

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



Evaluación de una Sembradora Mecánica Acoplada al Motocultor

Por:

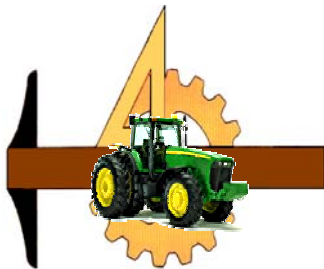
JOSÉ LUIS ACEVEDO VILLANUEVA

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

navista, Saltillo, Coahuila, México.



JUNIO DE 2005

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Evaluación de una Sembradora Mecánica Acoplada al Motocultor

Por:

José Luis Acevedo Villanueva

T E S I S

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

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobado
Presidente del Jurado

Ing. Blanca Elizabeth de la Peña Casas

Sinodal

Sinodal

Dr. Martín Cadena Zapata

M.C. Tomas Gaytán Muñiz

Coordinador de la División de Ingeniería

Dr. Salvador Muñoz Castro

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Junio de 2005

DEDICATORIA

Con admiración y respeto:

A MIS QUERIDOS PADRES:

Sra. Flaviana Villanueva Ramírez. (†)

Y

Sr. Esteban Acevedo Mayo.

*A Élla, al Recuerdo de su Memoria quién me dio la vida, me enseñó a vivirla y cuyos esfuerzos y sacrificios debo lo que ahora soy, y tenerla poco tiempo en mi vida, me enseñó a luchar contra los obstáculos de la vida, para alcanzar las metas, propósitos y los objetivos logrados, el anhelo que mas deseabas que fuera un profesional,, estoy orgulloso de ti. En donde estés, muchas gracias; **Madre mía.***

A Él, Gracias padre por el ejemplo de trabajo, honradez y disciplina que siempre inculcaste en mí y gracias a su apoyo y consejos he llegado a realizar una de mis metas, la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir. Como testimonio de cariño y eterno agradecimiento por mi existencia, valores morales y formación profesional. Porque sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y porque nunca podré pagar todos sus desvelos ni aun con las riquezas más grandes del mundo. Por lo que soy y por todo el tiempo que pensaste en mi... Gracias.

Con amor y respeto.

A MIS HERMANOS (A):

Bardomiano (†)

Gabriela

Pablo

Bernardo

Hipólita

Juana

Eladia (†)

Reyna

Por ser quienes me dan fuerzas para continuar en este largo camino, y por todo el cariño de cada uno de ellos que me han brindado siempre. Gracias a todos por ser como son.

Y de una manera muy Especial a mi hermano al C. PROF.: BERNARDO ACEVEDO VILLANUEVA, Gracias por tus consejos y tu apoyo, por sin ningún a cambio en lo largo de mi carrera profesional.

Así como también a la ING. REYNA ACEVEDO VILLANUEVA, por haber apoyado y compartido la mayor parte de mi carrera profesional. Gracias.

A TODOS MIS SOBRINOS:

A quienes les pido una disculpa por no mencionarlos directamente, pero a todos los llevo aquí en el corazón. Que son la inspiración de mi superación y el motivo de lo que he logrado, y deseo que algún día esto los lleve a superarse lo que hoy yo he logrado.

A MIS ABUELOS:

Adislado Acevedo (†) - Juana Mayo (†)

Y

Paulino Villanueva (†) - Erasta Ramírez (†)

A sus memorias, aunque nos los conocí y no conté con su cariño pero sobre todo por cuidar de mis padres en su infancia, se los agradezco con mucho amor y cariño, aunque ya no están aquí conmigo, siempre los llevo en mi corazón.

A todos mis Tíos, Tías de la familia "ACEVEDO Y VILLANUEVA"; como también aquellas personas que me apoyaron a quienes les pido una disculpa por no mencionarlos directamente, pero a todos los quiero.

Mis triunfos son tuyos también.

AGRADECIMIENTOS

"A Dios todo poderoso por haberme dado la vida y la oportunidad de vivirla y que hoy comparto al lado de muchas personas buenas y generosas... Gracias por las bendiciones que he recibido..."

"A la Virgen de Guadalupe Por haberme dado la dicha de ver la luz del día, protegerme durante cada instante de mi vida y por ser los guías de mis días y de mi propio destino que se construye diariamente, de facilitarme culminar, una meta mas en la vida, el valor necesario para realizar este trabajo y terminar satisfactoriamente a pesar de todos los obstáculos que se presentaron y por darme una vida satisfactoria con mi familia y amistades, y poder llegar donde ahora estoy así como también por el largo camino que me queda por recorrer por eso y muchas cosas mas... GRACIAS."

A Don "Antonio Narro" por haber donado esta hacienda para construir una Universidad de Agronomía, y por haberme brindado la oportunidad de estar dentro de sus aulas, gracias a ella pude terminar mis estudios profesionales, "Alma Terra Mater" Gracias...

A la Ing. Blanca Elizabeth de la Peña Casas, por su tiempo y dedicación para la realización de esta investigación, por su confianza que me brindo durante todo este tiempo le reitero mi más sincero agradecimiento, gracias...

Al Ph Dr. Martín Cadena Zapata, por aceptarme en la investigación de este proyecto, como sus aportaciones para la realización de este trabajo, por su confianza y el apoyo que ha ofrecido durante el tiempo de conocerlo con admiración y respecto mil gracias.

Al M.C. Tomas Gaytán Muñiz, por su valiosa colaboración de este trabajo de investigación, gracias.

Al M.C. Héctor Uriel Serna Fernández, por su tiempo, consejos, y sobre todo dedicación, así como la ayuda incondicional de su persona; por preocuparse que adquiriéramos los conocimientos necesarios durante la estancia de la carrera profesional.

Al M.C. Luis Miguel Lasso Mendoza, por sus grandes consejos y confianza que me otorgo desde que lo conocí, así como su colaboración para la realización de esta investigación. Muchas gracias por sus aportaciones.

Al Ing. Rene Félix Domínguez López, por su amistad y apoyo incondicional que me otorgó.

A mis compañeros de la generación XCVII de la especialidad de Ingeniería Mecánico Agrícola, y también la generación XCVI, por haber compartido parte de sus vidas en nuestros espacios universitarios.

A todos mis Profesores, que sin su ayuda, dedicación y consejos no habría logrado, culminar mis estudios y a todas aquellas personas que de alguna manera intervinieron en mi formación durante mi estancia en la Universidad.

Especialmente para todos los Profesores del Departamento de Maquinaria Agrícola: Dr. Aguinaldo García, ING. Juan Arredondo Valdez, M.C. Tomas Gaytán, M.C. Jesús Valenzuela García, Ing. Jorge A. Flores, Ing. Ramiro Luna, M.C. Juan Antonio Guerrero Hernández, Ing. Rosendo Garza, Ing. José J. de Valle, Ing. Sergio B. Medellín por sus conocimientos compartidos en las aulas de clases.

Al personal del taller de Maquinaria Agrícola: Sr. Efraín, Sr. Mario Amaro, Sr. Jonhy y Sr. Acacio, así como también a la secretaria Juanita y la señora Lidia, por todas las atenciones prestadas para la realización de este trabajo, por su amistad y consejos. GRACIAS.

*Al Profesor **Pedro Paulo Torres Montano**, por su sinceros consejos y su valiosa amistad como amigo y buen profesor que me enseñó el buen camino de la vida, el arte marcial de "TAE KWON DO".*

A MIS AMIGAS Y AMIGOS:

A mis amigas agradezco de lo más profundo de mi corazón, por su amistad que me han brindado todo este tiempo y por todos aquellos momentos de alegría y de tristeza que compartimos en nuestra vida de estudiante, A:

Maria Isabel, Rodrigo, Cirilo, Oscar, Samuel, Luis Miguel, Alma Delia, Mario y Toribio, por brindarme su confianza y su amistad desinteresada.

Y en fin a todas aquellas personas que me brindaron su amistad, y que me ayudaron de alguna u otra manera, para la realización de este trabajo, gracias.

"Fui Buitre, soy Buitre y Seguiré Siendo Buitre"

ÍNDICE

	Página
Resumen	
I. Introducción	
1.1 La actividad de prueba y evaluación como herramienta de desarrollo de tecnología	1
1.1.1 Prueba y evaluación de Maquinaria Agrícola	4
1.1.2 Instituciones que realizan pruebas y evaluaciones	10
1.2 Necesidades de evaluaciones de la maquinaria Agrícola en México	11
1.2.1 Tipos de Normas en México	13
1.3 Objetivos general e Hipótesis	15
II. Revisión de literatura	

2.1	Sistema que se consideran los protocolos para la prueba y evaluación de sembradoras	16
2.1.1	Sistemas de evaluación e implementos agrícolas en México	16
2.1.2	Trabajo realizados sobre evaluación de sembradoras internacional	19
2.1.3	Evaluación y eficiencia del sistema de dosificación	24
2.1.4	Protocolos de evaluación de Implementos Agrícolas	25
2.2	Funciones de una Sembradora	33
2.3	Ejemplo de revisión de pruebas de sembradoras	33
III. Materiales y métodos		
3.1	Materiales empleado	35
3.2	Metodología	36
3.2.1	Estudio agronómico y de ingeniería del material	37
3.2.2	Estudio de estructura	45
3.2.3	Prueba de dosificación en laboratorio	47
3.2.4	Caracterización del sitio de evaluación	54
3.2.5	Procedimiento de pruebas en campo	56
3.2.6	Prueba de seguridad de operación	62
3.2.7	Estudio de durabilidad Mediante el desarme	63
IV. Resultados y discusión		
4.1	Localización del sitio de evaluación	65
4.2	Caracterización de semilla	66
4.3	Caracterización del fertilizante	69
4.4	Estudio de estructura	70
4.5	Pruebas de dosificación en laboratorio	76
4.6	Condiciones en que se realizaron las pruebas de campo	86
4.7	Reporte de prueba de dosificación de semilla en campo	87
4.8	Procedimiento de prueba en campo	89

V. Conclusiones y recomendaciones	96
VI. Literatura citada	101
VII. Anexos	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Caracterización de semillas.....	66
Tabla 4.2 Caracterización del % de germinación de Maíz.....	66
Tabla 4.3 Caracterización del % de germinación de Frijol.....	67

Tabla 4.4 Caracterización del peso de 100 semillas.....	67
Tabla 4.5 La determinación del peso volumétrico.....	68
Tabla 4.6 Parámetros del tamaño de la semilla de maíz bola grande (mm).68	
Tabla 4.7 Parámetros del tamaño de la semilla de frijol (mm).....	68
Tabla 4.8 Determinación del porcentaje de distribución de tamaño.....	69
Tabla 4.9 Determinación de la densidad.....	69
Tabla 4.10 Determinación del ángulo de reposo.....	69
Tabla 4.11 Determinación el porcentaje de humedad.....	69
Tabla 4.12 Dosificación de maíz, a 0° de inclinación.....	78
Tabla 4.13 Dosificación de maíz, a 10° de inclinación.....	78
Tabla 4.14 Comparación de inclinación y velocidades en el daño mecánico de la semilla de maíz.....	79
Tabla 4.15 Porcentaje de daño mecánico a la semilla de maíz por el mecanismo dosificador a 0° de inclinación.....	79
Tabla 4.16 Porcentaje de daño mecánico a la semilla de maíz por el mecanismo dosificador a 10° de inclinación.....	80
Tabla 4.17 Dosificación de frijol, 0° de inclinación.....	80
Tabla 4.18 Dosificación de frijol, 10° de inclinación.....	81
Tabla 4.19 Comparación de inclinación y velocidades de dosificación de la semillas de frijol.....	81
Tabla 4.20 Porcentaje de daño mecánico a la semilla de frijol por el mecanismo dosificador a 0° de inclinación.....	82
Tabla 4.21 Porcentaje de daño mecánico a la semilla de frijol por el mecanismo dosificador a 10° de inclinación.....	82
Tabla 4.22 Dosificación de fertilizante urea gramos por metro y kilos por hectárea a 0° de inclinación.....	83
Tabla 4.23 Dosificación de fertilizante urea gramos por metro y kilos por hectárea a 10° de inclinación.....	83

Tabla 4.24 Comparación de inclinación y velocidades en el dosificador de fertilizante en maíz.....	84
Tabla 4.25 Dosificación de fertilizante urea gramos por metro y kilos por hectárea a 0° de inclinación.....	84
Tabla 4.26 Dosificación de fertilizante urea gramos por metro y kilos por hectárea a 0° inclinación.....	85
Tabla 4.27 Comparación del dosificador de fertilizante en la inclinación y velocidades en frijol.....	85
Tabla 4.28 Dosificación de maíz en campo.....	87
Tabla 4.29 Dosificación de frijol en campo.....	87
Tabla 4.30 Dosificación de fertilizante en campo.....	88
Tabla 4.31 Determinación de la velocidad de trabajo.....	89
Tabla 4.32 Determinación de patinaje.....	89
Tabla 4.33 Medias de los tratamientos en la profundidad de siembra.....	90
Tabla 4.34 Determinación para la distribución de semilla.....	92
Tabla 4.35 Datos de la distancia entre semillas.....	92
Tabla 4.36 Media de los tratamientos en el cubrimiento de la semilla.....	93
Tabla 4.37 Datos de semillas germinadas en campo.....	94
Tabla 4.38 Determinación del consumo de combustible.....	95
Tabla 4.39 Determinación del rendimiento de la maquina.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 El sistema de la visión para las medidas de las semillas de los dosificadores que esparcían la distribución.	21
Fig. 2.2 Sembradora manualmente	24
Fig. 3.1 Sembradora con el RIP modificado	24
Fig. 3.1 Sembradora con el IPP modificado	24
Fig. 3.1 Diagrama de la metodología de la norma mexicana de evaluación de sembradoras	32
Fig. 3.1 Prueba de dosificación	35
Fig. 3.2 Dimensiones en semillas de maíz y frijol	38
Fig. 3.3 Germinación de maíz	41
Fig. 3.4 Germinación de frijol	41
Fig. 3.5 Tacos enrollados	42
Fig. 3.6 Cámara de germinación	42
Fig. 3.7 Medidor de ángulo de reposo (MAR).	44
Fig. 3.8 Sembradora montada al banco de pruebas	48
Fig. 3.9 Motorreductor de .5hp	49
Fig. 3.10 Variador de frecuencia	49
Fig. 3.11 Dosificación de semilla	50
Fig. 3.12 Dosificación de fertilizante	50
Fig. 3.13 Inclinación a 0°	52
Fig. 3.14 Inclinación a 10°	52
Fig. 3.15 Extracción de muestra para determinar la humedad	55
Fig. 3.16 Determinación de la velocidad de trabajo	56
Fig. 3.17 Determinación de patinaje de las ruedas	58
Fig. 3.18 Medición de la profundidad de siembra	59

Fig. 3.19 Determinación del consumo de combustible	61
Fig. 3.20 Medición de dimensiones	64
Fig. 4.1 Localización del sitio de evaluación	65
Fig. 4.2 Sembradora ZILLI	66
Fig. 4.3 Pruebas de germinación de maíz y frijol	67
Fig. 4.4 Marco de la sembradora	71
Fig. 4.5 Eje del dosificador de la semilla	72
Fig. 4.6 Salida de la semilla, caída por gravedad	72
Fig. 4.7 Plato de maíz	73
Fig. 4.8 Plato de frijol	73
Fig. 4.9 Dosificador del fertilizante	73
Fig. 4.10 Interior del dosificador	73
Fig. 4.11 Forma de la distribución	74
Fig. 4.12 Limitador de profundidad de siembra	74
Fig. 4.13 Rudas motriz contacto con el suelo	74
Fig. 4.14 Lubricación del eje de los discos	75
Fig. 4.15 Lubricación del eje del dosificador	75
Fig. 4.16 Banco de prueba con motorreductor de .5 hp	77
Fig. 4.17 Variador de frecuencia	77
Fig. 4.18 Acoplado el engrane al eje de la sembradora	77
Fig. 4.19 Conteo manualmente	77
Fig. 4.20 Disco abridor de surco	90
Fig. 4.21 Medición de la profundidad	90
Fig. 4.22 Distribución del maíz	91
Fig. 4.23 Distribución del frijol	91
Fig. 4.24 Cubrimiento de semilla	93

RESUMEN

En México no existe información acerca del desempeño de la sembradora (ZILLI) acoplada al motocultor para el sistema de siembra en condiciones de áreas pequeñas por tal razón esta investigación se enfoca en la determinación del desempeño de la misma.

Por lo en el presente trabajo de tesis se realiza la evaluación de dicha sembradora, siguiendo los procedimientos de la Norma Mexicana (NMX-O-168-SCFI-2002) en lo referente a las pruebas de laboratorio y campo. 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 concluyo con el presente trabajo que la norma se pudo aplicar y alcanzar un estándar de funcionamiento de la sembradora evaluada dentro de los estándares del ± 5 % para el daño mecánico.

Se observo en la evaluación en campo el funcionamiento de cada unos de sus componentes, además de determinar el consumo de combustible, para las siguientes velocidades: 1ª a 1.18 km/h, 2ª a 2.56 km/h y 3ª a 3.41 km/h.

No se registró 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 observó el 100 por ciento de semilla cubierta con labranza secundaria. En relación a la semilla germinada del maíz existió diferencia significativa en los tratamientos. Mientras que para la de frijol resultó lo contrario.

Durante la prueba se determinó el patinaje, presentando diferencia significativa para maíz con el tratamiento tres de 24.01 %. En el caso de frijol los tres tratamientos presentan variación significativa.

Con respecto a la velocidad de trabajo se tubo un gasto de combustible para maíz, el primer tratamiento 29.87 l/ha, el segundo 17.74 l/ha y el tercer tratamiento 28.12 l/ha. Mientras que para el frijol de 18.88 l/ha, 28.12 l/ha y 38.71 l/ha.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 La actividad de prueba y evaluación como herramienta de desarrollo de tecnología

En México, el proceso de apertura comercial y la carencia de estándares o normas para la maquinaria y equipo agrícola, han propiciado que los equipos que se comercializan o distribuyen en el mercado, sean de calidad muy heterogénea, de tal suerte que, el esfuerzo de los productores agropecuarios y del Gobierno Federal por apoyar la adquisición de maquinaria adecuada y segura para llevar acabo las labores que se requieren en los diferentes cultivos, no se han visto suficientemente recompensados.

Lo anterior, también provoca que los fabricantes nacionales de maquinaria y equipo agrícola enfrenten el mercado en condiciones desventajosas por la competencia que representa la comercialización de los equipos mencionados.

Con base a lo anterior, en la búsqueda de alternativas que permitan que la actividad agropecuaria pueda responder al reto que representa producir de manera rentable, competitiva y sostenible, el Gobierno Federal establece un convenio de cooperación técnica con el Gobierno de Japón para poner en marcha, a partir de 1999, el Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA), como organismo responsable de impulsar la normalización para el sector, buscando con ello, contar con estándares de calidad que aseguren que la maquinaria y equipo agrícola que se fabrica o comercializa en el país sea adecuada a nuestras condiciones. Este organismo ha sometido al Comité Técnico Nacional de Normalización de Maquinaria, Accesorios y

Equipos Agrícolas (COTENNMAEA), normas para diversos tipos de maquinaria las cuales algunas de ellas ya están vigentes son:

- NMX-0-168-SCFI-2001; Tractores, Implementos y Maquinaria Agrícola-Sembradoras Unitarias y/o Fertilizadoras Accionadas Mecánicamente, con Dosificadores de Semilla de Disco-Especificaciones y Método de Prueba, Vigencia por el Diario Oficial desde 20 de Marzo 2002.
- NMX-R-046-SCFI-2002; Tractores, Agrícola-Determinación de Potencia a la Toma de Fuerza-Método de Prueba. Sembradoras Unitarias y/o Fertilizadoras Accionadas Mecánicamente, con Dosificadores de Semilla de Disco-Especificaciones y Método de Prueba, Vigencia por el Diario Oficial desde 18 de Junio 2002.
- NMX-0-179-SCFI-2002; Tractores, Implementos y Maquinaria Agrícola-Aspersoras Tipo Aguilón de Tracción Mecánica, Accionada por la Toma de Potencia del Tractor-Especificaciones y Método de Prueba, Vigencia por el Diario Oficial desde 05 de Diciembre 2002.
- NMX-0-181-SCFI-2003; Tractores, Agrícola-Cabinas y Marcos de Protección de Tractores Agrícolas y Forestales-Especificaciones y Método de Prueba (Prueba Estática), Vigencia por el diario oficial desde 17 de Abril 2003.
- NMX-0-182-SCFI-2003; Tractores, Implementos y Maquinaria Agrícola-Arados de Discos-Especificaciones y Método de Prueba, Vigencia por el diario oficial desde 17 de Abril 2003.

- NMX-0-183-SCFI-2003; Tractores Implementos y Maquinaria Agrícola- Rastras de Discos de Levante-Especificaciones y Método de Prueba, Vigencia por el diario oficial desde 17 de Abril 2003.

Actualmente se encuentra otras en procesos de ser declarada vigentes por la SECON-DGN, para Tractores: Pruebas de Levante Hidráulico y Pruebas de tracción, para implementos: Trilladoras, Desgranadoras y sembradoras neumáticas (Hoyos F., 2004).

Para que las normas se expresen, es necesario que estas se observen y apliquen, y para ello se tiene que contar con un Sistema Nacional de Pruebas de Evaluación y Certificación de la Maquinaria y Equipo Agrícola (SNPECMEA) que sea el responsable de llevar a cabo las pruebas de evaluación a la maquinaria con base a las normas de calidad vigentes y su posterior certificación.

Para lograr la certificación de la maquinaria agrícola en México, es necesario, que el país cuente con un Sistema Nacional de Pruebas de Evaluación y certificación de la Maquinaria y equipo Agrícola, operado con la acreditación correspondiente, para que sus resultados puedan tener validez y reconocimiento oficial.

Un sistema como el antes mencionado, necesariamente comprende procesos de normalización, de acreditación, de evaluación y de certificación. Para poder entender como debe operar, es necesario conocer cuales son los actores que intervienen en el y cuales son sus funciones y sus responsabilidades. Por esta razón, a continuación, se presenta una descripción de los elementos más importantes de cada uno de los procesos mencionados,

lo cual sirve como base para plantear el SNPECMEA, y también para entender las interacciones que se establecen entre ellos.

Según la definición adoptada internacionalmente, la normalización es la actividad dirigida a establecer o implantar reglas, con la participación y para beneficio de todos los interesados, con el objeto de ordenar una actividad determinada (Hoyos F., 2004).

1.1.1 Pruebas y Evaluación de Maquinaria Agrícola

La selección, prueba y evaluación de maquinaria y de los equipos agrícolas es una actividad emprendida por el usuario haciendo uso de la información obtenida de una gama de fuentes, aunque también se presta la información de la prueba a los fabricantes. La maquinaria que se prueba comúnmente ha sido esencialmente una actividad empleada como fuente de información para los fabricantes y a los distribuidores de la maquinaria. Es necesaria la prueba para emprender principalmente en campos de los agricultores sin la necesidad de la instrumentación elaborada. Sin embargo, la prueba de la maquinaria es solamente una faceta de la información necesitada para que el agricultor individual haga una evaluación completa de la conveniencia de una maquina para el uso sostenible y provechoso en sus circunstancias únicas. La selección y la evaluación de la maquinaria requieren un acercamiento más sistemático al usuario, más responsable. Se sugiere que la responsabilidad de poner la información necesaria a disposición para los fabricantes y agricultores por un “servicio de la mecanización” autorizar para coordinar el trabajo de instituciones relevantes, trabajando posiblemente en la colaboración estrecha con instituciones que tienen un expediente del éxito en el trabajo con los agricultores para solucionar sus problemas agrícolas de la mecanización (FAO, 1995).

El término “Prueba” se refiere a un análisis del comportamiento de una máquina, comparándola con normas o valores definidos bajo condiciones ideales, con el propósito de obtener información confiable y repetible. Los procedimientos de prueba no abarcan aquellas mediciones y características que estén influenciadas por las condiciones cambiantes del medio, pues de lo contrario no serían repetibles.

El término “Evaluación” involucra el análisis del comportamiento de una máquina bajo condiciones agrícolas reales. El propósito es obtener información de las máquinas bajo condiciones del medio para el cual fue diseñada y que varía continuamente (Smith y Sims, 1990).

Ambos conceptos pruebas y evaluación se complementan para dar una apreciación integral de las máquinas agrícolas.

En la mayoría de los países desarrollados, las pruebas y evaluación de la maquinaria agrícola, se han llevado a cabo de manera rutinaria y sostenida desde hace ya muchos años, este es el caso de países tales como Estados Unidos que desde 1920 inicio con las Pruebas de Nebraska, Inglaterra en SILSOE, Francia CEMAGREF, Canadá PAMI y Japón desde 1950 en el BRAIN.

Entre los múltiples propósitos que tienen dichas pruebas, se pueden mencionar: controlar la calidad del producto, ofrecer a los productores criterios o referencias para la selección de sus equipos, proporcionar apoyo a los fabricantes para el desarrollo y mejoramiento de la maquinaria, verificar la

seguridad en la operación de la maquina para la prevención de accidentes, establecer acciones contra posibles problemas al medio ambiente, etc.

Lo anterior ha traído como resultado que la maquinaria y equipo agrícola que se fabrica y se comercializa en dichos países, este certificada de acuerdo con normas o estándares apropiados para sus condiciones particulares. En el caso de México, aun cuando se cuenta con alguna infraestructura para llevar a cabo pruebas de evaluaciones para la maquinaria agrícola, los esfuerzos realizados han sido aislados y sin reconocimiento oficial, por lo tanto los resultados de dichas pruebas no pueden ser utilizados como base para certificar la calidad, durabilidad, seguridad y funcionamiento del equipo probado (Hoyos F., 2004).

