



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Construcción de un dosificador de
semillas hortícolas para la siembra en
charolas de germinación

Por:

NELSON CORTÉS FLORES

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Agosto de 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Construcción de un dosificador de semillas hortícolas para la siembra en
charolas de germinación

Por:

Nelson Cortés Flores

T E S I S

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

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por el Comité de Tesis

Presidente del Jurado

MC. Héctor Uriel Serna Fernández

Sinodal

Sinodal

Ing. Juan Arredondo Valdez

MC. Tomas Gaytán Muñiz

Coordinador la División de Ingeniería

M.Sc. Salvador Muñoz Castro

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Agosto de 2005

AGRADECIMIENTOS

Primeramente gracias te doy a ti señor **DIOS** que me das la oportunidad de observar la luz de un nuevo día y de compartirla con mis seres queridos. Gracias por amarme infinitamente y lo que me acontezca, por inexplicable que sea en apariencia, tiene por fuerza que acontecerme para mi bien...

A mi **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** y su **departamento de Maquinaria Agrícola** por que en sus aulas me brindaron los conocimientos necesarios e indispensables para mi formación. Orgullosamente soy un buitre y como al volar tendré una gran visión y pondré en alto mi **alma terra mater** en todo vuelo que emprenda.

Al **Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología** por las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto.

Al **MC. Héctor Uriel Serna Fernández**. A esta magnifica persona le agradezco por brindarme su amistad, confianza, paciencia y por su apoyo incondicional para culminar este proyecto.

Al **MC. Tomas Gaytán Muñiz** por su amistad, sus sugerencias y por la revisión del presente trabajo.

Al **Ing. Juan Arredondo Valdez** por sus conocimientos transmitidos y por sus sugerencias en la culminación de este trabajo.

Al **Ing. Guadalupe Gaytán Ruelas** por la valiosa información proporcionada para el presente proyecto.

Al **MC. Juan Antonio Guerrero Hernández, Dr. Martín Cadena Zapata, Ing. Blanca Elizabeth de la Peña Casas, MC. Jesús Valenzuela Garcia, Ing. Jorge Flores Berrueto, Ing. Rosendo González Garza, Ing. Ramiro Luna Montoya**. Gracias por haberme transmitido sus conocimientos y por brindarme su amistad durante mi estancia en la Universidad.

A todos mis compañeros de la generación XCVIII por su amistad, su compañerismo y por todos los momentos de alegrías y tristezas que pasamos juntos en nuestra vida de estudiantes, “que DIOS nuestro señor los bendiga”: **Juan Carlos, Armando, Rich, Gerar, Mario, Efrén, Manuel, Francisco Pablo, Alfredo, Fabián, Jimmy, Josué, Fredy, Francisco Ordaz, Eduardo Lira, Fidel, Salvador, Luís Miguel**.

A mi buen amigo **Felipe**, por comprenderme, tenerme paciencia y confianza y por los momentos maravillosos que pasamos juntos mientras permanecíamos en la universidad.

A mi siempre buen amigo **Santiago**. Gracias por depositar confianza en mí y por brindarme tu amistad, amistad que nació desde que fuimos niños.

Agradezco de corazón a mis Hermanas **Yaneth** y **Geno** por apoyarme en todo momento, por su confianza, su amistad, por el apoyo moral y económico. Gracias hermanas por todo lo que han hecho, por su único hermanito. Las quiero y las valoro muchísimo.

A mis **Cuñados; Lalo y Felipe** por que han sabido responder a mis deberes durante mi larga ausencia en casa, gracias por toda la ayuda brindada.

A mi **tío Seve y familia** porque nos han ayudado en las buenas y en las malas. Por su inmenso cariño para nosotros. Gracias de corazón primas y primos **Nely, Malena, Lupita, Juana, Carmela, José, Raúl y Jaime.**

A mi **tío Nicandro** por sus ánimos y sus sabios consejos para mi formación como profesionista y como humano.

A mi **tío Gerardo y Familia.** Gracias **Oscar, Ida, Lupe, Guovana,** por brindarme su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi carrera y por darme ánimos y compartir alegrías y tristezas con nosotros.

A mi **tía Nachita y familia.** Muchísimas **gracias Ade, Flor y madrina Nere** por todo su apoyo. Jamás olvidaré lo que han hecho por mi familia y por mí.

A mis tíos, **Ángel y Enrique y Padrino Ricardo** por que jamás nos dejaron solos en el momento que más los necesitábamos. Gracias por su ayuda los estimo muchísimo.

A mi amiga **Idalia y familia Hernández Garcia** gracias por el apoyo moral y económico brindado.

A mis compañeros de básquetbol “**Zancudos Reales**” de mi querido Tamoyón 1° en especial **al morro, al jefe y el zurdo,** por su amistad y por que juntos hemos compartido triunfos y derrotas del juego y de la vida.

“El fracaso no me sobrecogerá nunca, si mi determinación para alcanzar el éxito es lo suficientemente poderosa”

Og Mandino

DEDICATORIAS

Sinceramente para las personas que más amo en esta vida.

A mi Padre: † Andrés Cortés Magdaleno

A mi madre: Eugenia Flores Nava

Porque a ti papá y a ti mamá fueron mi principal inspiración para emprender el viaje en este maravilloso mundo del saber.

A ti madre por que mucho antes de nacer ya me amabas.

Quiero agradecerte que estés en mi vida, porque se que puedo contar contigo en momentos difíciles, se que puedo compartir mis alegrías y se que nuestra amistad se sustenta en mutuo amor. Que seas mi mamá y mi amiga, es el más preciado tesoro, que agradeceré a dios eternamente.

Te amo mamá.

A ti padre gracias, por el ejemplo de la honradez, del entusiasmo y la calidez, por los regaños y desacuerdos, por las verdades y descontentos...

Gracias por enseñarme a dar de intensa forma y nada esperar, por los consejos y las caídas por enseñarme como es la vida...

Donde quiera que estés, que dios nuestro señor te bendiga,

Únicamente tomaste el tren anterior y te fuiste, poco después emprenderé el viaje pero antes preparare mi equipaje...

Gracias papá y mamá por amarme y darme educación, estoy orgulloso de ser su hijo.

Gracias por darme la vida, por su amor, por las caricias, por el dolor, por las sonrisas, por el sufrimiento, por los regaños y por el aliento...

Gracias con todo mi corazón, gracias por ser como son, que Dios no pudo escoger de una manera mejor, a mis padres, la pareja que ustedes son.

Quiero agradecerles lo que ahora soy....

Este triunfo es suyo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
Agradecimientos	iii
Dedicatorias	v
Índice de contenido	vi
Índice de figuras	ix
Índice de cuadros	x
RESUMEN	xi
I.	1
INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes del proyecto.....	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos e Hipótesis.....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Importancia de la producción de hortalizas.....	6
2.2 Propagación y siembra de hortalizas.....	8
2.3 Especificaciones de diseño de sembradoras neumáticas.....	10
2.4 Ciclos de trabajo de las sembradoras en bandejas.....	13
2.5 Parámetros de calidad de siembra de las sembradoras en bandejas.....	14
2.6 Clasificación de las sembradoras en bandejas.....	14
2.7 Producción de plántulas en bandejas.....	16
2.7.1 Bandejas de siembra.....	17
2.7.2 Sustratos.....	20
2.7.3 Ventajas y desventajas de la producción de plántulas.....	22

2.8 Equipos de siembra.....	23
2.8.1 Sembradora manual Berry-Seeder.....	23
2.8.2 Sembraplant.....	24
2.8.3 Sembradora DECOP.....	25
2.8.4 Sembradora Blackmore turbo.....	26
2.8.5 Modulo de tambor rotatorio.....	27
2.8.6 Sembradora TSE-100.....	28
2.9 Líneas de siembra.....	30
2.9.1 Línea de siembra TAE-95.....	30
2.9.2 Línea de siembra INOX SV-III.....	31
2.10 Plásticos de ingeniería.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1 Materiales.....	35
3.2 Metodología.....	37
3.2.1 Investigación, interpretación, cotización y selección de materiales..	37
3.2.2 Adquisición de materiales.....	38
3.2.3 Medición, trazos y cortes del PTR.....	38
3.2.4 Ensamble de la estructura con soldadura y maquinado de elementos.....	38
3.2.4.1 Construcción del rodillo dosificador.....	49
3.2.5 Ensamble de elementos mecánicos, alineación y calibración del equipo.....	40
3.2.5.1 Ensamble del tubo de vacío.....	40
3.2.5.2 Ensamble del rodillo dosificador.....	41
3.2.5.3 Calibración del rodillo dosificador.....	42
3.2.6 Prueba de funcionamiento del dosificador de semillas.....	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1 Resultados.....	43
4.1.1 Descripción general del equipo.....	43
4.1.2 Operación del equipo.....	44

4.1.3 Elementos del equipo.....	45
4.1.4 Modificaciones al diseño.....	47
4.1.5 Costo del prototipo.....	48
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
5.1 Conclusiones.....	51
5.2 Recomendaciones.....	52
VI. LITERATURA CITADA.....	53
VII. ANEXOS.....	55
A Análisis para la sujeción y liberación de las semillas.....	56
B Dibujos.....	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Esquema del proceso de siembra de una sembradora comercial.....	14
Figura 2.2 Charolas rígidas y de poliestireno.....	17
Figura 2.3 Muestra de plántula sembrada en bandeja.....	18
Figura 2.4 Sembradora Berry-Seeder.....	23
Figura 2.5 Sembraplant.....	24
Figura 2.6 Sembradora DECOP.....	25
Figura 2.7 Sembradora Blackmore turbo.....	26
Figura 2.8 Sembradora de tambor rotatorio.....	27
Figura 2.9 Sembradora TSE-100.....	28
Figura 2.10 Dosificación neumática mediante sobrepresión.....	29
Figura 2.11 Línea de siembra TAE-95.....	30
Figura 2.12 Línea de siembra INOX SV-III.....	31
Figura 3.1 Diagrama del proceso de construcción y evaluación del dosificador de semillas hortícolas.....	37
Figura 3.2 Taladrado de solera para sujeción de empaques.....	38
Figura 3.3 Estructura completamente terminada	39
Figura 3.4 Taladrado y abocardado del rodillo dosificador.....	40
Figura 3.5 Calibración del rodillo dosificador.....	42

Figura 4.1 Dosificador de semillas ensamblado y terminado.....	43
Cuadro 2.1 Características técnicas de la sembradora Blackmore turbo..	27
Cuadro 2.2 Características técnicas del modulo de tambor rotatorio.....	28
Cuadro 2.3 Características técnicas de la sembradora TSE-100.....	30
Cuadro 2.4 Características técnicas de la línea de siembra TAE-95.....	31
Cuadro 2.5 Características técnicas de la línea de siembra INOX SV-III..	32
Cuadro 2.6 Propiedades del celorón.....	34

ÍNDICE DE CUADROS

RESUMEN

La mecanización agrícola es un componente de la ingeniería agrícola que puede describirse como la aplicación de todos los aspectos de la tecnología ingenieril al desarrollo agrícola y rural.

En el presente trabajo se tuvo como principal objetivo, el de construir un dosificador de semillas hortícolas para la siembra en charolas de germinación, con materiales de fácil disponibilidad en el mercado y basado en el diseño conceptual propuesto por Álvarez (2003). Para lograr el objetivo propuesto se retomaron los parámetros de diseño de un dosificador de vacío para la siembra de jitomate y chile además al término de la construcción se realizó una prueba de funcionamiento con semilla de linaza.

De acuerdo al objetivo planteado se obtuvo un dosificador de semillas tipo semiautomático, atractivo principalmente por el costo del prototipo ya que es bajo comparado con sembradoras comerciales.

El desempeño de la maquina en la prueba de funcionamiento se encontró, que la presión de vacío de 0.3 psi (8.3 pulgadas de agua) proporcionada por una aspiradora comercial de 1 HP a través de los orificios del cilindro de 4.365 mm de diámetro y profundidad de 1 mm, da lugar a que se adhieran una o varias semillas, estas se mantienen sujetas en las celdas del rodillo, pero en la fase de eliminación de semillas existe una baja delimitación por los cepillos enrazadores, esto debido en gran parte al sitio de colocación de la tolva y como consecuencia hay una mala dosificación en las cavidades de la charola.

Los resultados de la fase de construcción permitirán la evaluación del dosificador de semillas y esto permitirá continuar con la construcción de la línea de siembra.

