., 2000. Estudio preliminar sobre la calidad de dosificación de las sembradoras neumáticas en condiciones de campo simuladas en laboratorio. Memorias del congreso latinoamericano de ingeniería agrícola (CLIA), X congreso nacional de ingeniería agrícola (AMIA), Guanajuato, Gto., México.
- Gil E., 2000. Sembradoras de cereales. La calidad de la siembra y su relación con las características de los equipos. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona.
- Gracia. I. C, Palau. M. P., 1983. Mecanización de los cultivos hortícolas. Ediciones mundi-prensa.
- Kepner R. A., Barger E. C., 1978. Principles of farm machinery. Third edition, The AVI Publishing Company. Inc. Connecticut, USA.
- Maroni J. R., 2006. Hay que darle aire a la siembra. Profesor Adjunto a cargo de la Cátedra de Maquinaria Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario.
- Maroni J. R., Fernández A. C., 2006. Novedoso dispositivo dosificador monograno de semillas. Cátedra de Maquinaria Agrícola Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Rosario.
- Ortiz C. J., 1989. Técnica de la mecanización Agraria. Edicion Mundi-Prensa, Madrid, España.

- Ozuna V. J. M., 2009. Desarrollo de un banco modular para la evaluación bajo condiciones de laboratorio de sembradoras integrales. Tesis Licenciatura. Saltillo, Coahuila, México.
- Ramírez T. A., 2000. Desarrollo de un sistema semineumático para el control de la frecuencia de dosificación de semilla. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver., México.
- Reynolds C. M. A., 2006. Diseño de un sistema inteligente de dosificación neumática de semillas. Tesis maestría.
- Rodríguez B. J. R., 2008. Diseño, construcción y evaluación de los elementos que están en contacto directo con el suelo de una sembradora de conservación. Tesis licenciatura, Saltillo, Coahuila, México.
- Smith D. W., Sims B. G., O' Neal D. H., 1994. Principios y prácticas de pruebas y evaluación de maquinas y equipos agrícolas. Boletín de servicios agrícolas de la FAO. Roma, Italia.
- Soto M. S., 1983. Introducción al estudio de la maquinaria agrícola. Editorial Trillas, México.
- Wong B. M., Soto B. P., Campos P. R., Lara C. D., Valdés R. R., Armada L. M. M. E., 2004. Sistema de implementos de tracción animal para aéreas semimontañas. Forum Tecnológico Especial Cuba.

## PÁGINAS WEB CITADAS.

- Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA).

[www.inifap.gob.mx/servicios/cenema.htm](http://www.inifap.gob.mx/servicios/cenema.htm)

- Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-O-168-SCFI-2009 Y NMX-O-179-SCFI-2009.

[www.dof.gob.mx/documentos/3696/seeco3/seeco3.htm](http://www.dof.gob.mx/documentos/3696/seeco3/seeco3.htm)

- Evaluación de un sistema dosificador neumático por depresión

[www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/siembra/maiz.pdf](http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/siembra/maiz.pdf)

- La normalización en los tractores agrícolas.

[http://www.infoagro.com/maquinaria/normativa\\_tractores.htm](http://www.infoagro.com/maquinaria/normativa_tractores.htm).

- Sembradoras principios y características.

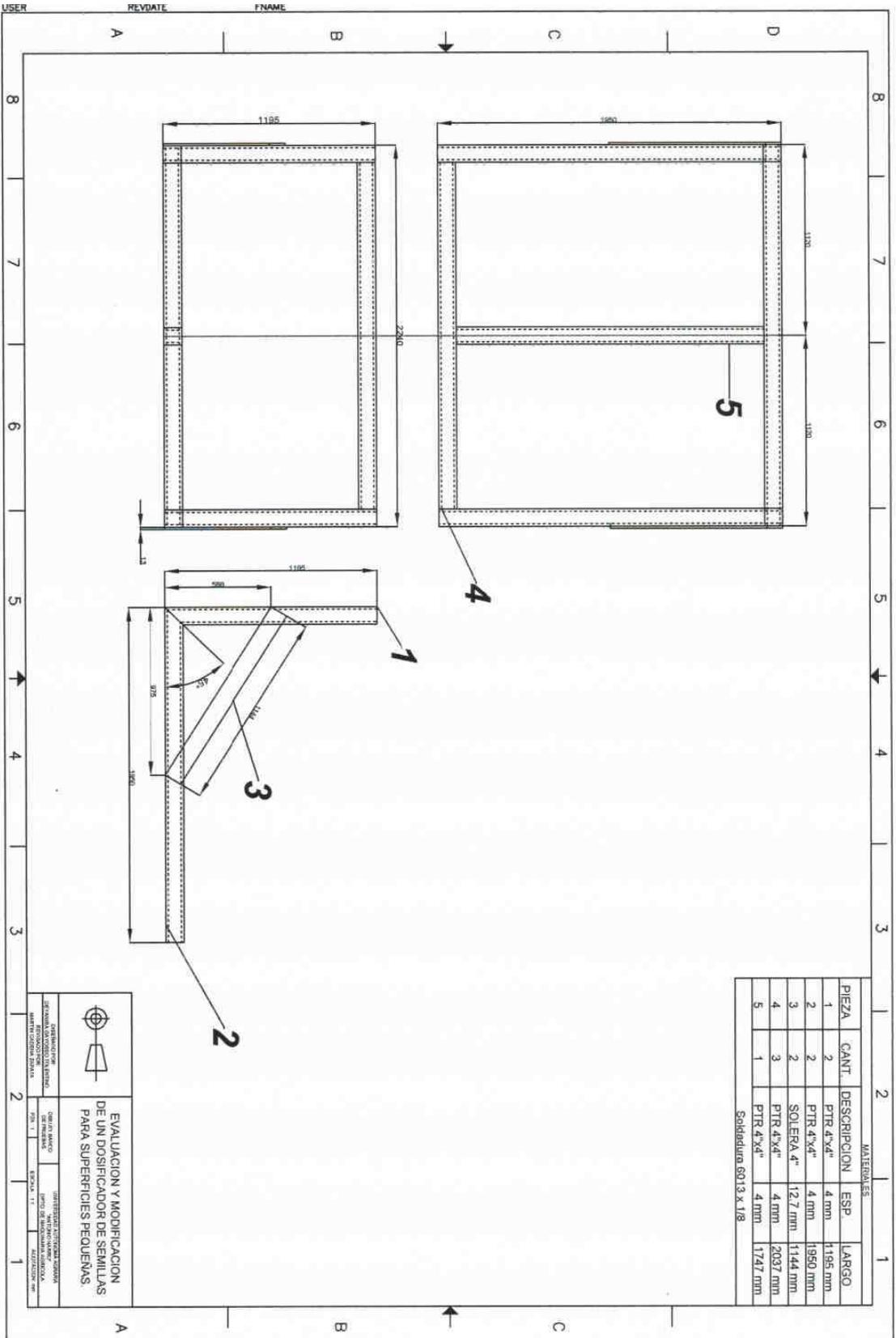
[www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/.../temas/sembradoras.pdf](http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/.../temas/sembradoras.pdf)