Por otra parte también existen regiones geográficas y económicas procedimientos y normas de pruebas para la evaluación de la técnica agrícola como la prueba de Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) o (Organisation for Economic Co-operation and Development "OECD") que la realizan organismos o institutos designados específicamente para la ejecución de dichas pruebas y las pruebas de Nebraska en Estados Unidos para sembradoras entre otras. La adopción universal del código de la Organización Internacional de Normalización (ISO) hace posible la homologación de evaluaciones por regiones y en algunos casos internacionalmente (Iglesias, et. al., 1999).

La evaluación es un proceso bajo condiciones de laboratorio se puede simular las condiciones de campo. Mas relevantes para determinar el funcionamiento específico que tan eficiente es la sembradora de la misma

unidades que en campo. Tal es el caso de la eficiencia de dosificación de semilla y fertilizante (Campo, 2002).

La optimización de la densidad de plantas es de gran importancia, y ésta requiere la precisión en los términos de la semilla que miden y la distribución por la sembradora, el objetivo de la medición de la semilla es sembrada exacta y uniforme (Jorgenson, 1988) estas no les causan ningunas daños a la semilla (Barañaño, 1955).

(Bragachini et al., 1993), menciona que en su trabajo evaluó dos métodos de siembra utilizando semilla de soja: el método tradicional, que la sembradora de dosificador para la siembra en filas. El último permite que la misma máquina sembradora sea utilizada en regímenes de la rotación del trigo y soja.

Evaluaron la eficiencia de la dosificación de siembra en trigo, de una sembradora convencional de grano fino a distintas velocidades de avance (5, 7, y 9 Km/h⁻¹). La confrontación de las eficiencias de siembra efectuada según décima de igualdad de porcentajes, muestran diferentes significativas a favor del tratamiento 5 Km. h⁻¹, circunstancias que fundamentan el rechazo de la hipótesis que plantea sin la independencia de la velocidad de avance. La eficiencia de siembra produjo resultados satisfactorios independientemente de la velocidad de la sembradora (Memoria Anual, 1999).

La evaluación se realizó en dos partes en la primera se analizó el sistema de dosificación de grano grueso según la norma ISO 7256-1 (Sowing equipment – Test methods – Part 1 Precisión drills for sowing in lines) con semilla de soja, sorgo, maíz y girasol, y (Part 2 Seed drills for sowing in lines)

para semillas de grano fino. La maquina se monto sobre un Banco de ensayo. Con anterioridad a la realización de las mediciones se verifico el correcto funcionamiento del mecanismo de enrase y expulsión de semilla a la nivelación de la maquina. El análisis se dividió en tres partes principales a saber: a) Análisis de la Densidad de siembra. b) De la distribución o Calidad del Planteo. c) Del grado de Rotura de la semilla. De los estudios se desprende que: el sistema de dosificación de grano grueso, presento un rendimiento óptimo en el caso de maíz y girasol a bajas velocidades de avance, ya que se obtuvieron porcentajes de semillas aceptablemente sembradas del orden del 90%. En los casos de la soya y del sorgo, la calidad de la dosificación resulto aceptable pero sensiblemente inferior a la de las especies mencionadas en primer termino, en ambas velocidades de avance. En todos los casos los niveles de rotura resultaron insignificantes, incluso en la soya que es particularmente sensible al daño, indicado un buen tratamiento de la semilla por parte del mecanismo de enrase y expulsión.

En los que respecta al grano fino, la uniformidad entre los dosificadores fue sensiblemente inferior cuando se utilizo la boca chica, comparando con los valores obtenidos con la boca grande. La uniformidad del sistema de dosificación de semilla forrajera fue aceptable. No obstante, se detectaron diferencias sustanciales entre la cantidad de semilla entregada y la teórica, a elevadas densidades de siembra. Respecto del fertilizante la uniformidad entre dosificadores fueron satisfactorios, tanto para la urea como para el superfosfato. Sin embargo existieron importantes diferencias entre las cantidades de fertilizante entregadas y los valores correspondientes para la misma condición de alistamiento. Las profundidades alcanzadas por la semilla y el fertilizante, presentaron un alto grado de uniformidad en las distintas líneas de siembra. Se logro una buena conformación de los surcos de siembra sin que se registraran

atoraduras, pese al elevado contenido de humedad y las características adherentes del suelo cuando fue realizado el ensayo (Memoria Anual, 2000).

El Centro de Concepción Agrícola e Investigación de la Maquinaria en Australia (2004), evaluó una sembradora, Diseñada y construida en 1990 con la capacidad de examinar en un ambiente controlado, la sembradora relacionó los factores que influenciaban la distribución y la profundidad de semillas y de granos del fertilizante colocado en el suelo, consiste en un sistema de carriles atravesados por las semillas y el fertilizante de una sembradora de carro en compartimientos largos del suelo de los 3 m. Las condiciones del suelo, compartimiento están preparadas a una densidad y a un contenido de agua uniforme ajustable dentro de una gama útil. Los experimentos sembradores substituyen típicamente un segundo tipo de semillas en lugar de los granos del fertilizante para el capacidad de rastreo mejorado. La sembradora siguiente, los compartimientos del suelo se puede poner en un cuarto controlado del ambiente para las comparaciones de establecimientos y los estudios tempranos del crecimiento de cosecha.

Después de la germinación de la semilla, los compartimientos se excavan cuidadosamente para localizar las semillas y los granos del fertilizante. Un marco que convierte a digital tres-axial se utiliza para registrar las coordenadas de la posición de todas las semillas en el suelo, también como las irregularidades de la superficie del suelo y los perfiles del surco, estableciendo las características del perfil del suelo.

Los factores evaluados durante la prueba en la colocación del fertilizante y semilla fueron:

- Profundidad y uniformidad de la colocación de la semilla.
- Profundidad y uniformidad de la colocación del fertilizante.

- Separación de la semilla y del fertilizante.
- Posición de la semilla/fertilizante sobre fondo del surco.
- Perfil del suelo y superficial del suelo aspereza/tapa.
- Perfil del surco.
- Establecimiento de la cosecha.
- Parámetros tempranos del crecimiento de cosecha.

Y así como también la prueba de la colocación de la semilla en el campo, dos marcos de los instrumentos apoyados en los árboles de la viga que caminan y levantados hidráulicamente, de los cuales uno se controla electrónicamente, bajan la sembradora juntos con los tractores 65 kw y 135 kw para realizar el trabajo experimental en condiciones del campo.

E. Soza et al., G. Botta, M. Tourn and R. Hidalgo (2004), menciona la su trabajo en evaluación de cambios productivos en una siembra directa de soya, *Glycine max (L) Merr.*: eficiencia de siembra de dos sembradoras con diferentes sistemas de dosificación y distribución, transitando de la agricultura tradicional con alto grado de distribución del suelo hacia sistemas tendientes a reducirlo, siendo la siembra directa un exponente de ello. En este contexto, las maquinas sembradoras experimentaron una gran evolución, cambiaron sus características técnicas y se modificaron sus funciones. En el cultivo de soya se observan dos modalidades de siembra: la tradicional mediante sembradoras de cultivos de escarda y la otra alternativa constituida por sembradora para cultivos en masa, en hileras. Esta segunda modalidad posibilita utilizar una sola maquina en la rotación trigo-soya. En el trabajo se compararon dos maquinas para siembra directa representativas de ambas alternativas. Se realizaron las siguientes determinaciones: a) tratamiento ortigado de la semilla analizando su viabilidad, b) la relación entre plantas lograda respecto a semilla distribuidas en hileras, c)

uniformidad de distribución de plantas por metro lineal de surco, d) rendimiento por metro lineal de surco y en Kg. ha⁻¹ a la cosecha. La prueba se realizó en un lote de producción con seis años de antecesores en siembra directa, del Departamento de Nogoyá (Entre Ríos), sobre doce parcelas sorteadas al azar. Los datos se contrastaron mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Los resultados favorecieron a la sembradora de escarda en el tratamiento de la semilla, la cantidad viable distribuida, la eficiencia de siembra y el rendimiento por metro lineal en el surco.

(Ortiz, et al. 1989), menciona que de los factores que más influyen en el desarrollo óptimo de los cultivos es sin duda la calidad de la distribución de semillas ya que realiza en el dispositivo de siembra, sin embargo, ya en el campo estos dosificadores son afectados por diversas circunstancias ajenas durante la operación como:

- a) Velocidad de avance.
- b) La pendiente del terreno.
- c) Posición de la sembradora respecto a la línea de la marcha del tractor.
- d) Las condiciones del suelo.
- e) Preparación de las camas de semillas.
- f) Tamaño de terrones.
- g) Pedregosidad.
- h) Y residuo orgánico.

1.1.2 Instituciones que realizan pruebas y evaluaciones

El Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA), fue creado en Marzo de 1999, bajo un acuerdo de cooperación técnica entre los gobiernos de México y Japón, la meta del proyecto es

promover un sistema de prueba y evaluación de maquinaria agrícola en México, y de ahí surgió la Norma mexicana de evaluación de las sembradoras y otros implementos, y así suministrar máquinas adecuadas seguras y de excelente calidad a los productores pequeños y medianos y difundir su uso entre ellos.

El objetivo global del proyecto CENEMA es el de coadyuvar al desarrollo y extensión del uso de Maquinaria Agrícola adecuada y segura para pequeños y medianos productores, esto se pretende lograr a través del fortalecimiento y evaluación. Para esto se ha implementado una estrategia que involucra a usuarios, fabricantes, distribuidores, importadores de maquinaria agrícola, investigadores académicos diseñadores en general a todos los sectores de interés en el desarrollo tecnológicos de la maquina agrícola (Ochoa, 2001).

Hay instituciones educativas, que colaboran dentro del proyecto y su papel es fungir como laboratorios de pruebas del equipo agrícola que se comercializa en México, entre las cuales se pueden mencionar: Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Universidad Autónoma de Chapingo, y el Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola que se realiza con los métodos y las normas de pruebas y de evaluación de la maquinaria agrícola, que son normas mexicanas voluntarias.

1.2 Necesidades de evaluaciones de la maquinaria agrícola en México

A fin de contar con información suficiente acerca del comportamiento, ventajas y desventajas de las máquinas agrícolas que permitan hacer una

correcta selección de las mismas, es necesario desarrollar un proceso de pruebas y evaluación a la maquinaria antes de ser utilizada. Es así como surge la necesidad de realizar las pruebas en un banco de ensayo en donde la información obtenida, sobre el rendimiento comparativo del rango completo de sembradoras disponibles en el mercado, probadas en condiciones de laboratorios, similares a las de campo.

Ya que la selección de un equipo para siembra deber ser muy cuidadosa, ya que en México existe una variedad de semillas y condiciones de terrenos que pueden limitar en gran medida el uso de dicho equipo.

Actualmente en México hay poca información sobre evaluación de sembradora mecánica (ZILLI) fabricada en (Guerrino de di Zilli del snc de ZILLI y C, ITALIA) para productores, ya que es tradicionalmente para pequeñas extensiones agrícolas.

Ahora en la actualidad se encuentra en el mercado este tipo de sembradoras destinadas a siembra, de importación.

Sin embargo, no todas éstas satisfacen en las mismas medidas los índices agrotécnicos requeridos para las distintas condiciones de trabajos existentes en las distintas regiones de México. Particularmente los centros de verificación de calidad de equipos agrícolas que actualmente se encuentra en procesos de equipamiento y formación de sus centros de expertos evaluadores requieren de instrumentos y equipos para las pruebas de sembradoras, donde se puedan determinar los indicadores agrotécnicos que posibiliten definir si éstas máquinas cumplen las características deseadas, de acuerdo a las

exigencias establecidas por las normas para la siembra de distintos granos (Pérez S. et al. 1995).

En México, la evaluación de implementos agrícolas se consideran como tareas prioritarias de políticas agropecuarias 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 pequeñas escalas, sin embargo existen factores que inhiben la funcionalidad agrícola en el cual se contemplan los siguientes:

- 1. Al no conocer las maquinas sembradoras en un sistema de funcionalidad en el desarrollo y mejoramiento de las máquinas agrícolas, ni en pruebas de durabilidad o de economía de las mismas por tal motivo no hay suficientes conocimientos técnicos y científicos acumulados sobre estos aspectos.**
2. Los productores agrícolas se interesan en la funcionalidad y desempeño de las máquinas 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 buena función de las mismas.

Por lo tanto es necesario llevar acabo las pruebas y evaluación de las máquinas agrícolas, mediante el procedimiento de la Norma Mexicana NMX-O-168-SCFI-2002, para asegurar la funcionalidad de estas máquinas usadas en el campo Mexicano. Este aseguramiento de calidad de las maquinas agrícolas además de beneficiar a los productores, también servirán para que los fabricantes nacional y/o internacional (importadores) para los programas de mecanización y

equipamiento para la alianza para el campo, ya que con esto se dará a sus productos una difusión como maquinas confiables en cuanto a su funcionamiento y calidad (Takao, 1999).

1.2.1 Tipos de normas en México

En México, la normalización de productos, procesos o servicios, esta expresada en dos tipos de normas, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), y las Normas Mexicanas (NMX).

¿Qué son las Normas Oficiales Mexicanas?

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), se refiere a las características y/o especificaciones técnicas que deben reunir los productos y procesos, cuando esto puedan construir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, medio ambiente y laboral o para la preservación de los recursos naturales, por lo tanto su observación es **obligatoria** y su no cumplimiento deriva en la aplicación de multas y sanciones.

¿Qué son las Normas Mexicanas?

Las Normas Mexicanas (NMX), son instrumentos legales, producto del consenso entre los agentes involucrados en una cadena productiva en particular. En ellas se establecen las especificaciones y/o atributos de calidad que debe satisfacer un producto que se comercializa ya sea a nivel nacional,

regional o local. Así mismo, también pueden establecer reglas, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a productos, procesos, instalaciones, servicios, sistemas o métodos de producción u operación, incluyendo aquellas relativas a terminologías, simbología, embalaje, marcador o etiquetado.

Las NMX son de aplicación **voluntaria**, por lo tanto, la no observación de las mismas, no está sujeta a sanción o multa por la autoridad, sin embargo, pueden ser exigibles por el consumidor.

Los sistemas de estándares citados no justifican el no contar con normas nacionales que se fundamentan en el desarrollo actual y futuro de la mecanización en la agricultura. Es una necesidad evaluar la técnica y su adaptabilidad a las condiciones propias de cada país antes de introducirla en la producción tanto por fabricantes nacionales como extranjeros.

1.3 El objetivo general

Evaluar el desempeño de la sembradora-fertilizadora ZILLI de acuerdo a los procedimientos de la Norma Mexicana (NMX-O-168-SCFI-2002).

1.3.1 Objetivos específicos

- Realizar pruebas agronómicas y de ingeniería de semilla y fertilizante.
- Realizar pruebas a los mecanismos de dosificación de la sembradora.
- Verificar que porcentaje afecta la simulación de pendientes al mecanismo dosificador de semilla y fertilizante.

- Determinación de la eficiencia de dosificación.
- Determinar el porcentaje de daño a la semilla.

1.4 Hipótesis

Sometiendo la sembradora al procedimiento de pruebas y evaluación de la Norma Mexicana para sembradoras fertilizadora mecánica, para obtener información acerca del desempeño de la misma para mejorar su diseño.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Sistemas que consideran los protocolos para la prueba y evaluación de sembradoras

2.1.1 Sistemas de Evaluación e Implementos Agrícolas en México

Albarrán M. (2004), menciona que las pruebas y evaluación se deben realizar con el procedimiento de la Norma Mexicana (NMX-O-168-2002) a los implementos agrícolas son:

- Llegada del equipo que se somete a prueba y evaluación.
- Preparación de la prueba.
 - Tractor.
 - Combustible.
 - Insumos.
 - Campo.
 - Instrumentación.
 - Herramientas.
- Estudio de estructura.
- Estudio agronómico y de ingeniería del material sujeto a prueba.
- Prueba de dosificación en banco.

- Velocidad de operación.
- Ajuste del dosificador de precisión.
- Dosificación de semilla por metro y fertilizante.
- Densidad de siembra.
- Dosis de fertilizante.
- Irregularidad de entrega de la máquina.
- 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.
- Efecto de la vibración en la dosificación de semilla.
- Prueba de dosificación por desplazamiento.
- Estudio sobre las condiciones de campo.
 - Prueba de ajuste.
- Evaluación del funcionamiento.
 - Parcela de prueba.
 - Condiciones de operación.

Puntos de observación y/o medición: ancho de trabajo teórico, ancho total de trabajo, Ancho real de trabajo, longitud total de trabajo, longitud real de trabajo todos estos términos es en metros; superficie total de trabajo, superficie real de trabajo en m²; Velocidad de operación en km/h; tiempos en h; rendimiento en tiempo efectivo en ha/h; rendimiento en total operativo en ha/h; rendimiento real en ha/h; eficiencia efectiva, eficiencia operativa, eficiencia real, patinaje de la rueda en %; profundidad de siembra, distancia entre matas en mm; números de matas, números de matas

sin planta, números de matas fuera de posición, números de plantas no emergidas en adimensional; densidad real de siembra, dosis de fertilizante en kg/ha; porcentaje de matas establecidas, variación de la distancia entre matas, porcentaje de falla de población y porcentajes de matas con dos o mas plantas esto en %.

- Prueba de potencia necesaria para la tracción de la sembradoras.
- Estudio de seguridad y prueba de facilidad de operación.
- Prueba de operación continúa.
- Estudio por desarme.

Mancillas, (1988), menciona que en las pruebas y evaluación se deben realizar a las maquinas agrícolas son:

- Pruebas de funcionalidad.
- Pruebas mecánicas, para fuerzas estructurales y de durabilidad.
- Determinar requerimiento de potencia.
- Determinación de fuerzas exteriores.

Jiménez (1987), muestra varios parámetros para la evaluación de sembradoras dividiéndolos en dos laboratorios.

I. Pruebas de Laboratorio.

Calibración.

Daño de la semilla.

Clasificación de la semilla.

Uniformidad del espaciamiento de la semilla.

II. Pruebas de Campo.

Calidad de trabajo.

Rango de trabajo.

Facilidad de operación y ajuste.

Construcción apropiada.

En las pruebas de calibración menciona la variación entre hileras, medición de rango de dosificación, efectos de la velocidad de dosificación, efectos de la inclinación del dosificador, efecto de la calidad de semilla y efecto de las vibraciones en el dosificador.

Santos (1996), en su trabajo sobre la evaluación de una sembradora de hortalizas, nos indica que esta se lleva a cabo considerando los aspectos siguientes:

- 1) La durabilidad de la maquina.**
- 2) Dosificación de la semilla.**
- 3) Distribución de la semilla.**
- 4) Efecto de la cantidad de semilla.**
- 5) Daño de la semilla.**
- 6) Compactación de la sementera.**
- 7) Eficiencia de germinación.**
- 8) Calibración de la maquina.**

2.1.2 Trabajo realizados sobre evaluación de sembradoras internacional

Pasternak, et al (1987), indica que los dosificadores neumáticos de la alta precisión se han desarrollado para muchas variedades de siembra, para una amplia gama de los tamaños de la semilla. Los dosificadores neumáticos proporcionan la distribución uniforme de las semillas a lo largo de la trayectoria del recorrido, en el espaciamiento predefinido. Para determinar los parámetros de funcionamiento óptimos para una combinación de cualquier tipo de semilla

para el dosificador, y diversos métodos de la evaluación de distribución de la semilla se han desarrollado.

La metodología utilizada por Campbell y Baker (1989), permite obtener la información de la distribución del espaciamiento entre semillas de manera determinística. Sin embargo, la utilización de esta metodología implica la remoción de bloques individuales de suelo (75mm x 75mm x 20mm), conteniendo las semillas sembradas en el campo, y luego llevadas a laboratorio para ser radiografiadas, con lo cual no resulta una alternativa práctica para obtener la información de la dosificación de siembra.

El método más común para probar dosificadores en el laboratorio es el sistema de la correa de la grasa; según (Kelly y Palmer, 1993; Chhinnan et al., 1975), el dosificador se coloca sobre una correa móvil cubierta con el material adhesivo (generalmente grasa) de modo que las semillas que salen del dosificador sigan siendo en el punto donde golpean la correa. Entonces, se para la correa, y la localización de cada semilla en la correa se registra, manualmente o electrónicamente. Los datos de la localización de las semillas entonces se procesan, para producir la distribución del espaciamiento de las semillas.

Los sensores opto-electrónicos se han desarrollado los 7 años pasados para medir la distribución del espaciamiento de semillas, en vez de la correa adhesiva. La mayoría de los sistemas divulgados en literatura se basan en los diodos electro-luminosos (LED) y los foto-detectores para crear un sistema de la detección foto-eléctrica que detecta las semillas mientras que pasan a través (Lan et al., 1999; Kocher et al., 1998; Moleta et al., 1994).

Sus limitaciones principales son que ellos no pueden ser usados (estar acostumbrados) para pequeña semillas clasificadas debido a su resolución pobre espacial (4 mm o más) y su inhabilidad de detectar confiablemente el sentido múltiples semillas cuando ellos están en la misma línea. Además de esto, la medida de las semillas está basada sólo en el sentir su presencia, y ellos carecen de la capacidad de determinar los rasgos geométricos de la semilla como el centro del área, etc. Con un trabajo reciente, cinético el procesamiento de imágenes fue aplicado para medir la distribución de semilla (Hu et al. 2000).

Se ha evaluado el comportamiento de dosificadores de diferentes tipos en distintas spp. La evaluación de la semilla se efectuó a través del análisis PG, la RV y el CV. Los resultados muestran magnitudes extremas variables del coeficiente de viabilidad, donde todos presentan valores inferiores a los del testigo. Solo dos ensayos presentaron resultados positivos, en su rango superior y otro dos no mostró diferencia en la misma magnitud. (Hibert, J. A.; Tesouro, M. O.).

Menciona V. Alchanatis, Y. Kashti y Brikman R. (2002), para obtener alta resolución y ser capaz de medir pequeñas semillas, un acercamiento de imagimática fue adoptado a este trabajo. Además, el análisis de forma del contorno de semillas permite más una determinación confiable de los grupos de múltiples de la misma, incluso si ellos aparecen como un contiguo objeto en la imagen adquirida. Los rasgos, como el tamaño y el área, de semillas individuales también pueden ser calculados, pero su contribución a la evaluación del funcionamiento de sembrar con la máquina es hoy marginal.

Se describe la metodología de probar un sistema de visión que usa en máquina se manifiesta como los datos obtenidos pueden ser usados evaluar el funcionamiento del dosificador. En el diseño, la construcción y la evaluación del sistema óptico son descritas. El sistema de hardware con el procesamiento de imágenes y algoritmos de análisis estadísticos es presentado. Especial la atención fue pagada a la puesta en práctica en línea de los algoritmos de procesamiento de imágenes varios aspectos de éste son hablados.

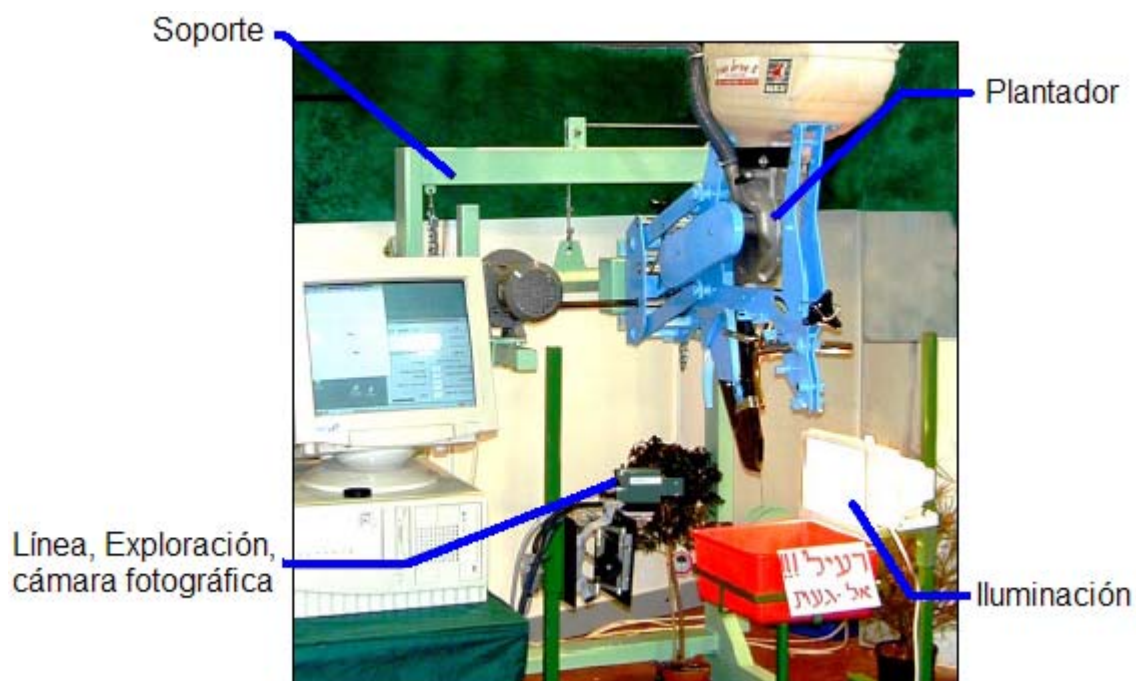


Fig. 2.1 El sistema de la visión para las medidas de las semillas de los dosificadores que esparcían la distribución.