I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería agrícola se puede concebir como la aplicación de las matemáticas, la física, la química, las ciencias biológicas, las ciencias básicas de la ingeniería y de la agronomía para resolver los problemas inherentes a los procesos de producción agrícola y al mejoramiento de la vida rural. Sin embargo, la ingeniería aplicada a los procesos agrícolas esta relacionada básicamente con la mecanización agrícola, el empleo de energía, la tecnología del agua, el procesamiento de los productos, el medio ambiente y los ambientes agrícolas controlados.

La creciente población demanda la satisfacción de sus necesidades básicas, entre las que se encuentran la producción de alimentos y materia prima proveniente de las actividades agrícolas. La agricultura guarda una importancia primordial en el bienestar y desarrollo de la sociedad, ya que es fuente de producción de alimentos, generación de empleos y obtención de divisas.

En México el cultivo de hortalizas se practica de forma importante debido a las condiciones favorables de su clima y suelo para la agricultura, aun cuando solo ocupan un 3 % de la superficie cultivada, representan un 16% del valor total de la producción. Las principales hortalizas que se cultivan en nuestro país son: tomate, papa, cebolla, chile y melón las que representan más del 60% de la producción total hortícola. En cuanto a la exportación las hortalizas que componen el 75% de la oferta exportable son seis: tomate, pepino, melón, sandía, chile y calabaza.

En el mundo se explotan alrededor de 120 tipos de hortalizas de las cuales 49 especies se cultivan actualmente en México. Aunque es posible la explotación de las 120 especies debido a la gran variedad de microclimas existentes en el país.

Los principales estados productores son: Sinaloa, Guanajuato, Chihuahua, Puebla, Sonora, Michoacán, San Luis Potosí, Zacatecas, Baja California Norte y Morelos. Estos estados en conjunto concentran el 65% de la superficie sembrada de hortalizas y contribuyen con el 70% de la producción. Estos datos fueron obtenidos solo considerando las cuatro hortalizas principales que son: jitomate, papa, cebolla y chile.

El rendimiento por hectárea es muy variable de acuerdo a la zona productora y tecnología empleada, aunque el promedio nacional de rendimiento es de aproximadamente 21.58 ton/ha. El consumo per cápita de hortalizas es de 56 kilos por habitante al año.

Las hortalizas requieren de mucha mano de obra, tienen un alto valor por unidad de superficie y necesitan un constante cuidado durante toda su etapa de crecimiento. Y aunque en algunos países se producen a gran escala con equipos mecanizados y automatización de varias labores como son la preparación de suelo, riegos, fertilizaciones, etc. En México algunas de las labores se realizan de forma manual, tal es el caso de la siembra, aun cuando existen maquinas de siembra en otros países. Sin embargo esta tecnología es demasiado costosa para el agricultor mexicano y en ocasiones no resulta sencillo adaptarla a las exigencias de las hortalizas en México.

La siembra en forma manual es poco productiva y requiere personal con mucha habilidad, porque algunas veces se depositan cantidades de semilla mas de la necesaria, esto provoca una gran competencia por nutrientes, agua, aire y espacio. La semilla por ser certificada hace mucho más costoso el proceso de siembra.

En ese sentido se plantea el presente trabajo que tiene como principal objetivo el de construir una maquina para la siembra en charolas y así dar respuesta a una de las exigencias del campo mexicano.

1.1 Antecedentes del proyecto

Céspedes, *et al.* (1995), realizaron el diseño y construcción de un dosificador neumático para la siembra en charolas de germinación, calcularon los principales parámetros de diseño y evaluaron con semillas de coliflor y lechuga peletizada.

Los resultados fueron los siguientes:

- El llenado de las charolas se realiza por medio de un dosificador que funciona a base de un distribuidor de fondo móvil, posteriormente se forma la cavidad sobre el sustrato, efectuada por medio de un rodillo compactador compuesto por resaltes en forma de pirámides en la superficie, después se realiza la siembra por medio de un cilindro con perforaciones, y por último se realiza el tapado de las semillas igual que el primer paso
- La eficiencia del dispositivo de siembra es de 97.3 y 98.9% para semillas de coliflor y lechuga peletizada respectivamente
- La siembra unitaria, doble y triple en las cavidades de la charola fue de 92.7, 3.8 y 0.8% respectivamente para semillas de coliflor y del 98.3, 0.5 y 0.1% para lechuga peletizada
- El diámetro de orificios del cilindro entre 0.79 y 1.98 mm permite sembrar una amplia variedad de semillas de hortalizas
- El material utilizado para la construcción del dosificador de semillas es ligero y de bajo costo
- Recomienda seleccionar el ventilador tipo centrífugo para generar vacío y perfeccionar los enrazadores para reducir el número de semillas dobles y triples en las cavidades de la charola

Álvarez (2003) realizó el diseño conceptual de un dosificador de semillas hortícolas para la siembra en charolas de germinación. El dosificador de semillas hortícolas propuesto, está integrado principalmente por una estructura de PTR de (1 ½" X 1 ½") y placa de 3/16" que sujeta a todos los elementos del sistema, un bastidor de tolva de PTR de (¾" X ¾"), una tolva de alimentación de semillas de lámina galvanizada calibre 14, propone un rodillo dosificador de Nylamid que irán montados en unos baleros y contará con 200 perforaciones de 4.356 mm de diámetro para alojar las semillas, este rodillo también presenta unas estrellas en ambos extremos para sincronizar el proceso de siembra; con el fin de evitar el paso de semillas dobles o triples propone utilizar cepillos comerciales de la sembradora John Deere MAX-EMERGE, presenta un sistema de empaques de vitrovínilo que realizarán el corte de vacío en el interior del tambor dosificador y

permitirá que las semillas adheridas en las celdas sean depositadas en las cavidades de la charola, menciona que para generar el vacío se requiere de una aspiradora comercial, dos válvulas de paso para ajustar el nivel de vacío y soplado, conductos de succión y soplado y para monitorear el rango de vacío recomienda emplear un vacuometro de 0 a 15" de agua.

1.2 Justificación

El mercado en general y en especial el de exportación, busca calidad, precio y disponibilidad de hortalizas durante todo el año, una de las formas de lograr esto es, mediante la producción de plántulas en ambientes protegidos bajo invernadero u otras instalaciones rusticas, estas también reducen la susceptibilidad a variaciones climáticas, permiten mayor producción, uso de menos agroquímicos y un mejor control de operación.

El proceso de mecanización para la siembra de hortalizas, se presenta como un gran problema debido al tamaño pequeño de las semillas, lo cual dificulta la siembra con precisión en campo y en almácigos. Además de que el equipo existente en el mercado es de elevado costo para la adquisición de medianos y pequeños productores.

La siembra manual en bandejas es poco productiva y requiere de personal con gran habilidad, en ocasiones se depositan cantidades de semillas no controladas en las cavidades y por ser semilla certificada hace mucho más costoso la siembra. La siembra en forma manual puede alcanzar hasta 125 charolas en una jornada de 8 horas por persona, mientras que mecanizada puede llegar de 400 hasta 2000 bandejas por hora.

Las condiciones socioeconómicas de nuestro país impiden al pequeño productor tener acceso a equipos sofisticados de alto costo, por lo que este proyecto beneficia a este tipo de productores, al tener equipo apropiado y de bajo costo, lo que les va a

permitir facilitar sus actividades, bajar los costos de producción y tiempos de producción. Los tiempos actuales exigen mayor productividad, tanto de la tierra como del hombre, por ello resulta importante mecanizar las labores hortícolas en el país.

1.3 Objetivos e Hipótesis

Objetivo general:

Construcción del dosificador de semillas hortícolas para la siembra en charolas

Objetivos específicos:

- Construcción y ensamble del dosificador de semillas hortícolas a partir de materiales de fácil disponibilidad en el mercado nacional.

Hipótesis:

Es posible la construcción de una sembradora para charolas de germinación, que sea económica, pequeña y de fácil operación y mantenimiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de la producción de hortalizas

La actividad exportadora es una fuente importante de divisas y generadora de empleos en el campo mexicano. Para el 2002 México mantiene su posición como el décimo exportador a nivel mundial de alimentos, destacando, las frutas y verduras (Revista claridades agropecuarias).

La superficie nacional dedicada a cultivos agrícolas asciende a un total de 20,031 millones de hectáreas (Promedio 1989-1996). El 67% de esa superficie se dedica a granos, mientras que solamente se realiza el cultivo de hortalizas en una superficie del 3%. La misma fuente nos indica que el valor total de la producción agrícola obtenida en esta superficie alcanza \$113,765 millones de pesos (Promedio 1989-1996). A pesar de que en nuestro país se destina la mayor superficie al cultivo de granos, estos cultivos solamente aportan el 36% del valor total de la producción y las hortalizas representan el 16% del valor total de la producción.

En México, se siembran alrededor de 512,000 hectáreas de hortalizas y se obtiene una producción de 8 millones de toneladas. Debido a la diversidad de microclimas y tipos de suelo que se tienen en nuestro país favorables para producir hortalizas, es posible obtener productos durante todo el año; particularmente cultivos como papa, tomate, cebolla y chile, productos de mayor consumo a nivel nacional al igual que en otros países. Las principales hortalizas que se cultivan en nuestro país son las mismas que tienen importancia en el ámbito mundial. De los doce productos hortícolas principales, en tomate se cosechan 1.41 millones de toneladas, en papa 1.21 millones de toneladas, de chile 0.87 millones de toneladas, de cebolla 0.67 millones de toneladas y melón 0.49 millones de

toneladas. Estos productos por sí solos representan más del 60% de la producción total hortícola (Siller, 2005).

Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) resalta el hecho de que México ocupa el puesto número uno en el mundo como exportador de espárragos, calabazas, cebollas, mangos, garbanzos, sandias y papayas. Asimismo, destaca en segundo lugar como exportador de melones y aguacates, y el tercer lugar en tomates, pimientos, hortalizas congeladas, pepinos, berenjenas, nueces, chícharos y miel. El cuarto lugar lo ostenta en café verde y jugo de tomate, y ocupa el quinto en limones, fresas, ajos y coliflores (Rudiño, 2002).

Siller (2005) menciona que de las 49 especies hortícolas que se producen a nivel comercial en México, el 57% se concentra en los estados de Sinaloa, Guanajuato, Sonora, Querétaro, Estado de México, Baja California Norte, Jalisco y Morelos. Los estados de la República que en conjunto concentran el 65% de la superficie sembrada de hortalizas y contribuyen con el 70% de la producción son: Sinaloa, Guanajuato, Chihuahua, Puebla, Sonora, Michoacán, San Luís Potosí, Zacatecas, Baja California Norte y Morelos.

Este mismo autor nos menciona, que Sinaloa es el productor más importante de hortalizas y ocupa el segundo lugar en rendimiento promedio con una producción de 27.1 toneladas por hectárea, mientras que Baja California Norte, tiene el primer lugar con 32.7 toneladas por hectárea. El promedio nacional de rendimiento es de aproximadamente 21.58 ton/ha.

El consumo per cápita de hortalizas es altamente dependiente de la capacidad de compra de la población. Los países con más elevado consumo de hortalizas por habitante son, en orden de importancia: Holanda (560 Kg), España (329 Kg), Francia (295 Kg), URSS (250 Kg), Estados Unidos (196 Kg), Chile (180 Kg) e India (75 Kg). México sólo consume 56 kilos de verduras por habitante al año. El consumo per cápita de hortalizas es importante ya que muestra la calidad de

alimentación de los países. Las hortalizas pueden considerarse de alto valor nutritivo dada la cantidad de nutrientes que aportan a la alimentación humana en forma de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales, no obstante su succulencia ya que contienen un alto porcentaje de agua, de 80% a 90%.

En México, la producción de hortalizas destaca también por el número de empleos que genera. Directa e indirectamente da más de un millón de empleos en el ámbito nacional, que representan el 20% de la población económicamente activa ocupada en la agricultura.

La mayoría de las exportaciones de frutas y hortalizas son enviadas a los Estados Unidos de Norteamérica, con pequeños volúmenes dirigidos a Canadá. Sin embargo, en los últimos años se ha explorado la exportación de ciertos productos hortofrutícolas hacia Europa y Japón, con excelentes resultados. Las exportaciones de productos agroalimentarios a los Estados Unidos han mantenido un incremento significativo en los últimos años. En 1997, el valor de las exportaciones de productos agroalimentarios obtuvo un valor de \$3,906 millones de dólares. El 52% (\$2,026 millones de dólares) fue aportado por la comercialización de frutas y hortalizas frescas y procesadas (Siller, 2005).

