

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISION DE INGENIERIA

*Adaptación y evaluación de un dosificador mecánico, para
prototipo de sembradora de granos gruesos en surcos
estrechos y triple hilera.*

TESIS PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

PRESENTA:

LUIS MIGUEL ARIAS AVELAR

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2009



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE INGENIERÍA.

Adaptación y evaluación de un dosificador mecánico, para prototipo de sembradora de granos gruesos en surcos estrechos y triple hilera.

Por:

LUIS MIGUEL ARIAS AVELAR.

TESIS.

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

INGENIERO MECANICO AGRÍCOLA

Aprobada por el Comité de Tesis

Asesor principal

Ing. Juan Arredondo Valdez

Asesor

Dr. Esteban Salvador Osuna Ceja.

Asesor

M C. Marco A. Cortes Chamorro.

Asesor

Ing. Francisco Garibaldi Márquez

Coordinador de la División de Ingeniería

Dr. Raúl Rodríguez García

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Coordinación de
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre de 2009

Dedicatoria.

*El que quiere hacer algo
Encontrara un medio;
El que no encontrara
Una excusa.*

*El presente trabajo esta dedicado especialmente para mi madre,
Ya que con gran sacrificio y sin ayuda me dio estudios.*

*Ella es una muestra de que las mujeres son el sexo fuerte,
Gracias por no dejarte caer cuando creías que todo estaba
Perdido, gracias por darme la vida y enseñarme buenos
Valores, gracias por brindarme tu fortaleza y creer en mí.*

*Gracias, madre mía.
Isabel Avelar Cabrera.*

*La belleza no hace feliz
Al que la posee,
Sino a quien puede
Amarla y adorarla.*

Agradecimientos.

A mi primo.

El que me metió la idea de estudiar en la UAAAN.

A mi hermano.

A pesar de que no me vio crecer me apoyo todo este tiempo.

A mis compañeros de generación.

Por ser buenas personas y brindarme una amistad incondicional.

A mis profesores.

Por transmitirme conocimientos, y en especial para aquellos por los cuales creemos que nos hacen sufrir pero en realidad es una ayuda.

Para aquellos que nos inculcaron una disciplina de estudio y de trabajo, por formarnos como estudiantes y personas.

A mis primeros compañeros de trabajo.

Los cuales me brindaron una amistad plena y sincera, gracias por creer en mí y darme la oportunidad de trabajar a su lado.

INDICE GENERAL.

	Pág.
INDICE DE TABLAS.	vii
INDICE DE FIGURAS.	viii
RESUMEN.	x
I. INTRODUCCION.	1
1.1. Problemática en la diversidad en equipo de siembra.	1
1.2. Evaluación de sistemas de siembra en surcos estrechos y triple hilera.	2
1.3. Objetivos.	4
1.4. Hipótesis.	4
II. REVISION DE LITERATURA.	5
2.1. Importancia nacional de cultivos de granos (maíz y frijol).	5
2.1.1. Estados productores de maíz y frijol.	5
2.2. Importancia regional.	7
2.3. La influencia en el método de siembra en la producción.	8
2.4. Métodos de siembra.	9
2.4.1. Siembra en hilera.	9
2.4.2. Siembra cruzada.	9
2.4.3. Siembra en hileras estrechas.	10
2.4.4. Siembra en hileras anchas.	10
2.4.5. Siembra en franjas.	10
2.4.6. Siembra en granos individuales.	11
2.4.7. Siembra continúa.	11
2.4.8. Siembra a golpes formando cuadros.	12
2.4.9. Siembra al voleo.	12
2.4.10. Siembra a doble hilera y surcos angostos.	13
2.4.10.1. Densidad de siembra.	16
2.5. Tipos de sembradoras.	16
2.5.1. Sembradoras a voleo.	17
2.5.2. Sembradoras en línea.	18
2.5.3. Sembradoras a golpe y monograno (de precisión).	18
2.6. Sembradoras mecánicas.	20
2.6.1. Distribuidor de plato vertical.	20
2.6.2. Distribuidor de plato oblicuo.	21
2.6.3. Distribuidor de plato horizontal.	21
2.6.4. Distribuidor de correa.	22
2.6.5. Dosificadores para grano pequeño.	22
III. MATERIALES Y METODOS.	25
3.1. Consideraciones para el diseño.	25