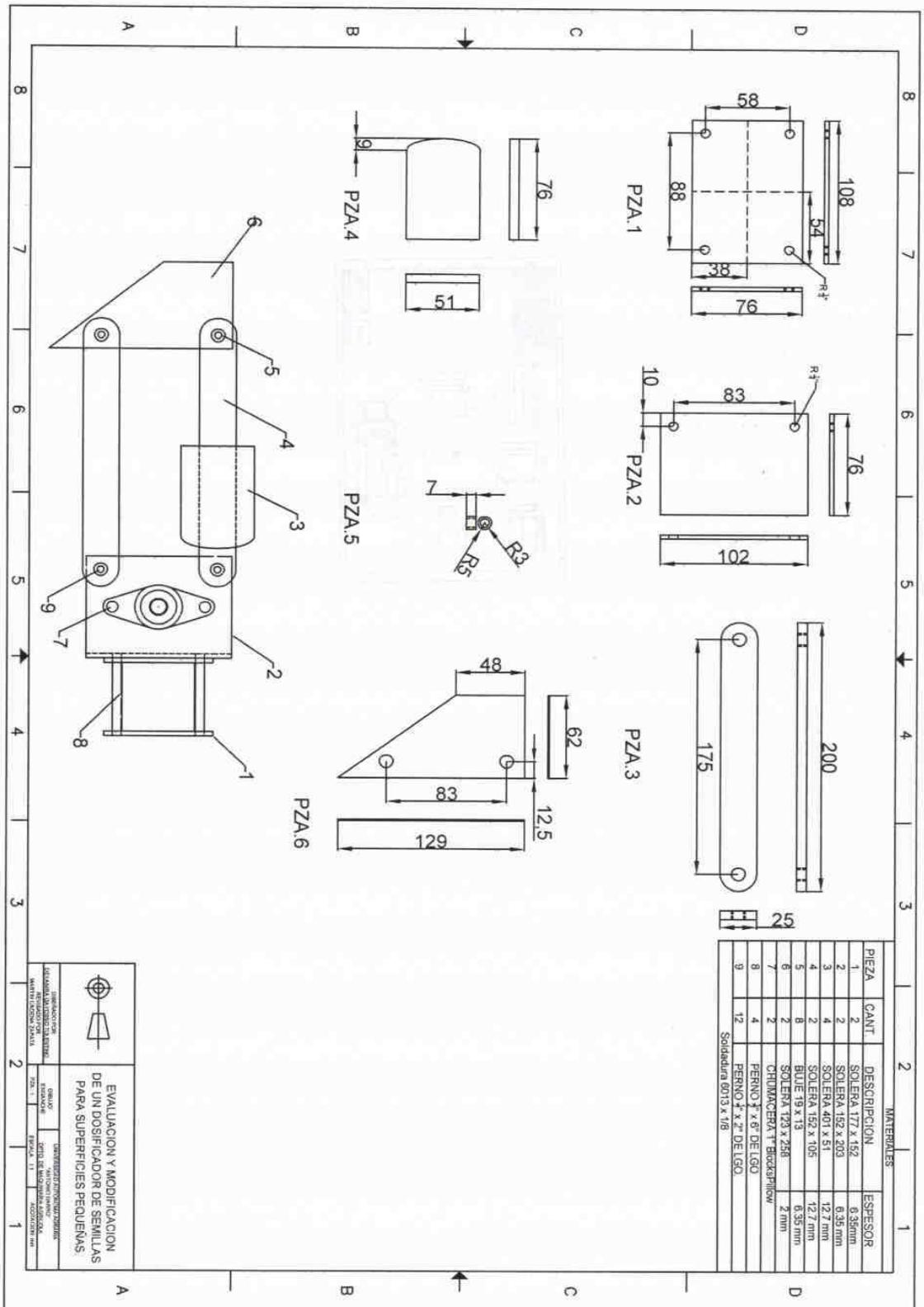
- Uso eficaz del dosificador de las sembradoras monograno.

<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/12/8AM12.htm>

VII. ANEXOS

***Anexo 1.***









## Anexo 2.

### Calculo de velocidad de siembra para maíz.

Velocidad mínima de siembra:

Datos:

- 40,000 semillas/ha.
- 80 cm de distancia entre hileras.
- 2.5 km/h.
- Constante 3.6

Velocidad máxima de siembra:

Datos:

- 100,000 semillas/ha.
- 80 cm de distancia entre hilera.
- 5 km/h.

1.- Velocidad de siembra mínima y máxima en metros/minuto.

$$\frac{2.5}{3.6} \times 60 = 42 \text{ m}/\text{min}$$

$$\frac{5}{3.6} \times 60 = 83.3 \text{ m}/\text{min}$$

### Calculo de velocidad de siembra para frijol.

Velocidad mínima de siembra:

Datos:

- 30,000 semillas/ha.
- 60 cm de distancia entre hileras.
- 2.5 km/h.
- Constante 3.6

2.- Numero de surcos/hectárea.

$$\frac{10,000}{0.8 \times 100} = 3.2 \text{ surcos/ha}$$

3.- Determinar máxima y mínima semillas/metro.

$$\frac{40,000}{125 \times 100} = 3.2 \text{ sem/m}$$

$$\frac{100,000}{125 \times 100} = 8 \text{ sem/m}$$

4.- Velocidad de semillas/minuto.

$$3.2 \text{ sem/m} \times 42 \text{ m}/\text{min} = 134 \text{ sem}/\text{min}$$

$$8 \text{ sem/m} \times 83.3 \text{ m}/\text{min} = 666 \text{ sem}/\text{min}$$

5.- Rango de semillas/min para el % de llenado de celdas.

$$\frac{\text{vel. max.} - \text{vel. min.}}{6}$$

$$\frac{666 - 134}{6} = 88 \text{ sem}/\text{min}$$

Velocidad máxima de siembra:

Datos:

- 250,000 semillas/ha.

- 60 cm de distancia entre hilera.

$$\frac{30,000}{166 \times 100} = 1.8 \text{ sem/m}$$

- 5 km/h.

$$\frac{250,000}{166 \times 100} = 15 \text{ sem/m}$$

1.- Velocidad de siembra mínima y máxima en metros/minuto.

$$\frac{2.5}{3.6} \times 60 = 42 \text{ m/mtn}$$

$$\frac{5}{3.6} \times 60 = 83.3 \text{ m/mtn}$$

2.- Numero de surcos/hectárea.

$$\frac{10,000}{0.6 \times 100} = 166 \text{ surcos/ha}$$

3.- Determinar máxima y mínima semillas/metro.

4.- Velocidad de semillas/minuto.

$$1.8 \text{ sem/m} \times 42 \text{ m/mtn} = 75 \text{ sem/mtn}$$

$$15 \text{ sem/m} \times 83.3 \text{ m/mtn} = 1249 \text{ sem/mtn}$$

5.- Rango de semillas/min para el % de llenado de celdas.

$$\frac{\text{vel. max.} - \text{vel. mín.}}{6}$$

$$\frac{1249 - 75}{6} = 195 \text{ sem/mtn}$$

Determinar el valor de la constante k para la relación [24/18] y [18/24]:

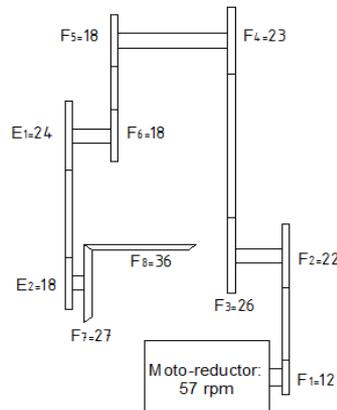


Fig. 7.2.1 Relación de transmisión.

Datos:

$$F_1=12 \quad E_1=24$$

$$F_2=22 \quad E_2=18$$

$$F_3=26$$

$$F_4=23$$

$$F_7=27$$

$$F_5=18$$

$$F_8=36$$

$$F_6=18$$

$$PI=30$$

Donde:

M= Engrane motriz

C= Engrane conducido

F=Núm. de dientes del engrane

E= Núm. de dientes de los engranes variables

K= Núm. de vueltas del plato

PI= Pulsos ideales del sensor de desplazamiento

#### Variable 1:

1.- Determinar el número de vueltas del plato para la relación de engranes [24,18]:

$$\frac{M}{C} = \frac{26}{23} \times \frac{27}{36} \times \frac{24}{18} = 1.13 \text{ vueltas}$$

$$\frac{1186}{30} = 39.53 \text{ vueltas}$$

Por lo tanto  $k=1.13$

3.- Determinar cuántas semillas tira en 39.53 vueltas.