2.2 Propagación y siembra de hortalizas

La propagación de las hortalizas se lleva a cabo de dos maneras: por semilla ó por partes vegetativas. Para ambos medios de propagación, la siembra puede ser realizada en forma directa al campo ó bien en estructuras especiales (almácigos, bandejas, etc.).

La siembra directa es aquella que se lleva a cabo depositando la semilla ó la parte vegetativa en el terreno definitivo para su crecimiento y desarrollo hasta su madurez es decir, se deposita en el lugar donde va a completar su ciclo agrícola. La indirecta es aquella que se realiza en semilleros o almácigos para que en el momento adecuado sea transplantado a su lugar definitivo.

Para el desarrollo de la siembra es necesario disponer de semillas que llenen los requisitos necesarios para una rápida y elevada germinación. Un parámetro que nos ayuda es el valor real de la semilla, el cual consta de tres componentes:

- 1) *Peso específico*. Es el peso de un hectolitro de semillas. Para semillas de la misma especie se prefieren aquellas de mayor peso específico.
- 2) *Índice de pureza (IP)*. Es el número de semillas útiles contenidas en una muestra de 100 "semillas", se expresa en %.
- 3) *Porcentaje de germinación*. Equivale a la cantidad de semillas capaces de germinar, teniendo presente el tiempo promedio empleado para ello, se expresa en %.

El valor real de la semilla (VR) se calcula con la fórmula siguiente:

$$VR = (IP \times \%G) / 100$$

Donde:

VR = Valor real de la semilla

IP = Índice de pureza, %

%G = Porcentaje de germinación, %

La *facultad germinativa* es una variable más que ayuda a conocer el valor real de la semilla, y se refiere al tiempo que una semilla mantiene su viabilidad ó poder germinativo.

La profundidad de siembra como regla general, entre más chica sea la semilla, la siembra se hace a menor profundidad. Una buena norma, en la práctica, es cubrir la semilla a una profundidad de tres veces su tamaño.

La siembra, es una de las operaciones agrícolas fundamentales que condiciona en muy buena medida el resultado económico de la explotación. Su correcta

realización depende de la eficacia de la sembradora, y del buen uso que el operador efectúe de ella.

2.3 Especificaciones de diseño en sembradoras neumáticas

Serwatowski *et. al*, (1998), establecieron cuatro criterios o especificaciones de diseño para sembradoras neumáticas:

- Generación de vacío

Mencionan que para generar vacío es común el uso de extractores centrífugos que permiten satisfacer requerimientos de vacío de 40" o 60" de agua. La mayoría de las sembradoras utilizan la toma de fuerza del tractor para accionar el extractor centrífugo y se recomienda una velocidad periférica del rotor de 50 a 70 m/s para asegurar el funcionamiento correcto con cualquier tamaño de semillas de cereales y considerando el efecto de sacudidas ocasionadas por el terreno. Otra fuente de potencia es un motor hidráulico, esta solución es más sencilla pero más costosa.

- Control del vacío

Nivel de vacío

Este valor depende de factores como: tamaño y forma geométrica de la semilla, tamaño y forma de los orificios del disco, velocidad periférica del disco, velocidad de desplazamiento de la sembradora, uniformidad del terreno y el número de unidades neumáticas abastecidas por la fuente de vacío.

El tamaño de semilla mayor, requiere de mayor diámetro del orificio en el disco o mayor nivel de vacío, es recomendable incrementar el vacío, con esto se evita la tendencia a pegarse al orificio más de una semilla.

Un rango de vacío de 15" a 40" de columna de agua (4 a 10 KPa) según la semilla, es suficiente para el desempeño adecuado de la sembradora neumática. Velocidades periféricas de 0.3 a 0.35 m/s como máximas, son adecuadas tomando en cuenta el efecto de las sacudidas en condiciones reales en campo.

Ajuste y verificación del nivel del vacío

Existen dos maneras para ajustar el nivel de vacío. La primera es por medio de la variación de revoluciones del rotor del extractor centrífugo y la segunda es estrangular el flujo de aire en la entrada o salida del extractor, utilizando válvulas

de cierre o compuertas inclinables. Para verificar el nivel de vacío es necesario equiparla con un medidor de vacío, sea analógico o digital colocado en un lugar visible para el operador.

Distribución del vacío

La distribución del vacío, desde el extractor hacia los dosificadores, se realiza mediante un sistema de conductos de mangueras anilladas, otros emplean tubo de PVC rígido que distribuye el vacío a todo lo ancho de la máquina.

El diámetro interior recomendado de los conductos de succión es de 1.5" a 2", para obstaculizar en lo mínimo posible y no causar pérdidas de vacío.

Limpieza del aire succionado

El aire succionado puede contener cualquier materia extraña introducida en la semilla que pueda provocar un posible atascamiento. En las primeras sembradoras que empleaban bombas de pistones se utilizaban filtros de aire solo que se obturaban muy seguido.

Los extractores centrífugos no son tan sensibles como las bombas, en lo que se refiere a un atascamiento y en la mayoría de las maquinas actuales no se utiliza ninguna forma de limpiar el aire.

- Control de movimiento y distribución de la semilla

Control de alimentación

La semilla almacenada en la tolva debe mantener cierto nivel para asegurar el funcionamiento correcto del distribuidor. Un nivel bajo puede causar carencias, y un nivel alto puede causar un gasto excesivo de semilla. El nivel adecuado depende del diseño del distribuidor; algunos logran mantener el nivel correcto con la forma y tamaño de la garganta, en la parte inferior de la tolva, otros utilizan diafragmas, compuertas o mariposas ajustables.

Agitación de semilla

La humedad, los tratamientos químicos a que es sometida la semilla antes de la siembra, la misma presión de la semilla acumulada hace que la semilla se pegue dificultando el funcionamiento correcto del distribuidor. Una solución sencilla y

efectiva es mediante listones o dedos integrados al disco, distribuidos en una circunferencia cercana a los orificios de succión.

Eliminación del exceso de semilla

El hecho de pegarse más de una semilla al orificio distribuidor baja la calidad de trabajo e incrementa la cantidad de semilla utilizada en la siembra. Para reducir este efecto, varias sembradoras utilizan unos dispositivos razadores, cuya función es retener la semilla sobrante, dejando pasar una. Estos dispositivos ajustables tienen en su mayoría la forma de peine.

Limpieza continua de los orificios del disco

Algunas semillas por su forma, por mala selección de tamaño o contaminación de materia extraña, tienden a acumularse en los orificios y no se sueltan al cortar el vacío en la zona de descarga. Varias maquinas cuentan con un sistema de limpieza de orificios en la zona de descarga, empleando un cepillo fijo o un chorro dirigido de aire a presión.

Adecuación al tamaño de semilla

Todas las sembradoras neumáticas vienen equipadas de un juego de discos regularmente de 5 a 12, con diferente número y diámetro de los orificios. Estos se adaptan a la gama de semillas previstas por el fabricante.

Ajuste de la dosificación o distribución de la semilla

Existen dos maneras de controlar la distribución de la semilla. La primera es mediante la variación de la relación de transmisión entre la rueda copiadora o disco cortador y el disco distribuidor. La solución mas sencilla es proveer a la maquina de un juego de catarinas intercambiables que proporcionen una gama de relaciones de transmisión y de separación de semillas para un disco distribuidor. La otra manera es mediante un juego de discos distribuidores con diferentes números de orificios.

- Diseño de los componentes principales del dosificador neumático

Disco distribuidor

Existen dos tipos principales en cuanto al diseño de los discos dosificadores. El primero es el disco de plástico rígido, son sensibles al tamaño de la semilla y solo

que la manera de lograr el sello con la cámara de vacío es mas problemática. El segundo tipo y mas usado, es un disco de lamina de acero inoxidable, estos sellan muy bien la cámara de vacío y su desgaste es mínimo.

Cámara de vacío

Se hace de plástico o aluminio. Su diseño debe asegurar una fácil y rápida separación del cuerpo sembrero, para intercambiar los discos, al cambiar la semilla o las condiciones de trabajo.

Cuerpo sembrero

Puede ser de aluminio o plástico, conecta la tolva con la cámara de semilla, que forma su parte principal. Su diseño debe asegurar un nivel adecuado y constante de semilla, durante el trabajo.

2.4 Ciclos de trabajo de las sembradoras en bandejas

Gaytán, (2004) menciona las etapas de un ciclo de trabajo de las máquinas de siembra en bandejas.

- a) Fase de separación, individualización o singulación de semillas
- b) Fase de carga o adhesión de las semillas
- c) Fase de eliminación de semillas adheridas en exceso
- d) Fase de transporte de las semillas adheridas o individualizadas, hasta las cavidades de la charola de siembra
- e) Fase de descarga o eyección de las semillas en las cavidades de la charola
- f) Fase de limpieza de los orificios de succión

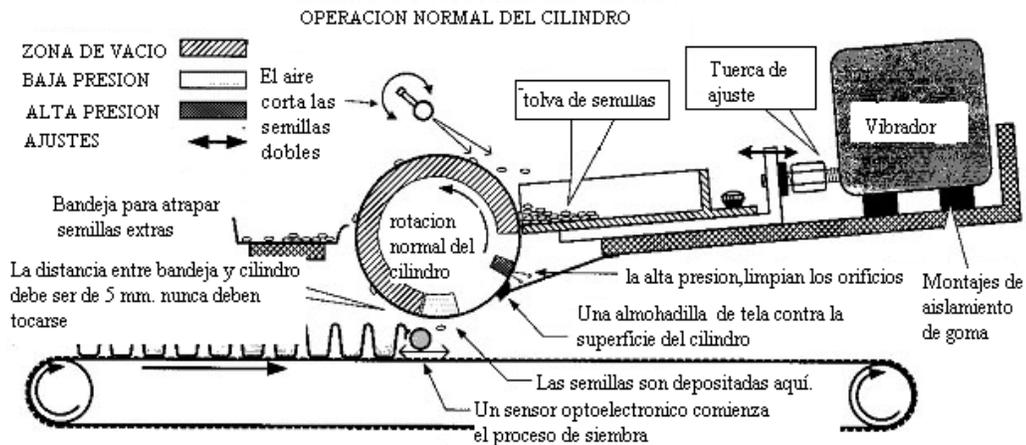


Figura 2.1 Esquema del ciclo de trabajo de una sembradora comercial.

2.5 Parámetros de calidad de siembra de las sembradoras en bandejas

Gaytán, (2004) también indica que los índices y parámetros que califican la calidad de siembra de las máquinas de siembra en bandejas, son las siguientes:

1. El cumplimiento de la tasa de dosificación requerida (semillas individuales, dobles o múltiples).
2. La profundidad de siembra
3. La ubicación de las semillas centradas en las cavidades
4. La eficiencia de siembra
5. El daño a las semillas
6. El porcentaje de germinación

2.6 Clasificación de las sembradoras en bandejas

Gaytán (2004), clasifica los equipos de siembra en bandejas, en base a los siguientes criterios:

1. De acuerdo al grado de participación del hombre en su operación:
 - a) Ayudas mecánicas: no son máquinas sembradoras
 - b) Sembradoras manuales: se accionan en forma manual y durante su operación están sostenidas en las manos del operador
 - c) Sembradoras semiautomáticas: las fases de carga y descarga se realizan en forma automática, pero como su accionamiento es manual, no pueden formar parte de una línea de siembra totalmente automatizada
 - d) Sembradoras automáticas: son las que se instalan en las líneas de siembra porque todas las fases del ciclo de trabajo, las realizan en forma automática
2. De acuerdo al número de ciclos de trabajo que requieren efectuar para sembrar una bandeja:
 - a) Máquinas que ocupan tantos ciclos de trabajo como filas o columnas tenga la charola (siembra por filas o columnas)
 - b) Máquinas que siembran toda la charola en un solo ciclo de trabajo
3. De acuerdo a su principio de funcionamiento:
 - a) Sembradoras neumáticas que adhieren semillas por medio de vacío
 - b) Sembradoras que individualizan semillas por medio de mordazas cónicas separables
 - c) Sembradoras que individualizan semillas por medio de vibraciones forzada
 - d) Sembradoras que individualizan semillas por analogías dimensionales semilla-orificio
4. Las sembradoras neumáticas, de acuerdo al elemento que utilizan para adherir a las semillas:

- a) Sembradoras de placa de orificios
 - b) Sembradoras de agujas
 - c) Sembradoras de boquillas cónicas
 - d) Sembradoras de tambor rotativo
5. Las sembradoras neumáticas, de acuerdo a la disposición que existe entre las semillas y los elementos dosificadores para separarlas del resto de semillas o seleccionarlas:
- a) Carga por adhesión: cuando las semillas se encuentran en contacto directo con los elementos de dosificación
 - b) Carga por aspiración: cuando existe una distancia que separa a las semillas respecto a los elementos de dosificación
6. Las sembradoras de placa de orificios, de acuerdo al tipo de movimientos que ejecuta la placa durante el ciclo de trabajo:
- a) La placa realiza un movimiento lineal
 - b) La placa realiza un movimiento semicircular
 - c) La placa realiza un movimiento pantográfico
 - d) La placa realiza movimientos combinados

2.7 Producción de plántulas en bandejas

Esta tecnología consiste en la utilización de bandejas con sustrato para la producción de las plántulas. Dentro de los principales cultivos que se pueden establecer utilizando la siembra en bandejas, se encuentran distintas especies y variedades correspondientes a los siguientes procesos de producción: producción de cultivos ornamentales, hortícolas, especies frutales y especies forestales.