3.1.1.	Dosificador tipo plato vertical.	27
3.1.2.	Dosificador de rodillo.	28
3.2.	Selección del tipo de dosificador.	28
3.2.1.	Principio de funcionamiento del dosificador.	28
3.3.	Diseño del dosificador seleccionado.	29
3.3.1.	Selección de componentes y materiales.	30
3.3.1.1.	Selección de las catarinas.	31
3.3.1.2.	Selección de rodamientos y chumaceras.	31
3.3.1.3.	Materiales.	33
3.4.	Evaluación del prototipo.	33
IV.	RESULTADOS.	35
4.1.	Fabricación.	35
4.1.1.	Fabricación del rodillo.	35
4.1.2.	Parte superior que cubre el dosificador.	36
4.1.3.	Cepillo.	38
4.1.4.	Parte inferior de la cubierta.	38
4.1.5.	Modificación y adaptación de una tolva de fertilizadora.	39
4.1.6.	Fabricación del chasis.	40
4.1.7.	Rueda motriz	42
4.2.	Evaluación.	42
4.3.	Distancia de siembra.	45
4.4.	Dosificación.	46
V.	CONCLUSIONES.	47
VI.	BIBLIOGRAFIA.	48
	ANEXOS.	50
	A Calculo de diseño y resistencia del dosificador.	51
	B Costo de materiales.	78
	C Combinación de engranes para distancia y dosis teórica de siembra.	80
	D Planos del dosificador y ensamble del prototipo de la sembradora.	84
	E Propiedades y características de materiales.	95

INDICE DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 2.1. Principales estados productores de frijol a nivel nacional en el periodo 1999-2007.	7
Tabla 3.1. Lista de materiales.	33
Tabla 4.1. Diámetro de maquinado.	35
Tabla 4.2. Cambio de engranes de la rueda motriz.	45
Tabla 4.3. Semilla dosificada.	46

INDICE DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 2.1. Principales estados productores de maíz a nivel nacional en el periodo 1999-2007.	6
Figura 2.2. Rendimiento de grano de maíz y frijol en el Altiplano semiárido del Norte-Centro de México. 1999-2007.	8
Figura 2.3. Métodos de siembra.	13
Figura 2.4. Método de siembra tradicional.	14
Figura 2.5. Siembra a doble hilera.	15
Figura 2.6. Camas de siembra.	15
Figura 2.7. Diagrama de sistemas dosificadores.	19
Figura 2.8. Distribuidor de plato vertical.	20
Figura 2.9. Distribuidor de plato oblicuo.	21
Figura 2.10. Distribuidor de plato horizontal.	21
Figura 2.11. Distribuidor de banda perforada.	22
Figura 2.12. Mecanismos distribuidores.	23
Figura 2.13. Metodología del diseño.	24
Figura 3.2. Arreglo de las camas de siembra.	26
Figura 3.3. Dosificador tipo plato vertical.	27
Figura 3.4. Dosificador de rodillo.	28
Figura 3.5. Diseño del dosificador seleccionado.	30
Figura 4.1. Dosificador diseñado.	35
Figura 4.2. División del dosificador para las perforaciones	36
Figura 4.3. Perforación de los orificios del cilindro dosificador.	36
Figura 4.4. Parte superior del dosificador.	37
Figura 4.5. Fabricación de la cubierta superior del dosificador.	37
Figura 4.6. Diseño del cepillo.	38
Figura 4.7. Cubierta inferior del dosificador.	39
Figura 4.8. Fabricación de la cubierta inferior.	39
Figura 4.9. Diseño de modificación de la tolva.	40
Figura 4.10. Modificación y fabricación de la tolva.	40
Figura 4.11. Diseño del chasis.	41
Figura 4.12. Ensamblado del chasis.	41

Figura 4.13. Ensamble general del prototipo.	42
Figura 4.14. Imagen proporcionada por INEGI-Google.	43
Figura 4.15. Sembradora montada en el cuadro de captación de Lluvias <i>in situ</i> .	43
Figura 4.16. Distancia entre semillas.	44

RESUMEN.

El equipo agrícola desempeña un papel fundamental hoy en día en la agricultura mexicana, siendo de gran importancia el método y el arreglo tipológico de las plantas para la siembra.

En México se siembra anualmente un promedio de 13.6 millones de hectáreas de granos, principalmente maíz y frijol. Dada la necesidad de disponer de un prototipo de sembradora para los cultivos de hilera de grano grueso y mejorar la eficiencia del método de siembra tradicional e incrementar la productividad de dichos cultivos. Métodos de siembra como la doble hilera (hilera apareadas con una separación de 18-20cm entre ellas y de 76-80cm entre el siguiente par) y la siembra de surcos estrechos que lo constituye el método conocido como de triple hilera cuyo distanciamiento entre surcos varía de 40 a 50cm y este se establece en camas de 1.52m. Ambos métodos buscan la eficiencia y el mejoramiento en el sistema tradicional de siembra e incrementar la producción de los cultivos de hilera.