2.- Semillas/vuelta.

$$1.13 \times 6 = 6.78 \text{ sem/vuelta}$$

$$6.78 \times 39.53 = 268 \text{ semillas}$$

3.- Revoluciones totales.

4.- Semillas que tira por golpe el dosificador.

$$\frac{1026}{268} = 3.82 \text{ sem/golpe}$$

#### Variable 2:

1.- Determinar el número de vueltas del plato para la relación de engranes [18,24]:

$$\frac{26}{23} \times \frac{27}{36} \times \frac{18}{24} = 0.63 \text{ vueltas}$$

3.- Revoluciones totales.

Por lo tanto  $k=0.63$

$$\frac{2567}{30} = 85.56 \text{ vueltas}$$

2.- Semillas/vuelta.

3.- Determinar cuántas semillas tira en 85.56 vueltas.

$$0.63 \times 6 \text{ celdas} = 3.78 \text{ sem/vuelta}$$

$$85.56 \times 3.78 = 323 \text{ semillas}$$

4.-Semillas que tira por golpe el dosificador.

$$\frac{999}{323} = 3.09 \text{ sem/golpe}$$

**Frecuencia:**

$$26.35 \times 6 = 158$$

Moto reductor 57 rpm.

$$57 \times \frac{12}{22} \times \frac{26}{23} \times \frac{27}{36} = 26.35 \text{ rpm}$$

Escala: 1:1

Relacion de transmision.	Hz	Sem/min
01:01	60	158
01:01.3	60	210
01:01:33	37	130

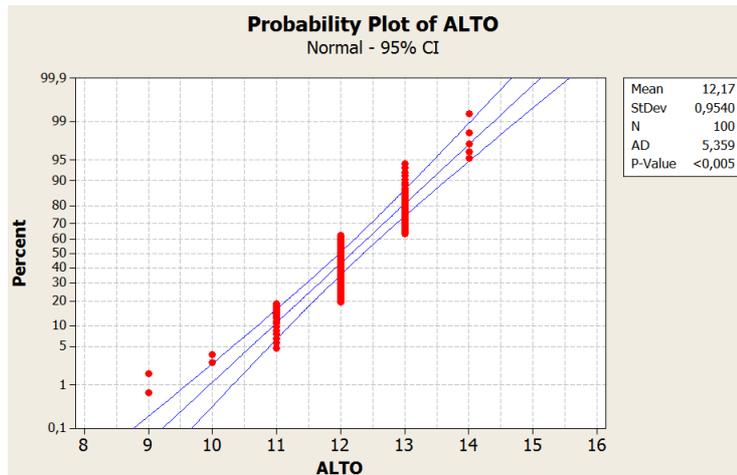
**Componentes originales del mecanismo dosificador de la sembradora:**



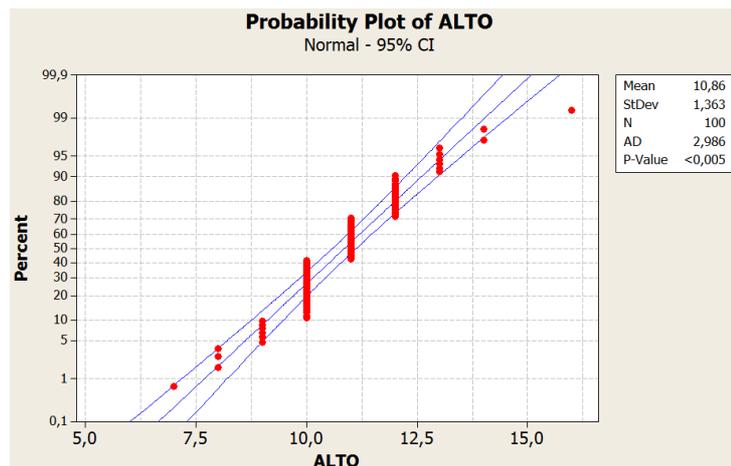
**Fig. 7.2.2.** Plato dosificador.



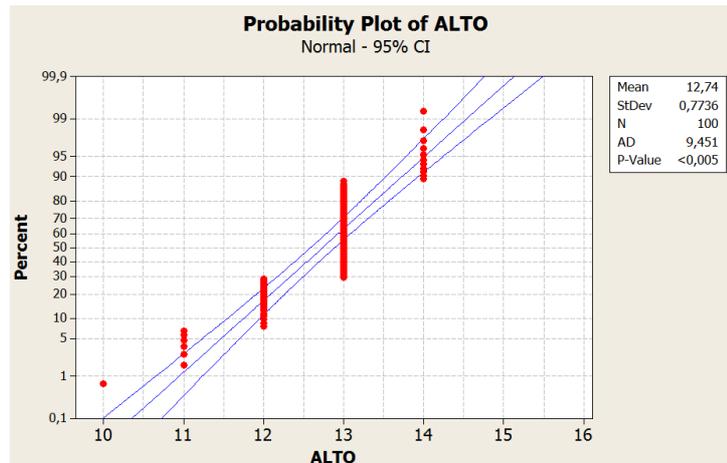
**Fig. 7.2.3.** Botador y limpiador



**Fig. 1A** Distribución de tamaño para *Maíz Plano* tenemos que 91 % de la semilla seleccionada por tamaño fue de 13 cm, el 4% menor a los 13 cm y el restante 5 % fue con semilla mayor a 13 cm.



**Fig. 1B** Distribución de tamaño para *Maíz Bola* tenemos que 81 % de la semilla seleccionada por tamaño fue de 12 cm, el 10 % menor a los 12 cm y el restante 9 % fue con semilla mayor a 12 cm.



**Fig. 1C.** Distribución de tamaño para *Frijol* tenemos que 82 % de la semilla seleccionada por tamaño fue de 13 cm, el 6 % menor a los 13 cm y el restante 11 % fue con semilla mayor a 13 cm.

#### Análisis de datos obtenidos en la evaluación:

1.-Numero de vueltas del sensor:

$$= \frac{\text{Sem. Ideales}}{30}$$

2.- Numero de semillas por golpe:

$$= \frac{\text{Sem. Reales} \times 30}{K \times 6 \times \text{Sem. Ideales}}$$

3.- Promedio ( $\bar{x}$ ) de celdas por plato:

$$= \text{Sem. por golpe} \times 6$$

4. - Velocidad del plato dosificador:

$$= (\text{Promedio de celdas total}/30) \times k \times (\text{Sem. Ideales}/\text{min})$$

5. - Semillas ideales ajustadas:

$$= k \times \text{Promedio de celdas total} \times \text{Num. de vueltas}$$

6.- % de llenado de celdas:

$$= \frac{\text{Sem. Reales}}{\text{Sem. Ideales ajustada}} \times 100$$

En los siguientes cuadros se muestran los resultados de las pruebas realizadas a la sembradora en las condiciones que fueron entregadas por el fabricante. En el cual se emplearon los platos, limpiador de exceso de semillas y botador originales.