La producción de plántulas en bandejas, exige porcentajes de germinación mayores a un 90%, un 10 % de cavidades sin

plántulas en las bandejas, se considera como de baja calidad (Gaytan, 2004).

Gracia, (2002) menciona que el proceso tecnológico de siembra en charolas, involucra los siguientes procesos.

- Desmenuzado y mezclado del sustrato solo en algunos casos
- Desinfección de los sustratos
- Suministro o abastecimiento de recipientes a la cadena del proceso de siembra
- Llenado de recipientes con sustrato
- Punzonado para formado de la cavidad para el asentamiento de la semilla
- La siembra propiamente dicha.
- Aplicación de sustrato para cubrir la semilla
- Humectación del sustrato
- Apilado y acomodo de recipientes para su traslado a una cámara de germinación

2.7.1 Bandejas de siembra

Existen varios tipos de charolas, en dependencia del cultivo, del fabricante, así como el material con que se fabrique. Los materiales con que se fabrican las charolas son: poliestireno al alto impacto formado al vacío, poliestireno expandido, poliestireno formado por inyección. Las charolas fabricadas con estos materiales son rígidas; existen otros tipos de charolas que no son rígidas, de origen japonés llamadas “paper pot” que se manejan como charolas pero se separan como macetas individuales.



Figura 2.2 Charolas rígidas y de poliestireno.

Las bandejas también varían de tamaño y forma de la cavidad. Las charolas más comunes tienen entre 128 y 800 cavidades; las celdas o cavidades pueden ser redondas, cuadradas o hexagonales. En sección transversal, las celdas pueden tener forma cilíndrica o de pirámide invertida.

Los envases son de color blanco, negro o gris. Los blancos reflejan luz y confieren buen aislamiento, especialmente para producción en verano. Los negros o grises absorben calor y se utilizan para producción de invierno o primavera. La mayoría de los Flats son de poliestireno expandible (Speedling), resinas plásticas (Landmark) o de polipropileno de alta densidad (Plantel Nurseries).

Los semilleros establecidos en bandejas dan lugar a plántulas con un cepellón formado de sustrato y raíces. La planta desarrolla un sistema de raíces cuya abundancia, garantiza su buen arraigo al afrontar la fase postransplante y con mayor eficacia para absorber agua y nutrientes.



Figura 2.3 Muestra de plántula sembrada en bandeja.

La elección del tamaño y la profundidad de la celda esta en función de la especie seleccionada, tiempo de crecimiento, sistema radicular y vegetativo. Si hay una relación directa entre el tamaño del envase y el tamaño de la plántula por razones principalmente de costos, la tendencia es utilizar envases con mayor número de celdas de menor volumen. No obstante, hay que considerar que los envases de menor volumen tienen mayores fluctuaciones de humedad, nutrientes, O₂, pH y salinidad.

Para evitar el desarrollo de enfermedades, particularmente 'damping off', las bandejas deben estar limpias y esterilizadas ya sea por métodos químicos o a vapor.

El tipo de charola a escoger depende de la planta a sembrar y del uso final:
(<http://www.faxsa.com.mx/semflor1/seaaa10.htm>)

- *¿Cuál será el uso final de la plántula?* Las plantas más pequeñas lucen bien en macetas planas. Plantas más grandes sirven muy bien para macetas grandes, colgantes y trasplantes
- *¿Qué calidad se requiere?* Las plántulas grandes producen plantas terminadas de mayor calidad, en menor tiempo
- *Tamaño de celda ideal para cada cultivo.* Las especies suculentas o plantas que requieren un mayor periodo de tiempo para trasplantarse, se desarrollan mejor en celdas grandes. Las especies de corto tiempo de crecimiento se dan bien en celdas pequeñas
- *Limitaciones de espacio.* Las charolas de celda pequeña rinden más plantas por metro cuadrado. Esto puede ser crítico en la temporada de alta producción. Las celdas grandes permiten mayor espacio por planta, resultando plántulas más grandes y mejor desarrolladas
- *Limitaciones de tiempo.* Las plántulas desarrolladas en celdas grandes son más tolerantes al 'stress' y se terminan más rápido
- *Forma de la celda.* Las celdas cuadradas y de paredes verticales tienen mayor capacidad de medio de cultivo que las celdas redondas de paredes inclinadas y

permiten mejor desarrollo de raíces. La distribución de agua es mejor en las charolas de celdas cuadradas

- *Tiempo de embarque.* Las charolas de celdas pequeñas son menos tolerantes al embarque por su poco volumen y deben trasplantarse de inmediato.

2.7.2 Sustratos

El insumo básico para llenar las bandejas es importado y se encuentra de venta en el mercado; sin embargo, existe la alternativa de fabricarlo con materiales fáciles de obtener en nuestro medio.

Para que un sustrato pueda ser utilizado como sistema de anclaje para las raíces de las plantas, tiene que reunir una serie de características (*Biblioteca de la agricultura*):

- Ser inerte química y biológicamente
- No contener elementos tóxicos o microorganismos patógenos para las plantas
- Tener un tamaño uniforme
- Que sean difícilmente degradables con el paso del tiempo
- Que posean una buena capacidad de retención de agua a la vez que buena aireación
- Ser fácilmente desinfectable

Los sustratos mas utilizados son:

Turbas. Las turbas son materiales de origen vegetal de propiedades físicas y químicas variables. Se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras. Las turbas rubias o poco descompuestas debido a su estructura poseen excelente

porosidad y es buena receptora de soluciones nutritivas, proporciona gran aireación a las raíces, está libre de gérmenes y semillas de malas hierbas y es bastante ligera. Las turbas negras, más descompuestas son de peor calidad, retienen peor el agua y poseen menos aireación para las raíces.

Es más frecuente el uso de turbas rubias solo que la inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la nutrición vegetal, presentan un pH que oscila entre 3.5 y 8.5.

Fibra de coco. Este producto se obtiene de fibras de coco. Tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso, un pH ligeramente ácido (6.3-6.5) y una densidad aparente de 200 Kg/m³. Su porosidad es bastante buena y debe ser lavada antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee.

Lana de roca. Es un sustrato artificial de elevada retención de agua y elevada porosidad. No es del todo inerte, puede aportar pequeñas cantidades de hierro, magnesio, manganeso y sobre todo calcio. Su pH es ligeramente alcalino aunque con el tiempo tiende a la neutralidad.

Perlita. Es un sustrato artificial inerte, de estructura variable. Sus partículas presentan diámetros de 2 a 6 mm. Es químicamente estable, con un pH de 7- 7.5 y mecánicamente frágil, ya que las partículas pueden romperse por la presión de las raíces. Posee una gran capacidad de retención de agua y elevada porosidad, su drenaje es bueno. Pesa poco y su duración se limita a un cultivo.

Vermiculita. Es un tipo de mica que sometido a altas temperaturas se expande y da un producto que tiene buena capacidad para retener nutrientes. Presentan diámetros de 5 a 10 mm, tiene gran retención de humedad y buena capacidad de aireación. Físicamente es un producto frágil, no es inerte y su desinfección puede resultar problemática en ocasiones. Su pH es de 7- 7.2

Tezontle. Es un material de origen volcánico que se utiliza sin someterlo a ningún tipo de tratamiento. Está compuesto de sílice, alúmina y óxidos de hierro. También contiene calcio, magnesio, fósforo y algunos oligoelementos. Las granulometrías son muy variables, el pH es ligeramente ácido con tendencias a la neutralidad. La capacidad de intercambio catiónico es tan baja que debe considerarse como nulo.

Destaca su buena aireación y tiene una baja capacidad de retención de agua, el material es poco homogéneo y de difícil manejo.

Actualmente las empresas utilizan combinaciones de tezontle, con perlita y/o fibra de coco, y han observado que al combinarlos se obtiene lo mejor de cada material, según las necesidades del cultivo. Es decir que las características del sustrato no se definen por sus componentes, sino por la correcta combinación de estos (Bringas, 2005).

2.7.3 Ventajas y desventajas de la producción de plántulas en bandejas

Leskovar, (2001) menciona las ventajas y desventajas de la producción de plántulas de hortalizas en bandejas.

Ventajas:

- Menor uso en la cantidad de semillas
- Menor costo de semillas especialmente en híbridos
- Permite el uso de especies con dificultad en la germinación o donde el periodo de crecimiento es corto
- Mejora el control de la población de plantas y espaciamiento
- Mayor uniformidad en el crecimiento
- Tolerancia superior a estrés biológico que afectan el sistema vascular y radicular
- Floración temprana y precocidad de la producción
- Maximiza el uso del agua para irrigación
- Se reduce la contaminación ambiental al disminuir el uso de pesticidas
- Mejor uso de la tierra ya que su ciclo del cultivo se acorta, lo que permite aumentar el número de rotaciones

Desventajas:

- El costo de producción en el invernadero y de implantación en el campo suele ser de tres a cuatro veces mayor que el de la siembra directa.

- El sistema de trasplante requiere una mayor especialización del personal y equipamiento.
- Existe una carencia de transplantadoras automáticas para el uso de bandejas con compartimientos o celdas de menor volumen.

2.8 Equipos de siembra

En el mercado están disponibles un sin número de sembradoras mecánicas desde muy sencillas hasta muy complejas; las hay de vacío, eléctricas, de aire comprimido, de inyección de agua y de tambor giratorio, que son capaces de depositar una semilla por cavidad.

La sembradora a elegir depende del volumen de plantas a producir y de los métodos de producción. Al principio en operaciones pequeñas conviene usar sembradoras menos complejas y de bajo costo. Posteriormente al mejorar la situación financiera y las habilidades del productor, se puede conseguir una más sofisticada y deberán considerarse las siguientes características:

(<http://www.faxsa.com.mx/semflor1/seaaa10.htm>)

- Tipos de charolas que pueden usarse con la sembradora
- Charolas por hora que siembra; si la rapidez es fija o variable
- Tipos de semilla que pueden sembrarse
- Cuanta semilla requiere la maquina para operar
- Posibilidad de intercambiar plantillas o cabezas de siembra para sembrar distintos tipos de semillas y de charolas
- Precisión de siembra; porcentaje de singulación

2.8.1 Sembradora manual Berry-Seeder

Se conforma de una placa para posicionar la semilla al centro de la cavidad, una pieza de acrílico y el motor para crear el vacío.



Figura 2.4 sembradora Berry-Seeder.

Ventajas:

- Es de material ligero y sencillo de usar
- Fácil de limpiar para evitar propagación de enfermedades
- Permite eficientar el proceso de siembra
- Pueden sembrar 2-3 charolas por minuto, se ofrece con una charola y sistema de vacío incluido

(<http://www.sabsa.com.mx/productos/sembradoras/sembradoras2.html>)

2.8.2 Sembraplant

El sembraplant es un sistema de siembra manual con el cual se puede sembrar cualquier tipo de bandeja completamente en un solo movimiento.