Este método de siembra requiere acortar la distancia entre cuerpos lo cual en algunos casos no es posible, por ello fue planteado el trabajo, con el objetivo de diseñar y adaptar un dosificador mecánico para surcos estrechos y triple hilera, económico y óptimo en su funcionamiento. Dicha investigación se realizó en el INIFAP Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, durante el año 2009.

Para cumplir con el objetivo del trabajo, primero se realizó una revisión bibliográfica de los temas relacionados con la investigación que fundamentan el diseño; posteriormente se plantearon alternativas de solución y se seleccionó el diseño definitivo. Finalmente se realizaron los cálculos y planos de diseño detallado.

Los resultados obtenidos fueron el diseño de un dosificador mecánico tipo cilíndrico, analizado dinámicamente, tomando en cuenta los números de celdas, velocidad angular del dosificador, masa de la semilla y diámetro del cilindro dosificador. Con dicho modelo se logra una adaptación adecuada de un dosificador mecánico tipo cilíndrico; el desarrollo fue determinado para frijol y maíz.

El comportamiento del dosificador en campo, de acuerdo a la distancia promedio entre planta de 12.6cm existe una desviación estándar ± 0.597 cm con respecto a la distancia estimada.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. PROBLEMÁTICA EN DIVERSIDAD DE EQUIPO DE SIEMBRA.

El desarrollo de prototipos de implementos para la siembra en surcos estrechos y a doble hilera. Diseñar implementos, maquinas y equipos agrícolas sencillos, de bajo costo y fácil operación, que auxilien al agricultor del semiárido de escasos recursos en hacer más fácil y productiva su labor y reducir sustancialmente lo que los productores invierten en maquinaria cuando cambian sus sistemas convencionales por otros sistemas de siembra tal como el de surcos estrechos y triple hilera.

La falta de un sistema mecánico capaz de depositar tres y dos semillas en un solo cuerpo, exige desarrollar el diseño de un sistema dosificador que tenga la capacidad de siembra de grano en triple hilera. Este trabajo tiene como objetivo dar solución al problema, mediante el diseño de un dosificador mecánico, que tenga la capacidad de sembrar a triple hilera y que implica los parámetros de diseño necesarios.

Con base en esta información, identificando la necesidad y considerando las restricciones en las cuales se toman en cuenta los requerimientos técnicos del cultivo; se define el diseño, toando en cuenta las siguientes condiciones de trabajo real: la velocidad de trabajo de las sembradoras, la

velocidad angular del dosificador, la relación de transmisión, entre otros aspectos.

1.2. EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SIEMBRA EN SURCOS ESTRECHOS Y TRIPLE HILERA.

La siembra a triple hilera que permite aumentar la densidad de población del cultivo con respecto a la siembra convencional de los cultivos de hilera sencilla tiene la ventaja de hacer un uso mas intensivo de los insumos (agua, suelo y fertilizantes), ya que a pesar de tener mayor número de plantas, los insumos aplicados son los mismos que con la siembra a una hilera (CVTTS, 2004; Ramses 2006).

La ventaja de la triple hilera es que al haber mayor número de plantas por hectárea, se logra un incremento del rendimiento superior al 40%, en relación al que normalmente obtiene el productor en hilera sencilla en la misma superficie, sin elevar significativamente los costos de producción del cultivo. Esto es posible debido a que los costos de preparación del suelo y manejo del cultivo no varían, únicamente se incrementa el costo de la semilla, ya que se requiere el doble de semilla para sembrar la misma superficie de terreno. A mayor densidad en un mejor arreglo topológico se puede obtener mayor rendimiento en relación a la siembra a hilera sencilla. (INIFAP, 2006).

Un método de siembra en surcos estrechos lo constituye el sistema conocido como de triple hilera cuyo distanciamiento entre surcos varía de 40 a 50cm y este se establece en camas de 1.52m; a diferencia de este, en el sistema de doble hilera o hileras apareadas, las hileras dentro de cada par se separan a una corta distancia (generalmente a 18cm en el caso de cereales y 20cm en frijol y maíz) mientras que cada par se separa del siguiente a una distancia mayor (comúnmente 76- 80cm) (Barbieri et al., 2000).