**Cuadro 7.2.1.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Plano** con la relación de engranes [24:18].

1:1.33 ENGRANE: 24/18									Constante: 1.13				
HZ	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1026	1186	8	02:37	2.61	393.10	454.41	325.20	3.8	22.97	39.53	848.78	120.9
30	999	1269	7	02:51	2.85	350.53	445.26	318.66	3.5	20.90	42.30	908.18	110.0
30	1031	1224	12	02:45	2.75	374.91	445.09	318.54	3.7	22.36	40.80	875.98	117.7
								320.80					
45	1019	1141	15	01:39	1.65	617.58	691.52	494.89	4.0	23.71	38.03	816.58	124.8
45	1025	1248	13	01:50	1.83	560.11	681.97	488.06	3.6	21.80	41.60	893.15	114.8
45	1031	1309	10	01:56	1.93	534.20	678.24	485.39	3.5	20.91	43.63	936.81	110.1
								489.45					
60	1047	1290	10	01:25	1.41	742.55	914.89	654.76	3.6	21.55	43.00	923.21	113.4
60	1057	1236	8	01:22	1.36	777.21	908.82	650.41	3.8	22.70	41.20	884.56	119.5
60	1030	1303	7	01:26	1.43	720.28	911.19	652.11	3.5	20.99	43.43	932.51	110.5
							Prom.	652.43	3.66	21.99			

**Cuadro 7.2.2.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Plano** con la relación de engranes [18:24].

1:1.75 ENGRANE: 18/24									Constante: 0.63				
HZ	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1004	2845	7	06:09	6.15	174.35	447.99	188.16	2.8	16.80	94.83	1135.16	88.4
30	1006	2931	6	06:20	6.33	149.70	447.16	187.81	2.7	16.34	97.70	1169.47	86.0
30	1000	2933	4	06:23	6.38	188.74	451.22	189.51	2.7	16.24	97.77	1170.27	85.4
								188.49					
45	998	2876	6	04:16	4.26	234.27	675.12	283.55	2.8	16.52	95.87	1147.52	86.9
45	1019	2864	6	04:15	4.25	239.76	673.88	283.03	2.8	16.94	95.47	1142.74	89.1
45	1006	2753	11	04:04	4.06	247.78	678.08	284.79	2.9	17.40	91.77	1098.45	91.5
								283.79					
60	1013	2858	4	03:09	3.15	345.70	899.31	377.71	2.8	16.88	95.27	1140.34	88.8
60	1029	2788	8	03:06	3.1	392.72	913.79	383.79	2.9	17.58	92.93	1112.41	92.5
60	1014	2859	10	03:08	3.13	320.45	906.71	380.82	2.8	16.89	95.30	1140.74	88.8
		Prom.	8.44				Prom.	380.77	2.81	16.84			
		DS	3.01					Prom.	3.24	19.42			
								DS	0.46				

RS: Semillas Reales, RI: Semillas Ideales, D: Dañadas, T: Tiempo, Min: Tiempo en minuto, SR/min: Semillas Reales por minuto, SI/M: Semillas Ideales por minuto, VPD: Velocidad del Plato Dosificador, S/G: Semillas por golpe, PC: Promedio de celdas, #RT: Núm. de revoluciones totales, SIA: Semillas ideales ajustadas, %LC: Porcentaje de llenado de celdas DS: Deviación estándar, Prom.: Promedio.

**Cuadro 7.2.3.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Bola** con la relación de engranes [24:18].

1:1.33 ENGRANE: 24/18									Constante: 1.13				
Hz	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1012	1395	5	03:06	3.1	326.45	450.00	288.15	3.21	19.26	46.50	893.27	113.3
30	1011	1378	6	03:04	3.06	330.39	450.33	288.36	3.25	19.48	45.93	882.38	114.6
30	1012	1400	7	03:07	3.11	325.40	450.16	288.25	3.20	19.19	46.67	896.47	112.9
								288.25					
45	1007	1428	6	02:06	2.1	479.52	680.00	435.43	3.12	18.72	47.60	914.40	110.1
45	1018	1718	5	02:33	2.55	399.21	673.73	431.41	2.62	15.73	57.27	1100.09	92.5
45	1014	1654	8	02:27	2.45	413.87	675.10	432.29	2.71	16.28	55.13	1059.11	95.7
								433.04					
60	1016	1479	13	01:37	1.61	631.05	918.63	588.23	3.04	18.24	49.30	947.05	107.3
60	1025	1524	15	01:39	1.65	621.21	923.64	591.44	2.98	17.86	50.80	975.87	105.0
60	1026	1504	10	01:37	1.61	637.26	934.16	598.17	3.02	18.11	50.13	963.06	106.5
							Prom.	592.61	3.02	18.10			

**Cuadro 7.2.4.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Bola** con la relación de engranes [18:24].

1:75 ENGRANE: 18/24									Constante: 0.63				
Hz	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1001	3120	25	07:01	7.016	142.67	444.70	158.76	2.55	15.28	104.00	1113.84	89.9
30	1006	3169	9	07:03	7.05	142.69	449.50	160.47	2.52	15.12	105.63	1131.33	88.9
30	1009	3172	3	07:05	7.08	142.51	448.02	159.94	2.52	15.15	105.73	1132.40	89.1
								159.72					
45	1009	2906	5	04:18	4.3	217.57	677.87	242.00	2.76	16.53	96.87	1037.44	97.3
45	1016	3094	9	04:35	4.58	209.58	678.96	242.39	2.61	15.64	103.13	1104.56	92.0
45	1006	3104	6	04:36	4.6	178.05	673.63	240.49	2.57	15.43	103.47	1108.13	90.8
								241.62					
60	998	2951	8	03:16	3.26	284.98	903.40	322.51	2.68	16.10	98.37	1053.51	94.7
60	1006	3185	7	03:33	3.55	286.89	907.41	323.94	2.51	15.04	106.17	1137.05	88.5
60	996	3148	6	03:25	3.41	243.58	905.57	323.29	2.51	15.07	104.93	1123.84	88.6
		Prom.	8.50				Prom.	323.25	2.58	15.48			
		DS	5.06				Prom.	Prom.	2.80	16.79			
							DS	0.28					

RS: Semillas Reales, RI: Semillas Ideales, D: Dañadas, T: Tiempo, Min.: Tiempo en minuto, SR/M: Semillas Reales por minuto, SI/M: Semillas Ideales por minuto, VPD: Velocidad del Plato Dosificador, S/G: Semillas por golpe, PC: Promedio de celdas, #RT: Núm. de revoluciones totales, SIA: Semillas ideales ajustadas, %LC: porcentaje de llenado de celdas DS: Deviación estándar, Prom.: Promedio.

**Cuadro 7.2.5.** Resultados obtenidos de la prueba con *Frijol* con la relación de engranes [24:18].

1:1.33 ENGRANE: 24/18									Constante: 1.13				
Hz	SR	SI	D	m:s	Min.	SR /M	SI/M	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1004	1385	3	03:05	3.08	325.97	449.68	287.94	3.21	19.25	46.17	886.86	113.2
30	1007	1415	2	03:09	3.15	319.68	449.21	287.64	3.15	18.89	47.17	906.07	111.1
30	1010	1360	2	03:02	3.03	333.33	448.84	287.41	3.29	19.72	45.33	870.85	116.0
								287.66					
45	1009	1464	3	02:10	2.16	467.13	677.78	434.00	3.05	18.30	48.80	937.45	107.6
45	1024	1420	0	02:04	2.06	497.09	689.32	441.39	3.19	19.14	47.33	909.27	112.6
45	1014	1443	0	02:07	2.11	480.57	683.89	437.92	3.11	18.66	48.10	924.00	109.7
								437.77					
60	1035	1579	3	01:43	1.71	605.26	923.39	591.28	2.90	17.40	52.63	1011.09	102.4
60	1032	1460	3	01:40	1.66	621.69	879.52	563.18	3.13	18.77	48.67	934.89	110.4
60	1022	1493	2	01:38	1.63	626.99	915.95	586.51	3.03	18.17	49.77	956.02	106.9
							promedio	580.33	3.12	18.70			