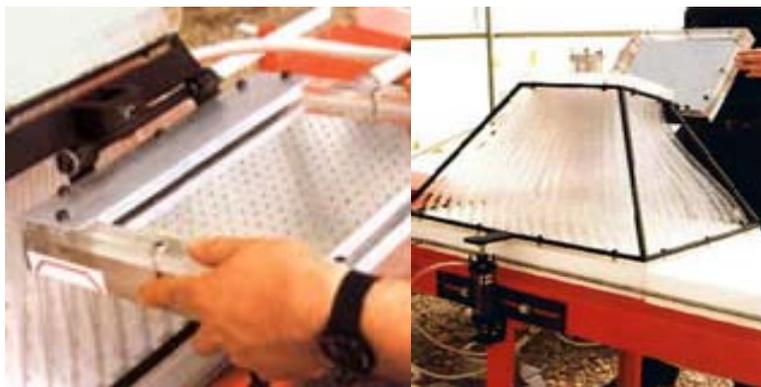


Figura 2.5 Sembraplant.

Su principio de funcionamiento es la aspiración de las semillas en una caja estanca, la placa que aspira semillas es modular y puede sustituirse por otra,

según el tipo de semilla a sembrar. Para sembrar distintos tipos de bandeja, debe cambiarse el distribuidor de semillas. La efectividad llega a ser del 100%.

Estas son algunas de las semillas que puede sembrar:

- Hortalizas: pimiento, berenjena, tomate, pepino, col, ajo, cebolla, lechuga, escarola, col china
- Flores: pensamiento, ciclamen, geranio, petunia
- Tabaco

(<http://www.arnabatgroup.com/semitecnic/sembraplant.htm>)

2.8.3 Sembradora DECOP

La sembradora DECOP ha sido diseñada para adaptarse a producciones hortícolas, ornamentales y forestales. Su funcionamiento está basado en un sistema de aspiración por placa que realiza la siembra en bandejas completas. Puede sembrar hasta 700,000 plantas/hora, dependiendo de la bandeja utilizada.

(<http://www.conic-system.com/castella/home.htm>)



Figura 2.6 Sembradora DECOP.

Cada orificio de la placa aspira una o varias semillas en el recorrido de bajada del depósito. Un peine calibrado, montado sobre el depósito, mueve estas semillas dejando tan solo una en cada orificio. Las semillas seleccionadas son conducidas por unos tubos de distribución hasta una compuerta adaptada a la medida de

cada bandeja. Cuando la bandeja se encuentra en la posición correcta, abre la compuerta posicionando en el mismo centro todas las semillas. Esto ofrece una alta velocidad de siembra sin variar la precisión en el posicionamiento de la semilla dentro del alvéolo, ya que todas caen siempre desde el mismo punto muy cerca del sustrato, evitando así cualquier rebote.

Puede sembrar semillas con calibres de menos de 1 mm hasta más de 4 cm. Existen placas especiales para la siembra doble o triple así como otras para sembrar grupos de hasta 30 semillas. Para cambiar de una semilla a otra solo es necesario sustituir una placa calibrada por otra.

La obstrucción en la siembra es prácticamente imposible ya que la sembradora incorpora un revolucionario sistema de orificios autolimpiables.

2.8.4 Sembradora Blackmore turbo

Siembra cualquier tipo de semilla cruda o peletizada. Más de 300 bandejas por hora y con una inversión menor de US \$10000. Los carriles son ajustables y compatibles con bandejas de anchura diferentes hasta aproximadamente 30cm. (<http://www.blackmoreco.com/turboneedle.html>)



Figura 2.7 Sembradora Blackmore turbo.

Cuadro 2.1 Características técnicas de la sembradora Blackmore turbo

Características técnicas	
Estructura	Aluminio sobre marco de acero
Motor	0-109 rpm
Potencia	160 VAC de 60 Hz.
Fuente de vacío	Bomba incluida en el motor de la sembradora
Bomba de vacío	3 CV
Largo	1.2 m
Ancho	0.7 m
Alto	0.45 m
Peso neto	68 kg

2.8.5 Módulo de tambor rotatorio.

La sembradora de tambor de vacío (figura 2.8) tiene la característica de recoger las semillas de una tolva y las deja caer en una hilera al mismo tiempo, cuando la bandeja pasa por debajo sobre la banda transportadora.

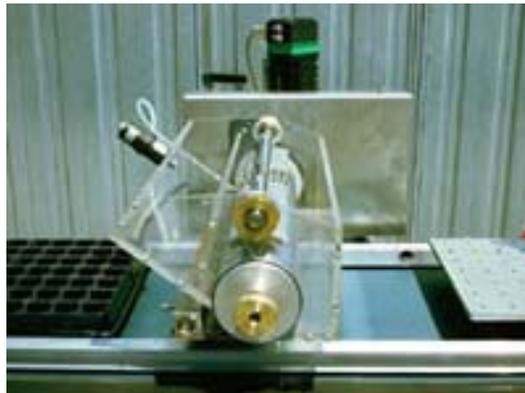


Figura 2.8 Sembradora de tambor rotatorio.

Para cualquier tipo de bandeja de porex y termoformadas, construida en marco de acero inoxidable, arrastre por cinta, siembra de 200 a 500 bandejas/hora y para su funcionamiento es necesario un compresor de 120 litros de caudal

(<http://www.arnabatgroup.com/semitecnic/tambor.htm>).

Cuadro 2.2 Características técnicas del modulo de tambor rotatorio.

Características técnicas	
Motor sembrador	0.5 CV
Motor arrastre	0.5 CV
Bomba de vacío VCE	3 CV
Largo	3000 mm
Ancho	900 mm
Alto	1500 mm
Peso	170 kg

2.8.6 Sembradora TSE-100

La sembradora TSE-100 (figura 2.9) su principio de funcionamiento es neumático gobernado por un autómata, el cabezal puede sembrar todo tipo de semillas desnudas, con sistema de avance de tren semiautomático se adapta a todo tipo de bandejas.

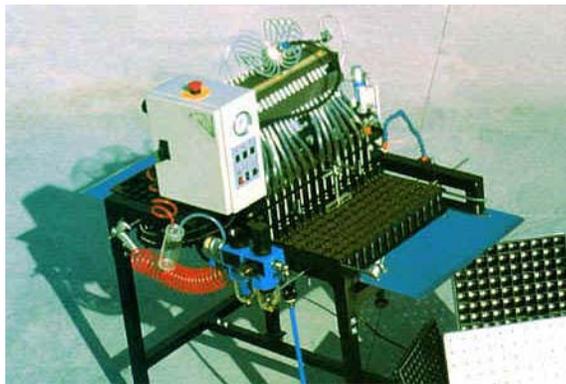


Figura 2.9 Sembradora TSE-100.

La producción máxima que alcanza es de 40,000 plantas/hora. Con el diseño de sus depósitos individuales, puede sembrar cantidades muy pequeñas hasta la última semilla. La separación de las semillas se realiza mediante una sobrepresión de aire aplicada sobre una barra de conos donde caen las semillas (figura 2.10).

Para la siembra de otro tipo de semillas sólo es necesario ajustar la presión de soplado.

(<http://www.conic-system.com/castella/home.htm>)

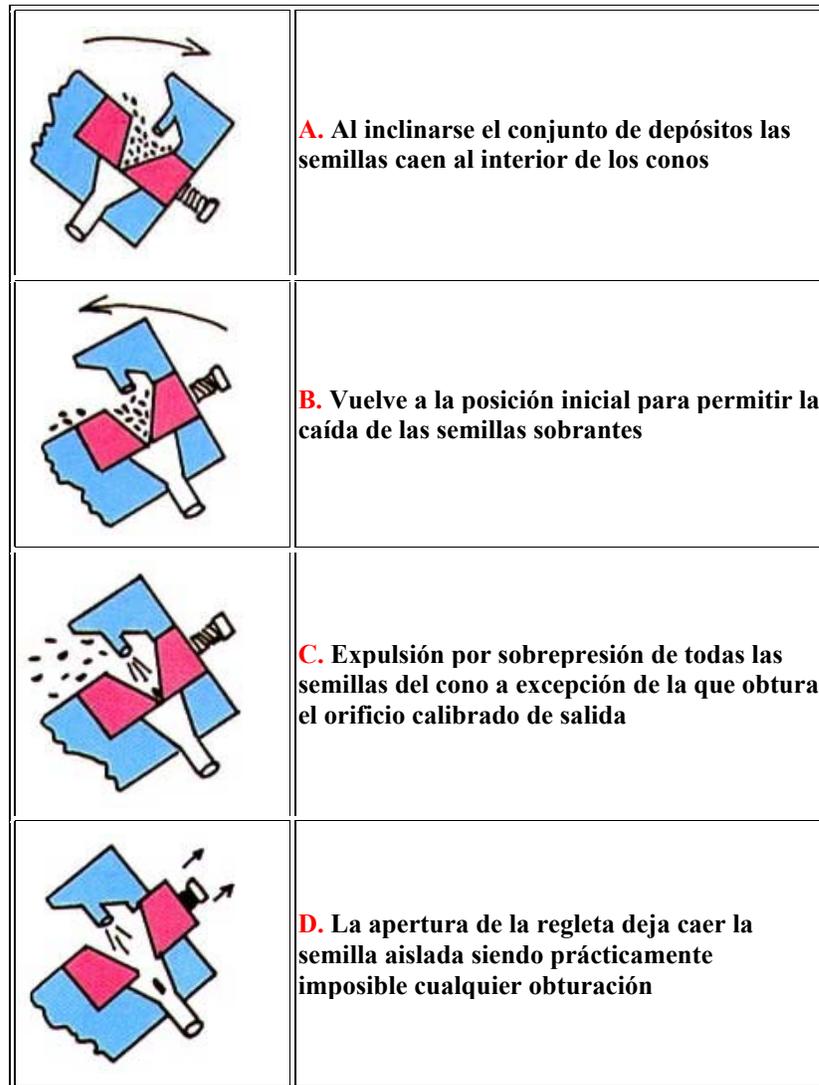


Figura 2.10 Dosificación neumática mediante sobrepresión.

Cuadro 2.3 Características técnicas de la sembradora TSE-100.

Características técnicas	
Dimensiones del tren (mm)	1250 x 1200 x 700
Sembradora	18 hileras estándar
Dispositivo de siembra	Múltiple de 1 a 7 semillas
Consumo máximo de aire	300 lt/min- 6 atm
Voltaje	110 V / 220 V
Consumo eléctrico	Menos de 200 W

2.9 Líneas de siembra

Las líneas de siembra son instalaciones que realizan en forma automática todas las operaciones del proceso; desapilado de bandejas, llenado de sustrato, punzonado, siembra, cobertura con sustrato, riego y almacenamiento de bandejas sembradas. La intervención del hombre se limita: a suministrar los insumos (agua, semillas, sustratos, charolas); a retirar las charolas que ya han sido sembradas, y a vigilar la calidad del trabajo realizado.

2.9.1 Línea de siembra TAE-95

La línea automática de siembra TAE-95 permite con un operario sembrar de 35,000 a 45,000 semillas/hora según bandeja.



Figura 2.11 Línea de siembra TAE-95.

A través de un panel de mandos se pueden controlar todas las funciones de la máquina, como son el número de bandejas a sembrar, cantidad de turba por bandeja, número de semillas por alveolo y sustrato necesario para cubrir las semillas.

El cabezal de siembra está diseñado para la siembra mediante sobrepresión neumática y es ideal para semillas desnudas hortícolas y ornamentales.

(<http://www.conic-system.com/castella/home.htm>)

Cuadro 2.4 Características técnicas de la línea de siembra TAE-95.

Características técnicas	
Dimensiones del tren (mm)	1250 x 7500 x 700
Sembradora	18 hileras estándar
Dispositivo de siembra	Múltiple de 1 a 10 semillas
Consumo máximo de aire	900 lt/min- 6 atm
Voltaje	110 V / 220 V
Consumo eléctrico	400 W

2.9.2 Línea de siembra electrónica INOX SV-III



Fig. 2.12 Línea de siembra INOX SV-III.

Equipamiento de serie

- Alimentador recuperador de turba de cangilones, doble sistema de llenado para la bandeja accionado por un motor con regulador de velocidad.

- La siembra de la bandeja se efectúa mediante tambores controlados y posicionados electrónicamente por un microprocesador y encoder, que permiten la colocación automática de los cilindros con lo que la siembra se efectúa sin un solo fallo. Cuenta con tres tambores de siembra para tres tipos distintos de semillas y un tambor de punzonado.
- Tolva dosificadora de vermiculita inoxidable, equipada con rodillo accionado por un motor con regulación de velocidad, riego independiente y regulable para cada alveolo, apilador final de bandejas accionado por cilindro neumático.
- Control de la velocidad de todos los arrastres de la bandeja desde un mismo punto mediante un potenciómetro.
- Bancada construida en acero inoxidable.