Algunos resultados de investigación, reportan que la ventaja de éstos métodos de siembra es que al haber mayor número de plantas por hectárea, se logra un incremento en rendimiento que varía entre 10 y 40%, en relación al que normalmente obtiene el productor en hilera sencilla en la misma superficie, sin elevar significativamente los costos de producción del cultivo (Reta et al., 2002; CESL, 2004).

Es por eso que para realizar la siembra mecanizada, con el método de surcos estrechos y triple hilera, es necesario crear tecnologías adaptables al campo mexicano que sean económicas y de fácil construcción. El presente trabajo propone el diseño de un dosificador mecánico de cilindro en el cual pueden realizarse tres o más líneas de perforaciones, permitiendo la siembra de tres y dos hileras con un solo dosificador y

disminuir así los costos de construcción al utilizar una menor cantidad de materiales.

1.3. OBJETIVOS.

Objetivo general.

- Diseñar y adaptar un sistema dosificador mecánico de triple hilera para maíz y frijol.

Objetivos específicos.

- Evaluar bajo condiciones de campo la distancia de la semilla que es depositada de acuerdo al trabajo teórico realizado.

1.4. HIPÓTESIS.

Es posible diseñar y adaptar un sistema dosificador mecánico a triple hilera para maíz y frijol, que cumpla con datos técnicos de siembra; a partir de componentes existentes en el mercado nacional, algunos pueden ser reciclados y otros fabricados en talleres.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. IMPORTANCIA NACIONAL DE CULTIVOS DE MAÍZ Y FRIJOL.

El maíz y el frijol son la base de la alimentación del pueblo mexicano, se cultivan prácticamente en todos los estados de la República, bajo un mosaico de formas y sistemas de producción con diferentes grados de tecnificación; entre otras cosas, se utiliza una amplia variedad de semillas mejoradas y criollas en ambos cultivos observándose una gran variación en el rendimiento (Acosta, 2006; Guevara et al., 2005).

La producción de grano se desarrolla predominantemente en el ciclo Primavera-Verano, bajo la modalidad de temporal; sin embargo, también se pueden encontrar zonas de riego y humedad residual en el ciclo de otoño-invierno.

2.1.1. ESTADOS PRODUCTORES DE MAÍZ Y FRIJOL.

Los principales estados productores de grano de maíz y frijol son: en maíz, Jalisco (ciclo P-V) y Sinaloa (ciclo O-I) y en frijol, Zacatecas y, Durango (ciclo P-V) y Sinaloa (ciclo O-I). Destaca la existencia de una gran variabilidad de la producción en las diferentes entidades productoras de maíz y frijol, consecuencia de la variabilidad espacial y temporal como

resultado de las diferencias en el manejo y la adaptabilidad a las condiciones productivas de cada estado.

Estados productores Maiz

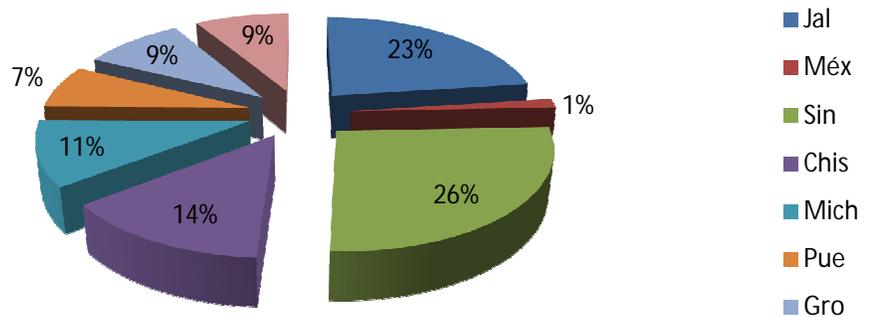


Figura 2.1. Principales estados productores de maíz a nivel nacional en el período 1999-2007.
Fuente: SIAP-SAGARPA, 2007

La cosecha de frijol, depende de manera predominante de los volúmenes que se obtienen en la superficie de temporal y cubren aproximadamente tres cuartas partes del total de la oferta nacional de este producto. La principal limitante en la producción, la constituye sin duda la escasa disponibilidad de agua, fenómeno que se agudiza en regiones con bajo régimen pluvial como Zacatecas, Durango y Chihuahua, cuyos volúmenes anuales fluctúan entre 400 y 450 mm.