Un sistema óptico, basado en una cámara de exploración de línea y algoritmos de procesamiento de imágenes, era desarrollado para medida en línea de distribución de intervalo de semillas. La resolución óptica del sistema permite para medir la distribución de espaciado de pequeñas semillas, que no

es factible los sistemas ópticos relatados en la literatura hasta ahora. Algoritmos rápidos para detección de semillas, basados en la adquisición de imagen asincrónica y el tratamiento fueron desarrollados. El desarrollo de los algoritmos podría trazar líneas/s de 15 kb y caracterizar la distribución de semillas en línea. Posición de las semillas, así como intervalos de semillas, sobre un cinturón virtual que controla debajo del plantador era calculado. Además, los parámetros de distribución de semillas como el promedio de siembra, el espaciado de la semilla, el coeficiente variación de intervalos de semillas, la alimentación del índice etc., fueron calculados y mostrados en línea, mientras las semillas salen del dosificador.

El sistema desarrollado proporcionó los parámetros estadísticos confiables de la distribución de las semillas, según lo definido por estándares de ISO, para las semillas regulares de la forma como algodón, así como para las semillas irregulares de la forma como el girasol.

Lin Jiachun and Liwei (2000), nos menciona que realizaron prueba del funcionamiento de una sembradora influencias notables sobre el coste y la producción de productos agrícolas sobre todo su uniformidad de siembra es un índice crucial en la valoración de la calidad de una sembradora. Para cuantifique un funcionamiento del dosificador, una amplia variedad de accesos ha sido desarrollada con respeto a la planta espaciada. Las medidas de resultados, como la distancia entre plantas en el campo, han sido usadas en algunas pruebas, la distancia entre semillas, el soporte del cinturón cubierto de grasa, también probadas en la distancia entre semillas sembradas en suelo. La prueba del dosificador actualmente implica las técnicas de opto-electrónica, el método piezoeléctrico, rápido imagimática, y visión de ordenador. Lan, Kocher y Smith desarrolló un sistema de sensor opto-electrónico para la medida de

laboratorio del dosificador de siembra el espaciado con pequeñas semillas. El corazón del hardware en esto el sistema opto-electrónico es un obturador que consiste en 24 pares de cerca infrarrojo (NIR) LEDs fototransistores. Shi Zhixing desarrolló un sensor de detección de semilla, que consiste en un diodo de luz roja (RLD) y una célula fotoeléctrica de silicio, usada para prueba de funcionamiento del dosificador. La luz del diodo era reflejado por dos paralela colocó espejos para formar la rejilla ligera (de luz), que sería protegida del sol cuando una semilla se cayó. Hu Shaoxing y sus compañeros de trabajo usó técnicas de visión de ordenador en la supervisión de funcionamiento de plantador. Wang Shucui sensor etc. Usado el piezoeléctrico el de precisión registrar el tiempo entre dos semillas entonces usaron el software para evaluar el funcionamiento de la sembradora de pruebas. Todos estos dispositivos de pruebas necesitan registrar el intervalo de tiempo durante el cual dos semillas se caen. Las posiciones finales de las semillas son desconocidas el espaciado de la semilla directamente no es medido.

La mayor parte de los bancos de pruebas fueron diseñados para probar un cierto tipo de sembradora. Por ejemplo, la precisión el probador de plantador no puede estar acostumbrado para probar sembradoras de precisión. Con este trabajo, desarrollamos un banco de pruebas que podría ser usado para la prueba de funcionamiento de un plantador de precisión, un plantador de gota de colina y semilla/metro. En este papel, la estructura del banco de pruebas y el hardware del sistema de visión de ordenador fueron ilustrados, las generaciones de imágenes e interpretaciones fueron descritas, y el funcionamiento el plantador de precisión, un plantador de taladro y un plantador de gota de colina fue evaluado. Finalmente los factores de influencia en probando la precisión fueron hablados, y algunas conclusiones fueron dibujadas.

Al final de el la prueba, un informe de pruebas normativo fueron imprimido. Un sistema de iluminación especial fue construido para alumbrar (encender) las escenas bajo las cámaras. Tres cámaras monocromas, una por fila, fueron unidas (conectadas) a un color el gancho de marco se aloja para lograr capturas de imagen. Una imagen especial diseñada que empalma el algoritmo era permitida para eliminar el área traslapada de dos imágenes adyacentes en la secuencia. El banco de pruebas ha demostrado fiabilidad y exactitud de muchas pruebas de prácticas.

El Centro de Investigación e Internacional del desarrollo del Copyright, Ottawa, Canadá (1998), evaluó y probó en tres diferentes tipos de siembra, manualmente, una maquina de RIP modificado y el IPP modificado; la germinación con ambos dosificadores con la semilla de maíz fue sembrada con la forma tradicional del campo y con la operación del IPP modificado.



Fig. 2.2 Manualmente.



Fig. 2.3 Con el RIP modificado.



Fig. 2.4 Con el IPP modificado.

El resultado indican que la germinación y la producción de la planta debido a sembrar manual son perceptiblemente el 30% debido a los dosificadores. El RASGÓN modificado da lugar a una germinación perceptiblemente de 65%, comparadas con el IPP modificado que fue una germinación del 76 %.

2.1.3 Evaluaciones y eficiencia del sistema de dosificación

Se evaluó el tratamiento que otorgan a la semilla de soya, dos dosificadores de rodillo acanalados, uno de dientes restos y otro de dientes helicoidales, mediante la simulación de 2 velocidades de avance (1.4 y 2.0 m/s), 2 densidades de siembra (20 y 30 semillas/m) y 2 distancia entre hileras (350 y 700 mm), lo que permitió contar con 8 dosis de entrega por dosificador. Se realizaron los análisis de PG y RV, calculándose posteriormente el CV. Los resultados se confrontaron mediante el test de Tukey (α : 0.05). Se observaron diferencias significativas en PG para ambos dosificadores. En cuanto a la rotura visible, el rodillo de dientes rectos no muestra significancia en tres tratamientos con respecto al testigo y el diente helicoidal solamente en dos (Soza, E.; Tourn, M. 1998).

Se evaluó el efecto de la dosificación sobre la integridad de la semilla de maíz, con dos tipos de dosificadores, metálico y de plástico, la simulación fue de 5 densidades de siembra (30, 35, 40, 45 y 50 semillas/m²) y 2 velocidades de avance (5 y 7 km/h), resultando 10 tratamientos con diferentes velocidades tangenciales. Los parámetros evaluados fueron energía y poder germinativo (PG), rotura visible (RV) y coeficiente de vialidad (CV). El resultado de este ultimo, surgido de la actividad del PG y RV sugiere la ocurrencia de mayor daño ante incrementos de las velocidades tangenciales, (Test de Tukey: 0.05) (Soza, E.; Tourn, M.; Croce, E.; Smith, J. y Amado M. 1998).

2.1.4 Protocolos de evaluación de implementos agrícolas

Actualmente existen varios protocolos de evaluación de implementos que han sido desarrollados por investigadores de distintos países entre los que se encuentra la Gran Bretaña, Estados Unidos de Norteamérica, Cuba, entre otros; y en México desde del año 1999 se ha comenzado con la formulación de estos

protocolos de prueba. Actualmente ya contamos con la aprobación de arados, aspersoras, rastras, que por lo tanto ya esta la de sembradoras.

Entre los procedimientos para la evaluación de sembradoras se encuentra los siguientes:

2.1.4.1 Norma Cubana sobre evaluación de “Sembradora de Grano” NC. 34-52

Esta Norma publicada en Junio 1987, establece la metodología desarrollada para la realización de las pruebas de maquinaria e implementos agrícolas a las sembradoras de granos, ya sean prototipos experimentales, maquinas modernizadas o de producción seriada, de los siguientes tipos:

- **Sembradora a Voleo.**
- **Sembradora a Chorrillo.**
- **Sembradora a Cuadros.**
- **Sembradora Fertilizadora.**

Metodología de la Norma Cubana son:

1. Peritaje técnico.

A las especificaciones proporcionadas por el fabricante, mas que nada se trata de una análisis físico de los componentes de la maquina, su calidad de construcción y de materiales.

2. Evaluación aerotécnica.

Es realizada mediante pruebas de laboratorio y en campo, determinado las condiciones de pruebas, seleccionando la parcela de control, determinando los regímenes e índices de calidad, realizando un proceso matemático y un análisis y conclusiones sobre la evaluación.

3. Evaluación energética.

En esta prueba se determina la cantidad total de energía requerida por la maquina a evaluar para realizar sus funciones eficientemente.

4. Evaluación de las condiciones de seguridad laboral e higiene en el trabajo.

Esta prueba se realiza al inicio del peritaje técnico y en la prueba de explotación de la maquina, determinando sus condiciones de seguridad, comodidad en sus partes y limpieza de las mismas, así como el libre movimiento de sus partes de las sembradoras.

5. Evaluación de fiabilidad.

Esta evaluación consiste en determinar la calidad de cada una de las piezas que componen a la maquina, tanto en la fabricación así como su desempeño en campo.

6. Evaluación tecnológica explotativa.

En esta prueba hay que evaluar las variables que pueden afectar o incluir en el desempeño de la maquina, evaluando pruebas con diferentes semillas y tipos de suelos.

7. Evaluación económica.

En esta evaluación se busca determinar la rentabilidad de esta maquina en comparación con otras.

Por otra parte el Comité Estatal de Normalización de Cuba de Maquinaria Agrícola (1987), 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.
- ✓ Y las maquinas seleccionadas, en este caso la sembradora debe garantizar la carga óptima 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.
- ✓ En este caso el implemento debe garantizar una alta seguridad y comodidad de explotación.

RNAM Test Codes & Procedures for Farm Machinery

La red regional para la Maquinaria agrícola (RNAM) es un proyecto establecido por los Naciones Unidas Económico y Comisiona para Asia y el Pacífico.

La RNAM lleva acabo programas de investigación, desarrollo, fabricación y divulgación de las maquinarias y equipos agrícolas apropiados y mejorada

para la producción de la cosecha y funcionamiento de poscosecha, compatible con las condiciones ecológicas y socio-económicas locales.

El objetivo principal de la red es la identificación, comprobación, desarrollo, fabricación, divulgación y uso de herramientas agrícolas apropiadas equipo y tecnología para que los pequeños productores logren niveles más altos de productividad y aumenten sus ingresos.

2.1.4.2 Norma sobre evaluación de sembradora y plantadoras

La información a descrita ha sido obtenida como parte del programa de cooperación técnica entre México y gran bretaña, Smith y Sims (1990).

Este procedimiento se aplica a varios tipos de sembradoras y plantadoras. Indica además los puntos y temas que deben de ser medidos y examinados para la evaluación del desempeño, capacitada de trabajo y la conveniencia de que la maquina sea usada con varios tipos de semillas en varias condiciones de suelo.

1. Procedimiento de la prueba.

1.1 maquinaria a evaluar.

En este punto se plantea una supervisión general de la maquina, cerciorándose de que se encuentre en buenas condiciones para trabajar.

1.2 Trabajo de laboratorio.

En este procedimiento se realiza lo siguientes puntos.

1.2.1 Especificaciones del fabricante (revisar y confirmar).

1.2.2 Pruebas del mecanismo dosificador. Entre las pruebas que se realiza se encuentran el rango de siembra, daño a la semilla y patrón de distribución.

1.3 Trabajo de campo.

El rendimiento efectivo solo puede ser determinado mediante pruebas de campo. Este es el siguiente procedimiento:

1.3.1 Condiciones en que se realiza la prueba.

Aquí se considera el tipo de maquina a utilizar para accionar el desplazamiento y funcionamiento de la sembradora, y las condiciones de terreno como el tipo de Suelo, Topografía, contenido de humedad y cultivos o pruebas anteriores.

1.3.2 Las mediciones durante las pruebas.

Durantes las pruebas de campo se realizan las siguientes mediciones que son las necesarias para obtener la información.

- a) Ancho de trabajo teórico.
- b) Ancho de trabajo efectivo.
- c) Profundidad efectiva de trabajo.
- d) Distribución de la semilla.
- e) Velocidad de trabajo.
- f) Tiempo total de trabajo.
- g) Capacidad efectiva de campo.
- h) Capacidad teórica de campo.
- i) Eficiencia de campo.
- j) Fuerza de arrastre.
- k) Patinaje.
- l) Uniformidad del espaciamiento de la semilla.

1.3.3 Rendimiento de la maquina.

Uno de los puntos muy importantes a considerar es el rendimiento de la maquina en campo, para este se deben de considerar los siguientes aspectos de desempeño.

1. Facilidad de manejo de la maquina.
2. Facilidad para ajustarse.
3. Partes que se bloqueen.

Por ultimo es necesario realizar un reporte escrito de la información obtenida en la evaluación de la maquina.

2.1.4.3 Métodos o procedimientos de pruebas de sembradoras en laboratorios, algunos de los puntos que deben de analizarse los siguientes:

- a) El mecanismo dosificador y método para cambiar la tasa de semillas entregadas.
- b) Tipos de abridores de surco y tapadores.
- c) Tipo de mecanismo y transmisión para acciona la maquina.
- d) Controladores de profundidad.
- e) Pruebas del mecanismo dosificador: en donde los resultados obtenidos darán la información básica para obtener su rendimiento o desempeño en el campo.
- f) Rango de siembra: deberán ser evaluados a su máxima, media y mínima efectividad de la tasa de siembra.
- g) Semillas para la prueba y daño mecánico: las pruebas deberán ser efectuadas usando tres diferentes tipos de semillas 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 semillas al azar y se pesara (Smith y Sims, 1990).

2.1.4.4 Metodología propuesta por el CENEMA para la evaluación de maquinaria agrícola

En el CENEMA se tienen las unidades técnicas de durabilidad, funcionamientos y sistemas de evaluación, su objetivo principal es desarrollar los manuales y procedimientos de pruebas y evaluación de maquinaria agrícola, dicha metodología de prueba y estudio son los siguientes aspectos:

- **Guía de inspección.**
- **Solicitud de inspección.**
- **Aviso de inspección.**
- **Llegada de la maquina sujeta a prueba.**
- **Estudio de la estructura.**
- **Estudio sobre las condiciones de campo.**
- **Pruebas de dosificación por desplazamiento.**
- **Evaluación del funcionamiento.**
- **Potencia necesaria para la tracción.**
- **Estudio de seguridad y prueba de facilidad de operación.**
- **Pruebas de dosificación.**
- **Pruebas de operación continúa.**
- **Estudio de durabilidad.**
- **Publicación y envío del resultado de inspección.**
- **Publicación y envío del resultado de inspección.**

2.1.4.5 Norma Mexicana

La Norma mexicana *NMX-O-168-SCFI-2002*, establece las especificaciones mínimas de calidad y el método de prueba para evaluar, desempeño, durabilidad, seguridad y facilidad de operación de sembradoras unitarias y/o fertilizadoras mecánicas con dosificador de semillas de discos. Para la evaluación de sembradoras indica que se deberá contar con un banco de pruebas donde se pueda enganchar la sembradora de diferentes tipos de tamaño, en lo cual deberá contar con un motor reductor y transmisión con la que se podrá variar la velocidad de giro y reversible del eje de alimentación; también, deberá contar con los aditamentos necesarios con los cuales se podrá simular la pendiente del terreno para conocer el efecto en la dosificación de la semilla. La metodología de la Norma se describe en el diagrama de la Fig. 1.

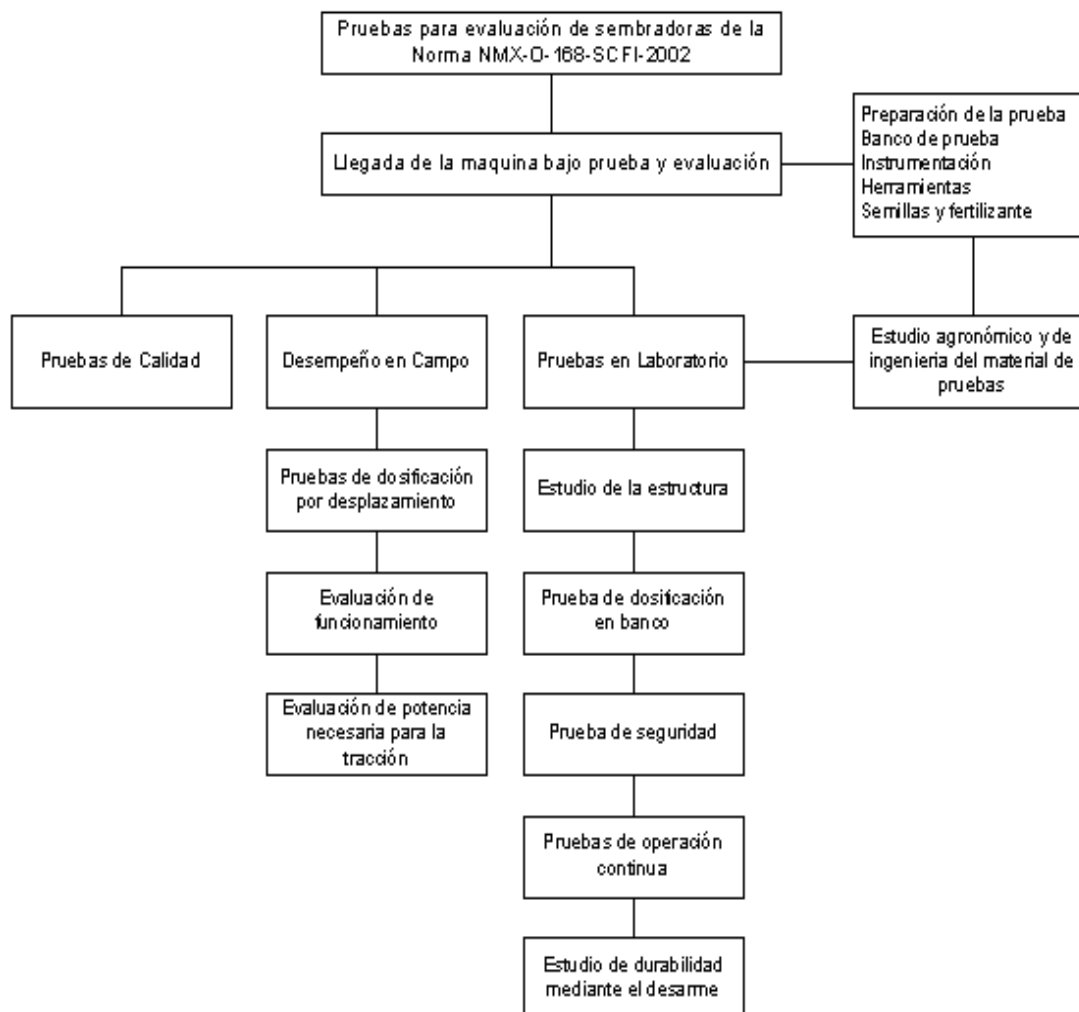


Fig. 2.5. Muestra la estructura de la Norma de evaluación de sembradoras que incluye las fases de descripción, pruebas de dosificación, continuas y la evaluación del desempeño.

La metodología fue desarrollada para la evaluación de sembradoras de grano fue obtenida de la Norma Mexicana sobre evaluación de maquinaria e implementos agrícolas publicadas en Marzo de 2002.

2.2 Funciones de una sembradora

La misión o propósito de la maquina de la sembradoras (excluyendo las sembradoras al voleo) es colocar en el terreno de tal manera que todos los factores que afecten la germinación y labores de emergencia, bien sobre todas la superficie o bien en líneas equidistantes, las mas diversas clases de semillas, sin dañarlas y una profundidad uniforme ya sea en hileras o camellones. Para obtener esto en forma deseada la sembradora debe realizar importantes números de funciones, (Kepner, 1978).

1. Abra el surco en el suelo.
2. Medir la semilla.
3. Depositar la semilla en el surco dentro de un patrón aceptable.
4. Cubrir la semilla.
5. Comprimir el suelo alrededor de las semillas.
6. Y aun grado propio para el tipo de semilla involucrada.

2.3 Ejemplo de revisión de prueba de sembradoras

Bernabé, et al (1996), en su trabajo sobre evaluación en campo de sembradoras unitarias. Evaluó dos diferentes sembradoras mecánicas, usando semilla de maíz los factores en estudio fueron los siguientes:

- 1) Relación de engrane.
- 2) Velocidad de avance.
- 3) Llenado de la tolva.

Las variables evaluadas fueron la profundidad de siembra, distribución de la semilla, dosis de siembra, dosis de fertilización y daño mecánico de la semilla; además se obtuvo información sobre la manejabilidad de las sembradoras y requerimientos de tracción.

Mechanizace Zemedelstul (1997), en su trabajo sobre sembradoras mecánicas y neumáticas nos menciona que las sembradoras mecánicas son preferibles para pequeñas extensiones de siembra; mientras que las neumáticas son mas frecuentemente empleadas en grandes extensiones.

Tesouro (1997), en su trabajo sobre el desempeño de diferentes sistemas de dosificación con distintos tamaños de semilla de girasol obtuvo que la mejor uniformidad de siembra sea obtenida con la sembradora neumática de precisión. Además observo que la uniformidad de siembra es afectada por la velocidad de trabajo.

Cervantes (2001), evaluó el desempeño de la sembradora JDMP-25 Para la labranza de conservación en cada uno de los componentes: Mecanismo de corte del suelo y residuo, la profundidad de trabajo, en distribución de la semilla y el cubrimiento de la misma; además de determinar el consumo de combustible y el deslizamiento de la rueda motriz de la sembradora, esto en las condiciones de cero labranza, en cuatro porcentajes de mantillos. Este trabajo lo realizo con un prototipo de protocolo en evaluación de sembradoras para labranza de conservación, basado en los protocolos de la Norma Cubana sobre maquinaria e implementos agrícolas y del Manual de Evaluación técnica de equipos para pequeños productores; cooperación técnica entre México y Gran Bretaña.

Nanga (2003), realizo prueba de laboratorio, validadas fueron la dosificación de semilla y fertilizante a diferentes velocidades e inclinaciones con tres tipos de semillas y dos tipos de fertilizantes. Que lo realizo con un método complementario del llenado de la celda en funciones a la velocidad e inclinación

que fue una irregularidad del funcionamiento superior al 17%. El método empleado fue de la norma (NMX-O-168-SCFI-2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales empleados

Se realizaron pruebas de dosificación a la sembradora mecánica de tipo acoplada al motocultor marca (ZILLI) monotolva con dosificadores mecánicos, la semilla paso por un tubo (caída por gravedad), se utilizo el banco modular y ensamblado un motorreductor y acoplado al eje de la sembradora un engrane para ser movida por el motorreductor mediante una cadena, se adapto un soporte y barra para sostener la sembradora, como también para el acomodo de equipos adicionales.

El motorreductor empleado integrado por un motor trifásico de 0.5 hp con una relación de 1 a 25, teniendo este como objetivo generar el par, transmitirlo al sistema dosificador de la sembradora. Además se contó con un variador de frecuencia (micromaster 420), con una capacidad máxima de 5 hp, trifásico de 220 volts. Para operación del motorreductor, antes se efectuaron los siguientes pasos: se conecto el motorreductor con el variador de frecuencia este fue a través de cables de uso rudo. Luego se procedió a seguir las instrucciones del manual mostrado en (anexos).



Fig. 3.1 Pruebas de dosificación.

3.2 Metodología

Las pruebas y evaluaciones se realizaron en el laboratorio de pruebas para sembradoras-fertilizadoras mecánica acoplada al motocultor con que

cuenta la UAAAN, para la evaluación se aplicara la norma NMX-O-168-SCFI-2002.

El material y la metodología utilizada se clasifico en dos fases:

I. Pruebas de laboratorio.

3.1.1 Estudio agronómico y de ingeniería del material de prueba.

3.1.1.1 Semilla.

3.1.1.1.1 Maíz.

3.1.1.1.2 Frijol.

3.1.1.2 Fertilizante.

3.1.2 Estudio de la estructura.

3.1.3 Pruebas de dosificación en campo.

3.1.4 Pruebas de seguridad.

3.1.5 Estudio de durabilidad mediante el desarme.

II. Pruebas de campo.

3.2.1 Evaluación de funcionamiento.

3.2.2 Evaluación de potencia necesaria para la tracción.

3.2.3 Prueba de calidad.

Para este trabajo de investigación de evaluación se realizara las pruebas en laboratorio y en campo, como se muestra la metodología del 3.2.

La sembradora se enganchara en el banco de prueba, el cual cuenta con un motoreductor y un variador de frecuencia, varia la velocidad giro del eje de alimentación (rpm), se cuenta también con un mecanismo que simulara la pendiente del terreno para conocer el efecto de esta sobre dos variables en dosificación de semillas y fertilizantes.

Antes de iniciar el trabajo, se realizara una verificación completa de la maquina que este en condiciones de calibración del equipo tal como se

entrega a los productores para trabajar, considerando las especificaciones del fabricante.

3.2.1 Estudio Agronómico y de Ingeniería del Material Sujeto a Prueba

Determinación de Condiciones de la Semillas y fertilizante Sujeta a Prueba

a) Semilla sujeta a prueba

Las semillas utilizadas son maíz y frijol de grano, ambas de tamaño o dimensiones uniformes.

b) Tratamiento de la semilla

Se obtendrá un estudio realizado del proceso de producción de maíz y frijol predominantes, donde se determinara que productos son aplicados a las semillas para la siembra. En este caso semilla certificada o registrada, los datos sobre el tratamiento de la semilla deberán ser especificados por la compañía productora y/o envasadora de semillas.

c) Tamaño de la semilla

Se utilizaron 100 semillas por cada variedad. Utilizando un vernier (graduación mínima de 0.01 mm). Para la medición se utilizara semilla tamizada midiendo los valores de longitud (Ls), Ancho (As) y Espesor (Es) de la semilla correspondiente a los valores máximos medidos en las semillas para cada caso, como se muestra en la metodología 3.2; el valor se especifica en mm.