**Cuadro 7.2.6.** Resultados obtenidos de la prueba con *Frijol* con la relación de engranes [18:24].

1:75 ENGRANE: 18/24									Constante: 0.63				
Hz	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1000	2957	2	06:15	6.25	160.00	473.12	168.90	2.68	16.10	98.57	1055.65	94.7
30	1003	2841	5	06:20	6.33	158.45	448.82	160.23	2.80	16.81	94.70	1014.24	98.9
30	1003	3025	4	06:44	6.73	149.03	449.48	160.46	2.63	15.79	100.83	1079.93	92.9
								163.20					
45	1004	3035	2	04:20	4.33	231.87	700.92	250.23	2.63	15.75	101.17	1083.50	92.7
45	1010	2968	4	04:21	4.35	232.18	682.30	243.58	2.70	16.20	98.93	1059.58	95.3
45	1002	3045	1	04:30	4.5	222.67	676.67	241.57	2.61	15.67	101.50	1087.07	92.2
								245.13					
60	999	3085	4	02:40	2.66	375.56	1159.77	414.04	2.57	15.42	102.83	1101.35	90.7
60	1012	3069	3	03:22	3.36	301.19	913.39	326.08	2.62	15.70	102.30	1095.63	92.4
60	1007	3022	6	03:19	3.31	304.23	912.99	325.94	2.64	15.87	100.73	1078.85	93.3
		Prom.	2.72				Prom.	355.35	2.65	15.92			
		DS	1.56					Prom.	2.89	17.31			
								DS	0.25				

RS: Semillas Reales, RI: Semillas Ideales, D: Dañadas, T: Tiempo, Min.: Tiempo en minuto, SR/min: Semillas Reales por minuto, SI/min.: Semillas Ideales por minuto, VPD: Velocidad del Plato Dosificador, S/G: Semillas por golpe, PC: Promedio de celdas, #RT: Núm. de revoluciones totales, SIA: Semillas ideales ajustadas, %LC: porcentaje de llenado de celdas DS: Deviación estándar, Prom.: Promedio.

En los siguientes cuadros se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas a la sembradora manteniendo tanto el plato como el botador originales cambiando el limpiador por uno metálico equivalente.

**Cuadro 7.2.7.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Plano** con la relación de engranes [24:18].

1:1.33 ENGRANE: 24/18									Constante: 1.13				
H <sub>z</sub>	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1016	995	5	02:13	2.22	457.66	448.20	422.05	4.52	27.11	33.17	936.96	108.4
30	1000	920	4	02:04	2.06	485.44	446.60	420.55	4.81	28.86	30.67	866.33	115.4
30	1012	945	2	02:07	2.12	477.36	445.75	419.75	4.74	28.43	31.50	889.88	113.7
								420.79					
45	1040	978	2	01:27	1.45	717.24	674.48	635.14	4.71	28.23	32.60	920.95	112.9
45	1034	996	2	01:26	1.43	723.08	696.50	655.87	4.59	27.56	33.20	937.90	110.2
45	1013	981	1	01:24	1.4	723.57	700.71	659.84	4.57	27.41	32.70	923.78	109.7
								650.28					
60	1043	1029	0	01:09	1.15	906.96	894.78	842.59	4.48	26.91	34.30	968.98	107.6
60	1032	1070	1	01:11	1.18	874.58	906.78	853.88	4.27	25.61	35.67	1007.58	102.4
60	1025	1066	2	01:08	1.13	907.08	943.36	888.33	4.25	25.53	35.53	1003.82	102.1
							Prom.	861.60	4.55	27.29			

**Cuadro 7.2.8.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Plano** con la relación de engranes [18:24].

1:75 ENGRANE: 18/24									Constante: 0.63				
H <sub>z</sub>	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1012	2043	3	04:34	4.56	221.93	448.03	235.21	3.93	23.59	68.10	1072.58	94.4
30	1010	1949	4	04:22	4.36	231.65	447.02	234.68	4.11	24.68	64.97	1023.23	98.7
30	1016	2039	3	04:34	4.56	222.81	447.15	234.75	3.95	23.73	67.97	1070.48	94.9
								234.88					
45	1009	2174	4	03:14	3.23	312.38	673.07	353.36	3.68	22.10	72.47	1141.35	88.4
45	1008	2083	3	03:05	3.08	327.27	676.30	355.06	3.84	23.04	69.43	1093.58	92.2
45	1018	2135	4	03:10	3.16	322.15	675.63	354.71	3.78	22.71	71.17	1120.88	90.8
								354.37					
60	1000	2156	5	02:24	2.4	416.67	898.33	471.63	3.68	22.09	71.87	1131.90	88.3
60	1006	2130	3	02:22	2.36	426.27	902.54	473.83	3.75	22.49	71.00	1118.25	90.0
60	1005	2178	4	02:25	2.42	415.29	900.00	472.50	3.66	21.97	72.60	1143.45	87.9
		Prom.	2.89					472.65	3.82	22.93			
		DS	1.41					Prom.	4.19	25.11			
								DS	0.15				

RS: Semillas Reales, RI: Semillas Ideales, D: Dañadas, T: Tiempo, Min.: Tiempo en minuto, SR/min.: Semillas Reales por minuto, SI/M: Semillas Ideales por minuto, VPD: Velocidad del Plato Dosificador, S/G: Semillas por golpe, PC: Promedio de celdas, #RT: Núm. de revoluciones totales, SIA: Semillas ideales ajustadas, %LC: porcentaje de llenado de celdas DS: Desviación estándar, Prom.: Promedio.

**Cuadro 7.2.9.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Bola** con la relación de engranes [24:18].

1:1.33 ENGRANE: 24/18									Constante: 1.13				
Hz	SR	SI	D	m:s	Min.	SR /M	SI/M	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1011	934	6	02:05	2.08	486.06	449.04	405.93	4.79	28.74	31.13	844.34	119.7
30	1018	994	4	02:13	2.22	458.56	447.75	404.76	4.53	27.19	33.13	898.58	113.3
30	1013	913	7	02:02	2.03	499.01	449.75	406.58	4.91	29.46	30.43	825.35	122.7
								405.76					
45	1030	919	9	01:24	1.4	735.71	656.43	593.41	4.96	29.76	30.63	830.78	124.0
45	1043	1013	6	01:30	1.5	695.33	675.33	610.50	4.56	27.33	33.77	915.75	113.9
45	1000	967	8	01:22	1.36	735.29	711.03	642.77	4.58	27.45	32.23	874.17	114.4
								615.56					
60	1043	1034	5	01:08	1.13	923.01	915.04	827.20	4.46	26.78	34.47	934.74	111.6
60	1040	1051	9	01:10	1.16	896.55	906.03	819.06	4.38	26.27	35.03	950.10	109.5
60	1021	1126	7	01:12	1.2	850.83	938.33	848.25	4.01	24.07	37.53	1017.90	100.3
							Prom.	831.50	4.58	27.45			