Tabla 2.1. Principales estados productores de frijol a nivel nacional en el período 1999-2007

Año	Zac.	Dgo.	Chih	SLP	Sin	Nay	Chis	Ver
1999	197946	86554	85785	21867	263605	82717	77936	25473
2000	265023	95022	28154	19389	104936	59547	72953	21119
2001	304080	111694	83687	27453	85540	62626	71293	24680
2002	543235	153588	52526	70612	240635	83586	77493	31586
2003	452127	184044	47814	67264	208311	48507	73595	25014
2004	364184	176982	34054	72316	80846	54013	86854	20426
2005	175523	65235	47301	47951	135774	51571	74166	21203
2006	424179	199403	81092	60017	180200	76064	77266	21943
2007	237127	109432	62184	39585	139787	68458	76369	20250
Media	329269	131328	58066	47383	159959	65232	76436	23521

1 Las cifras representan miles de toneladas. Fuente: SIAP-SAGARPA, 2007.

2.2. IMPORTANCIA REGIONAL.

En el Altiplano semiárido del norte centro de México, la producción de granos básicos (maíz y frijol) es una actividad de importancia social y de impacto económico, ya que en ella participa un alto porcentaje de la población económicamente activa, generando una parte de los alimentos que se consumen regionalmente.

La región del Altiplano semiárido del norte centro de México lo componen los estados de Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas; cuenta con una superficie de 66,020,437 has., de las cuales 4,275,110.55 millones de ha (6.5 % de la superficie total), se destinan a las actividades agrícolas. De esta superficie, 88% se siembra bajo condiciones de temporal y el resto se cultiva en condiciones de riego.

Dentro de los cultivos básicos (maíz, frijol y trigo) que se siembran en la región del Altiplano semiárido, destaca el maíz con una superficie de 1,336,703.5 ha con un rendimiento promedio de 1.78 t ha⁻¹ y el frijol con una superficie de 1,012,770.3 ha con un rendimiento promedio de 0.55 t ha⁻¹ ambos cultivos están por debajo de la media nacional (2.5 t ha⁻¹ en maíz y 0.65 para frijol respectivamente).

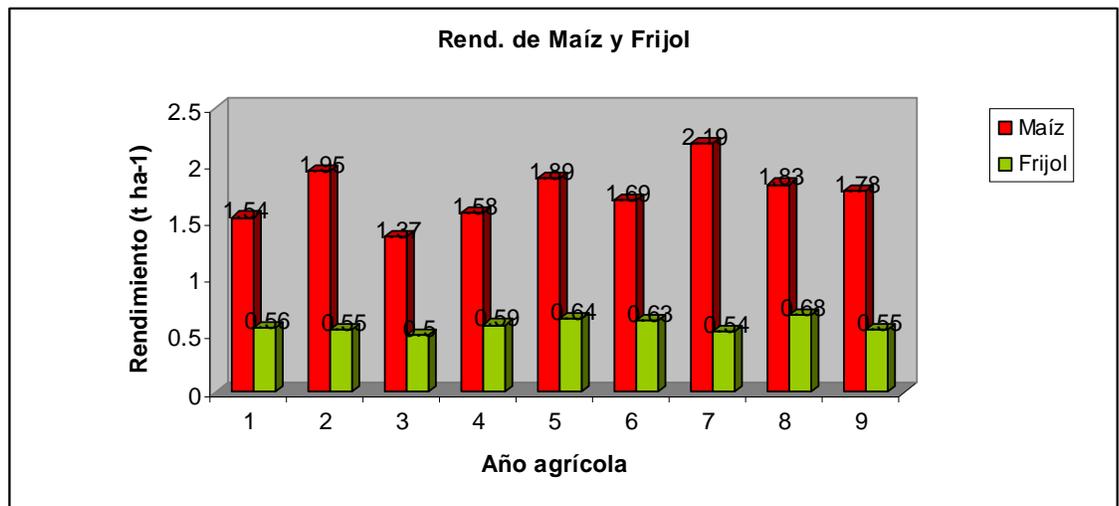


Figura 2.2. Rendimiento de grano de maíz y frijol en el Altiplano semiárido del Norte-Centro de México. 1999-2007.

Fuente: CESL

2.3. LA INFLUENCIA DEL MÉTODO DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN.

En los últimos años se ha investigado acerca de los sistemas de siembra que se utilizan, con el fin de determinar aquel que garantice mayor rendimiento, cuidando el arreglo topológico.

2.4.MÉTODOS DE SIEMBRA.