Fig. 3.2 Dimensiones en semillas de maíz y frijol.

d) Peso de 100 semillas

- 1.- Se realizan 5 repeticiones de 100 semillas.
- 2.- Se pesa el recipiente con la tapa para obtener su masa (g).
- 3.- Después se le agrega las 100 semillas, se pesa en la báscula semilla y recipiente para obtener la masa total (g).
- 4.- Por cada repetición de 100 semillas y después se peso con la báscula para conocer el promedio de cada uno de estos y finalmente se obtiene el promedio general es: la masa total (g) menos masa del recipiente (g).

e) Peso volumétrico

Para determinar el peso volumétrico es el siguiente:

Procedimiento

Utilizando una probeta graduada con capacidad de 1000 ml de su capacidad máxima; Se vacía la semilla en la probeta llenándola que el llenado sea uniforme, eliminando el exceso con la mano hasta lo 1000 ml, después se observa que este exacto. Una vez realizada esta operación se coloca en la balanza y se toma la lectura de su peso. El peso volumétrico se reporta en kilogramos por hectolitros.

Se obtienen tres lecturas para determinar el promedio y este representara el peso volumétrico de la semilla.

f) Distribución del tamaño

Utilizando un cilindro perforado de (13/64" x 1,1/8"), tamizando 15 kg de maíz en el laboratorio de semillas.

g) Densidad

Para esta prueba se realizo cinco repeticiones, midiendo en una probeta de 1 l con graduación mínima de 1 ml, y una báscula digital con graduación mínima de 0.01 g. Obteniendo la masa de un vaso precipitados (m_{vp}), en g vaciando la muestra lentamente en el vaso de precipitado hasta alcanzar un litro ($V = 1$ l). Obteniendo la masa total (m_t) en g.

Para calcular la densidad de semilla se utiliza la formula:

$$D = (m_{vp} - m_t) / V$$

h) Porcentaje de Humedad

La humedad es el factor más importante en la conservación de la semilla, ya que favorece el desarrollo de insectos y hongos, teniendo un efecto en los procesos fisiológicos de la semilla. El contenido de humedad se entiende como la cantidad de agua contienen las semillas y es expresado en por ciento (Moreno, 1996).

Procedimiento

1. Se pesa el cilindro y tapa, en el cual serán colocadas las semillas (100 semillas).
2. Se coloca la semilla en la tapa y se pesa,
3. Una vez pesado el cilindro y semilla se le quita la tapa y sobre está se coloca el cilindro dentro de la estufa; previamente ajustada para mantenerse a 80°C, durante 24 horas.

4. Después de esto se coloca la tapa en el cilindro, se saca de la estufa y se coloca en el secador para que sea enfriado sin ganar humedad. Una vez enfriado, se pesan sin destaparlas; el peso del cilindro será hasta miligramos.
5. La determinación del contenido de humedad se obtiene; realizando cinco repeticiones con la finalidad de generar una mayor exactitud de los datos tomados como mínimo, en las cuales no debe de existir una diferencia mayor a 0.2 %.

Formula para la determinar el contenido de humedad.

$$\%Humedad = \left[\frac{(P1 - p3)}{(p2 - p1)} \right] * 100$$

Donde:

P1 = peso del cilindro y su tapa (g).

P2 = peso del cilindro, tapa y semilla (g).

P3 = peso del cilindro, tapa y semilla después del secado a la estufa (g).

100 = Factor de conversión.

i) Porcentaje de granos quebrados

Se hicieron tres repeticiones, utilizando tamices (1410, 1680, 2380 y 3610 micrones), una báscula y contenedores. Se tamizo 250 g de muestra vibrándolos durante 10 segundos. Obteniendo la masa de granos quebrados que pasaron por el tamiz y calcular el porcentaje.

$$PGQ = \left[\frac{(Mt)}{(Mgq)} \right] * 100$$

Donde:

PGQ = Porcentaje de granos quebrados (%).

Mt = Masa total (g).

Mgq = Masa de granos quebrados (g).

100 = Factor de conversión.

j) Porcentaje de impureza

Realizando cinco repeticiones, utilizando contenedores, báscula electrónica digital (graduación mínima 0.1 g). La muestra de semilla que se peso fue de 200 g (M_T). Separando manualmente toda la materia diferente a la semilla y semillas de otros cultivos. Así obteniendo la masa de las impurezas (M_I) y el porcentaje correspondiente al total de la masa, el cual se determina con la siguiente formula:

$$Pp = \left[\frac{(M_T - M_I)}{M_T} \right] 100$$

Donde:

P_p = Porcentaje de impureza (%).

M_T = Masa total (g).

M_I = Masa de las impurezas (g).

100 = Factor de conversión.

k) Porcentaje de germinación

El objetivo de esta prueba es obtener la información con respecto a la capacidad de la semilla para producir plántulas normales; estos métodos de laboratorio son los más adecuados ya que permiten controlar las condiciones externas para obtener resultados uniformes y rápidos sobre germinación de semillas Fig. 3.3 y 3.4.

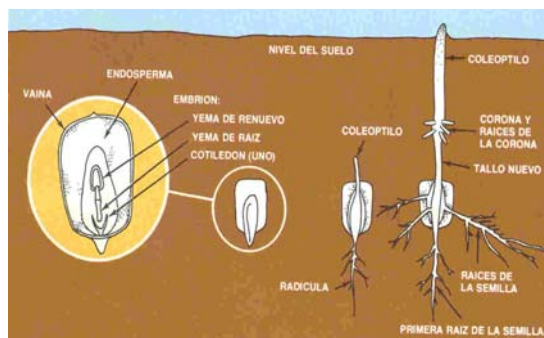


Fig. 3.3 Germinación de Maíz.



Fig. 3.4 Germinación de Frijol.

La prueba de germinación se lleva a cabo con la fracción de la muestra considerada como semilla pura.

1. Se tomaron 150 semillas al azar y se realizaron 3 repeticiones de 50 semillas por muestra, evitando de esta manera que se amontonen y se contaminen con microorganismo y otros contaminantes que puedan alterar los resultados.
2. Se colocan 3 repeticiones de 50 semillas entre las hojas de papel de estraza, el embrión de la semilla deben llevar el mismo sentido; el papel es enrollado en forma de tacos (Fig. 3.5), posteriormente se colocan en una bolsa de polietileno y se lleva a la cámara de germinación (Fig.3.6), se colocan en posición vertical.



Fig. 3.5 Taco enrollado.



Fig. 3.6 Cámara de germinación.

- La humedad relativa dentro de la cámara debe ser de 90 a 95 % lo mas cercano a la saturación, o de acuerdo a la necesidad de la semilla; revisando periódicamente para asegurar la humedad adecuado.
- La temperatura de la cámara de germinación debe ser de 20 a 30°C.
- La intensidad de la luz es de 750 a 1250 lux (75-125 pies), esto satisfaces la necesidad de las semillas para germinar.

3. La duración de la prueba de germinación para maíz y frijol es de 8 días, en la cual se realiza el conteo final determinado.

Formula:

$$\text{Germinación} = 100 (S_n + S_a)/N_s$$

Donde:

S_n: Semillas normales

S_a: Semillas anormales

N_s: Numero de semillas

Determinación de las Propiedades Físicas del Fertilizante Sujeto a Prueba

- a) Se debe de conocer específicamente el;**

Nombre: urea

Formula química: 46-00-00

Fertilizante (aspectos o presentación): Granulado

- b) Peso Volumétrico del fertilizante**

Se utiliza el mismo procedimiento de medición e instrumentación, que en la semilla.

- c) Distribución de tamaño del fertilizante**

Se harán cuatro repeticiones con la finalidad de obtener resultados más exacto, utilizando el fertilizante urea previamente preparada, tamices (1410, 1680, 2380 y 3860 micrones) y báscula electrónica digital. Se hacen pasar mediante vibraciones durante 30 segundos, 4 kg obteniéndose de esta manera la masa del fertilizante de cada tamiz y mediante de esto se calcula su porcentaje con respecto de la muestra total.

- d) Densidad**

Se utiliza el mismo método de medición e instrumentación, que en la semilla.

e) Ángulo de reposo

Se realizan 4 repeticiones una por cada velocidad. Utilizando el medidor de ángulo de reposo (MAR), termómetro de bulbo húmedo, nivel de mano, regla métrica de 1 metro, cinco plumones de diferentes colores, pliego de papel de estraza de 75 x 75 cm preparar 20 kg de muestra.

Se coloca el MAR nivelando horizontalmente, se mide la temperatura del medio ambiente. Se llena la tolva del MAR con la muestra de fertilizante asegurándose que la salida este cerrada. Se abre la tapa hasta que la punta del montón se eleve hasta a alcanzar la boca (salida) de la tolva; en caso contrario; se debe añadir mas fertilizante con la tapa abierta hasta que se alcance. Se marcan ocho puntos alrededor de la base del montón de muestra y se mide el diámetro en cuatro posiciones.

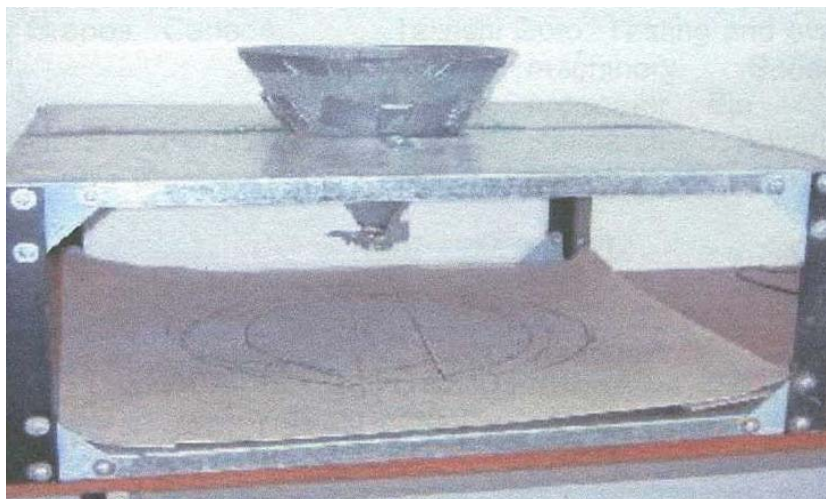


Fig. 4.7 Medidor de ángulo de reposo (MAR).

Formula:

$$\alpha = \tan^{-1} (240) / (d-25)$$

α : Ángulo de reposo

d:= promedio de diámetros (mm)

f) Contenido de humedad

Procedimiento

1. Se pesa el cilindro y tapa, en el cual se pesa 100 g de fertilizante.
2. Se coloca la fertilizante en la tapa y se pesa,
3. Una vez pesado el cilindro y fertilizante se le quita la tapa y sobre está se coloca el cilindro dentro de la estufa; previamente ajustada para mantenerse a 100°C, durante 5 horas.
4. Después de esto se coloca la tapa en el cilindro, se saca de la estufa y se coloca en el secador para que sea enfriado sin ganar humedad. Una vez enfriado, se pesan sin destaparlas; el peso del cilindro será hasta miligramos.
5. La determinación del contenido de humedad se obtiene; en cinco repeticiones como mínimo en las cuales no debe de existir una diferencia de 0.2 %.

Determinación del contenido de humedad.

$$\%Humedad = \left[\frac{(F1 - F3)}{(F2 - F1)} \right] 100$$

Donde:

%Humedad = por ciento de humedad del fertilizante.

F1 = peso del cilindro y su tapa (g).

F2 = peso del cilindro, tapa y fertilizante (g).

F3 = peso del cilindro, tapa y fertilizante después del secado a la estufa (g).

100 = Factor de conversión.

3.2.2 Estudio de la Estructura

Dimensiones de la sembradora

Material sujeto a prueba

Sembradora-fertilizadora de maíz y Fríjol.

En esta revisión, tanto las especificaciones de la sembradora como la información proporcionada por el fabricante en cuanto a las recomendaciones para el desempeño y la capacidad de trabajo, deben ser confirmadas y examinadas. La sembradora debe obtenerse con toda información técnica para estar en posibilidad de examinar detalladamente la estructura del equipo y comparar la congruencia con los parámetros nacionales e internacionales.

Variables de estudio

Todas las pruebas de medición de la estructura de la maquina se llevan acabo en el laboratorio para lograr una mayor precisión y uniformidad de las observaciones que sean necesarias. Uno de los objetivos de realizar estas pruebas es el valorar el grado de coincidencial de la información que acompaña a la maquina entregada por el fabricante con las condiciones reales obteniéndose así durante la evaluación. Ya que para hacer el estudio es necesario desarmar la maquina que es evaluada.

Datos de la maquinaria

Donde se requiere contar con:

- Nombre del Fabricante:
- Modelo:
- Numero de Serie:
- Dirección del fabricante:

Documentos que deberán entregarse con la maquinaria

1. Manual del operador.
2. Manuales de mantenimiento.
3. Dibujos.

4. Otros que el fabricante considere o sea necesarios.

Masa de la sembradora en kg

La masa de la maquina se determina con todos sus componentes como debe ser durante la pruebas, pero sin semilla ni fertilizante en la tolva. La sembradora debe estar acoplada en el motocultor; y posteriormente se desengancha y se pesa sola.

Sistema de transmisión

Se requiere identificar el tipo de transmisión que se utiliza la sembradora en relación de velocidad de entrada: velocidad de salida y el número de elementos de transmisión.

Mecanismo Dosificador para Semilla y Fertilizante

Se deberá identificar el mecanismo que utiliza para dosificar la semilla y el fertilizante donde se identifique para cada caso el:

- a) Mecanismo.
- b) Método de ajuste.
- c) Rango de ajuste entre matas.
- d) Número de salidas.
- e) Tolvas (número, capacidad, material).

Dimensionamiento de la sembradora

Para esto la sembradora es colocada en una superficie uniforme y nivelada.

Procedimiento

Para lo siguiente se utilizara cinta métrica de 3 a 10 m, escuadra, hilo de 10 m, gises, marcadores, plomada, cinta adhesiva, medidor de pie de rey, nivel, vernier y compás de exteriores.

Se marcara con una cinta en la superficie de los pisos, los puntos mas alejados entre si (las rejas, rueda motriz, engancho). Se le mide la longitud (L) y anchura (A). La altura se determina con el punto mas alto (E) de la maquina. También se mide el despeje mínimo del chasis de la sembradora es considerado los valores máximo de la sembradora.

3.2.3 Prueba de dosificación en el laboratorio de pruebas

Se montara la sembradora en el banco y realizar ajustes necesarios a la sembradora para poder dar inicio a la prueba.

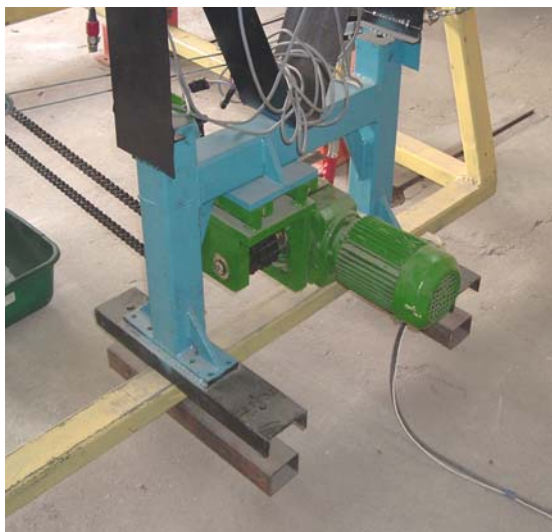
Esta prueba se realiza íntegramente en el banco de pruebas para sembradoras (Fig.3.8), y tiene objetivo identificar los limites de dosificación de semilla y fertilizante del equipo sujeto a prueba, la uniformidad de entrega entre salidas y grado de precisión.



Fig. 3.8 Sembradora montada al banco de pruebas.

3.2.3.1 Prueba de dosificación de semilla, fertilizante y ángulo de inclinación de 0° y 10° por cambio de velocidad

Esta prueba tiene como objetivo identificar la dosificación de la unidad de distancia debido al cambio en el número de revoluciones del eje de alimentación del equipo sujeto a prueba. La velocidad del eje de alimentación es proporcionada por un motoreductor (Fig. 3.9), y la velocidad es controlada por un variador de frecuencia (Fig. 3.10).



**Fig. 3.9 Motóreductor de .5 hp.
frecuencia.**

Fig. 3.10 Variador de

Métodos de Medición

Las pruebas se realizan por separado ya sea para semilla o fertilizante.

En su caso, se llena la tolva con semillas o fertilizante hasta un 80% de su capacidad, procurando que no haya variación en la cantidad del contenido de la tolva durante la medición.

Con respecto a cada ajuste de la velocidad de revoluciones del eje de alimentación, medir en gramos la cantidad dosificada en 60 segundos para la semilla y 60 segundos para el fertilizante, en la salida del dosificador.

Calcular proporción de la variación de dosificación por la unidad de distancia.

a) **Semilla: Con respecto a cada velocidad del dosificador, se mide en gramos la cantidad en un lapso de 60 segundos, por cada salida del dosificador, y se estudia la condición bajo la cual se dosifican las semillas, se realizan 10 repeticiones con la finalidad generar una mayor exactitud de datos tomados para cada una de la velocidades Fig. (3.11).**



Fig. 3.11 Dosificación de semilla.

Nota: Seleccionar manualmente las muestras para dividir las en granos dañados y granos rotos y se obtiene la masa de cada una para calcular la proporción de semilla dañada.

b) Fertilizante: con respecto a cada velocidad del dosificador, se mide en gramos la cantidad en un lapso de 60 segundos, por cada salida del dosificador, y se estudia la condición bajo la cual el fertilizante, se realizan 10 repeticiones con la finalidad de generar una mayor exactitud de los datos tomados para cada una de las velocidades Fig. (3.12).



Fig. 3.12 Dosificación de fertilizante.

Método de Prueba

Se requiere determinar y/o alcanzar:

- a) **Velocidad en revoluciones por minuto del eje de alimentación:** serán de tres velocidades, equivalente a la velocidad de desplazamiento recomendada por (Reyes, 2005), es de 2.40 km/h en 2ª; 3.40 km/h que equivale a 3ª. Las velocidades que se tomaron de esa misma una velocidad a bajo de 20%; la media y el 20% arriba de la velocidad indicada. Entonces fueron de: 1) que equivale a 20% abajo 2.25 km/h; 2) la media 2.90 km/h; 3) de 20% arriba de 3.46km/h.
- b) **Número de salidas del dosificador:** ya que la prueba se realiza en el único cuerpo de la sembradora.
- c) **Cantidad de fertilizantes y semillas para llenar la tolva:** Llenar hasta un 80% de su capacidad.
- d) **Ángulo de inclinación de equipo:** Serán los ángulos siguientes: 0° y 10°.

- e) **Ajuste del dosificador:** este parámetro depende de la velocidad diferente de cada una para la efectividad del dosificador; **semilla:** relación de velocidades; (y se usara el plato semillero correspondiente a la semilla recomendado por el fabricante); **fertilizante** se utilizo un rango de 14 a 18 gramos por metro; y esto se calibro en la sembradora de 16 g/m lineal, que en relación de la velocidad puede variar por otros parámetros no provisto.
- f) **Repeticiones:** 10 repeticiones por cada una de las velocidades con la finalidad de generar una mayor exactitud de los datos tomados.

Variables a medir:

- a) **Cantidad dosificada por la salida durante 60 segundos en semillas, y 60 segundos en fertilizante, en cada ajuste de velocidad para el dosificador.**
- b) **Proporción de semilla dañada en cada ajuste al dosificador.**
- c) **Estado de trabajo (dosificación).**
- d) **Otros puntos necesarios, ejemplo: fallos y ajuste durante la prueba.**

3.2.3.2 Y prueba sobre el cambio de inclinación transversal de la maquina

Esta prueba tiene como objetivo identificar la variabilidad en la dosificación, por unidad de distancia, el equipo sujeto a prueba mediante la Simulación de la inclinación a encontrar en el campo es: de 0° y 10° de su inclinación (Fig. 3.13 y 3.14).



Fig. 3.13 Inclinación a 0°.



Fig. 3.14 Inclinación a 10°.

Parámetros Calculados

A) Dosificación por cada Metro

Se calcula mediante la siguiente Formula:

$$Gm = 0.033 \text{ gh/V}$$

Donde:

Gm: Dosificación por cada metro y por cada cuerpo (g/m).

gh: Promedio de la dosificación de una salida por cada 60 s, en gramos (g).

V: Velocidad de desplazamiento (m/s), se calcula por el diámetro efectivo (D), y las revoluciones por minuto, medidas directamente mediante el tacómetro en el eje de la rueda motriz.

$$V_{Tangencial} = 0.0167 \text{ rpm} \times \pi \times D$$

D: Diámetro efectivo

rpm: medidas con el tacómetro o directamente en eje de la rueda motriz.

B) Dosis de Siembra

Se calcula mediante la siguiente formula:

$$gf = 10000 ((Gm)(Nt))/1000Ah$$

Donde:

gf: Dosis de siembra (kg/ha).

Gm: Promedio de dosificación por cada metro del cuerpo, (g/m).

Nt: Numero de salida.

Ah: Ancho de un trayecto de trabajo, (m).

C) Dosis de Fertilizante

Se calcula mediante la siguiente formula:

$$gf = 1000 (Gm Nt)/Ah$$

Donde:

gf: Dosis de fertilizante (kg/ha).

Gm: Promedio de dosificación por cada metro del cuerpo, (g/m).

Nt: Numero de salida.

D) Proporción de la Semilla Dañada

Se calcula mediante la siguiente formula:

$$C_r = 100(S_d + S_c)/S_w$$

Donde:

C_r: Proporción de la semilla dañada, (%).

S_d: Masa de semillas dañadas, (g).

S_c: Masa de las semillas rotas, (g).

S_w: Masa total de la muestra, (g).

Tratamiento y diseño experimental

El experimento se establece en laboratorio con un diseño estadístico de factorial (A x B) donde (A) son las velocidades, y (B) es el número de inclinaciones; por cada velocidad se toman diez repeticiones. Aun la norma nos indica que solamente la necesidad de realizar tres repeticiones. Aunque

en pruebas de dosificación se tomaron diez repeticiones con la finalidad de generar una mayor exactitud de los datos tomados.

3.2.4 Caracterización del sitio de evaluación

3.2.4.1 Características del terreno

Teniendo en cuenta que las sembradoras tienen contacto directo con el suelo y de acuerdo al tipo y condiciones de este puede variar; es necesaria considerar las siguientes características del suelo.

3.2.4.2 Tipos de rastreo

La prueba de campo se realiza en una parcela con el sistema de labranza secundaria.

3.2.4.3 Tipo de suelo (determinación de textura)

Para determinar la textura del suelo se tomo una muestra de suelo en un extracto de 0 a 0.30 m, ya obtenida la se llevaron al laboratorio de física de suelos para determinar la textura del suelo el cual se hará por el método del hidrómetro de Bouyoucos.

3.2.4.4 Pedregosidad (%)

Se mide 6 parcelas de 15 m x 6 m, 3 para maíz y 3 para el frijol, esto es una por cada velocidad para la evaluación.

La pedregosidad se tomo una muestra por cada parcela con un cuadro de 1 m² (dividido en 100 cuadros de 10 cm²), se lleva acabo la lectura en cada cuadro, así para obtener el porcentaje de pedregosidad existente en la cada parcela.

3.2.4.5 Determinación de humedad del suelo (%)

Para determinar la humedad en el terreno al momento de realizar las pruebas en campo, se toman 6 muestras en forma zigzag cada una de las parcela de prueba, usando una barrena para determinar el contenido de humedad en el perfil del suelo hasta una profundidad de 0.07 m, antes de que se pierda humedad se deposita en un recipiente que sirve como aislante térmico, se pesaron con una balanza de precisión una masa de 60 g de suelo y se llevaron al laboratorio de física de suelos para secarse en una estufa de 110°C durante 24 horas, para posteriormente secas, volverse a pesar utilizando el método gravimétrico y determinar así el contenido de humedad por medio de la siguiente formula:

$$P_w = \left[\frac{(PSH - PSS)}{PSS} \right] 100$$

Donde:

P_w = Contenido de humedad (%).

PSH = Peso de suelo húmedo (g).

PSS = Peso de suelo seco (g).

100 = Factor de conversión.



Fig. 3.15 Extracción de muestras para determinar humedad.

3.2.5 Procedimiento de las pruebas en Campo

3.2.5.1 Velocidad de trabajo

Para determinar la velocidad de trabajo se realiza el siguiente procedimiento (Fig. 3.16).

1. Se instala dos estacas en un extremo de la parcela separadas a 8 metros y dos en el otro extremo a una distancia de 6 metros.
2. Se mide el tiempo que tarda la maquina en recorrer los 8 metros,
3. Se realiza la conversión de metros a kilómetros y de minutos a horas.