Para el funcionamiento de la máquina es preciso un compresor de 5,5 hp. Para conseguir la máxima velocidad y rendimiento recomienda alimentar la máquina mediante una mezcladora de turba de, al menos, 1000 litros de capacidad.

(<http://www.arnabatgroup.com/semitecnic/inoxsv.htm>)

Cuadro 2.5
técnicas de la
siembra INOX

Características técnicas	
Longitud	8 m
Ancho	2.4 m
Altura	1.85 m
Peso	750 kg
Producción (bandejas/ hora)	+/- 800
Potencia eléctrica	3.14 KW – 380 V Trifásico 50 Hz

Características
línea de
SV- III.

2.10 Plásticos de ingeniería

Los plásticos son sustancias orgánicas de alto peso molecular que se sintetizan generalmente a partir de compuestos de bajo peso molecular, pueden obtenerse por modificación química de materiales naturales de alto peso molecular (en especial la celulosa).

Los plásticos se caracterizan por una alta relación resistencia/densidad, que son propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y solventes. Estos se pueden dividir en dos grupos en función de su comportamiento ante el calor: los que son termoplásticos y los plásticos termoestables. Los primeros se caracterizan por estar compuestos de moléculas lineales con pocos o ningún enlace cruzado, se ablandan al calentarse (a veces funden) y se endurecen al enfriarse (estos procesos son totalmente reversibles y pueden repetirse). Los termoplásticos son relativamente blandos y dúctiles.

Los termoestables consisten inicialmente de moléculas lineales que por calentamiento forman irreversiblemente una red de enlaces cruzados, dando un producto más duro, resistente al calor y más frágil que un termoplástico. Sintetizado se endurecen al calentarse y no se ablandan al continuar calentando. El caucho vulcanizado, los epoxi y las resinas fenólicas y de poliéster, son termoestables.

Existe un tercer grupo de plásticos llamados elastómeros, que son materiales elásticos tipo caucho, formados generalmente por macromoléculas débilmente entrecruzadas. No fluyen hasta temperaturas próximas a la descomposición química y son insolubles, pero suelen hincharse.

El celoron es un producto termoestable tambien denominado Micarta. Se forma a partir de una base que puede ser papel, lona, nylon, fibra de vidrio, tela de asbesto, etc. A los que se les impregna resinas que pueden ser fenolicas, de poliéster, resinas epoxy, etc. Para acomodarlos en capas que se van compactando a alta presión y con temperaturas elevadas para dar laminado fuertes, sólidos, compactos, ligeros y de excelentes propiedades mecánicas. Se usa en la industria eléctrica como aislante y en la electrónica para las tarjetas de circuitos. En el campo mecánico es excelente para piezas donde se desea tener resistencia con ligereza y flexibilidad, absorbe el ruido y protege otros componentes como baleros cuando se usa en forma de engranes.

Resina	Fenólica	Dureza Rockwel escala mil	105
Material base	Tela algodón	Fuerza de adherencia kg	720
Gravedad específica	1.35	Resistencia a la compresión kg/cm ²	2460
Absorción de agua	1.60	Resistencia a la flexión kg/cm ²	1054
Impacto pies Lbs/pulg		Resistencia a la Tensión kg/cm ²	703
Pro: son:	1.35	Temperatura max. De operación °C	135
Contra:	1.10	Fuerza de resistencia dieléctrica kV	15

Cuadro 2.6 Propiedades del celoron.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

En este trabajo solo se aborda la construcción del dosificador de semillas para realizar la siembra propiamente dicha, es necesario mencionar que no está terminado completamente puesto que el proyecto final es construir una línea de siembra y para esto se utilizaron los siguientes materiales.

- ◆ Maquina de soldar.
- ◆ Taladro y minitaladro de banco.
- ◆ Tornillo de banco.
- ◆ Martillo de rebabeear para quitar escoria.
- ◆ Cepillo de alambre para limpiar la zona soldada.
- ◆ Equipo diverso para alinear, medir y marcar el material por soldar.
- ◆ Soldadura (E-6013 de 1/8")
- ◆ Rectificador.
- ◆ Piedras abrasivas.
- ◆ Arco y seguetas.

Estructura del sistema. Material de PTR de 1 1/2" X 1 1/2", 3/4" X 3/4" calibre 12 y 14 respectivamente y placa de 3/16" de espesor que servirá para sujetar los demás elementos que conforman la maquina basándonos en la propuesta original (anexo B-1) y soldados con electrodos E-6013.

Bastidor de la tolva. Material de PTR de 3/4" X 3/4" calibre 14, sujeto a los extremos por placa de 3/16".

Tolva de alimentación de semilla. Construida de lámina galvanizada calibre 20.

Rodillo dosificador. Tubo PEAD 4" de RD-17 (polietileno de alta densidad). El espesor de la tubería es identificado mediante su relación de diámetro (RD). Se

fabricó con este material porque es de bajo costo, fue construido con las dimensiones mostradas en el anexo B-5.

Eje de suministro de vacío y soplado. Construido a partir de tubo redondo con diámetro exterior de 42 mm, cedula 40. Maquinado en ambos extremos con rosca de 1 5/8" -12 UNF. Los cortes para las cámaras de vacío y soplado fueron realizados con plasma. El limitador de las cámaras de vacío fue fabricado de Nylamid, fue colocada a presión dentro del tubo de vacío y sellado con silicón.

Cepillos enrazadores y portacepillos. 8 cepillos medidores de semilla y portacepillos, con número de parte AA32868 y A51837 respectivamente de la sembradora John Deere Max-Emerge, sujetos a la tolva por medio de unos tornillos de 1/8".

Estrellas sincronizadoras. Fabricada de Celorón cartucho de 5 1/8", construida con este material por su buena resistencia a la absorción de la humedad, tiene gran resistencia a la tensión y ligereza, y por su facilidad en el proceso de maquinado. Fue bipartida y taladrada a 1/8" en los extremos para facilitar la sujeción en el rodillo dosificador mediante pijas.

Chumaceras de piso. Dos elementos de 60 mm ϕ_{int} , autoajustables con opresores para la sujeción del buje.

Rodamientos cilíndricos. Dos baleros SKF de 60 mm de ϕ_{int} y 95 mm de ϕ_{ext} y una altura de 18 mm.

Anillos de sujeción. 4 candados internos de 3 9/16"

Bujes. Dos elementos maquinados, a partir de acero cold rolled (1045) de 2 3/4".

Empaques laterales y transversales. Construidos de hule rojo para evitar fugas de vacío.

Tornillería. Para afianzar o unir componentes se utilizaron diferentes tornillos comerciales con sus respectivas arandelas planas y de presión.

3. 2 Metodología

El objetivo final del diseño mecánico es, producir un dispositivo de utilidad que sea seguro, eficiente y práctico (Mott, 1995).

Para el proceso de construcción y evaluación del dosificador de semillas hortícolas, fue necesario llevar a cabo las siguientes etapas, de acuerdo al diagrama siguiente.

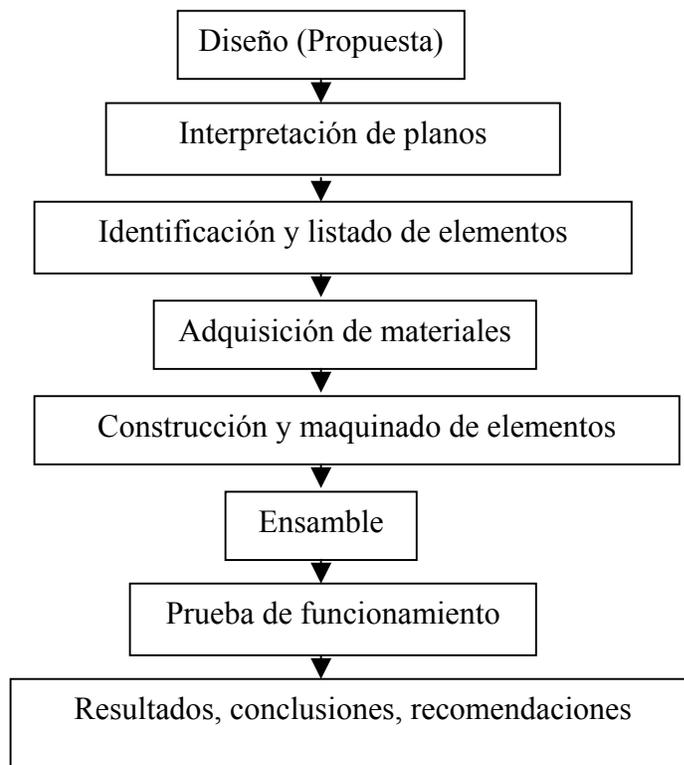


Fig. 3.1 Diagrama del proceso de construcción y evaluación del dosificador de semillas hortícolas.

3.2.1 Investigación, interpretación, cotización y selección de materiales

Para el desarrollo del proyecto, en primer lugar se retomó el diseño conceptual del equipo, posteriormente se identificaron a partir de los planos los materiales necesarios para su construcción. Una vez realizado esto se prosiguió con la cotización de los materiales existentes en el mercado para continuar con la selección de estos tomando en cuenta los costos.

3.2.2 Adquisición de materiales

Con la previa selección y tomadas las decisiones correctas, se procedió a la adquisición de materiales con los que contará el dosificador de semillas, se optó por adquirir materiales de fácil disponibilidad y de piezas comerciales que permitan lograr los beneficios de la producción en serie. El empleo de componentes estándar facilita las compras, evita las inversiones en herramientas y equipo.

3.2.3 Medición, trazos y cortes del PTR

Terminada la adquisición de materiales, se procedió a realizar la estructura con el PTR, se trazaron las medidas para hacer los cortes correspondientes. Es necesario mencionar que algunas partes fueron cortados en talleres externos con equipo de plasma, ya que el taller no cuenta con este equipo, también se taladraron partes de la estructura que contemplan la sujeción de ciertos elementos de la maquina, como se muestra en la figura 3.2.



Figura 3.2 Taladrado de solera para sujeción de empaques.

3.2.4 Ensamble de la estructura con soldadura y maquinado de elementos

Para el ensamble de las partes del bastidor, se requirió de una mesa de trabajo previamente nivelada, un tornillo de banco, una maquina de soldar y sus accesorios. Primero se procedió a realizar el punteo entre los elementos a soldar y posteriormente se hicieron los cordones de soldadura. Al término de la unión de la estructura, se efectuó el pulido de algunas partes donde se realizaron los cordones, se limpio toda la estructura con benceno para que quedara limpia de

grasas y óxidos y finalmente aplicar una capa de pintura primaria para evitar la corrosión del acero.

Una vez terminado el bastidor, se colocaron las ruedas que darán la movilidad a toda la estructura y así facilitar su transporte.



Figura 3.3 Estructura completamente terminada.

3.2.4.1 Construcción del rodillo dosificador

La fabricación del rodillo dosificador se realizó en base a los parámetros de diseño para jitomate y chile propuestas por Kepner (1978), y se efectuó mediante maquinado en un taller externo de la Universidad, porque el taller no cuenta con equipo para la realización de este trabajo.

Para el proceso de taladrado y abocardado de las celdas del rodillo se tomaron las especificaciones siguientes.

- Diámetro o longitud de la celda debe ser cerca del 10% mayor que la máxima dimensión de la semilla.

La máxima dimensión de la semilla en jitomate y chile fue de 3.96 mm. $(3.96 \times 1.10) = 4.356$ mm.

Por lo tanto se optó abocardar con una broca de $11/64''$ (4.365 mm).

- El diámetro de los orificios de succión debe ser menor que la mínima dimensión de la semilla.

Los diámetros mínimos de semilla de jitomate y chile fueron 2.16 y 2.35 mm respectivamente, por lo tanto los orificios de succión serán de 1 mm.

- La profundidad de la celda debe ser igual al diámetro o espesor promedio de la semilla.

La profundidad de la celda para semilla de jitomate y chile fueron 0.7037 y 0.7875 mm. Como en el taladro de banco solo se tiene un control hasta milímetros se eligió abocardar a 1 mm de profundidad.



Figura 3.4 Taladrado y abocardado del rodillo dosificador.