El método de siembra, es la distribución uniforme de la semilla para obtener el máximo rendimiento posible con el mínimo gasto en labores de cultivo. La distribución de la semilla en el campo es de gran importancia debido a que de ella depende directamente el rendimiento final en cosecha. La distribución de la semilla en campo está gobernada por dos factores: espaciamiento entre hileras y espaciamiento entre semillas. Como menciona Ortiz - Cañavate, J. 1989, los siguientes métodos de siembra.

2.4.1. SIEMBRA EN HILERA.

La siembra en hilera de granos, cultivos vegetales y otras plantas se hace en surcos con idénticos espacios entre hileras que varían entre 12 y 15 cm, con un promedio de 1,5 a 2 cm de espacio entre semillas en la hilera. Las plantas están agrupadas en la hilera, mientras que los espacios entre hileras permanecen inutilizados.

2.4.2. SIEMBRA CRUZADA.

La siembra en cruz se hace pasando la sembradora en dos direcciones mutuamente perpendiculares. Este tipo mejora la uniformidad de la distribución de la semilla sobre el campo. Este método de siembra es utilizado para la siembra de granos, vegetales y cultivos comerciales. El

espaciamiento entre hileras es igual que el de la siembra en hileras y la distancia entre semillas se mantiene entre 3 y 4 cm.

2.4.3. SIEMBRA EN HILERAS ESTRECHAS.

La siembra en hileras angostas en contraste con la siembra en hileras, consta de un pequeño espaciamiento entre hileras que varía entre 5 y 8 cm. Para esta siembra la forma del área de nutrientes es cercana a un cuadrado, lo cual aumenta el rendimiento.

Este método es también utilizado para la siembra de granos, vegetales y cultivos comerciales.

2.4.4. SIEMBRA EN HILERAS ANCHAS.

Este método de siembra es utilizado para desarrollo de cultivos en hileras y para plantas de tubérculos, bulbos y semilleros. Dependiendo del tipo de cultivo, el suelo y condiciones climáticas, así como de técnicas y factores económicos, el espaciamiento entre hileras es de 30 a 110 cm. Para este espaciamiento entre plantas es posible el trabajo mecanizado entre hileras.

2.4.5. SIEMBRA EN FRANJAS.

La siembra en franjas es una variante de la siembra en hilera ancha. En este método se siembran varias hileras cercanas una del otro (15 cm). Esas hileras forman una franja. El espaciamiento entre estas franjas de

varias hileras es más grande (45 cm) que el espacio entre hileras individuales; por tanto, durante la labranza los implementos trabajan sin hacer daños a las plantas en las hileras.

2.4.6. SIEMBRA DE GRANOS INDIVIDUALES.

La siembra de granos individuales es utilizada para la siembra de remolacha. Aquí, las semillas están distribuidas en la hilera a intervalos iguales una de otra, esto impide amontonamientos y agrupamientos, y reduce la cantidad de semillas usadas por lo que se disminuye el gasto involucrado en el cultivo de las plantas.

2.4.7. SIEMBRA CONTINUA.

La siembra de caída en montoncitos difiere de la siembra en hilera ancha, en este método las semillas no son sembradas de manera individual, sino en grupos que a la vez están separados por una cierta distancia. El método es usado para sembrar maíz, girasol, algodón, papa, vegetales y otros cultivos.

2.4.8. SIEMBRA A GOLPES FORMANDO CUADROS.

Este método de siembra para tubérculos provee de un área de alimentación para las plantas. La rectangularidad de las hileras en la dos direcciones perpendiculares una de la otro, facilita la mecanización del laboreo del suelo entre hilera y en ambas direcciones; esto reduce enormemente la labor del cultivo de la plantas, entonces pueden ser mecanizadas grandes extensiones sin grandes esfuerzos.

2.4.9. SIEMBRA AL VOLEO.

Este método de siembra es usado para sembrar semillas en una franja de 90 cm de ancho o más; Esto ayuda para propagar de manera uniforme en el campo las semillas. La plantación en surcos está bastante generalizada en regiones semiáridas, ya que las semillas están en la zona más húmeda y las plantas quedan protegidas del viento.