**Cuadro 7.2.10.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Bola** con la relación de engranes [18:24].

1:75 ENGRANE: 18/24									Constante: 0.63				
Hz	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1008	2327	5	04:39	4.65	216.77	500.43	262.73	3.44	20.63	77.57	1172.81	85.9
30	1013	2348	7	04:50	4.83	209.73	486.13	255.22	3.42	20.54	78.27	1183.39	85.6
30	1010	2394	6	05:18	5.3	190.57	451.70	237.14	3.35	20.09	79.80	1206.58	83.7
								251.69					
45	1006	2419	6	03:30	3.5	287.43	691.14	362.85	3.30	19.80	80.63	1219.18	82.5
45	1020	2458	4	03:38	3.63	280.99	677.13	355.50	3.29	19.76	81.93	1238.83	82.3
45	1016	2363	3	03:30	3.5	290.29	675.14	354.45	3.41	20.47	78.77	1190.95	85.3
								357.60					
60	1024	2568	8	02:52	2.86	358.04	897.90	471.40	3.16	18.99	85.60	1294.27	79.1
60	1018	2377	9	02:38	2.63	387.07	903.80	474.50	3.40	20.39	79.23	1198.01	85.0
60	1027	2474	7	02:44	2.73	376.19	906.23	475.77	3.29	19.77	82.47	1246.90	82.4
		Prom.	6.44				Prom.	473.89	3.34	20.05			
		DS	1.79					Prom.	3.96	23.75			
								DS	0.67				

RS: Semillas Reales, RI: Semillas Ideales, D: Dañadas, T: Tiempo, Min.: Tiempo en minuto, SR/min.: Semillas Reales por minuto, SI/min.: Semillas Ideales por minuto, VPD: Velocidad del Plato Dosificador, S/G: Semillas por golpe, PC: Promedio de celdas, #RT: Núm. de revoluciones totales, SIA: Semillas ideales ajustadas, %LC: porcentaje de llenado de celdas DS: Deviación estándar, Prom.: Promedio.

**Cuadro 7.2.11.** Resultados obtenidos de la prueba con *Frijol* con la relación de engranes [24:18].

1:1.33 ENGRANE: 24/18									Constante: 1.13				
Hz	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1011	947	1	02:07	2.12	476.89	446.70	420.64	4.72	28.34	31.57	891.76	113.4
30	1012	980	1	02:11	2.18	464.22	449.54	423.32	4.57	27.42	32.67	922.83	109.7
30	1031	956	1	02:09	2.15	479.53	444.65	418.71	4.77	28.63	31.87	900.23	114.5
								420.89					
45	1030	984	2	01:28	1.46	705.48	673.97	634.66	4.63	27.79	32.80	926.60	111.2
45	1036	960	2	01:26	1.43	724.48	671.33	632.17	4.78	28.65	32.00	904.00	114.6
45	1033	983	0	01:28	1.46	707.53	673.29	634.01	4.65	27.90	32.77	925.66	111.6
								633.61					
60	1044	1088	1	01:12	1.2	870.00	906.67	853.78	4.25	25.48	36.27	1024.53	101.9
60	1037	1055	2	01:10	1.16	893.97	909.48	856.43	4.35	26.10	35.17	993.46	104.4
60	1046	1097	2	01:13	1.21	864.46	906.61	853.73	4.22	25.31	36.57	1033.01	101.3
							Prom.	854.64	4.55	27.29			

**Cuadro 7.2.12.** Resultados obtenidos de la prueba con *Frijol* con la relación de engranes [18:24].

1:75 ENGRANE: 18/24									Constante: 0.63				
Hz	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1013	2082	2	04:38	4.63	218.79	449.68	236.08	3.86	23.17	69.40	1093.05	92.7
30	1005	2024	0	04:31	4.52	222.35	447.79	235.09	3.94	23.64	67.47	1062.60	94.6
30	1009	2128	0	04:44	4.73	213.32	449.89	236.19	3.76	22.58	70.93	1117.20	90.3
								235.79					
45	1009	2092	0	03:06	3.1	325.48	674.84	354.29	3.83	22.97	69.73	1098.30	91.9
45	1020	2124	1	03:09	3.15	323.81	674.29	354.00	3.81	22.87	70.80	1115.10	91.5
45	1039	2216	1	03:15	3.25	319.69	681.85	357.97	3.72	22.33	73.87	1163.40	89.3
								355.42					
60	1017	2094	1	02:19	2.32	438.36	902.59	473.86	3.85	23.13	69.80	1099.35	92.5
60	1022	2101	3	02:20	2.33	438.63	901.72	473.40	3.86	23.16	70.03	1103.03	92.7
60	1017	2207	1	02:25	2.42	420.25	911.98	478.79	3.66	21.94	73.57	1158.68	87.8
		Prom.	1.17				Prom.	475.35	3.81	22.87			
		DS	0.86					Prom.	4.18	25.08			

RS: Semillas Reales, RI: Semillas Ideales, D: Dañadas, T: Tiempo, Min.: Tiempo en minuto, SR/min.: Semillas Reales por minuto, SI/min.: Semillas Ideales por minuto, VPD: Velocidad del Plato Dosificador, S/G: Semillas por golpe, PC: Promedio de celdas, #RT: Núm. de revoluciones totales, SIA: Semillas ideales ajustadas, %LC: porcentaje de llenado de celdas DS: Deviación estándar, Prom.: Promedio.

En los siguientes cuadros se muestran los resultados de las pruebas realizadas a la sembradora manteniendo tanto el plato como el botador originales cambiando el limpiador por uno de cerdas de plástico.

**Cuadro 7.2.13.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Plano** con la relación de engranes [24:18].

1:1.33 ENGRANE: 24/18									Constante: 1.13				
H <sub>z</sub>	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1015	1191	2	02:40	2.66	381.58	447.74	387.90	3.77	22.63	39.70	1031.80	98.4
30	1015	1061	3	02:22	2.36	430.08	449.58	389.48	4.23	25.40	35.37	919.18	110.4
30	1024	996	2	02:14	2.23	459.19	446.64	386.94	4.55	27.30	33.20	862.87	118.7
								388.11					
45	1024	1048	0	01:34	1.56	656.41	671.79	582.00	4.32	25.94	34.93	907.92	112.8
45	999	1065	1	01:31	1.52	657.24	700.66	607.00	4.15	24.90	35.50	922.65	108.3
45	1033	1065	1	01:35	1.58	653.80	674.05	583.95	4.29	25.75	35.50	922.65	112.0
								590.98					
60	1042	1127	1	01:15	1.25	833.60	901.60	781.09	4.09	24.55	37.57	976.36	106.7
60	1035	1048	2	01:10	1.16	892.24	903.45	782.69	4.37	26.22	34.93	907.92	114.0
60	997	1045	3	01:09	1.15	866.96	908.70	787.23	4.22	25.33	34.83	905.32	110.1
							Prom.	783.67	4.22	25.33			

**Cuadro 7.2.14.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Plano** con la relación de engranes [18:24].

1:75 ENGRANE: 18/24									Constante: 0.63				
H <sub>z</sub>	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1007	2142	2	04:46	4.76	211.55	450.00	217.35	3.73	22.39	71.40	1034.59	97.3
30	1009	2174	0	04:51	4.85	208.04	448.25	216.50	3.68	22.10	72.47	1050.04	96.1
30	1003	2071	2	04:38	4.63	216.63	447.30	216.05	3.84	23.06	69.03	1000.29	100.3
								216.63					
45	1007	2139	1	03:10	3.16	318.67	676.90	326.94	3.74	22.42	71.30	1033.14	97.5
45	1009	2354	3	03:30	3.5	288.29	672.57	324.85	3.40	20.41	78.47	1136.98	88.7
45	1012	2328	1	03:26	3.43	295.04	678.72	327.82	3.45	20.70	77.60	1124.42	90.0
								326.54					
60	1015	2361	1	02:38	2.63	385.93	897.72	433.60	3.41	20.47	78.70	1140.36	89.0
60	1015	2287	3	02:32	2.53	401.19	903.95	436.61	3.52	21.13	76.23	1104.62	91.9
60	1015	2320	3	02:35	2.58	393.41	899.22	434.33	3.47	20.83	77.33	1120.56	90.6
		Prom.	1.72				Prom.	434.84	3.58	21.50			
		DS	1.02				Prom.	3.90	23.42				
							DS	0.38					

RS: Semillas Reales, RI: Semillas Ideales, D: Dañadas, T: Tiempo, Min.: Tiempo en minuto, SR/min.: Semillas Reales por minuto, SI/min.: Semillas Ideales por minuto, VPD: Velocidad del Plato Dosificador, S/G: Semillas por golpe, PC: Promedio de celdas, #RT: Núm. de revoluciones totales, SIA: Semillas ideales ajustadas, %LC: porcentaje de llenado de celdas DS: Deviación estándar, Prom.: Promedio.