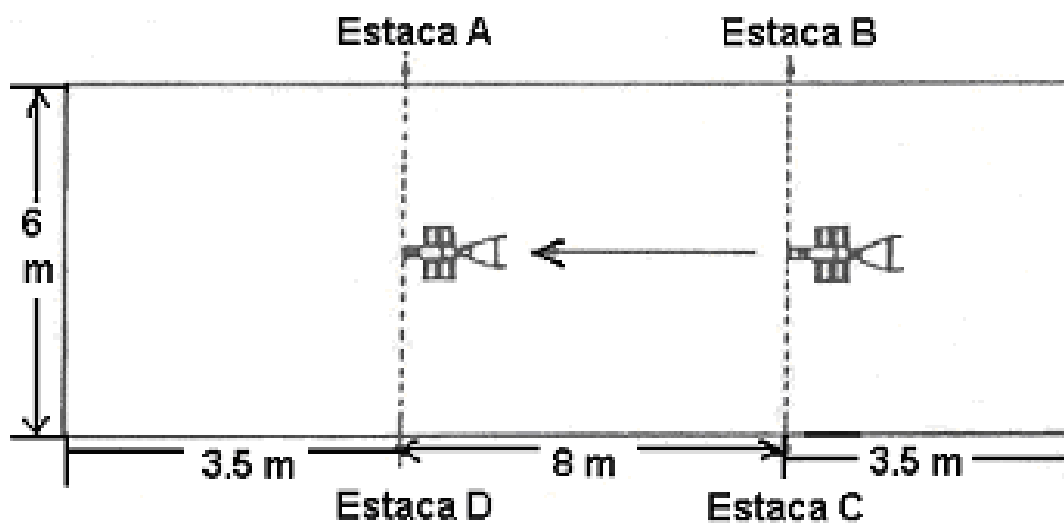


Fig. 3.16 Velocidad de trabajo.

Utilizando la siguiente ecuación se determina la velocidad de trabajo

$$V = \left[\frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}} \right] \times 3.6$$

Donde:

V = Velocidad (Km/h).

D = Distancia recorrida en (m).

T = Tiempo en recorrer esa distancia (s).

a) Tiempo total de trabajo (min)

El tiempo total de trabajo se determinó con un cronómetro desde el momento en que se empezaron a realizar las labores, hasta el término en que el motocultor-sembradora terminó el área total de la parcela de prueba.

b) Tiempo en cabeceras (min)

El tiempo en cabeceras se determina cuando el motocultor sale del área de trabajo especificado, es decir, se mide el tiempo que el motocultor tarda en virar fuera de la parcela para volver al área de trabajo.

3.2.5.2 Determinación de patinaje de las ruedas (%)

El por ciento de patinaje se determina desarrollando el siguiente procedimiento:

La distancia que recorre una maquina en un número de revoluciones de la rueda motriz se reduce cuando estas patinan (Fig. 3.17).

- ✓ El método que se usó para calcular cantidad de patinaje, consistió en colocar una marca en la rueda motriz del motocultor y contar 8 revoluciones con el implemento levantado (posición sin carga) y medir la distancia recorrida.
- ✓ Posteriormente en la misma superficie y revoluciones, se realizó la misma operación pero con el implemento en posición de trabajo (posición con carga).
- ✓ Se registran las lecturas de la distancia recorrida en cada una de las condiciones.

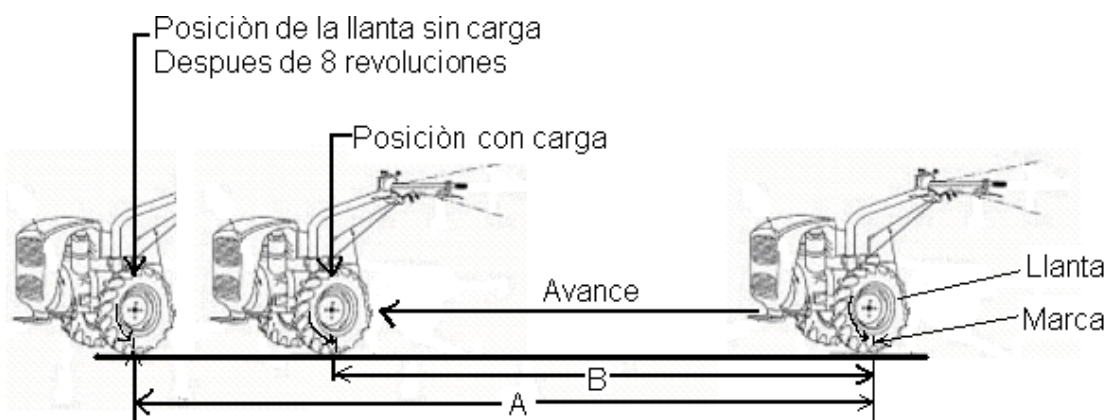


Fig. 3.17 Patinaje de la ruedas.

- ✓ Prosigue a realizar el cálculo de patinaje utilizando la siguiente ecuación:

$$\%P = \left[\frac{(A - B)}{B} \right] * 100$$

Donde:

%P = Porcentaje de patinaje.

A = Distancia recorrida sin carga (m).

B = Distancia recorrida con carga (m).

100 = Valor de conversión.

Esta prueba se llevan acabo 6 repeticiones una por velocidad.

3.2.5.3 Determinación de la profundidad de siembra (cm)

Para medir la profundidad de siembra con la maquina, se tomaron 10 repeticiones por velocidad.

1. Se siembra en 20 m (lineal), después que haya pasado la sembradora se descubriendo la semilla a cada dos metro lineal.
2. Una vez ya descubierta se coloca el nivel totalmente horizontal y una regla graduada en cm, desde la semilla encontrada hasta el nivel para leer la profundidad (Fig. 3.18) se tomara la lectura de 10 muestreos.

3. Para obtener la profundidad por parcela se determina la media aritmética de los datos obtenidos.
4. Posteriormente estos datos son procesados en el modelo estadístico para determinar el análisis de varianza y con esto poder conocer si existe diferencia significativa en las parcelas con respecto a los tratamientos.
5. Esto se realizo, las tres velocidades en dos cultivos.



Fig. 3.18 Medición de la profundidad de siembra.

3.2.5.4 Distribución de semilla

Para poder obtener los datos en campo sobre la distribución de la semilla, se realizo el siguiente procedimiento.

1. Se descubre 20 m (lineal) del surco de siembra, de tal forma que la semilla no sea acarreada con el suelo suelto.
2. Se coloca una cinta métrica en el surco sembrado y se mide la distancia entre semillas existentes.
3. Se trata que la primera semilla localizada coincida con el cero de la cinta.
4. Se determina la distribución real de siembra y la media aritmética.

5. Por cada una de la velocidad se realiza 1 muestra esto en los dos cultivos.

a) Semillas por metro

- * Después de descubrir la semilla sembrada en 20 m, y la medición de la distancia entre semillas.
- * Posteriormente se hace el conteo de semillas que se encuentran en el metro lineal.

b) Numero de matas por metro

Son las matas que se encuentran en un metro lineal a diferente distancia.

c) Numero de semillas por golpe

Se cuenta, cuando están dos o tres semillas juntas, esto se realizo en una distancia de 20 m que se sembró.

3.2.5.5 Cubrimiento de la semilla

1. Se sembró en diez metros lineales, después de la siembra se observo cuantas semillas quedaron descubierta.
2. En el surco se determino el número de semillas que se encontraron descubiertas.
3. Después de esto se determina el total de semilla que existen en la muestra y en relación con esto se determino el porcentaje de semillas descubiertas.

3.2.5.6 Consumo de combustible (l/h)

El consumo de combustible se determinó de la siguiente manera:

- a) Primeramente antes de iniciar la operación en las parcelas, se identifico una marca que se encuentra en el depósito.
- b) El cual consistió en llenar de combustible el depósito hasta la marca identificada antes de iniciar la labor.
- c) Terminada en cada parcela de labor se procedió a volver a llenar el depósito de combustible mediante una probeta graduada de 1000 ml (capacidad máxima) hasta la marca de referencia.
- d) La cantidad de combustible que hacía falta para completar el volumen inicial fue el que se consumió en la labor.
- e) Considerando el gasto de combustible por parcela y la superficie trabajada se calcula el consumo de combustible por hectárea en condiciones de siembra.

Desde el momento en que se inicia las pruebas en la parcela, se toma el tiempo hasta el momento en que se termino.



Fig. 3.19 Determinación del consumo de combustible.

3.2.5.7 Rendimiento de la maquina

Para determinar el rendimiento de la maquina se tiene que considerar algunos aspecto como el tiempo requerido para la siembra, el tiempo perdido en vueltas y por abastecimiento de combustible. Esto son considerados para poder determinar la eficiencia de la maquina.

Con lo anterior y la siguiente formula se determina el rendimiento de la maquina en cada parcela.

Para calcula la eficiencia con la siguiente formula:

$$\%E = \left[\frac{Tt}{TT} \right] 100$$

Donde:

$\%E$ = Por ciento de eficiencia.

Tt = Tiempo teórico.

TT = Tiempo total (Tiempo teórico (+) Tiempo perdido).

100 = Factor de conversión.

Tratamiento y diseño experimental

El experimento se establece en campo con un diseño estadístico de bloques completamente al azar. El bloque es el numero de muestra tomada; y el tratamiento son la velocidades.

3.2.6 Prueba de seguridad

Prueba de seguridad de operación

Este estudio tiene como objetivo verificar aspectos generales de seguridad de la estructura del equipo sujeto a prueba, que depende del fabricante.

Método de Estudio

En caso necesario, además de confirmar físicamente el sistema y el equipo de seguridad, más de dos inspectores operaran el equipo sujeto a prueba para verificar así la seguridad del mismo.

Variabes de Estudio

- a) Información de seguridad en los folletos entregados por el fabricante.

- b) Señalización.
- c) Guardas o cubiertas.
- d) Existencia de puntos salientes y partes punzo-cortantes que representen algún peligro al usuario.
- e) Indicaciones de ajuste de la cantidad dosificada.
- f) Seguridad y maniobrabilidad en el sistema de transmisión.
- g) Seguridad al liberar las semillas atoradas en el mecanismo dosificador.
- h) Seguridad al enganchar y desenganchar la sembradora.
- i) Seguridad para efectuar ajustes.
- j) Seguridad para realizar acciones correctivas, colocación de semillas y fertilizantes.
- k) Otros necesarios a criterio del inspector.

Prueba de Facilidad de Operación.

Esta prueba tiene como objetivo identificar el nivel de facilidad para el manejo y operación del equipo sujeto a prueba montado al motocultor, así como la dificultad de instalarlo al motocultor.

Método de Medición.

La operación y el manejo se realizan en el campo donde se realizara la prueba de funcionamiento. Esto se lleva a cabo por más de dos inspectores utilizando las semillas y los fertilizantes para ejecutar el estudio, y siguiendo las instrucciones descritas para la prueba de funcionamiento.

Variables a Medir y a Estudiar.

1. Indicaciones para el ajuste de la cantidad dosificada.
2. Esfuerzos para el accionamiento de los controles.
3. Disposición de los controles de calibración.
4. Facilidad de acople y desacople del equipo al tractor.

5. Facilidad para dar vueltas.
6. Facilidad para carga y descarga de semilla y fertilizante.
7. Facilidad y seguridad de ajuste, mantenimiento y reparación.
8. Seguridad y maniobrabilidad en el sistema de transmisión para los dosificadores de semilla y fertilizante.
9. Facilidad para mantener la operación en línea recta.

3.2.7 Estudio de durabilidad mediante el desarme

Estudio Mediante el Desarme

Estudiar la calidad y precisión del ensamblado, maquinado y materiales que constituyen a las maquinas sembradoras.

Métodos de Estudio

Ejes

Se estudiara cada parte donde se ubiquen las catarinas, engranes, cuñas. Midiendo el material, dimensiones, diámetro, dureza y observar el material de que esta hecho. En los ejes de la rueda motriz, de los tensores y del dosificador.



Fig. 3.20 Medición de dimensiones.

Bujes y Rodamientos

En los bujes o rodamientos donde gira el eje, se mide el diámetro interior en dos posiciones a intervalos de 180° , en cada extremo y a $\frac{1}{4}$ desde ambas orillas, estudiando el material, Dimensiones y maquinado.

Mantenimiento

De acuerdo con las observaciones realizadas durante las pruebas, se evaluará la facilidad de mantenimiento y ajuste del equipo de siembra. Para esto es necesario desarmar y reensamblar la sembradora para evaluar la facilidad de estos parámetros.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Localización del sitio de evaluación

Para la realización y cumplimiento del objetivo del presente trabajo se utilizó en el sitio experimental llamado el Bajío de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila. Con una latitud de $25^{\circ} 23'$ latitud Norte y una longitud de $101^{\circ} 00'$ Este y con una altitud media sobre el nivel del mar de 1743 metros. Con una temperatura media anual de 19.8°C . (Mendoza, 1983).

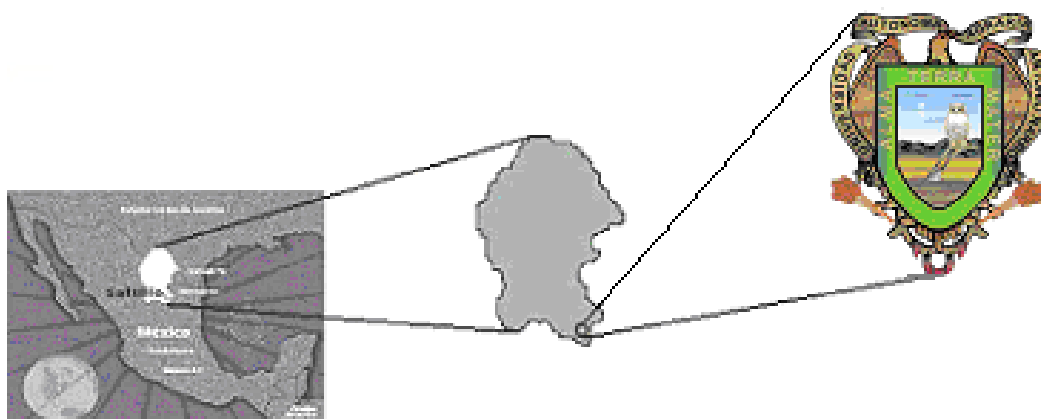


Fig. 4.1 Localización del sitio de evaluación.

Se realizaron pruebas a la sembradora-fertilizadora Zilli serie básica por CORESA (Fig. 4.2) las cuales consistieron en pruebas de estudio de estructura, dosificación en laboratorio y campo tanto de semilla como de fertilizante. Determinando para el caso del porcentaje de la semilla dañada, el daño mecánico con diferentes velocidades a 0° y 10° de inclinación. Para el caso de fertilizante se determinara la eficiencia de dosificación en término de velocidad, inclinación en la salida.



Fig. 4.2 Sembradora ZILLI.

4.2 Características de semillas

Las semillas utilizadas en las pruebas de dosificación se describen en la siguiente tabla.

Tabla 4.1 Caracterización de semillas.

Semilla	Maíz	Frijol
Variedad:	AN-447	Flor de Bayo Rosa
Forma:	Bola	
Tamaño:	Grande	Mediano

4.2.1 Porcentaje de Germinación

Los resultados obtenidos en esta prueba, se muestran en la siguiente tabla, clasificados según el tipo de plántula, así como las semillas sin germinar.

Tabla 4.2 Caracterización del % de germinación de Maíz.

Tipo de plántulas*	Media
PN	97

PA	2
SM	1

*PN (plántulas normales), PA (plántulas anormales) y SM (semillas muertas)

El porcentaje de germinación de la semilla de maíz fue de 94 %.

Tabla 4.3 Caracterización del % de germinación de Frijol.

Tipo de plántulas*	Media
PN	96
PA	1
SM	3

*PN (plántulas normales), PA (plántulas anormales) y SM (semillas muertas)

El porcentaje de germinación de la semilla de frijol fue de 98 %.



Fig. 4.3 Prueba de germinación de maíz y frijol en laboratorio.

4.2.2 Peso de 100 Semillas

En las muestras analizadas de semillas en la siguiente tabla se logra apreciar la homogeneidad de las semillas, debido a que el coeficiente de variación no es insignificativo.

Tabla 4.4 Caracterización del peso de 100 semillas.

Tipo de semilla	Media	SD	CV
	g	%	%
Maíz	53.3	70	1
Frijol	36.8	73	2

SD (desviación estándar), CV (coeficiente de variación)

4.2.3 Peso volumétrico de las semillas y fertilizante

Tabla 4.5 La determinación del peso volumétrico.

	Promedio g/l	Kg	Kg/hectolitros
Maíz	675	0.675	67.5
Frijol	685	0.685	68.5
Fertilizante	670	0.67	67

4.2.4 Tamaño de Semillas

Los resultados de esta prueba se obtuvieron mediante la medición del valor de longitud, anchura y espesor de la semilla. Obteniéndose las Medias, la Desviación Estándar y el Coeficiente de Variación.

Tabla 4.6 Parámetros del tamaño de la semilla de maíz bola grande (mm).

Dimensiones	Media	SD	CV
	(mm)	(mm)	%
Largo	11.8	1.47	12

Ancho	10.10	.97	10
Espesor	6.67	1.18	18

SD (desviación estándar), CV (coeficiente de variación)

Tabla 4.7 Parámetros del tamaño de la semilla de frijol (mm).

Dimensiones	Media	SD	CV
	(mm)	(mm)	%
Largo	11.7	.60	5
Ancho	7.8	.39	5
Espesor	6.05	.39	6

SD (desviación estándar), CV (coeficiente de variación)

4.3 Características de fertilizante

1. Distribución del tamaño

Tabla 4.8 Determinación del porcentaje de distribución de tamaño.

Tamaño de Tamiz			
1410 micrones	1680 micrones	2380 micrones	3360 micrones
1200.8	1256.3	1183.8	1143.3
0.186%	0.352%	4.455%	54.793 %

2. Densidad

Tabla 4.9 Determinación de la densidad.

	Masa total (g)	Masa de vaso (g)	Masa del Fert. (g)	Densidad(g/L)
Media	1008.8	311.6	697.4	0.6974
SD	3.888	0.665	4.004	0.004
CV	0.003	0.002	0.005	0.005

D = 0.697

3. Angulo de reposo

Tabla 4.10 Determinación del ángulo de reposo.

Media	SD	CV	Ángulo de reposos
61.8	0.8057088	0.01	2.4508

4. Porcentaje de humedad

Tabla 4.11 Determinación el porcentaje de humedad.

M anterior al s (g) a	M posterior al s (g) b	M del r (g) c	a - b (g) d	a - c (g) e	% de H	
151.65	151.38	51.47	0.072	99.982	0.07	Media
0.599	0.611	0.604	0.019	0.049	0.01	SD
0.003	0.004	0.011	0.267	0.001	0.26	CV
				% =	0.07	

4.4 Estudio de la Estructura

Datos de la sembradora

Fabricante: Macchine Agricole ed Industriali di Zilli Guerrino & C. snc. Modelo: Art. 2206.

Número de serie:

Dirección: Vía dei Templari, 4 - Tel. 0434/91053 – 91414, 33080 S.
Quirino / Pordeone / Italia.

Documentos Entregados

Por lo tanto cuando se recibió la sembradora no se contó con ningún manual del operador, indicaciones de seguridad, mantenimiento del equipo para su conservación, datos técnicos, instrucciones generales del acople y nivelación del equipo, y además no incluye un capítulo detallado de partes y refacciones.

Masa de la sembradora en Kg

Motocultor - Implemento (Kg)	Implemento (Kg)	Con 80 % de fertilizante y semilla (Kg)
140	20	145

Sistema de enganche y dimensiones del pasador

El tipo de enganche es fijo de un solo punto, dos tornillo (2/6" x 10/127").

Forma y posición del enganche, barra de soporte

Acoplamiento con sujeción con tornillo horizontal.

Forma de enganchar la barra de cruzado y marco de maquina

Horizontal.

Solera de (3"), con espesor de (1/16") y angular de (3/4"), espesor de (1/8").

Marco

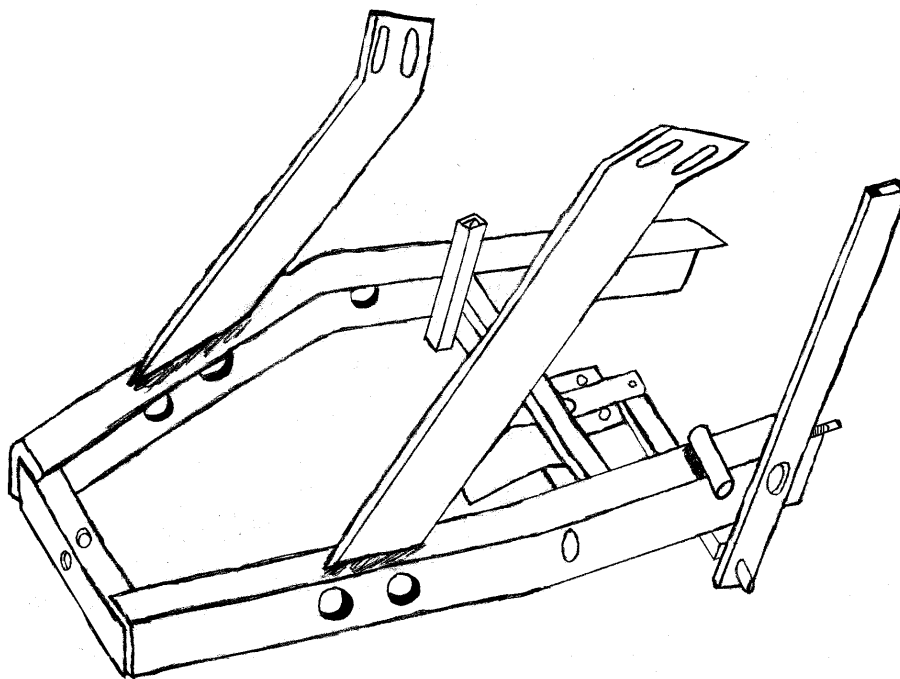


Fig. 4.4 Marco de la sembradora.

El marco sostenido por una base del eje motriz o flecha que esta atornillado al marco para soporte de los contenedores de dosificación de semilla y fertilizante; chasis de un solo cuadro y angular de ($\frac{3}{4}$ "), espesor de ($\frac{1}{8}$ ") Fig. 4.4.

El sistema de ajuste distancia entre hileras e indicación de posición

Es de una sola hilera y posición.

Forma de fijación del material para soporte de los botes semilleros

Conexiones soldadas y atornilladas.

Transmisión

Eje: Perno de ($\frac{3}{4}$ ") de hotrollecl acero, con transmisión de engranes y cadena tipo agrícola con un tensor de posición con resorte (variable).

2 Catarina para una sola dosificación de semilla y del fertilizante intercambiable, la relación de transmisión de 1:1 de la fuente de la rueda motriz a la flecha primaria del dosificador de la semilla; Engranés rectos de acero con 10 dientes.

Aspecto del dosificador de semillas y fertilizante

- 1. El dosificador de semilla mecánico; que es movido por un flecha mediante un engrane cónico recto a otro engrane del eje de la rueda motriz, en la Fig. 4.5.**

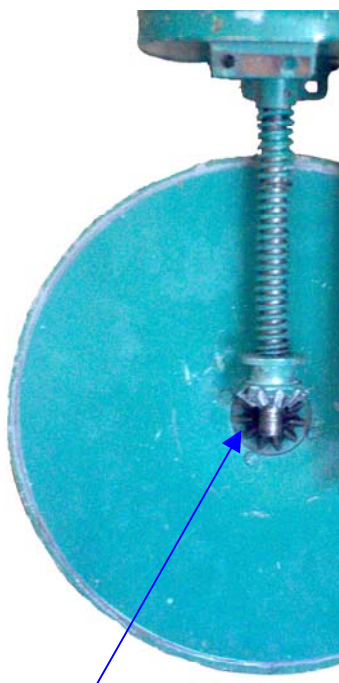


Fig. 4.5 Flecha del dosificador de la semilla.

Tolva de la semilla, lamina rolado espesor (1/16"), Diámetro 8"x12" de largo. Caída mediante un tubo por gravedad en la Fig. 4.6.

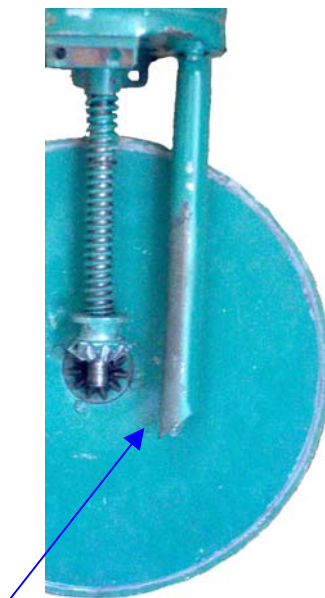


Fig. 4.6 Salida de la semilla caída por gravedad.

Plato semillero de maíz con alvéolos de 8, forma rectangular una longitud de (1/4"), ancho de (1/16"), espesor de (1/8"), construido de plástico.

Plato semillero de frijol con alvéolos de 8, redondo con un diámetro de (1287/2540") y espesor de (1/8"), hecho de plástico.



Fig. 4.7 Plato de maíz.



Fig. 4.8 Plato de frijol.

2. **El dosificador del fertilizante es tipo cono lamina rolada con fibra de vidrio en entremedio un eje de diámetro (1/16") acero con un engrane de 10 dientes, la salida es tubolva célula 160, (1/8") de espesor; con regulador de salida variable (placa de acero).**



Fig. 4.9 Dosificador de fertilizante.



Fig. 4.10 Interior del dosificador.

Tolva del fertilizante, caída por gravedad, lamina rolado espesor (1/16”), Diámetro 8” x 12” de largo.