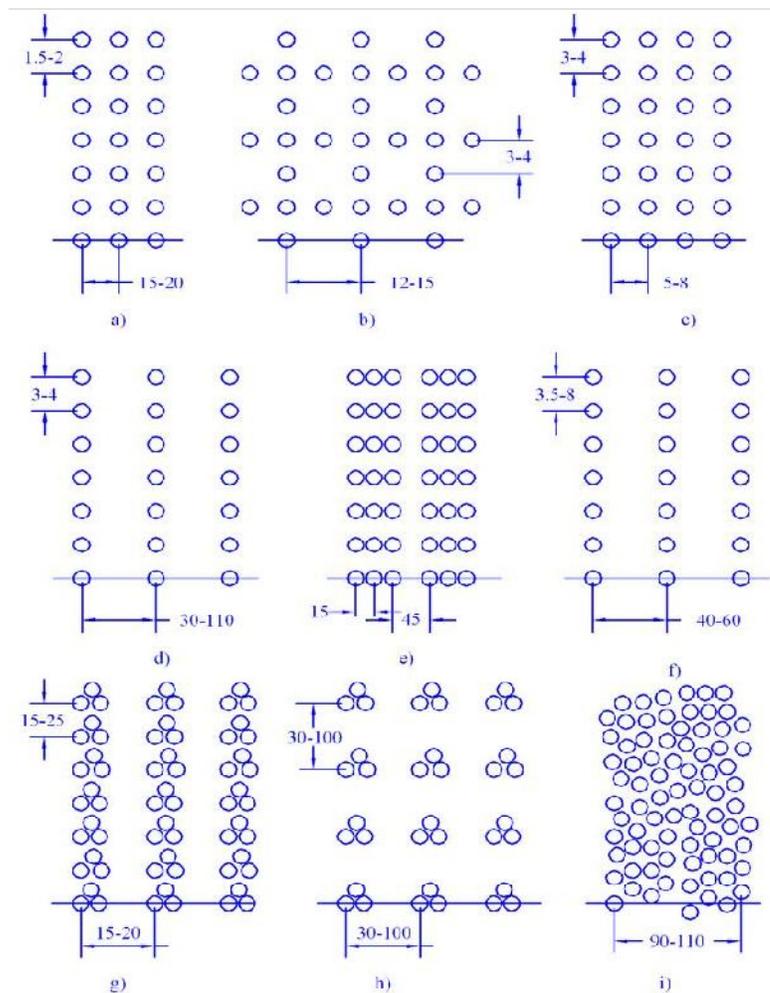


Figura 2.3 Métodos de siembra: a) en hileras; b) cruzada; c) hileras estrechas; d) hileras anchas; e) franjas; f) granos individuales; g) caída en montoncitos; h) a golpe formando cuadros; i) al voleo. Fuente: Ramírez, M. 1993.

2.4.10. SIEMBRA A DOBLE HILERA Y SURCOS ANGOSTOS.

El sistema de producción de doble hilera y surcos angostos se basa en lograr el mejor aprovechamiento de los espacios físicos del suelo con la finalidad de que las plantas tengan una menor competencia por el óptimo aprovechamiento del agua, luz y los nutrientes, así como menor efecto alelopático (INIFAP, 2006).

Los productores de la región del Altiplano semiárido realizan siembras de frijol y maíz en surcos de 76 y 80 cm. el uso de este método de siembra no permite evaluar correctamente el rendimiento de las nuevas variedades o genotipos de frijol y maíz con hábitos de crecimiento e índices de área foliar diferente a las tradicionales (más tardías).

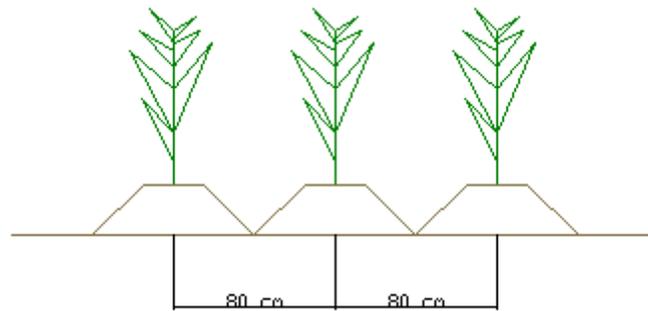


Figura 2.4. Método de siembra tradicional (Hernández, 2005)

Disminuir la distancia entre surcos o aumentar la densidad de plantas permiten aumentar el rendimiento de grano de frijol y maíz (CVTTS, 2004; CESL, 2004).