**Cuadro 7.2.15.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Bola** con la relación de engranes [24:18].

1:1.33 ENGRANE: 24/18									Constante: 1.13				
Hz	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1010	1186	3	02:39	2.65	381.13	447.55	320.29	3.77	22.61	39.53	848.78	119.0
30	1016	1215	3	02:43	2.71	374.91	448.34	320.86	3.70	22.20	40.50	869.54	116.8
30	1016	1178	3	02:48	2.8	362.86	420.71	301.09	3.82	22.90	39.27	843.06	120.5
								314.08					
45	1024	1254	0	01:51	1.85	553.51	677.84	485.11	3.61	21.68	41.80	897.45	114.1
45	1014	1250	3	01:50	1.83	554.10	683.06	488.84	3.59	21.54	41.67	894.58	113.3
45	1019	1260	2	01:52	1.86	547.85	677.42	484.81	3.58	21.47	42.00	901.74	113.0
								486.25					
60	1033	1337	2	01:29	1.48	697.97	903.38	646.52	3.42	20.51	44.57	956.85	108.0
60	1021	1329	2	01:28	1.46	699.32	910.27	651.45	3.40	20.40	44.30	951.12	107.3
60	1025	1330	0	01:28	1.46	702.05	910.96	651.94	3.41	20.46	44.33	951.84	107.7
							Prom.	649.97	3.59	21.53			

**Cuadro 7.2.16.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Bola** con la relación de engranes [18:24].

1:75 ENGRANE: 18/24									Constante: 0.63				
Hz	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1007	2679	1	05:58	5.96	168.96	449.50	179.35	2.98	17.90	89.30	1068.92	94.2
30	1009	2778	2	06:10	6.16	163.80	450.97	179.94	2.88	17.30	92.60	1108.42	91.0
30	1036	2861	1	06:21	6.35	163.15	450.55	179.77	2.87	17.24	95.37	1141.54	90.8
								179.69					
45	1005	2688	2	03:58	3.96	253.79	678.79	270.84	2.97	17.80	89.60	1072.51	93.7
45	1001	2795	1	04:07	4.11	243.55	680.05	271.34	2.84	17.05	93.17	1115.21	89.8
45	1005	2812	0	04:09	4.15	242.17	677.59	270.36	2.84	17.02	93.73	1121.99	89.6
								270.84					
60	1012	2701	1	02:59	2.98	339.60	906.38	361.64	2.97	17.84	90.03	1077.70	93.9
60	1006	2798	0	03:06	3.1	324.52	902.58	360.13	2.85	17.12	93.27	1116.40	90.1
60	1011	2851	2	03:09	3.15	320.95	905.08	361.13	2.81	16.89	95.03	1137.55	88.9
		Prom.	1.56				Prom.	360.97	2.89	17.35			
		DS	1.10					Prom.	3.24	19.44			
								DS	0.38				

RS: Semillas Reales, RI: Semillas Ideales, D: Dañadas, T: Tiempo, Min.: Tiempo en minuto, SR/min.: Semillas Reales por minuto, SI/min.: Semillas Ideales por minuto, VPD: Velocidad del Plato Dosificador, S/G: Semillas por golpe, PC: Promedio de celdas, #RT: Núm. de revoluciones totales, SIA: Semillas ideales ajustadas, %LC: porcentaje de llenado de celdas DS: Deviación estándar, Prom.: Promedio.

**Cuadro 7.2.17.** Resultados obtenidos de la prueba con *Frijol* con la relación de engranes [24:18].

1:1.33 ENGRANE: 24/18									Constante: 1.13				
Hz	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1011	1199	2	02:41	2.68	377.24	447.39	337.03	3.73	22.39	39.97	903.25	111.9
30	1010	1186	0	02:39	2.65	381.13	447.55	337.15	3.77	22.61	39.53	893.45	113.0
30	1006	1209	2	02:41	2.68	375.37	451.12	339.84	3.68	22.09	40.30	910.78	110.5
								338.01					
45	1020	1282	1	01:54	1.9	536.84	674.74	508.30	3.52	21.12	42.73	965.77	105.6
45	1058	1307	1	01:56	1.93	548.19	677.20	510.16	3.58	21.49	43.57	984.61	107.5
45	1028	1277	2	01:53	1.88	546.81	679.26	511.71	3.56	21.37	42.57	962.01	106.9
								510.06					
60	1033	1332	1	01:28	1.46	707.53	912.33	687.29	3.43	20.59	44.40	1003.44	102.9
60	1029	1352	2	01:30	1.5	686.00	901.33	679.00	3.37	20.21	45.07	1018.51	101.0
60	1035	1361	0	01:31	1.51	685.43	901.32	679.00	3.36	20.19	45.37	1025.29	100.9
							Prom.	681.76	3.56	21.34			

**Cuadro 7.2.18.** Resultados obtenidos de la prueba con *Frijol* con la relación de engranes [18:24].

1:75 ENGRANE: 18/24									Constante: 0.63				
Hz	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1005	2658	1	05:54	5.9	170.34	450.51	189.21	3.00	18.00	88.60	1116.36	90.0
30	1005	2630	0	05:52	5.86	171.50	448.81	188.50	3.03	18.20	87.67	1104.60	91.0
30	1004	2603	1	05:49	5.81	172.81	448.02	188.17	3.06	18.37	86.77	1093.26	91.8
								188.63					
45	1008	2657	2	03:56	3.93	256.49	676.08	283.95	3.01	18.07	88.57	1115.94	90.3
45	1012	2649	1	03:55	3.91	258.82	677.49	284.55	3.03	18.19	88.30	1112.58	91.0
45	1002	2548	3	03:47	3.78	265.08	674.07	283.11	3.12	18.73	84.93	1070.16	93.6
								283.87					
60	1020	2697	2	02:59	2.98	342.28	905.03	380.11	3.00	18.01	89.90	1132.74	90.0
60	1021	2656	3	02:56	2.93	348.46	906.48	380.72	3.05	18.31	88.53	1115.52	91.5
60	1011	2733	1	03:02	3.03	333.66	901.98	378.83	2.94	17.62	91.10	1147.86	88.1
		Prom.	1.38				Prom.	379.89	3.03	18.16			
		DS	0.91					Prom.	3.29	19.75			
								DS	0.29				

RS: Semillas Reales, RI: Semillas Ideales, D: Dañadas, T: Tiempo, Min: Tiempo en minuto, SR/min.: Semillas Reales por minuto, SI/min.: Semillas Ideales por minuto, VPD: Velocidad del Plato Dosificador, S/G: Semillas por golpe, PC: Promedio de celdas, #RT: Núm. de revoluciones totales, SIA: Semillas ideales ajustadas, %LC: porcentaje de llenado de celdas DS: Deviación estándar, Prom.: Promedio.

En los siguientes cuadros se muestran los resultados de las pruebas realizadas a la sembradora cambiando el plato dosificador, con un prototipo de 20 celdas con un diámetro 12.5 mm y un espesor de 9 mm manteniendo como el limpiador el cepillo de cerdas.