Posición y distancia entre semillas y fertilizante

Siembra por caída de gravedad: la semilla se deja caer al suelo desde un punto estacionario generalmente permanece en el lugar donde cae. Y la colocación uniforme de la semilla es el tiempo requerido por la semilla para caer a través del tubo semillero. Algunas semillas son rebotadas dentro del tubo cuando va desde el plato semillero al surco, mientras otras semillas caen directamente a través de él, de no colocar las semillas uniformemente en la hilera y el espaciamiento final de los granos es enormemente afectado. Con lo anterior no se sabe la distancia de la semilla a la caída del fertilizante, ver figura 4.11.

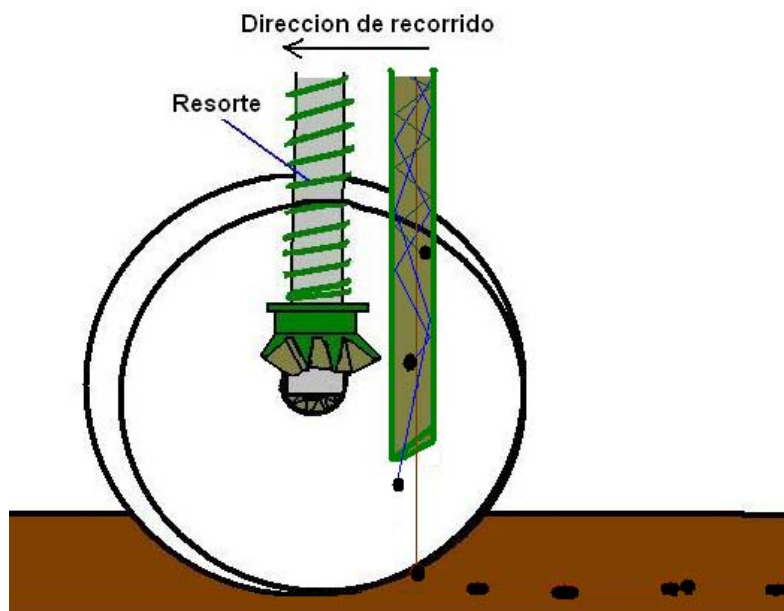


Fig. 4.11 Forma de la distribución de semilla en el suelo.

Parte de contacto con el terreno

Sistema con una sola profundidad de siembra y fertilizante con una placa horizontal conectada una palanca variable.

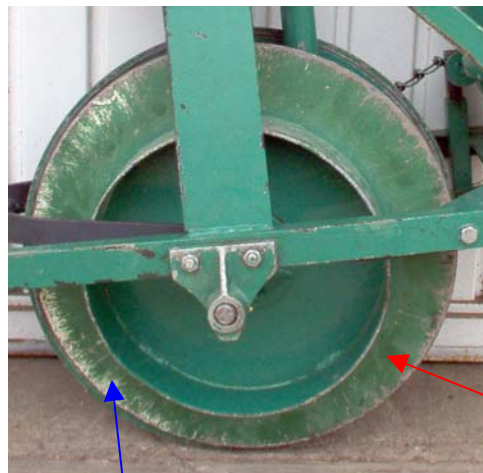


Fig. 4.12 Limitador de la prof. de siembra.



Fig. 4.13 Rueda motriz contacto con el suelo.

Rueda motriz: disco cóncavo de acero con un diámetro de (19/16") y otro de (11/2").

Partes de lubricación

Graseras de (1/4") en el eje motriz o flecha y el eje dosificación de la semilla.



Fig. 4.14 Lubricación a ambos lados del eje de la rueda motriz.



Fig. 4.15 Lubricación en el eje del dosificador de semillas.

Mecanismo de prevención para evitar atoramiento de semilla o fertilizante

- a) **No dejarse aflojar la tuerca que prensa el plato semillero.**
- b) **Para este tipo de dosificación, el fertilizante no tiene que estar en bola.**

Característica del motocultor sujeto a prueba

Marca: BCS.

Constructor: BCS S.p.A. V.le Mazzini, 161 20081 Abbiategrosso (MI) ITALIA.

Modelo o Tipo: MF 650 ACT 340.

Potencia: 08,1 Kw.

Masa: 0095Kg.

Año: 2002.

No de serie: *0000001*

Mecanismo Dosificador de Semilla

- 1) El mecanismo dosificador de la sembradora es de tipo placa de plástico o plato semillero; para Maíz de 8 alvéolos, igualmente para el Frijol solo que existe diferencia en las dimensiones de los alvéolos en ambos.
- 2) El método de dosificación es cambiando la relación de velocidades, de esta manera se aumenta o disminuye el número de semillas por metro. Y la distancia sembrada puede ser ajustada usando diversos discos sembradores.
- 3) Para el ajuste de la distancia entre matas o hileras es proporcionada del cultivo a sembrar.
- 4) Sembradora (zilli) cuenta con un bote semillero para el maíz bola grande y chico, la soya, el haba, y semillas de girasol, etc. Con capacidad en la tolva de la semilla de maíz bola grande 7.850 litros, frijol 7.700 litros y una tolva para el fertilizante 11.900 litros.
- 5) El sistema dosificador; provisto de tres discos permutables para el sembrado de los varios tipos de semillas o platos semilleros intercambiables.

4.5 Prueba de dosificación en el laboratorio

Banco de pruebas

Para esta prueba es necesario montar la sembradora en la estructura del banco de pruebas, e instalar el banco modular; el cual consta de una parte esencial que

proporciona el movimiento por medio de un motóreductor integrado con relación de 1 a 30 y una potencia de .5 hp, trifásico, y otro componente es el contador manual, después que cae la semilla se lleva al conteo para dar la lectura de la semilla dañadas y reales. La velocidad o revoluciones del motóreductor son controladas por un variador de frecuencia.



Fig. 4.16 Banco de prueba con Motóreductor de .5 hp.



Fig. 4.17 Variador de frecuencia.

Operación del banco modular.

1. El variador de frecuencia pone en marcha el motóreductor, el cual a su vez por medio de un engrane que esta acoplado al eje de la transmisión de la sembradora (Fig. 4.18), le proporciona el giro del plato semillero, a la velocidad requerida de la siembra a simular en laboratorio.
2. **Con la relación de distintas velocidades se controla la cantidad de semilla dosificada.**

3. Cuando la semilla es descargada, esta cae a un recipiente para después recogerla para contar semilla dañada manualmente (Fig. 4.19).
4. En el acoplamiento donde esta el engrane es el mismo desplazamiento opera en conjunto con el plato semillero.



Fig. 4.18 Acoplado el engrane al eje de la sembradora. **Fig. 4.19 Conteo manualmente.**

4.5.1 Pruebas de dosificación de semilla de maíz en g/m

En las tablas siguiente se muestran las dosificaciones en kg/Ha y g/m para cada unidad evaluada en forma independiente.

Tabla 4.12 Dosificación de maíz, a 0° de inclinación.

Velocidad	Tratamientos	gh	Gm	gf
Km/h	Sem/min	g/min	g/m	kg/ha
2.25	201.2 C	107.13	2.86	35.75
2.90	225.8 B	122.85	2.49	31.13
3.46	254.9 A	135.64	2.35	29.45

gh(gramos por minuto), Gm(gramos por metro) y gf(Dosis de siembra kg/ha)

Realizando la comparación de medias, semillas por minuto de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico de bloques al azar, se observa la dosificación de maíz que existe diferencia significativa entre los tratamientos, Esto quiere decir que conforme aumente la velocidad la dosificación de semilla será mayor como se muestra en la tabla 4.12 a 0° inclinación.

a) Prueba de dosificación a cambio de inclinación

Tabla 4.13 Dosificación de maíz, a 10° de inclinación.

Velocidad	Tratamientos	gh	Gm	gf
Km/h	Sem/min	g/min	g/m	kg/ha
2.25	168.4 C	88.47	2.39	29.92
2.90	197.8 B	104.46	2.18	27.27
3.46	214.5 A	114.32	1.98	24.78

gh(gramos por minuto), Gm(gramos por metro) y gf(Dosis de siembra kg/ha)

Realizando la comparación de medias, semillas por minuto de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico de bloques al azar, se observa la dosificación de maíz que existe diferencia significativa entre los tratamientos, Esto quiere decir que conforme aumente la velocidad la dosificación de semilla será mayor como se muestra en la tabla 4.13 a 10° de inclinación.

Tabla 4.14 Comparación de inclinación y velocidades de dosificación de la semilla.

Inclinación	2.25 Km/h	2.90 Km/h	3.46 Km/h
0°	201.2000 A	225.8000 A	254.9000 A

10° 168.4000 **B** 197.8000 **B** 214.5000 **B**

Ahora realizando un comparativo de los tratamientos como se muestra en la tabla 4.12 y 4.13. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico de bloques al azar, se observa la dosificación de maíz que existe diferencia significativa entre la inclinación de 0° y 10° como se muestra en la tabla 4.14, Esto quiere decir que si afecta el grado de inclinación.

b) Proporción de semilla de maíz dañada para 0° de inclinación

Tabla 4.15 Porcentaje de daño mecánico a la semilla de maíz por el mecanismo dosificador.

Velocidad del Dosificador (km/h)	% Daño
2.25	0.10
2.90	0.27
3.46	0.28

c) Proporción de semilla de maíz dañada para 10° de inclinación

Tabla 4.16 Porcentaje de daño mecánico a la semilla de maíz por el mecanismo dosificador.

Velocidad del Dosificador (km/h)	% Daño
2.25	0.24
2.90	0.05
3.46	0.14

En la tabla 4.15 y 4.16, Podemos apreciar que el daño mecánico causados por el dosificador en la inclinación de 0° y 10°, en lo cual el por ciento del daño mecánico es menor al 0.5%, esto no llega a 1%, la norma mexicana nos menciona que el porcentaje de daño mecánico por el dosificador es de 5%. Con lo anterior se define que el resultado no es significativo.

4.5.2 Pruebas de dosificación de semilla de frijol en g/m

En las tablas siguiente se muestran las dosificaciones en kg/ha y g/m para cada unidad evaluada en forma independiente.

Tabla 4.17 Dosificación de frijol, 0° de inclinación.

Velocidad		gh	Gm	gf
Km/h	Sem/min	g/min	g/m	Kg/ha
2.25	245.2 C	90.34	2.40	60.16
2.90	293.1 B	110.76	2.23	55.79
3.46	344.4 A	126.59	2.19	54.94

gh(gramos por minuto), Gm(gramos por metro) y gf(Dosis de siembra kg/ha)

Realizando la comparación de medias, semillas por minuto de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico de bloques al azar, se observa la dosificación de frijol que existe diferencia significativa entre los tratamientos, Esto quiere decir que conforme aumente la

velocidad la dosificación de semilla será mayor como se muestra en la tabla 4.17 a 0° inclinación.

a) Prueba de dosificación a cambio de inclinación

Tabla 4.18 Dosificación de frijol, 10° de inclinación.

Velocidad		gh	Gm	gf
Km/h	Sem/min	g/min	g/m	kg/ha
2.25	246 C	90.34	2.41	60.35
2.90	300.5 B	110.76	2.28	57.20
3.46	349.7 A	129.35	2.23	57.79

gh(gramos por minuto), Gm(gramos por metro) y gf(Dosis de siembra kg/ha)

Realizando la comparación de medias, semillas por minuto de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico de bloques al azar, se observa la dosificación de frijol que existe diferencia significativa entre los tratamientos, Esto quiere decir que conforme aumente la velocidad la dosificación de semilla será mayor como se muestra en la tabla 4.18 a 10° inclinación.

Tabla 4.19 Comparación de inclinación y velocidades de dosificación de la semillas.

Inclinación	2.25 Km/h	2.90 Km/h	3.46 Km/h
0°	245.2000 A	293.1000 A	344.4000 B
10°	246.0000 A	300.5000 A	349.7000 A

Ahora realizando un comparativo de los tratamientos como se muestra en la tabla 4.17 y 4.18. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico de bloques al azar, se observa la dosificación de frijol que no existe diferencia significativa entre la inclinación de 0° y 10°, solo en 3.46 km/h existe diferencia significativa como se

muestra en el cuadro 4.19, Esto quiere decir que no afecta el grado de inclinación solo en un tratamiento.

b) Proporción de semilla de frijol dañada para 0° de inclinación

Tabla 4.20 Porcentaje de daño mecánico a la semilla de frijol por el mecanismo dosificador.

Velocidad del Dosificador km/h	% Daño
2.25	0.16
2.90	0.03
3.46	0.18

c) Proporción de semilla de frijol dañada para 10° de inclinación

Tabla 4.21 Porcentaje de daño mecánico a la semilla de frijol por el mecanismo dosificador.

Velocidad del Dosificador km/h	% Daño
2.25	0.08
2.90	0.23
3.46	0.14

En la tabla 4.20 y 4.21 Podemos apreciar que el daño mecánico causados por el dosificador a una inclinación de 0° y 10°, en lo cual el por ciento del daño mecánico es menor al 0.5%, esto no llega a 1%, la norma mexicana nos menciona que el porcentaje de daño mecánico por el dosificador es de 5%. Con lo anterior se define que el resultado no es significativo.

4.5.3 Dosificación de fertilizante

4.5.3.1 Dosificación de fertilizante Urea en maíz

Tabla 4.22 Dosificación de fertilizante Urea gramos por metro y kilos por hectárea.

0° Inclinación		Urea			
Tratamientos	Velocidad	Dosificación			
	km/h	g/min	g/m	Kg/ha	
1	2.25	585.53	B	15.61	195.17
2	2.90	606.83	AB	12.55	156.93
3	3.46	644.17	A	11.17	139.63

Tomando en cuenta la dosificación calibrada en 618.8 g/min que están en función para el caso de fertilizante de gramos por metro y referenciados a kg/ha. Podemos apreciar en la tabla 4.22, la media g/min de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico de bloques al azar, realizando una comparación entre los tratamientos 1 y 2, 2 y 3 no existe diferencia significativa pero 1 con 3 si existe diferencia significativa, en la dosificación de maíz a 0° de inclinación.

Tabla 4.23 Dosificación de fertilizante Urea gramos por metro y kilos por hectárea.

10° Inclinación		Urea			
Tratamientos	Vel	Dosificación			
	Km/h	g/min	g/m	Kg/ha	
1	2.25	606.06	B	16.24	203.02

2	2.90	598.94 B	12.39	154.89
3	3.46	689.66 A	11.95	149.49

Realizando la dosificación calibrada en 618.8 g/min que están en función para el caso de fertilizante de los gramos por metro y referenciados a kg/ha. Podemos apreciar en la tabla 4.23, la media g/min de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico de bloques al azar, haciendo comparación entre los tratamientos, en el 3 hay diferencia significativa; en comparación de los tratamientos 1 y 2 no existe diferencia significativa en la dosificación de maíz a 10° de inclinación.

Tabla 4.24 Comparación de inclinación y velocidades en el dosificador de fertilizante.

Inclinación	2.25 km/h	2.90 km/h	3.46 km/h
0°	585.5300 A	606.8300 A	644.1700 B
10°	606.0600 A	598.9400 A	689.6600 A

Ahora realizando un comparativo de los tratamientos de (g/min) como se muestra en la tabla 4.22 y 4.23. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico de bloques al azar, se observa la dosificación de fertilizante en maíz que no existe diferencia significativa entre la inclinación de 0° y 10°, solo en el tratamiento tres existe diferencia significativa como se muestra en la tabla 4.24, Esto quiere decir que no afecta el grado de inclinación, solo en la velocidad de 3.46 km/h.

4.5.3.2 Dosificación de fertilizante Urea en frijol

Tabla 4.25 Dosificación de fertilizante Urea gramos por metro y kilos por hectárea.

0° Inclinación		Urea		
Tratamientos	Vel	Dosificación		
	km/h	g/min	g/m	Kg/ha
1	2.25	571.01 A	15.22	190.33
2	2.90	608.30 A	12.58	157.31
3	3.46	622.77 A	10.79	134.99

Tomando en cuenta la dosificación calibrada en 618.8 g/min que están en función para el caso de fertilizante de gramos por metro y referenciados a kg/ha. Podemos apreciar en la tabla 4.25, la media g/min de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico de bloques al azar, realizando una comparación entre los tratamientos 1, 2 y 3 no existe diferencia significativa en la dosificación de frijol a 0° de inclinación.

Tabla 4.26 Dosificación de fertilizante Urea gramos por metro y kilos por hectárea.

10° Inclinación		Urea		
Tratamientos	Vel	Dosificación		
	Km/h	g/min	g/m	Kg/ha
1	2.25	564.77 B	15.06	188.25
2	2.90	585.45 B	12.11	151.40
3	3.46	712.1 A	12.34	154.35

Tomando en cuenta la dosificación calibrada en 618.8 g/min que están en función para el caso de fertilizante de gramos por metro y referenciados a kg/ha. Podemos apreciar en la tabla 4.26, la media g/min de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico de bloques al azar, realizando una comparación entre los tratamientos

1 y 2, no existe diferencia significativa; solo el tratamiento 3 hay diferencia significativa, en la dosificación de frijol a 10° de inclinación.

Tabla 4.27 Comparación del dosificador de fertilizante en la inclinación y velocidades.

Inclinación	2.25 km/h	2.90 km/h	3.46 km/h
0°	571.0100 A	608.3000 A	622.7700 B
10°	564.7700 A	585.4500 A	712.1000 A

Ahora realizando un comparativo de los tratamientos de (g/min) como se muestra en la tabla 4.25 y 4.26. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico de bloques al azar, se observa la dosificación de fertilizante en frijol no existe diferencia significativa entre la inclinación de 0° y 10°, solo en el tratamiento 3 existe diferencia significativa como se muestra en la tabla 4.27, Esto quiere decir que no afecta el grado de inclinación, solo en la velocidad de 3.46 km/h.

4.6 Condiciones en que se realizo las prueba en campo

4.6.1 Condiciones de rastreo

La prueba en campo se realizo en una parcela con el sistema de labranza secundaria.

4.6.2 Textura del suelo

De acuerdo al análisis realizado a una profundidad de 0 a 0.30 m al suelo en el laboratorio de física de suelo, se muestran los siguientes resultados.

Extracto del	% de arena	% de limo	% de limo	Textura del
--------------	------------	-----------	-----------	-------------

suelo		+ arena		suelo
0-30 cm.	40%	29.10%	30.90%	Migajon arcilloso

4.6.3 Pedregosidad.

En lo cual en el área de siembra de la prueba se determino el porcentaje de pedregosidad y en el tratamiento de maíz fue de 16.11%. Mientras para el frijol fue de 28.02%.

4.6.4 Contenido de humedad del suelo

El contenido de humedad del suelo es un factor importante, ya que de acuerdo al muestreo del suelo realizado antes de sembrar a una profundidad de 7cm. se obtuvo una humedad promedio para el maíz de 4.92%, mientras que para el frijol fue de 4.07%, y en estas humedades se realizó la evaluación de la sembradora en diferente porcentaje de humedad.

4.7 Reporte de prueba de Dosificación en campo

4.7.1 Datos de dosificación de maíz en campo en g/m

En las tablas siguiente se muestran las dosificaciones en kg/ha y g/m para cada unidad evaluada en forma independiente.

Tabla 4.28 Dosificación de maíz en campo.

Trata.	Posición	Vel. km/h	Sem. (20m)	Sem. g/(20m)	g/m	Sem. / surco	Sem. / ha	Kg/ha
1	1ra	1.15	111	59.16	2.96	555	69375	36.98
2	2da	2.53	93	49.56	2.48	465	58125	30.98
3	3ra	3.48	87	46.37	2.32	435	54375	28.98

Observado la dosificación de laboratorio, el primer tratamiento es de 107.2 semillas entre 20 m, segundo tratamiento es de 93.2 semillas entre 20 m y el tercer tratamiento es de 88.38 semillas entre 20 m (lineal), realizando un comparativo entre lo anterior y los resultados de la dosificación en campo como se muestra en la tabla 4.28, se observa que en la dosificación de la semilla de maíz no existe diferencia significativa entre la dosificación de laboratorio y campo.

4.7.2 Datos de dosificación de frijol en campo en g/m

Tabla 4.29 Dosificación de frijol en campo.

Trata.	Posición	Vel. km/h	Sem. (20m)	Sem. g/(20m)	g/m	Sem. / surco	Sem. / ha	kg/ha
1	1ra	1.18	133	48.94	2.45	665	166250	61.18
2	2da	2.56	129	47.47	2.37	645	161250	59.34
3	3ra	3.41	111	40.84	2.04	555	138750	51.06

Ahora observado la dosificación de laboratorio, el primer tratamiento es de 130.6 semillas entre 20 m, segundo tratamiento es de 121 semillas entre 20 m y el tercer

tratamiento es de 119.4 semillas entre 20 m (lineal), realizando un comparativo entre lo anterior y los resultados de la dosificación en campo como se muestra en la tabla 4.29, se observa que en la dosificación de la semilla de frijol no existe diferencia significativa entre la dosificación de laboratorio y campo.

4.7.3 Datos de dosificación de fertilizante en campo en g/m

Tabla 4.30 Dosificación de fertilizante en campo.

	Trata.	Vel. (km/h)	Fert. g/(20m)	g/ m	g/ surco	g / ha	kg/ha
Maíz	1	1.16	584.5	29.22	2922.5	365,312.5	365.31
	2	2.53	350.3	17.51	1751.5	218,937.5	218.93
	3	3.48	240.4	12.02	1202	150,250	150.25
Frijol	1	1.18	639.7	31.98	3198.5	799,625	799.62
	2	2.56	348.3	17.41	1741.5	435,375	435.37
	3	3.41	277.6	13.88	1388	347,000	347

Con los datos obtenidos en campo, observamos en la tabla 4.30, que la dosis de cada tratamiento son diferente, existe una diferencia de la dosis de fertilización.

En el tratamiento 1 de los dos cultivos la dosis es mayor, esto debido a que tira lo mismo que si va a una velocidad rápida o lenta, porque el dosificador del fertilizante no tiene una calibración exacta, para cada dosis que se requiera.

4.8 Procedimiento de pruebas en campo

4.8.1 Velocidad de trabajo

Las velocidades a las que se trabajo en campo fueron las siguientes.

Tabla 4.31 Determinación de la velocidad de trabajo.

	Tratamientos	Velocidades	Velocidad (km/h)
Maíz	1	1 ^a	1.15
	2	2 ^a	2.53
	3	3 ^a	3.48
Frijol	1	1 ^a	1.18
	2	2 ^a	2.56
	3	3 ^a	3.41

De acuerdo a lo observado en campo a mayor velocidad de trabajo es mayor el patinaje de la rueda motriz. Por lo cual se recomienda trabajar en la primera velocidad.

4.8.2 Patinaje de las ruedas (%)

El patinaje obtenido en las pruebas de campo son las siguientes en los tratamientos.

Tabla 4.32 Determinación de patinaje.

	Tratamientos	Velocidad (km/h)	% de patinaje
Maíz	1	1.18	9.42
	2	2.56	10.15
	3	3.41	24.01
Frijol	1	1.18	5.24
	2	2.57	13.63
	3	3.41	35.68

Con esto nos da como resultado que hay mayor patinaje en una velocidad mayor, que es una pérdida de eficiencia en la utilización del equipo, debido al patinaje mayor del tratamiento 3 de la semilla del frijol, porque existió un porcentaje elevado de pedregosidad.

4.8.3 Profundidad de siembra

La profundidad de siembra en el suelo es función de la fuerza descendente y de la resistencia del suelo, además de que esta varía en función de las condiciones de rastreo del suelo y humedad.



Fig. 4.20 Disco abridor de surco.



Fig.4.21 Medición de la profundidad.

De acuerdo a las medias de cada tratamiento obtenido mediante el análisis nos indica que no existe diferencia significativa de variación en el comportamiento de la profundidad de siembra de acuerdo a cada una de las velocidades.

Mediante al análisis estadístico de bloques al azar, se obtuvieron las medias siguientes:

Tabla 4.33 Medias de los tratamientos en la profundidad de siembra.

	Tratamientos	Medias
Maíz	1	7.60cm
	2	5.35cm
	3	6.35cm
Frijol	1	6.30cm
	2	5.85cm
	3	6.15cm

4.8.4 Distribución de semilla

La distribución es un factor importante en la determinación de densidad de siembra, además influye en la producción del cultivo.

Tratamiento 1

Tratamiento 2

Tratamiento 3

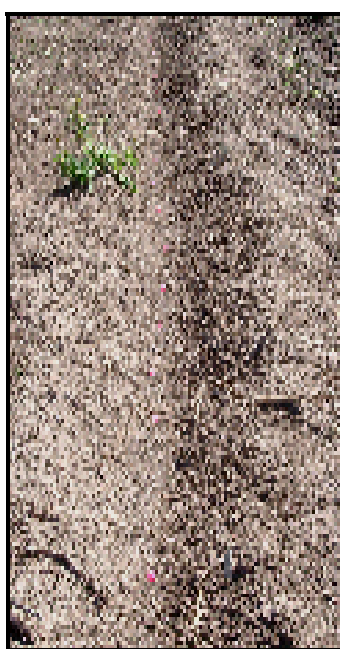


Fig. 4.22 Distribución del Maíz.



Fig. 4.23 Distribución del Frijol.

Con respecto a la tabla 4.34 son los datos obtenidos durante la prueba en los 20 metro, es la distribución de semilla para cada una de las velocidad de avance.

Tabla 4.34 Determinación para la distribución de semilla.

	Tratamiento	Vel. Km/h	Distancia rec. (m)	Semillas total
maíz	1	1.18	20	111
	2	2.56	20	93
	3	3.41	20	87
	1	1.18	20	133

frijol	2	2.57	20	129
	3	3.41	20	111

Tabla 4.35 Datos de la distancia entre semillas.