3.2.5 Ensamble de elementos mecánicos, alineación y calibración del equipo

3.2.5.1 Ensamble del tubo de vacío

Para ensamblar el tubo de vacío, al principio se colocaron los empaques transversales de hule sujetándose con los tornillos en ambas soleras. Se debe cerciorar, de que el hule quede 1 cm fuera de la solera, con esta operación nos aseguramos de que el empaque esté en contacto con la superficie interior del rodillo y realice el corte de vacío en el momento del movimiento de rotación. En segundo lugar se colocan los empaques laterales y se sujetan con silicón por la parte interior, también es necesario aplicar silicón en toda la sección longitudinal del empaque transversal para obtener un sello hermético.

3.2.5.2 Ensamble del rodillo dosificador

Para el ensamble del rodillo dosificador primero es necesario colocar las estrellas sincronizadoras, estas se sujetan con pijas previamente cortadas a manera de que no traspasen el rodillo y se aplica silicón para mejorar la sujeción estrella-rodillo. Luego se coloca dentro del tambor, el tubo de vacío con sus respectivos sellos laterales, debe asegurarse que los sellos laterales queden bien colocados en sus ranuras para evitar fugas de vacío. Después se colocan respectivamente un candado, el balero y el otro candado. Después se acomoda el buje para finalmente colocarse en la chumacera. Este procedimiento se realiza en ambos extremos del tambor.

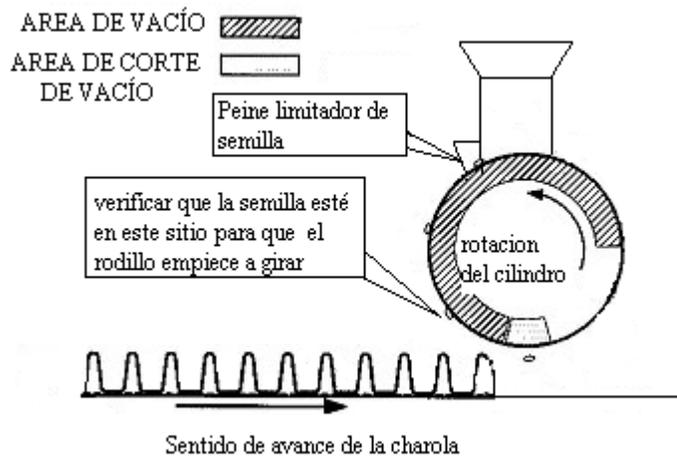
En seguida se coloca el tambor en la estructura del sistema y se sujeta con los tornillos junto con las chumaceras. Inmediatamente se ponen la base de la tolva, la tolva, las rondanas planas y se sujetan apretando las tuercas en los extremos del tubo de vacío. Es de suma importancia tomar en consideración que la ranura que se encuentra en el tubo de vacío, esté ubicada en la parte superior, con esto nos aseguramos de que los empaques que realizan el corte de vacío estén en su lugar correcto y así cumplan su función respectiva.

Por último se acoplan los componentes roscados previamente sellados con cinta de teflón, y después se fijan las mangueras correspondientes tanto en la aspiradora y en el tubo de vacío, en los extremos de salida para vacío y presión.

3.2.5.3 Calibración del rodillo dosificador

Primeramente se debe encender la aspiradora y girar manualmente el rodillo hasta que una línea de orificios del mismo tenga las semillas atrapadas en las celdas y esté lo más cerca de la zona de descarga como se muestra en la Figura 3.5. Posteriormente debe hacerse que un diente de la estrella sincronizadora sujete la cavidad de la charola. Una vez realizada esta operación el rodillo puede empezar el movimiento de rotación y puede seguirse colocando las demás charolas sin que exista ninguna interferencia.

La distancia entre bandeja y el rodillo debe ser de 1 mm, estas nunca deben tocarse.



Figura

del rodillo dosificador.

3.5 Calibración

3.2.6 Prueba de funcionamiento del dosificador de semillas

Una vez ajustados todos los elementos del equipo se observó detalladamente el funcionamiento del mecanismo de siembra.

Para la prueba de funcionamiento se depositó semilla de linaza en la tolva, se procedió a encender la aspiradora y se pasó una bandeja debajo del rodillo dosificador y se tomaron lecturas de la presión de vacío con el vacuometro digital. Se observó cuidadosamente y se detectaron fallas que se describen posteriormente en el capítulo de resultados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados

4.1.1 Descripción general del equipo

En base al diseño conceptual propuesto por Álvarez (2003), se tiene como resultado del proyecto, la construcción total de la estructura, y los demás elementos que conforman el dosificador de semillas.



Figura 4.1
semillas
ensamblado y

Dosificador de
hortícolas
terminado.

La maquina de siembra tiene como objetivo principal colocar una semilla, en las cavidades de la charola sin ocasionarles daño. El dispositivo de siembra es un tambor que lleva en su circunferencia unas celdas, también presenta en ambos extremos una estrella que hará la función de un mecanismo piñón-cremallera, esto es que la estrella transformara el movimiento circular en rectilíneo al engranar los dientes en las cavidades de la charola y la desplazara longitudinalmente. Las dimensiones de las celdas corresponden con el tamaño de las semillas a sembrar, en este caso para la siembra de jitomate y chile. Cuenta con una tolva de semillas en la parte superior que al momento de girar el tambor, las semillas se quedan adheridas en las celdas, al generarse vacío en la zona de aspiración. Al continuar con el movimiento de rotación, el exceso de semillas se elimina con unos cepillos enrazadores. En la parte inferior del tambor finaliza la aspiración al interrumpirse el vacío y a su vez se inyecta aire a la cámara de descarga para facilitar la caída de las semillas en las cavidades de la charola.

El modulo de siembra tiene un peso de 80 Kg y las charolas que pueden ser utilizadas por la maquina, son las de poliestireno de 200 cavidades (20x10),

con una distancia entre cavidades de 32 mm, con dimensiones de largo y ancho de 670 mm x 328 mm respectivamente y con una altura de 66.5 mm.

El dosificador de semillas construido, presenta detalles que impiden el funcionamiento correcto de la maquina. Uno de los más importantes es el sitio de la colocación de la tolva de semillas. Dicha tolva está colocada en la parte superior del rodillo, esto genera problemas en los cepillos limitadores, dado que no está delimitando el exceso de semilla, esto trae como consecuencia derrame de la simiente.

Otro factor principal que disminuye el funcionamiento correcto del dosificador, es el material con que se fabricó el rodillo ya que al momento de maquinarse sufrió deformación presentando deflexión.

4.1.2 Operación del equipo

Previamente al proceso de siembra en las charolas, se debe calibrar el mecanismo de siembra como se menciona en el apartado, calibración del rodillo dosificador del capítulo III. Posteriormente es necesario colocar los frenos de las ruedas para impedir el movimiento de la estructura en el momento de la siembra. A continuación se vacía semilla en la tolva de alimentación, antes debe cerciorarse que los cepillos limitadores estén haciendo buen contacto superficial con el rodillo y así evitar derrames de semillas, realizada la fase anterior, se procede a dar movimiento de rotación en forma manual al rodillo y lograr que la estrella atrape la charola en sus cavidades y así sincronice el proceso de siembra. Esto es, lograr que la semilla sea depositada en el centro de las cavidades por cada línea de orificios del rodillo.

4.1.3 Elementos del equipo

Cuadro 4.1 Descripción de los elementos que constituyen el dosificador de semillas.

Clave	Descripción	Material	Num. de piezas	Observaciones
01	Estructura	PTR de 1 1/2" x 1 1/2" cedula 12 PTR de 3/4" x 3/4" cedula 14 Placa de 3/16"	1	
02	Tubo de vacío	Tubo de 42 mm de $\phi_{ext.}$ cedula 40	1	
03	Chumaceras de piso	ϕ_{int} de 60 mm. Autoajustables y con opresores	2	
04	Baleros	Rodamientos cilíndricos de ϕ_{int}	2	

		60 mm y ϕ_{ext} 95 mm, altura de 18 mm		
05	Candados o seguros	Seguros internos de 3 9/16"	4	
06	Tolva de semillas	Lamina galvanizada calibre 20	1	
07	Rodillo dosificador	Tubo PEAD RD-17	1	
08	Empaques laterales	Hule rojo de 1/8"	2	
09	Empaques transversales	Hule rojo de 1/8"	2	
10	Cepillos limitadores de semilla	Número de pieza AA32868, de la sembradora John Deere Max-Emerge	8	
11	Portacepillos	Número de pieza A51837, de la sembradora John Deere Max-Emerge	8	
12	Estrella sincronizadora	Celoron cartucho de 5 1/8"	2	
13	Ruedas		4	Comerciales con giro a 360° y provistas de freno
14	Aspiradora comercial	1 HP 110 V	1	
15	Vacuometro Digital	Manometer, Cat No. 3463, con un rango de $\pm 100 psi$	1	
16	Cople rápido neumático		1	
17	Niples	1/2" 1/4"	4 2	
18	Reductor de campana	3/4" a 1/2" 1/2" a 1/4"	2 2	
19	Reductor Bush	1/2" a 1/4"	1	
20	Válvulas de paso	1/2" 1/4"	1 1	
21	Conexiones en T	1/2" 1/4"	1 1	
22	Adaptador macho de PVC	3/4"	2	
23	Tuercas	1 5/8"-12 UNF	4	
24	Rondanas planas	1 1/2"	4	Fueron redimensionadas a 1 5/8" con el rectificador.
25	Tornillos, tuercas y rondanas planas	3/4" x 3 1/2" 1/2" x 1" 1/8" x 3/4"	4 2 16	

		1/8" x 1/2"	14	
26	Pijas	1/2"	8	

4.1.4 Modificaciones al diseño

Baleros: en la modificación realizada se tomó la decisión de comprar baleros de 60 mm ϕ_{int} , 95 mm ϕ_{ext} y con altura de 18 mm.

Rodillo dosificador: en el diseño original se proponía de Nylamid. A causa de que el Nylamid es mas costoso y se vende solo en longitudes de 24" (60.96 cm), esta longitud no era suficiente para la fabricación del rodillo, se optó por el tubo de polietileno de alta densidad, por ser de bajo costo. También la propuesta original requería de un solo diámetro en el exterior (99.95 mm), se decidió modificar los extremos del rodillo aumentando el espesor para obtener un mayor factor de seguridad.

Bastidor de la tolva de semillas: se realizaron cambios en la manera de sujetarse en la estructura. En los extremos del PTR de 3/4" se soldó una placa de 3/16" para poder afianzarse en los extremos del tubo de vacío con una tuerca y así tener un solo elemento con el rodillo dosificador, esto también facilita la rapidez en colocación de la tolva de semillas.

Tolva de semillas: se continuó con la propuesta original y solo fue redimensionada en su longitud ya que afectaba en las dimensiones de la estrella sincronizadora.

Estrellas sincronizadoras: estas se fabricaron de celorón, la propuesta original señalaba que fueran de Nylamid, estas se cambiaron debido a su alto costo, también se modificaron dimensiones en el espesor de la estrella y en el tamaño de los dientes. Con el diseño original, las bandejas eran dañadas porque la estrella propuesta tenía un área de contacto pequeña entre diente y la cavidad de la charola.

Tubo de vacío y soplado: se tomó la decisión de utilizar un tubo de 42 mm ϕ_{ext} cedula 40 y como consecuencia se eligió otro tipo de rosca (1 5/8" 12 -UNF).

Empaques transversales y laterales: Propuestos de vitrovínilo, se tomó la decisión de emplear hule rojo de 1/8" por ser de mas bajo costo.

Portacepillos: el diseño original propone de que sean fabricados con lámina galvanizada, se eligió de que fueran cambiados por unos comerciales ya que se facilita la sujeción con los cepillos y proporciona un buen sello entre los mismos.

También se tomo la decisión de colocarle ruedas, para facilitar el transporte; estas tienen un sistema de frenado para evitar movimiento en el proceso de siembra.

4.1.5 Costo del prototipo

La descripción de los costos de fabricación del dosificador de semillas hortícolas se detalla a continuación.