**Cuadro 7.2.19.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Bola** con la relación de engranes [24:18].

1:1.33 ENGRANE: 24/18									Constante: 1.13				
Hz	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1004	1055	3	02:20	2.33	430.90	452.79	341.10	1.26	25.27	35.17	794.77	126.3
30	1044	1075	4	02:25	2.41	433.20	446.06	336.03	1.29	25.78	35.83	809.83	128.9
30	1011	1024	2	02:17	2.28	443.42	449.12	338.34	1.31	26.21	34.13	771.41	131.1
								338.49					
45	1028	961	4	01:25	1.41	729.08	681.56	513.44	1.42	28.40	32.03	723.95	142.0
45	1006	962	2	01:25	1.41	713.48	682.27	513.98	1.39	27.76	32.07	724.71	138.8
45	1025	1001	3	01:28	1.46	702.05	685.62	516.50	1.36	27.19	33.37	754.09	135.9
								514.64					
60	1026	982	0	01:05	1.08	950.00	909.26	684.98	1.39	27.74	32.73	739.77	138.7
60	1034	1000	2	01:07	1.11	931.53	900.90	678.68	1.37	27.45	33.33	753.33	137.3
60	1031	1115	3	01:14	1.23	838.21	906.50	682.90	1.23	24.55	37.17	839.97	122.7
							Prom.	682.18	1.34	26.71			

**Cuadro 7.2.20.** Resultados obtenidos de la prueba con **Maíz Bola** con la relación de engranes [18:24].

1:75 ENGRANE: 18/24									Constante: 0.63				
Hz	SR	SI	D	T	Min.	SR /min.	SI/min.	VPD	S/G	PC	#RT	SIA	% LC
30	1004	1532	6	03:21	3.35	299.70	457.31	192.07	1.56	31.21	51.07	643.44	156.0
30	1009	1620	6	03:30	3.5	288.29	462.86	194.40	1.48	29.66	54.00	680.40	148.3
30	1015	1512	4	03:18	3.3	307.58	458.18	192.44	1.60	31.97	50.40	635.04	159.8
								192.97					
45	1011	1905	4	02:48	2.8	361.07	680.36	285.75	1.26	25.27	63.50	800.10	126.4
45	1006	1856	6	02:43	2.71	371.22	684.87	287.65	1.29	25.81	61.87	779.52	129.1
45	1006	1921	6	02:47	2.78	361.87	691.01	290.22	1.25	24.94	64.03	806.82	124.7
								287.87					
60	1009	1760	5	01:56	1.93	522.80	911.92	383.01	1.36	27.30	58.67	739.20	136.5
60	1008	1942	4	02:09	2.15	468.84	903.26	379.37	1.24	24.72	64.73	815.64	123.6
60	1028	1880	4	02:04	2.06	499.03	912.62	383.30	1.30	26.04	62.67	789.60	130.2
		Prom.	3.77				Prom.	381.89	1.37	24.47			
		DS	1.66					Prom.	1.35	25.59			
								DS	0.11				

RS: Semillas Reales, RI: Semillas Ideales, D: Dañadas, T: Tiempo, Min.: Tiempo en minuto, SR/min.: Semillas Reales por minuto, SI/min.: Semillas Ideales por minuto, VPD: Velocidad del Plato Dosificador, S/G: Semillas por golpe, PC: Promedio de celdas, #RT: Núm. de revoluciones totales, SIA: Semillas ideales ajustadas, %LC: porcentaje de llenado de celdas DS: Deviación estándar, Prom.: Promedio.

**Cuadro 7.2.21.** Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con **Maíz Plano**, a seis diferentes velocidades de dosificación (Prueba1).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
<b>TRATAMIENTOS</b>	5	3325.3	665.0	31.3	0.0
<b>REPETICIONES</b>	2	31.0	15.5	0.7	0.5
<b>ERROR</b>	10	211.8	21.1		
<b>TOTAL</b>	17	3568.2	3568.2		
<b>C.V.</b>	=	4.50%			

**Cuadro 7.2.22.** Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con **Maíz Bola**, a seis diferentes velocidades de dosificación (Prueba1).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
<b>TRATAMIENTOS</b>	5	1386.5	277.3	21.4	0.0
<b>REPETICIONES</b>	2	100.7	50.3	3.9	0.0
<b>ERROR</b>	10	129.0	12.9		
<b>TOTAL</b>	17	1616.3			
<b>C.V.</b>	=	3.64%			

**Cuadro 7.2.23.** Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con **Frijol**, a seis diferentes velocidades de dosificación (Prueba1).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
<b>TRATAMIENTOS</b>	5	1287.5	257.5	48.1	0.0
<b>REPETICIONES</b>	2	31.4	15.7	2.9	0.0
<b>ERROR</b>	10	53.4	5.3		
<b>TOTAL</b>	17	1372.4			
<b>C.V.</b>	=	1.98%			

**Cuadro 7.2.24.** Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con **Maíz Plano**, a seis diferentes velocidades de dosificación (Prueba 2).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	1574.0	314.8	50.0	0.0
REPETICIONES	2	9.7	4.8	0.7	0.5
ERROR	10	62.8	6.2		
TOTAL	17	1646.7			
C.V. =		2.50%			

**Cuadro 7.2.25.** Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con **Maíz Bola**, a seis diferentes velocidades de dosificación (Prueba 2).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	4532.0	906.4	48.0	0.0
REPETICIONES	2	20.5	10.2	0.5	0.6
ERROR	10	188.5	18.8		
TOTAL	17	4741.1			
C.V. =		4.39%			

**Cuadro 7.2.26** Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con **Maíz Bola**, a seis diferentes velocidades de dosificación (Prueba 2).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	1613.5	322.7	81.8	0.0
REPETICIONES	2	14.1	7.0	1.7	0.2
ERROR	10	39.4	3.9		
TOTAL	17	1667.0			
C.V. =		1.98%			

**Cuadro 7.2.27.** Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con **Maíz Plano**, a seis diferentes velocidades de dosificación (Prueba 3).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
<b>TRATAMIENTOS</b>	5	1346.5	269.3	9.9	0.0
<b>REPETICIONES</b>	2	33.9	16.9	0.6	0.5
<b>ERROR</b>	10	271.3	27.1		
<b>TOTAL</b>	17	1651.7			
<b>C.V.</b>	=	5.12%			

**Cuadro 7.2.28.** Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con **Maíz Bola**, a seis diferentes velocidades de dosificación (Prueba 3).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
<b>TRATAMIENTOS</b>	5	2358.3	471.6	250.7	0.00
<b>REPETICIONES</b>	2	20.6	10.3	5.4	0.02
<b>ERROR</b>	10	18.8	1.8		
<b>TOTAL</b>	17	2397.7			
<b>C.V.</b>	=	1.34%			

**Cuadro 7.2.29.** Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con **Frijol**, a seis diferentes velocidades de dosificación (Prueba 3).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
<b>TRATAMIENTOS</b>	5	1295.2	259.0	133.5	0.0
<b>REPETICIONES</b>	2	1.6	0.8	0.4	0.6
<b>ERROR</b>	10	19.3	1.9		
<b>TOTAL</b>	17	1316.3			
<b>C.V.</b>	=	1.41%			

**Cuadro 7.2.30.** Análisis de varianza del porcentaje de llenado de celdas de los resultados obtenidos con la evaluación de dosificación, con **Maíz Bola**, a seis diferentes velocidades de dosificación (Prueba 4).

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	5	1614.5	322.8	10.7	0.0
<b>REPETICIONES</b>	2	27.8	23.9	0.7	0.5
<b>ERROR</b>	10	301.1	30.1		
<b>TOTAL</b>	17	1963.4			
<b>C.V.</b>	=	4.05%			