	Tratamiento	Vel. Km/h	Dist. / sem (cm)
maíz	1	1.18	18.41 A
	2	2.56	18.74 A
	3	3.41	17.88 A
frijol	1	1.18	15.63 B
	2	2.57	15.67 B
	3	3.41	18.35 A

Con respecto a la tabla 4.35, con los datos obtenidos en la prueba (distancia entre semilla) para maíz no existe diferencias significativas en los tres tratamientos y que en el frijol si existe diferencias el primero y segundo comparándolo con el tercer tratamiento.

4.8.5 Cubrimiento de la semilla

En seguida se muestra uno de los componentes para el cubrimiento de la semilla.



Fig. 4.24 Cubrimiento de la semilla.

En el cubrimiento de la semilla el sistema de labranza secundaria generan significancia al 100%, lo cual indica que los seis tratamientos fueron mejor el cubrimiento de la semilla.

Tabla 4.36 Media de los tratamientos en el cubrimiento de la semilla.

	Tratamientos	Vel. (km/h)	Sem c/m	% de Sem c
maíz	1	1.18	5	100
	2	2.56	4	100
	3	3.41	5	100
Frijol	1	1.18	7	100
	2	2.57	6.5	100
	3	3.41	5	100

Sem c/m (semilla cubierta por metro); % de sem c (por ciento de semilla cubierta).

De acuerdo con las medias obtenidas como se observan en la tabla 4.36, en el maíz los tres tratamientos obtuvo el 100 por ciento, mientras en el frijol sucedió lo mismo al 100 por ciento de cubrimiento de la semilla.

4.8.6 Germinación de la semilla en campo

Tabla 4.37 Datos de semillas germinadas en campo.

	Tratamientos	sem/m	sem. germ.	sem. no germ.
Maíz	1	5	4	1
		6	4	2
		7	6	1
	2	5	1	4
		6	5	1
		4	3	1
	3	6	2	4
		4	3	1
		6	4	2
Frijol	1	9	9	0
		6	6	0
		8	8	4
	2	7	6	1
		6	6	0
		6	6	0
	3	9	9	0
		9	8	1
		6	6	0

Como se observa en la tabla 4.37 La germinación de la semilla en campo de maíz para el tratamiento 1 fue de 77.77%, tratamiento 2 es de 60% y el tratamiento 3 fue de un 56.25% de germinación. Mientras en el frijol el tratamiento 1 es 82.60%, tratamiento 2 de 94.73% y el tratamiento 3 es de un 95.83% de germinación, en lo cual estos resultados nos dicen que están en mínimo porcentaje de germinación, esto debido al mal tiempo que no generaba la cantidad de calor para poder germinar dicha semilla.

4.8.7 Consumo de combustible en la siembra

Las pruebas se realizaron en condiciones de labranza secundaria, en cada cultivo y tratamiento se obtuvo el siguiente consumo de combustible obtenido en promedio en litros por hectáreas, como se muestra en la tabla 4.38 del motocultor.

Tabla 4.38 Determinación del consumo de combustible.

	Tratamientos	Posiciones	L/h	h/ha	L/ha
Maíz	1	1 ^a	1.44	9.66	13.88
	2	2 ^a	6.72	4.44	29.87
	3	3 ^a	4.48	3.95	17.74
Frijol	1	1 ^a	1.98	9.55	18.88
	2	2 ^a	2.84	9.88	28.12
	3	3 ^a	4.84	8	38.71

Comparando el gasto de combustible ya sea litros por horas o litros por hectáreas en las diferentes velocidades de avances, que a menor velocidad de avance el gasto de combustible es menor y a mayor velocidad de avance el gasto es mayor. En este caso para el frijol es mayor el gasto de combustible porque el frijol que sembró a una distancia entre surco de 0.40 y mientras que el maíz a una distancia entre surco de 0.80 metros.

4.8.8 Rendimiento de la maquina

Tabla 4.39 Determinación del rendimiento de la maquina.

Cultivo	Tratamientos	Posiciones	% de Eficiencia
Maíz	1	1 ^a	90.63
	2	2 ^a	86.24
	3	3 ^a	84.07
	1	1 ^a	94.79

Frijol	2	2 ^a	92.91
	3	3 ^a	92.14

En cuanto al rendimiento de la maquina en la semilla de maíz existe una mayor eficiencia en el tratamiento 1, que los demás tratamientos. Al igual que en el frijol es mayor la eficiencia en el tratamiento 1, pero a diferencia a los demás tratamientos no hay muchas diferencias significativa como se muestra en la tabla 4.39.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluación de la sembradora utilizada se pudo efectuar siguiendo el procedimiento de la Norma NMX -0-168-SCFI-2002.

La sembradora utilizada en esta evaluación fue la sembradora mecánica con un fertilizador (ZILLI) acoplada al motocultor.

De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteados en esta investigación y a los parámetros obtenidos en la evaluación se concluye lo siguiente:

Dentro de la evaluación en Laboratorio.

Para maíz la entrega de dosificación en el primer tratamiento se encuentra una diferencia de 16.30%, segundo tratamiento fue de 12.40% y en el tercer tratamiento es de 15.84% para 0 y 10° de inclinación y un daño mecánico a la semilla fue menor del 0.5%, estando en los rangos de calidad descrito por la norma, del $\pm 5\%$ para el daño mecánico.

Para frijol la entrega de dosificación en el primer tratamiento se encuentra una diferencia de 0.32, segundo tratamiento fue de 2.52 y en el tercer tratamiento es de 1.53 para 0 y 10° de inclinación y un daño mecánico menor del 0.5, indicándolos que se encuentra en los estándares de 8% para el daño mecánico a la semilla.

Para el dosificador de fertilizante Urea se obtuvo una dosificación, para el primer tratamiento una diferencia de 3.50%, segundo tratamiento fue de 1.30% y en el tercer tratamiento es de 7.06% para 0 y 10° de inclinación respectivamente para el ultimo tratamiento de evaluación, lo cual nos indica que hay una diferencia con respecto a las especificaciones de la norma.

Para la dosificador de fertilizante Urea se obtuvo una dosificación, para el primer tratamiento una diferencia de 1.09%, segundo tratamiento fue de 3.75% y en el tercer tratamiento es de 14.34% para 0 y 10° de inclinación respectivamente para el ultimo tratamiento de evaluación, lo cual nos indica que hay una diferencia con respecto a las especificaciones de la norma, siendo mayor al 5% que exige la norma.

Para la evaluación realizada en campo.

En cuanto a las funciones evaluadas en campo a velocidad de trabajo de 1.18 km/h, 2.56 km/h y 3.41 km/h la profundidad de siembra fue de 6.35 cm para maíz y frijol de 6.30 cm, aunque estadísticamente la diferencia entre velocidades no fueron significativas tanto para maíz como frijol y en cuanto a la distribución de semilla para maíz, a menor velocidad es mayor la distribución y cuando esta aumenta tiende a disminuir la distribución.

Ahora en la distancia entre semillas para el maíz es de 18.35 cm, estadísticamente entre los tratamientos no fueron significativamente. Con respecto a la semilla de frijol es de 15.65 cm, en el primer y segundo tratamiento no existe diferencia significativa, esto comparándolo con el tercer tratamiento de 18.35 cm, si existe diferencia significativamente.

Con respecto al cubrimiento de la semilla se obtuvo el 100 por ciento de semilla cubierta, sembrado en labranza secundaria. En relación a semilla germinada de maíz, en la parcela sembrada de cada tratamiento, estadísticamente existió diferencia significativa entre los tres tratamientos. Mientras que para el frijol los tratamientos no fueron significativamente.

El tiempo de siembra de maíz con la sembradora a una velocidad de avance de 1.18 km/h es de 9.66 h/ha y un consumo de combustible de 13.88 l/ha; a 2.56 km/h es de 4.44 h/ha, un consumo de combustible de 29.87 l/ha; en 3.41 km/h es de 3.95 h/ha, un consumo de 17.74 l/ha. Para frijol a una velocidad de avance de 1.18 km/h es de 9.55 h/ha y un consumo de combustible de 18.88 l/ha; a 2.56 km/h es de 9.88 h/ha, un consumo de combustible de 28.12 litros/ha; en 3.41 km/h es de 8 h/ha un consumo de 38.71 litros/ha.

Con un patinaje durante la siembra para maíz de 9.42%, 10.15% y 24.01%; entre las dos primeras comparándolas con la tercera velocidad estadísticamente hay variación significativa. Para el frijol de 5.24%, 13.63% y 35.68%; diferencia significativa entre las velocidades.

RECOMENDACIONES

En lo que respecta a la maquina sembradora evaluada se recomienda para una mejor calidad de dosificación en el tubo de salida de semilla adaptarle una manguera para tener una mejor calidad de uniformidad lineal de semilla en el surco.

Se recomienda trabajar mas sobre el diseño del eje para el acoplamiento de un engrane; en la simulación de dosificación en laboratorio.

Se requiere seguir trabajando para diseñar un perno para diferentes profundidades de siembra. También diseñar un perno para cambio en la fuente de transmisión/ahora será por llantas.

Para el caso de fertilizante se requiere diseñar un instrumento que nos grafique la regularidad de dosificación por revoluciones al eje.

Se deben proveer los platos para maíz y frijol apropiados para las evaluaciones en virtud de la gran variedad de tamaños y formas que existen en el país.

Cuando se empleo el método de la dosificación para dos tipos de semillas evaluadas se encontraron diferencias en la inclinación y la velocidad en un rango de 1.03 y 17.17% dosificación y el porcentaje de la dosificación hay diferencias por efecto de las velocidades. De acuerdo con el trabajo realizado la maquina no cubriría con los estándares descritos por la norma.

No trabajar en suelos muy suaves (labranza) o con mayor porcentaje de pedregosidad porque tiende haber mucho patinamiento por la sembradora en el motocultor.

PROBLEMÁTICA O REFERENCIA

En la sembradora fueron observados como problemática dentro de ella son:

- Solo algunos tipos de suelos, desde suelos medianos-pesados, y no trabaja en suelos arenosos o con poca fricción.
- Tiene que haber una fuera sobre los mangos del motocultor para que la rueda motriz (disco) de la sembradora exista contacto con el suelo, para girar el eje del plato semillero de la tolva y así depositar la semilla en el suelo.
- A una sola altura de siembra.

VI. LITERATURA CITADA

Alchanatis, V., Y. Kashti, and R. Brikman. "A Machine Vision System for Evaluation of Planter Seed Spatial Distribution". *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*. Manuscript IT 01 005. Vol. IV. April, 2002. Pp. 1-5.

BCS y CORESA, Manual de uso y mantenimiento del motocultor.

Comité estatal de normalización, 1988. Norma Cubana para maquinaria e implementos agrícolas, nivel central. Regido No. 610 e/Gloria y Apodaca, Municipio Habana Vieja, Cuba.

Cervantes Contreras H., 2001. Evaluación de la Sembradora MP-25 para mínima labranza en cuatro noveles de mantillo y en dos contenidos de humedad del suelo, Tesis de Licenciatura, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Cruz Cerritos C., 2003. Guía para la Elaboración de protocolos para la Prueba y Evaluación de Sembradoras Unitarias, como Exposición para obtener el Título de Ingeniero Mecánico Agrícola, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp 2-89.

CENEMA, 2004. "centro nacional de estandarización de maquinaria agrícola" seminario "mecanización agrícola y su política", km 18.5 Carretera Texcoco-Lechería. Texcoco, México. Pp 101-102, 105, 129-141.

Economic and Social Commission for Asia and the Pacific Regional Network for Agricultural Machinery. 1991. Agricultural Machinery Design and Handbook (Seeders and Planters).

E. Soza et al., G. Botta, M. Tourn and R. Hidalgo. 2004 Sowing efficiency of two seeding machines with different metering devices and distribution systems: a comparison using soybean, glycine max (L) Merr. Departamento de Ingeniería Agrícola y Uso de la Tierra. Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Luna M. R. (1992) Manual de equipos de siembra. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

Memoria Anual 2000. Evaluación de equipos de siembra directa para distribución localizada y a chorrillo. Instituto de Ingeniería rural, Buenos Aires. Argentina.

Nanga Coello Russel a., 2003. Validación de las Pruebas de Laboratorio para Sembradoras Mecánica de la Norma NMX-O-168-SCFI-2002, Tesis de Licenciatura, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Sembradora de Granos: Metodología para la realización de pruebas. Comité de Normalización. 1987. 1ra. Edición. Habana Cuba. Pp 3-8

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

Soza, E.; Tourn, M.; Croce, E.; Smith, J. y Amado M. 1998. Dosificación de la semilla de soya mediante rotor cilíndrico de eje horizontal con interno, de diferente material de construcción y Efecto de dos dosificadores de expulsión en la semilla de soya (*Glycine max* (L) Merr). Instituto de Ingeniería Rural – INTA Castelar, Buenos Aires. Argentina. Pp. 8.

Secretaría de economía Norma Mexicana, NMX-O-168-SCFI-2002 tractores, implementos, y maquinaria agrícola- sembradoras-sembradoras unitarias y/o fertilizadoras, accionadas mecánicamente, con dosificador de semilla de disco-específicamente y métodos de prueba.

Macchine Agricole ed Industriali di Zilli Guerrino & C. snc

([#">www.zillisnc.it/2206-en.htm.#](http://www.zillisnc.it/2206-en.htm))

(Consultada el 25 Noviembre 2004).

Takao H. “Proyecto de pruebas y evaluación de maquinaria agrícola”.

(Texto). S/F. <http://www.japon.org.mx/public/content/Jica.pdf>

(Consultada el 7 diciembre del 2004).

http://archive.idrc.ca/library/document/086613/chap5_e.html

(Consultada el 8 Octubre 2004)

<http://www.unisa.edu.au/amrdc/Fac/SeedRig/default.asp>

(Consultada el 20 Febrero 2005)

http://www.fao.org/icalog/search/dett.asp?aries_id=2196

(Consultada el 28 Febrero 2005)

<http://www.unlu.edu.ar/~magagro/Sowing.pdf>

(Consultada el 7 Marzo 2005)

VII. ANEXOS

7.1 Datos sobre las condiciones del suelo utilizado en la pruebas de campo

Tabla 7.1.1 Datos obtenidos para determinar la textura del suelo.

Extracto del suelo	% de arena	% de limo	% de limo + arena	Textura del suelo
0-30 cm.	40%	29.10%	30.90%	Migajon arcilloso

Tabla 7.1.2 Datos obtenidos para determinar los niveles de humedad en cada parcela utilizando la investigación.

Cultivo	Parcela	Prof. (cm.)	Suelo húmedo(g)	Suelo seco(g)	% de Humedad
Maíz	1	7	125.7	119.1	5.54
	2	7	125.7	120.6	4.22
	3	7	125.7	119.7	5.01
Frijol	1	7	125.7	120.1	4.16
	2	7	125.7	120.1	4.16
	3	7	125.7	120.4	3.90

7.2 Datos y cálculos sobre las características de la semilla utilizada para la pruebas en campo

Tabla 7.2.1 Dimensionamiento de la semilla de maíz.

Dimensiones de Semillas								MAÍZ AN-447 BOLA GRANDE								
No.	L	A	E	No.	L	A	E	No.	L	A	E	No.	L	A	E	
1	13.20	11.62	5.78	26	13.68	10.47	5.46	51	11.68	9.83	6.96	76	12.29	10.39	6.01	
2	9.91	8.45	7.53	27	8.71	11.65	8.44	52	11.80	8.70	6.38	77	13.39	9.14	6.14	
3	11.81	11.41	6.93	28	10.06	11.93	6.10	53	12.44	9.88	7.36	78	10.16	10.94	6.26	
4	12.38	8.75	6.59	29	12.78	10.03	5.44	54	12.80	9.40	5.50	79	13.44	10.73	5.39	
5	11.36	9.36	8.20	30	12.06	9.76	5.77	55	11.71	11.79	4.21	80	12.00	10.49	7.93	
6	11.40	10.66	8.86	31	9.62	10.90	8.41	56	15.55	9.37	4.49	81	12.38	10.68	6.12	
7	14.16	9.54	5.59	32	11.07	10.52	8.96	57	12.82	9.29	5.90	82	11.20	10.55	6.76	
8	10.93	9.20	7.18	33	12.34	9.80	7.64	58	10.80	9.64	8.29	83	9.95	10.87	8.53	
9	12.00	10.45	6.05	34	11.93	10.61	5.73	59	13.72	9.96	5.60	84	11.40	9.70	9.79	
10	10.55	8.93	8.49	35	13.24	9.01	5.71	60	8.38	9.15	6.14	85	13.10	10.21	5.74	
11	12.83	10.17	6.19	36	11.18	8.49	8.25	61	9.70	12.20	7.72	86	12.90	9.98	5.92	
12	11.70	8.40	5.20	37	12.21	10.84	5.70	62	12.12	10.70	5.80	87	13.24	9.47	6.18	
13	11.12	10.56	8.19	38	13.05	11.26	5.69	63	13.27	10.30	5.92	88	10.45	8.86	8.81	
14	11.37	9.20	7.69	39	10.21	9.06	9.11	64	11.64	10.10	8.15	89	12.11	9.86	5.84	
15	13.03	10.89	5.74	40	12.65	12.11	5.45	65	11.69	10.00	5.75	90	13.96	9.28	5.60	
16	12.54	9.59	6.46	41	10.24	10.33	6.79	66	9.97	8.43	7.55	91	11.63	10.00	5.56	
17	10.21	10.50	6.56	42	11.43	11.51	6.98	67	9.73	9.21	7.41	92	10.77	9.50	6.24	
18	13.21	10.86	5.31	43	11.72	10.79	5.96	68	13.42	9.11	5.67	93	13.33	11.52	6.09	
19	8.58	8.23	7.73	44	11.77	8.76	7.58	69	13.26	10.40	5.71	94	10.28	10.03	6.77	
20	10.98	10.40	6.36	45	14.34	10.37	5.82	70	13.00	11.00	5.67	95	10.54	9.12	7.58	
21	13.81	10.47	5.25	46	12.31	10.83	7.24	71	10.30	10.90	9.39	96	13.49	12.15	6.46	
21	14.59	9.24	6.08	47	13.74	10.02	6.84	72	13.49	9.40	7.74	97	13.71	11.01	5.66	
23	10.36	9.51	5.77	48	10.92	9.30	6.23	73	11.91	11.88	5.61	98	9.49	10.10	8.27	
24	13.62	9.58	5.67	49	11.30	9.04	9.07	74	10.10	9.80	6.63	99	10.94	9.98	6.23	
25	9.73	12.47	6.72	50	8.91	11.25	7.08	75	10.58	8.20	8.15	100	11.10	10.40	6.11	
													PROM	<i>11.74</i>	<i>10.14</i>	<i>6.75</i>
													SD	<i>1.48</i>	<i>1.05</i>	<i>1.16</i>
													CV	<i>12.61</i>	<i>10.37</i>	<i>17.21</i>

Tabla 7.2.2 Datos para la determinación del peso de 100 semillas.

Muestra	Masa total (g) a	Masa de receptáculo (g) b	a-b
1	59.6	6.3	53.3
2	59.2	6.2	53.0
3	60.8	6.2	54.6
4	60.5	6.2	54.3
5	59.8	6.5	53.3
<i>Promedio</i>	<i>60.0</i>	<i>6.3</i>	<i>53.3</i>

Tabla 7.2.3 Datos para la determinación de peso volumétrico

Repetición	gramos/litros	Kg.	kilogramos/hectolitros
1	650	0.65	65
2	650	0.65	65
3	675	0.675	67.5
4	675	0.675	67.5
5	725	0.725	72.5
Promedio	675	0.675	67.5

Tabla 7.2.4 Datos para la determinación de densidad de la semilla.

Muestra	Masa Total (g)	Masa de Vaso (g)	Masa de Maíz (g)	Densidad (g/L)
1	1062.2	311.7	750.5	0.7505
2	1063.4	311.6	751.8	0.7518
3	1053.2	311.2	742	0.742
4	1059.9	311.3	748.6	0.7486
5	1052.6	311.4	741.2	0.7412

Promedio **1058.2** **311.44** **746.82** **0.74682**

$$D = \underline{0.74682}$$

Tabla 7.2.5 Cuadro Determinación del contenido de humedad en la semilla.

Muestra	Masa anterior al secado (g) a	Masa posterior al secado (g) b	Masa de receptáculo (g) c	a-b (d)	a-c (e)	% de Humedad d/ex100
1	151.76	145.51	50.25	6.25	101.51	6.157028864
2	153.02	146.96	51.68	6.06	101.34	5.979869745
3	151.79	145.85	50.23	5.94	101.56	5.848759354
4	153.63	147.51	52.28	6.12	101.35	6.038480513
5	152.64	146.51	51.65	6.13	100.99	6.069907912
Promedio	152.56	146.47	51.22	6.10	101.35	6.02
						<i>% = 6.018246917</i>

Tabla 7.2.6 Determinación del porcentaje de granos quebrados.

Muestra	Masa Total (g) a	Masa de Granos Quebrados (g) b	% de Granos Quebrados b/ax100
1	250	5.0	2
2	250	4.0	1.6
3	250	4.6	1.84
Promedio	250	4.5	1.81333333
			<i>% = 1.826666667</i>

Tabla 7.2.7 Datos obtenidos en laboratorio para determinar el porcentaje de impurezas de la semilla.

Muestra	Masa Total (g) a	Masa de impurezas (g) b	% de impurezas b/ax100
1	200	0	0
2	200	0	0
3	200	0	0
promedio	200	0	0
			<i>% = 0</i>

Tabla 7.2.8 Datos obtenidos en laboratorio de 100 semillas de maíz bola grande, para determinar el poder germinativo de la misma.

Repeticiones	Semilla Normal	Semilla Anormal	Semilla Muerta	% Semilla Normal	% Semilla Anormal	% Semilla Muerta
R1	96	1	3	96	1	3
				96	1	3

% de germinación de Maíz

94

Tabla 7.2.9 Dimensionamiento de la semilla de frijol.

Dimensiones de Semillas								FRIJOL BAYO CREMA AN							
No.	L	A	E	No.	L	A	E	No.	L	A	E	No.	L	A	E
1	11.46	7.54	5.95	26	11.78	7.89	5.85	51	11.61	7.88	5.66	76	12.38	7.89	5.75
2	12.02	7.91	6.53	27	12.78	8.41	6.41	52	11.61	8.13	5.75	77	11.83	8.05	6.22
3	11.15	7.64	6.32	28	11.69	8.00	6.01	53	11.47	7.23	6.22	78	11.30	7.77	5.87
4	11.34	7.83	5.59	29	12.56	8.09	6.49	54	12.09	8.22	7.76	79	10.84	7.70	5.60
5	12.61	8.66	6.74	30	11.64	7.70	6.14	55	11.67	8.10	6.07	80	11.35	8.08	6.20
6	11.28	7.86	5.43	31	12.33	8.32	6.04	56	10.42	7.91	5.75	81	11.77	7.57	6.20
7	12.11	7.98	6.22	32	12.11	8.27	6.39	57	11.63	7.60	5.71	82	11.55	7.69	5.87
8	12.07	7.96	6.33	33	12.06	8.01	6.50	58	11.44	7.77	5.68	83	11.76	7.90	6.58
9	11.97	8.18	6.43	34	11.50	7.90	5.82	59	11.01	7.84	6.23	84	10.95	7.48	6.29
10	12.29	7.86	6.68	35	13.73	8.50	6.37	60	11.26	7.15	5.75	85	11.26	7.51	5.83
11	12.47	7.72	6.44	36	11.55	7.75	6.48	61	11.23	7.08	5.56	86	11.22	7.07	5.62
12	13.23	7.92	6.63	37	11.47	7.71	6.16	62	11.22	7.14	5.77	87	11.54	7.48	6.09
13	12.12	7.91	6.43	38	11.69	8.08	5.91	63	11.79	7.56	6.37	88	10.81	7.12	5.53
14	13.09	8.25	6.43	39	11.28	7.60	6.26	64	11.35	7.51	6.06	89	12.08	7.41	6.05
15	11.07	7.02	6.18	40	12.14	8.22	6.35	65	11.41	8.02	5.88	90	11.35	7.72	5.75
16	12.20	8.08	6.03	41	11.81	8.12	5.15	66	11.68	7.93	5.58	91	11.25	7.55	5.69
17	10.30	6.90	6.13	42	11.69	7.63	6.49	67	11.66	7.33	5.45	92	10.28	6.96	5.32
18	11.83	8.18	6.50	43	12.62	7.44	6.11	68	12.73	8.04	6.06	93	10.22	7.09	5.62
19	11.89	8.13	5.48	44	12.27	7.84	6.02	69	11.56	7.47	5.57	94	11.84	7.85	5.97
20	11.78	7.72	5.92	45	12.29	8.00	6.44	70	12.27	8.55	6.52	95	11.90	7.40	6.05
21	10.88	7.13	5.25	46	12.56	8.81	6.02	71	11.02	7.36	5.98	96	10.59	7.62	5.54
21	11.46	7.52	6.31	47	11.42	8.47	5.96	72	11.30	7.23	5.70	97	12.02	7.29	6.16
23	11.63	8.11	5.86	48	11.81	7.69	6.62	73	12.10	7.88	6.23	98	11.22	7.68	5.75
24	11.57	7.77	6.01	49	12.25	7.61	6.46	74	12.33	8.30	6.54	99	11.90	7.95	6.01
25	11.94	8.25	5.54	50	12.19	7.82	6.41	75	12.24	8.45	6.17	100	11.31	7.71	6.05
PROM												11.94	7.91	6.16	
SD												0.608	0.374	0.3703	
CV												5.089	4.722	6.0072	

Tabla 7.2.10 Datos para la determinación del peso de 100 semillas.