Cuadro 4.2 Costo desglosado del dosificador de semillas hortícolas.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>Costo del material (\$)</i>		<i>Total (\$)</i>
9.52 m	PTR de 1 1/2" X 1 1/2" C-12	275.00		275.00
3.174 m	PTR de 3/4" X 3/4" C- 14	38.617		38.617
30.5 Kg	Placa de 3/16"	11.00		335.50
1/2 pieza	Solera de 1/8 " X 3/4"	17.39		17.39
1.085 m	Tubo de vacío y soplado, tubo de 42 mm de ϕ_{ext}	25.20		25.20
2	Chumaceras de piso 60 mm ϕ_{int}	330.0		660.0
2	Baleros de rodamiento cilíndrico de 60 mm ϕ_{int} y 95 mm ϕ_{ext} y una altura de 18 mm	112.0		224.0
4	Candados o seguros del balero de 3 9/16"	22.0		88.0
1	Tolva de alimentación de semilla, lamina galvanizada calibre 20	280.0		280.0
0.9 m	Rodillo dosificador, tubo PEAD 4" RD 17	73.85		73.85
0.275 Kg	Empaques laterales y transversales, Hule rojo de 1/8"	43.795 Kg		12.04
8	Cepillos medidores de semilla, Numero de pieza AA32868	69.45		555.6
8	Portacepillos, numero de pieza A51837	46.57		372.56
1.4 Kg	Estrella sincronizadora. Cartucho de colorón	267.95 Kg		375.13
1	Aspiradora comercial	389.90		389.90

1	Vacuometro digital	479 dólares		5,067.0
4	Ruedas	49.90		199.60
1	Cople rápido neumático	52.00		52.00
4 de 1/2"	Niples	1.05		4.20
2 de 1/4"		3.63		7.26
2 de 3/4" a 1/2"	Reductor de campana	5.83		11.66
2 de 1/2" a 1/4"		8.10		16.20
1 de 1/2" a 1/4"	Reductor Bush	4.62		4.62
1 de 1/2"	Válvulas de paso	49.53		49.53
1 de 1/4"		38.06		38.06
1 de 1/2"	Conexiones en T	4.62		4.62
1 de 1/4"		7.00		7.00
2 de 3/4"	Adaptador macho de PVC	2.14		4.28
4	Tuercas de 1 5/8" 12-UNF	90		360.00
4	Rondanas planas De 1 1/2"	2.75		11.00
4 de 3/4" x 3 1/2"	Tornillos, con sus respectivas tuercas y rondanas planas			68.00
2 de 1/4" x 1"				2.00
16 de 1/8" x 3/4"				11.00
14 de 1/8" x 1/2"				7.00
8 de 1/2"	Pijas			0.80
			Subtotal	\$9,648.617

Costo de fabricación

	Cortes hechos con plasma	130		130.0
	Maquinado del rodillo dosificador	800.0		800.0
2	Maquinado del buje	350.0		700.0
2	Maquinado de la estrella	300		600.0
	Rosca del tubo de vacío	150.0		150.0
2 Kg	Soldadura E-6013 1/8	22.50		45.0
2	Seguetas	10.92		21.84
2	Lija de agua	5		10.0
	Pintura			200.00
			Total	\$12,305.457

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo al objetivo planteado, el proceso de construcción se llevo a cabo hasta donde se tenía planeado y basado en el diseño original.

1. La maquina obtenida es una sembradora de tipo semiautomática y puede ser operada por una sola persona. Primero se alimenta de una charola a la maquina y después se procede a girar el rodillo dosificador manualmente.
2. La máquina no es muy eficiente en el proceso de siembra, por que presenta pérdida de semilla en los cepillos limitadores, esto se debe en gran medida por el sitio de colocación de la tolva.
3. El diámetro de las celdas del rodillo dosificador de 4.365 mm permite la siembra de jitomate y chile principalmente, pero podría sembrar semillas con diámetros menores o iguales a las anteriores.
4. La presión de vacío máxima monitoreada fue de 8.3 pulgadas de agua (0.3 psi) mientras que la presión de vacío máxima requerida era de 0.2247 pulgadas de agua. Con esta presión de vacío se quedan adheridas las semillas al rodillo aun cuando esté por encima del valor requerido y no afecta en la liberación de semilla.
5. Tomando en cuenta la actual situación que prevalece en los sistemas de producción de plántulas, es factible la construcción del módulo de siembra ya que puede funcionar independiente de los demás procesos, cuando no se dispone de medios económicos o no es conveniente mecanizar por completo el proceso de siembra, esto es combinar las operaciones mecanizadas y manuales.
6. El prototipo del dosificador de semillas hortícola, se estimó con un costo de \$12,465.00 que puede considerarse como de bajo costo comparado con

una sembradora comercial como la Blackmore con un costo aproximado de US \$10,000

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que el rodillo dosificador se construya de un material metálico. Acero inoxidable el mas recomendable ya que en el proceso de taladrado y abocardado del rodillo no deja partículas o rebabas, que obstruyan el flujo de aire. Haciendo más fácil la liberación de las semillas en las cavidades de las charolas.
- La tolva de semillas debe ser cambiada y colocada en una parte lateral del rodillo especialmente donde, permita que la semilla sea adherida en las celdas del rodillo cuando ésta empiece a ascender. Con esto se logra que el cepillo limitador regrese el exceso de semillas a la tolva.
- En el proceso de montaje del tubo de vacío, dentro del rodillo es necesario colocar los empaques laterales en sus respectivas ranuras de la mejor manera para obtener un sello hermético.
- Existe la posibilidad de adaptar un motorreductor para que el proceso de siembra sea totalmente mecanizado, y el proceso de siembra no se realice en forma semiautomático.
- El desarrollo de esta primera etapa, es el primer paso para la construcción de la línea de siembra. Es necesario continuar con este proyecto y así alcanzar los objetivos finales.

VI. LITERATURA CITADA

1. Álvarez Lorenzo. J. A. 2003. Diseño conceptual de un dosificador de semillas hortícolas sembradas en charolas de Germinación. Tesis de licenciatura, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
2. Bringas Guedea L. (2004, febrero). Nuevas tendencias en el uso de sustratos. Revista productores de Hortalizas. Editorial Meister.
3. Biblioteca de la agricultura. 1998. Horticultura, cultivo en invernadero. Tomo III, 2ª edición, Idea Books, S. A.
4. Gaytán Ruelas J.G., R. Serwatowsky J., Gracia López C. 2004. Maquinaria para realizar la operación de siembra en charolas. Memorias del XIV congreso nacional de ingeniería agrícola. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
5. Gaytán Ruelas J.G., R. Serwatowsky J., Gracia López C. 2004. Sistema de maquinas para el proceso tecnológico de producción de plántulas en invernadero. Memorias del XIV congreso nacional de ingeniería agrícola. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
6. Leskovar Daniel. I. 2001. Producción y ecofisiología del trasplante hortícola. <http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort01/Curso.pdf> (Consultada el 30 de mayo de 2005).
7. L. Mott. Robert. 1995. Diseño de elementos de maquinas. 2^{da} edición. Prentice Hall, México.
8. Mayans Céspedes P, E.C Clavijo Cornejo, A.G. Díaz Jerónimo, R. León Calderón. 1998. Diseño y construcción de un dosificador neumático para la siembra en charolas de germinación. Memorias del VIII congreso nacional de ingeniería agrícola. Chapingo, Edo. de México.
9. México se mantiene como el décimo exportador a nivel mundial de alimentos, en especial de frutas y verduras. (2004, junio). Revista “Claridades agropecuarias”.
10. Popper L. (2004, junio). Tendencias del mercado de hortalizas en ambientes protegidos. Revista Tecnoagro. Editorial ELTO S.A de C.V
11. Recomendaciones Generales BallSeed para Producción de Plántulas. <http://www.faxsa.com.mx/semflor1/seaaa10.htm> (consultada el 14 de junio de 2005)
12. Rudiño. L. E. (2002, octubre). Perspectivas de Hortalizas. Revista Tecnoagro. Editorial ELTO S.A de C.V.

13. Ryszard Serwatowski J., Cabrera M. 1998. Análisis de las tendencias en el diseño de las sembradoras neumáticas para granos. Memorias del VIII congreso nacional de ingeniería agrícola. Chapingo. Edo de México.
14. Sembradora de vegetales Blackmore turbo. (2005, enero). Revista productores de Hortalizas. Editorial Meister.
15. Siller Cepeda. J. H. Retos para la exportación de productos agrícolas del siglo XXI. http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort03/Ponencia_10.pdf
(Consultada el 30 de mayo de 2005)
16. Siller Cepeda. J. H. Situación actual de la industria hortofrutícola en México. http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort03/Ponencia_04.pdf
(Consultada el 30 de mayo de 2005)
17. <http://www.sabsa.com.mx/productos/sembradoras/sembradoras/2.html> (consultada el 14 de junio de 2005)
18. <http://www.arnabatgroup.com/semitecnic/sembraplant.htm>
(Consultada el 14 de junio de 2005)
19. <http://www.backmoreco.com/turboneedle.html>
(Consultada el 15 de abril de 2005)
20. <http://www.conic-system.com/castella/home.htm>
(Consultada el 14 de junio de 2005)
21. <http://www.arnabatgroup.com/semitecnic/tambor.htm>
(Consultada el 14 de junio de 2005)
22. <http://www.arnabatgroup.com/semitecnic/inoxsv.htm>
(Consultada el 3 de diciembre de 2004)
23. <http://www.lapaloma.com.mx/estructura.php?tipo=celoron&a=productos/celoron.htm>
(consultada el 14 de junio de 2005)

VII. ANEXOS

ANÁLISIS PARA LA SUJECCIÓN Y LIBERACIÓN DE LAS SEMILLAS

El movimiento de rotación del rodillo dosificador hace que las semillas solo experimentan fuerza centrífuga y a la aceleración de la gravedad.

Según Álvarez (2003), la ecuación que expresa la fuerza de la semilla es:

$$F_{semilla} = (r\omega^2 + g)m \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- F_{semilla} = Fuerza de la semilla en N
- ω = velocidad del rodillo en rad/s
- r = Radio del rodillo al centro de la celda en m
- g = Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s²
- m = masa de la semilla en Kg.

Para el cálculo de las fuerzas en semillas de jitomate y chile se consideraron los siguientes datos:

Datos:

- ω = 19.95 rpm = 2.09 rad/s
- r = 0.0499 m
- m_{jitomate} = 2.567x10⁻⁶ N
- m_{chile} = 4.385x10⁻⁶ N

Las fuerzas para las semillas de jitomate y chile, fueron de: 2.572x10⁻⁵ N, 4.393x10⁻⁵ N.

El caudal de vacío requerido en la succión se basa en las condiciones de velocidad del rodillo y en el área total de las celdas.

El caudal de aire se calcula con la siguiente expresión:

$$Q = V_{rodillo} \times A_{total} \times r \times N^{\circ} \text{ de tolvas} \times F.S. \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

- V_{rodillo} = velocidad de giro del rodillo en rad/s
- A_{total} = área total del numero de celdas que pasan por la zona de succión.
- r = radio del rodillo
- N° de tolvas = número de tolvas requeridas
- F.S = factor de seguridad.

Datos:

$$V_{\text{rodillo}} = 2.09 \text{ rad/s}$$

$$\phi_{\text{celda}} = 1 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$A_{\text{celda}} = \frac{\pi}{4} (1 \times 10^{-3} \text{ m})^2 = 7.853 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$A_{\text{total}} = (7.853 \times 10^{-7} \text{ m}^2) (160) = 1.25648 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$N^{\circ} \text{ de tolvas} = 1$$

$$F.S = 3$$

En base a la expresión (2), el cálculo del caudal requerido toma un valor de $3.9352 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} = 0.141 \text{ m}^3/\text{h}$, con los datos antes mencionados. El valor de 160 es la cantidad de celdas que están sujetas a vacío.

La presión de vacío requerido se calcula con la siguiente expresión:

$$P_{\text{vacío}} = \frac{F}{Q} V \times 160 \text{ celdas} \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

F = Fuerza ejercida por la semilla

Q = caudal de succión en m^3/s

V = velocidad con que fluye el aire en m/s

V = 0.3133 m/s, previamente determinada por Álvarez (2003).

Para facilitar los cálculos se toma en cuenta que una pulgada de agua equivale a 249 Pa.

Semilla	F _{semilla}	Q	P _{vacío} (Pa)	P _{vacío} (plg. de agua)
Jitomate	$2.572 \times 10^{-5} \text{ N}$	$3.9352 \times 10^{-5} \text{ N}$	32.763	0.1315
Chile	$4.393 \times 10^{-5} \text{ N}$	$3.9352 \times 10^{-5} \text{ N}$	55.959	0.2247