Muestra	Masa total (g) a	Masa de receptáculo (g) b	a-b
1	41.9	6.3	35.6
2	43.0	6.2	36.8
3	43.4	6.2	37.2
4	43.7	6.2	37.5
5	42.6	6.0	36.6
Promedio	42.92	6.18	36.8

Tabla 7.2.11 Datos para la determinación de peso volumétrico.

Repetición	gramos/litros	Kg.	kilogramos/hectolitros
1	650	0.65	65
2	750	0.75	75
3	700	0.7	70
4	675	0.675	67.5
5	650	0.65	65
Promedio	685	0.685	68.5

Tabla 7.2.12 Datos para la determinación de densidad de la semilla.

Muestra	Masa Total (g)	Masa de Vaso (g)	Masa de Maíz (g)	Densidad (g/L)
1	1080.4	310.9	769.5	0.7695
2	1080.9	311.5	769.4	0.7694
3	1080.3	311.6	768.7	0.7687
4	1080.8	311.7	769.1	0.7691
5	1075.4	311.6	763.8	0.7638
Promedio	1079.56	311.46	768.1	0.7681

$$D = \underline{0.7681}$$

Tabla 7.2.13 Determinación del contenido de humedad en la semilla.

Muestra	Masa anterior al secado (g) a	Masa posterior al secado (g) b	Masa de receptáculo (g) c	a-b (d)	a-c (e)	% de Humedad d/ex100
1	153.35	146.70	51.77	6.65	101.58	6.546564284
2	152.78	146.29	51.41	6.49	101.37	6.402288646
3	152.6	146.43	51.15	6.17	101.45	6.081813701
4	153.64	146.83	52.31	6.81	101.33	6.72061581
5	151.95	145.55	50.75	6.4	101.2	6.324110672
Promedio	152.864	146.36	51.478	6.504	101.38	6.415078623
						% = <u>6.415086896</u>

Tabla 7.2.14 Determinación del porcentaje de granos quebrados.

Muestra	Masa Total (g) a	Masa de Granos Quebrados (g) b	% de Granos Quebrados b/ax100
1	250	4.3	1.72
2	250	2.3	0.92
3	250	2.1	0.84
Promedio	250	2.9	1.16
			% = <u>1.16</u>

Tabla 7.2.15 Datos obtenidos en laboratorio para determinar el porcentaje de impurezas de la semilla.

Muestra	Masa Total (g) a	Masa de Impureza (g) b	% de Imp. b/ax100
1	200	0	0
2	200	0	0
3	200	0	0
4	200	0	0
5	200	0	0
Promedio	200	0	0
			% = 0

Tabla 7.2.16 Datos obtenidos en laboratorio de 100 semillas de frijol, para determinar el poder germinativo de la misma.

Repeticiones	Semilla Normal	Semilla Anormal	Semilla Muerta	% Semilla Normal	% Semilla Anormal	% Semilla Muerta
R1	97	2	1	97	2	1
				97	2	1

% de germinación de Frijol

98

7.3 Propiedades físicas del fertilizante

Tabla 7.3.1 Datos para la determinación del peso volumétrico.

Repetición	gramos/litros	Kg.	kilogramos/hectolitros
1	650	0.65	65
2	700	0.7	70
3	675	0.675	67.5
4	675	0.675	67.5
5	650	0.65	65
Promedio	670	0.67	67

Tabla 7.3.2 Datos para la determinación de distribución de tamaño del fertilizante.

	Muestra	Tamaño de Tamices				Total
		1410 micro.	1680 micro.	2380 micro.	3360 micro.	
Masa (g)	1	1157.2	1256.3	1183.8	1127.6	4724.9
	2	1200.8	1168.1	1136.0	1143.3	4648.2
	3	1243.9	1265.3	1215.2	1184.6	4909
Promedio		<i>1200.63</i>	<i>1229.9</i>	<i>1178.33</i>	<i>1151.83</i>	<i>4760.7</i>
Total (g)		<i>3601.9</i>	<i>3689.7</i>	<i>3535</i>	<i>3455.5</i>	<i>14282.1</i>
%		<i>0.186</i>	<i>0.352</i>	<i>4.455</i>	<i>54.793</i>	<i>59.786</i>

Tabla 7.3.3 Datos para la determinación de densidad del fertilizante.

Muestra	Masa total (g)	Masa de vaso (g)	Masa del Fert. (g)	Densidad(g/L)
1	1008.8	310.2	698.6	0.6986
2	1002.5	311.6	690.9	0.6909
3	1008.9	311.5	697.4	0.6974
4	1013.4	311.6	701.8	0.7018
5	1007.8	311.9	695.9	0.6959

Promedio **1008.28** **311.36** **696.92** **0.6970**

$$D = \underline{0.6970}$$

Tabla 7.3.4 Datos para la determinación de ángulo de reposo del fertilizante.

Muestra	Diámetro en (mm)				Media	Ángulo de reposo
	1	2	3	4		
1	62.9	62.1	61.2	61.5	61.92	2°43'09"
2	63.3	63.2	63.4	60.8	62.67	2°38'35"
3	60.3	60.8	60.2	60.9	60.55	2°52'49"
4	62.3	62.5	60.2	61.5	61.62	2°45'08"
5	62.2	61.5	60.4	62.0	61.52	2°46'25"
Promedio	62.2	62.02	61.08	61.34	61.66	2°45'08"

Tabla 7.3.5 Determinar el contenido de humedad del fertilizante.

Muestra	Masa ant. al sec. (g) a	Masa post. al sec. (g) b	Masa del recept. (g) c	a-b (g)d	a-c (g)e	% de H. (g) d/ex100
1	151.78	151.73	51.75	0.05	100.03	0.049985004
2	151.65	151.59	51.69	0.06	99.96	0.06002401
3	151.19	151.12	51.15	0.07	100.04	0.069972011
4	152.09	152.01	52.16	0.08	99.93	0.080056039
5	150.55	150.45	50.6	0.1	99.95	0.100050025

Promedio **151.45** **151.38** **51.47** **0.072** **99.982** **0.072012962**

$$\% = 0.072012962$$

7.4 Resultados de las Pruebas de Dosificación en Laboratorio

Tabla 7.4.1 Datos de la prueba de dosificación de maíz a 0° Inclinación.
Plato con 8 Perforaciones

Semilla: Maíz					0°														
Inclinación					R1			R2			R3			R4			R5		
Hz	Vel. (Km/h)	Rel Engr		k	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)
61.50	2.25	10	10	1	183	0	96.4	191	0	100.7	208	1	109.0	212	1	109.2	217	0	112.2
76.50	2.90	10	10	1	214	0	111.1	217	0	113.9	206	0	109.4	230	1	122.7	233	0	124.1
93.00	3.46	10	10	1	256	1	137.0	256	1	132.3	249	2	131.0	261	0	135.5	266	2	138.3

R6			R7			R8			R9			R10		
Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)
193	0	99.8	208	0	109.1	213	0	110.6	194	0	101.8	191	0	100.5
229	1	121.8	237	2	129.5	234	0	126.5	221	1	119.8	231	1	124.80
248	0	129.0	242	1	124.2	252	0	132.8	251	0	133.2	261	0	136.90

Tabla 7.4.2 Datos de la prueba de dosificación de maíz a 10° Inclinación.
Plato con 8 Perforaciones

Semilla: Maíz					10°														
Inclinación					R1			R2			R3			R4			R5		
Hz	Vel. (Km/h)	Rel Engr		k	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)
61.50	2.25	10	10	1	162	1	87.8	176	1	93.4	182	0	95.7	172	0	90.3	161	0	83.8
76.50	2.90	10	10	1	184	0	98.3	207	0	111.7	211	1	110.6	207	0	110.8	190	0	100.9
93.00	3.46	10	10	1	198	0	106.2	217	0	115.2	187	1	100.8	212	0	115.5	225	0	122.6

R6			R7			R8			R9			R10		
Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)
177	1	95.2	163	0	84.2	157	1	81.4	169	0	87.9	161	0	84.8
203	0	109.5	199	0	105.9	192	0	102.8	191	0	102.4	193	0	104.0
223	0	121	208	1	114.4	212	0	109.9	224	0	121.4	236	1	127.30

Tabla 7.4.3 Datos de la prueba de dosificación de frijol a 0° Inclinación.
Plato con 8 Perforaciones

Semilla: Frijol																			
Inclinación 0°					R1			R2			R3			R4			R5		
Hz	Vel. (Km/h)	Rel	Engr	k	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)
61.50	2.25	10	10	1	245	1	85.3	245	0	85.7	243	0	85.5	247	0	87.3	248	0	87.0
76.50	2.90	10	10	1	230	0	105.1	295	0	103.2	301	0	104.6	303	0	104.6	303	0	105.7
93.00	3.46	10	10	1	342	0	122.0	345	0	119.2	343	0	119.5	341	1	118.3	340	1	116.7

R6			R7			R8			R9			R10		
Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)
243	0	84.7	240	2	85.3	246	0	87	248	0	87.3	243	1	87.8
301	0	106.1	302	0	104.8	305	1	107.6	294	0	104.0	296	0	104.20
347	2	121	349	1	123.7	345	0	119.9	345	0	122.9	341	1	122.10

Tabla 7.4.4 Datos de la prueba de dosificación de frijol a 10° Inclinación.
Plato con 8 Perforaciones

Semilla: Frijol																			
Inclinación 10°					R1			R2			R3			R4			R5		
Hz	Vel. (Km/h)	Rel	Engr	k	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)
61.50	2.25	10	10	1	241	1	85.6	248	0	89.3	240	1	88.1	245	0	86.9	252	0	87.5
76.50	2.90	10	10	1	298	0	105.2	294	1	102.2	294	2	104.6	300	0	104.1	302	0	105.2
93.00	3.46	10	10	1	350	0	123.9	342	1	122.0	344	0	118.7	343	0	120.3	353	2	124.6

R6			R7			R8			R9			R10		
Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)	Reales	Sem. Dañ.	Peso (g)
246	0	86.7	244	0	86.6	245	0	87.1	247	0	86.9	250	0	88.3
303	0	107.2	307	1	106.9	301	1	106.5	301	1	105.9	298	1	106.50
356	0	124	345	1	122.0	353	0	124.0	353	0	125.1	353	1	126.0

Tabla 7.4.5 Datos de dosificación de fertilizante Urea en Maíz a 0° Inclinación.

Fertilizante Urea				R1		R2		R3		R4		R5	
Inclinación 0°				gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min
Hz	Vel. (Km/h)	Rel Engr	k										
61.50	2.25	10	1	294.35	588.7	307.9	615.8	289.95	579.9	295.45	590.9	311.85	623.70
76.50	2.90	10	1	301.15	602.3	252.55	505.1	317.5	635.0	294.95	589.9	337.3	674.6
93.00	3.46	10	1	343.95	687.9	261.75	523.5	330	660.0	363.15	726.3	300.95	601.9

R6		R7		R8		R9		R10	
gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min
294.95	589.9	300	600.0	294.4	588.8	277.05	554.1	261.75	523.5
291.9	583.8	303.95	607.9	322.95	645.9	294.8	589.6	317.1	634.2
310.35	620.7	340.1	680.2	351.45	702.9	313.95	627.9	305.2	610.4

Tabla 7.4.6 Datos de dosificación de fertilizante Urea a 10° Inclinación.

Fertilizante Urea				R1		R2		R3		R4		R5	
Inclinación 10°				gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min
Hz	Vel. (Km/h)	Rel Engr	k										
61.50	2.25	10	1	310.55	621.1	301.15	602.3	294.55	589.1	314.4	628.8	322.7	645.40
76.50	2.90	10	1	253.1	506.2	294.05	588.1	303.85	607.7	300.25	600.5	307.95	615.9
93.00	3.46	10	1	349.5	699	350.45	700.9	346.9	693.8	346.35	692.7	339.8	679.6

R6		R7		R8		R9		R10	
gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min
303.5	607.0	284.55	569.1	315.3	630.6	289.15	578.3	309.45	618.9
307.15	614.3	311.65	623.3	313.15	626.3	306.7	613.4	296.85	593.7
345.75	691.5	355.15	710.3	345.45	690.9	335.05	670.1	333.9	667.8

Tabla 7.4.7 Datos de dosificación de fertilizante Urea Frijol a 0° Inclinación.

Fertilizante Urea													
Inclinación				R1		R2		R3		R4		R5	
Hz	Vel. (Km/h)	Rel Engr	K	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min
61.50	2.25	10	1	295.25	590.5	306.25	612.5	273	545.8	311.8	623.6	285.4	570.8
76.50	2.90	10	1	327.65	655.3	303.7	607.4	324	648.8	270.15	540.3	300.7	601.3
93.00	3.46	10	1	307.5	615.0	264.3	528.6	251	502.7	274.9	549.8	288.7	577.4

R6		R7		R8		R9		R10	
gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min
229.7	459.4	313	626.0	269	538.3	291.7	583.4	279.9	559.8
301.15	602.3	312.7	625.4	329	658.9	269.25	538.5	302.4	604.8
352.95	705.9	344.2	688.4	361	721.5	338.85	677.7	330.35	660.7

Tabla 7.4.8 Datos de dosificación de fertilizante Urea en Frijol a 10° Inclinación.

Fertilizante Urea													
Inclinación				R1		R2		R3		R4		R5	
Hz	Vel. (Km/h)	Rel Engr	k	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min
61.50	2.25	10	1	9.28166667	556.9	275.95	551.9	273.95	547.9	282	564.0	284.05	568.1
76.50	2.90	10	1	286.05	572.1	288	576.0	291.75	583.5	295.2	590.4	293.4	586.8
93.00	3.46	10	1	340.3	680.6	340.3	680.6	341.45	682.9	342.95	685.9	345	690.0

R6		R7		R8		R9		R10	
gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min	gr/(30seg)	gr/min
280.25	560.5	279.9	559.8	282.2	564.4	292.65	585.3	294.45	588.9
294.15	588.3	295.9	591.8	295.85	591.7	294.85	589.7	292.1	584.2
490.9	981.8	350.6	701.2	348.15	696.3	334.2	668.4	326.65	653.3

7.5 Resultados de las pruebas de campo

Tabla 7.5.1 Datos para determinar la semillas en (kg./ha).

Cultivo	Trat	Posición de Velocidad	Velocidad km/h	semilla (20m)	Distancia / semillas (cm.)	semilla gramos / (20m)	gramos / (cm.)	semillas por surco	semilla / ha	kg/ha
Maíz	1	1ra	1.155234657	111	17.5	59.163	2.95815	555	69375	36.976875
	2	2da	2.526315789	93	18	49.569	2.47845	465	58125	30.980625
	3	3ra	3.47826087	87	17.75	46.371	2.31855	435	54375	28.981875
Frijol	1	1ra	1.1822023394	133	16	48.944	2.4472	665	166250	61.18
	2	2da	2.564559216	129	16	47.472	2.3736	645	161250	59.34
	3	3ra	3.414344991	111	15.25	40.848	2.0424	555	138750	51.06

Cuadro 7.14 Datos

Tabla 7.5.2 Para determinar la velocidad de trabajo en maíz (km/h).

Maíz	Repetición	Dist. (m)	Tiempo (s)	Vel. (km/h)
Trat 1	1	8 m	24.59	1.171207808
	2	8 m	25.27	1.139691334
	3	8 m	25.28	1.139240506
	4	8 m	25.74	1.118881119
	5	8 m	24.45	1.17791411
	6	8 m	24.49	1.1759902
Promedio			24.93	1.155234657

Maíz	Repetición	Dist. (m)	Tiempo (s)	Vel. (km/h)
Trat 2	1	8 m	11.06	2.6039783
	2	8 m	12.87	2.237762238
	3	8 m	11.17	2.578334825
	4	8 m	11.63	2.476354256
	5	8 m	10.67	2.699156514
	6	8 m	14.10	2.042553191
Promedio			11.4	2.526315789

Maíz	Repetición	Dist. (m)	Tiempo (s)	Vel. (km/h)
Trat 3	1	8 m	6.47	4.451313756
	2	8 m	8.08	3.564356436
	3	8 m	8.43	3.416370107
	4	8 m	8.25	3.490909091
	5	8 m	9.45	3.047619048
	6	8 m	8.31	3.465703971
Promedio			8.28	3.47826087

Tabla 7.5.3 Datos para determinar la velocidad de trabajo en frijol (km/h).

Frijol	Repetición	Dist. (m)	Tiempo (s)	Vel. (km/h)	Frijol	Repetición	Dist. (m)	Tiempo (s)	Vel. (km/h)		
Trat. 1	1	8 m	23.66	1.217244294	Trat. 2	1	8 m	11.48	2.5087108		
	2	8 m	25.02	1.151079137		2	8 m	10.96	2.62773723		
	3	8 m	24.36	1.18226601		3	8 m	10.40	2.76923077		
	4	8 m	26.21	1.098817245		4	8 m	11.16	2.58064516		
	5	8 m	23.47	1.227098424		5	8 m	11.30	2.54867257		
	6	8 m	24.37	1.181780878		6	8 m	13.42	2.14605067		
	7	8 m	24.06	1.197007481		7	8 m	10.79	2.66913809		
	8	8 m	25.98	1.108545035		8	8 m	11.54	2.49566724		
	9	8 m	22.46	1.282279608		9	8 m	11.32	2.54416961		
	10	8 m	23.89	1.205525324		10	8 m	10.81	2.66419981		
	11	8 m	26.13	1.102181401		11	8 m	10.98	2.62295082		
	12	8 m	25.76	1.118012422		12	8 m	11.37	2.53298153		
Promedio				24.365	1.182023394	Promedio				11.23	2.56455922

Frijol	Repetición	Dist. (m)	Tiempo (s)	Vel. (km/h)
Trat. 3	1	8 m	7.46	3.860589812
	2	8 m	7.87	3.659466328
	3	8 m	10.63	2.709313264
	4	8 m	7.80	3.692307692
	5	8 m	7.01	4.108416548
	6	8 m	8.45	3.408284024
	7	8 m	10.03	2.871385842
	8	8 m	9.94	2.897384306
	9	8 m	8.42	3.420427553
	10	8 m	11.81	2.438611346
	11	8 m	7.66	3.759791123
	12	8 m	9.13	3.154435926
Promedio			8.435	3.414344991

Tabla 7.5.4 Datos obtenidos en campo para determinar el patinaje en maíz (%).

Maíz	Repetición	Dist. rec. s/carga en 8 rev. (m)	Dist. rec. c/carga en 8 rev. (m)	% de Patinaje
Trat. 1	1	11.71	11.62	0.77452668
	2	11.81	10.78	9.55473098
	3	11.89	10.12	17.4901186
	4	11.76	10.76	9.2936803
	5	11.85	10.89	8.815427
	6	11.75	10.73	9.50605778
Promedio		11.785	10.77	9.42432683
Trat. 2	1	11.56	10.82	6.83918669
	2	11.68	10.38	12.5240848
	3	11.83	10.80	9.53703704
	4	11.77	10.02	17.4650699
	5	11.55	11.28	2.39361702
	6	11.65	6.70	73.880597
Promedio		11.665	10.59	10.1510859
Trat. 3	1	11.79	10.30	14.4660194
	2	11.75	10.98	7.01275046
	3	11.57	8.54	35.4800937
	4	11.73	9.95	17.8894472
	5	11.86	9.00	31.7777778
	6	11.75	9.00	30.5555556
Promedio		11.75	9.48	24.0105541

Tabla 7.5.5 Datos obtenidos en campo para determinar el patinaje en frijol (%).

Frijol	Repetición	Dist. rec. s/carga en 8 rev. (m)	Dist. rec. c/carga en 8 rev. (m)	% de Patinaje
Trat. 1	1	11.85	11.77	0.67969414
	2	12.00	11.15	7.62331839
	3	11.84	11.15	6.18834081
	4	11.93	10.86	9.85267035
	5	11.75	11.65	0.8583691
	6	11.72	11.36	3.16901408
Promedio		11.845	11.255	5.24211462
Trat. 2	1	11.55	9.20	25.5434783
	2	11.80	10.77	9.5636026
	3	11.69	9.00	29.8888889
	4	11.89	9.92	19.858871
	5	11.71	10.95	6.94063927
	6	11.9	10.97	8.47766636
Promedio		11.755	10.345	13.6297728
Trat. 3	1	11.58	8.27	40.0241838
	2	11.74	10.70	9.71962617
	3	11.66	8.94	30.4250559
	4	11.55	8.25	40
	5	11.69	7.00	67
	6	11.71	10.50	11.5238095
Promedio		11.675	8.605	35.676932

Tabla 7.5.6 Datos obtenidos en campo para determinar la profundidad de semilla.

Muestra a	Prof. de siemb.	Muestra a	Prof. de siemb.
-----------	-----------------	-----------	-----------------

Maíz	cada 2 m	(cm.) en 20 m	Maíz	cada 2 m	(cm.) en 20 m
Trat. 1	1	7.8	Trat. 2	1	6.6
	2	6.1		2	2.7
	3	5.1		3	6.2
	4	7.8		4	8
	5	8.7		5	5.1
	6	8.6		6	5.9
	7	9.1		7	4.9
	8	7.4		8	5.6
	9	6.6		9	4.7
	10	6.3		10	4.4
Promedio		7.6	Promedio		5.35

Maíz	Muestra a cada 2 m	Prof. de siemb. (cm.) en 20 m
Trat. 3	1	4.6
	2	6.2
	3	4.7
	4	7.4
	5	6.5
	6	6.1
	7	6.8
	8	7.7
	9	5.4
	10	7.8
Promedio		6.35

Tabla 7.5.7 Datos obtenidos en campo para determinar la profundidad de semilla.

Frijol	Muestra a cada 2 m	Prof. de siemb. (cm.) en 20 m	Frijol	Muestra a cada 2 m	Prof. de siemb. (cm.) en 20 m
Trat. 1	1	6.5	Trat. 2	1	6.1
	2	6.1		2	5.7
	3	5.9		3	7.3
	4	6.6		4	5.8
	5	5.5		5	6.6
	6	5.6		6	5.6
	7	6.6		7	7.6
	8	5.7		8	5.6
	9	6.7		9	5.7
	10	6.6		10	5.9
Promedio		6.3	Promedio		5.85

Frijol	Muestra a cada 2 m	Prof. de siemb. (cm.) en 20 m
Trat. 3	1	6.0
	2	6.2
	3	6.0
	4	6.1
	5	4.8
	6	5.4
	7	7.3
	8	6.2
	9	6.45
	10	7.0
Promedio		6.15

Tabla 7.5.8 Datos obtenidos en campo para determinar la distribución de siembra.

Tratamientos		Trat. 1														
No. de (m)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Semilla / metro		5	6	5	7	6	5	6	6	6	5	2	6	5	5	5
Maíz	Trat. 2															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	4	6	5	7	5	7	4	4	4	4	2	3	6	4	5	
	Trat. 3															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	4	4	5	5	3	2	5	5	5	3	6	6	6	6	4	
Tratamientos		Trat. 1														
No. de (m)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Semilla / metro		7	6	7	6	8	7	8	7	6	7	6	6	6	7	8
Frijol	Trat. 2															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	8	7	6	7	6	7	7	7	7	6	6	4	6	8	6	
	Trat. 3															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	6	6	6	6	6	5	4	6	4	5	6	5	7	5	7	

Tabla 7.5.9 Datos obtenidos en campo para determinar el porcentaje de cubrimiento de semilla.

Maíz	Pos. Vel.	# de (m)	Sem. c. / m	Sem. Desc. /m	% de sem. c.	Maíz	Pos. Vel.	# de (m)	Sem. c. / m	Sem. Desc. / m	% de sem. c.	Maíz
Trat. 1	1ra	1	5	0	100	Trat. 2	2da	1	7	0	100	Trat. 3
		2	6	0	100			2	3	1	75	
		3	6	0	100			3	4	0	100	
		4	6	0	100			4	4	0	100	
		5	5	0	100			5	4	0	100	
		6	2	0	100			6	2	0	100	
		7	6	0	100			7	3	0	100	
		8	5	0	100			8	6	0	100	
		9	5	0	100			9	2	2	50	
		10	5	0	100			10	5	0	100	

Tabla 7.5.10 Datos obtenidos en campo para determinar el porcentaje de cubrimiento de semilla.

Frijol	Pos. Vel.	# de (m)	Sem. c. / m	Sem. Desc. / m	% de sem. c.	Frijol	Pos. Vel.	# de (m)	Sem. c. / m	Sem. Desc. / m	% de sem. c.
Trat. 1	1ra	1	7	0	100	Trat. 2	2da	1	7	0	100
		2	8	0	100			2	7	0	100
		3	7	0	100			3	7	0	100
		4	6	0	100			4	7	0	100
		5	7	0	100			5	6	0	100
		6	6	0	100			6	6	0	100
		7	5	1	83.3333			7	4	0	100
		8	6	0	100			8	6	0	100
		9	7	0	100			9	8	0	100
		10	8	0	100			10	6	0	100

Tabla 7.5.11 Datos obtenidos en campo para determinación de fertilizante (Kg/ha).

Cultivo	Posición de Velocidad	Velocidad km/h	Fertilizante gramos / (20m)	gramos / (m)	gramos por surco	gr /
Maíz	1ra	1.155234657	584.5	29.225	2922.5	365.
	2da	2.526315789	350.3	17.515	1751.5	218.
	3ra	3.47826087	240.4	12.02	1202	150.
Frijol	1ra	1.1822023394	639.7	31.985	3198.5	799.
	2da	2.564559216	348.3	17.415	1741.5	435.
	3ra	3.414344991	277.6	13.88	1388	347.