El método permite incrementar la densidad de plantas por hectárea, manejando poblaciones de 100 mil plantas o más pero brindándoles una mejor distribución en el terreno. La distancia entre surcos podemos variarla

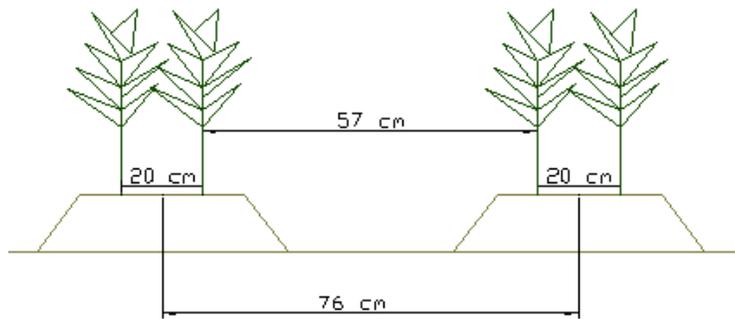


Figura 2.5. Siembra a doble hilera en surcos de 76 cm
Separación entre planta 20 cm.
(Hernández, 2005).

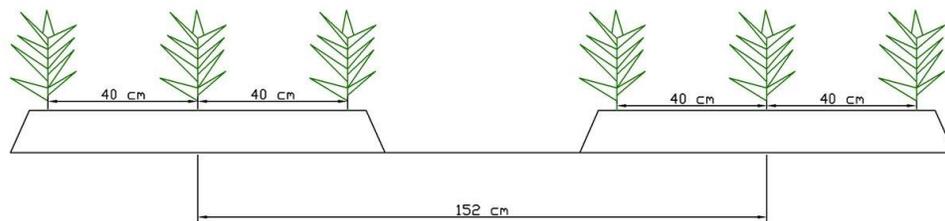


Figura 2.6. Camas de siembra de 152cm con
Separación entre plantas de 40 cm
(Reta *et al.*, 2007).

Los métodos de siembra a doble hilera y triple (Figura, 2.6), representan una opción para resolver en parte la problemática en la producción de los cultivos de temporal, ya que tienen la ventaja de hacer un uso intensivo de los insumos (agua, suelo y fertilizantes) destinados al cultivo, a pesar de tener mayor número de plantas, los insumos aplicados son los mismos que con la siembra a una hilera.

2.4.10.1. DENSIDAD DE SIEMBRA.

A diferencia de la siembra tradicional a una hilera, con la cual se utilizan de 40 a 45 kilogramos de semilla por hectárea, con los métodos a doble y triple hilera se utilizan de 70 a 80 kg de semilla por hectárea de frijol tipo flor de mayo o pinto saltillo o de maíz tamaño mediano. La sembradora debe calibrarse para que deposite 10 semillas por metro lineal en el caso de frijol y 3 o 4 semillas de maíz en cada hilera; es decir, en un metro se tendrán 20 y 30 plantas de frijol y 6 y 9 de maíz en las dos y tres hileras. Esta tecnología se derivó de varios trabajos de investigación del INIFAP que demostraron que aumentando la densidad y modificando el método de siembra se incrementa el rendimiento que varía entre 10 y 40%, en relación al que normalmente obtiene el productor en hilera sencilla en la misma superficie, de tal manera que se ha recomendado cerrar los surcos hasta 40 cm; sin embargo, no es posible cerrarlos más, ya que impide dar labores de cultivo (CESL, 2004).

2.5. TIPOS DE SEMBRADORAS.

Las máquinas sembradoras tienen como misión colocar en el terreno, sobre toda la superficie o bien en líneas equidistantes, las más diversas clases de semillas, sin dañarlas y a una profundidad uniforme.

Las sembradoras se pueden clasificar según el sistema de siembra requerido:

- A voleo: Distribución al azar de las semillas sobre toda la superficie del terreno.
- En líneas o a chorrillo: Colocación aleatoria de las semillas en un surco, cubriéndolas, para dar líneas definitivas.
- A golpes y monograno: Colocación de grupos de semillas a distancias definidas, en líneas.
- Monograno: Colocación precisa de semillas individuales a distancias definidas, en línea.

2.5.1. SEMBRADORAS A VOLEO.

Consiste en depositar uniformemente las semillas sobre toda la superficie a sembrar y una vez depositada enterrarla con gradas de púas, rulos, etc. Estas sembradoras suelen ser de construcción muy simple, distinguiéndose dos tipos:

- Centrífugas.
- Descarga libre.

2.5.2. SEMBRADORAS EN LÍNEA.

Con las sembradoras en línea o de chorrillo se consigue depositar de forma continua sobre cada línea de siembra una determinada cantidad de grano.

Las operaciones que realizan estas máquinas, son:

- Abrir el surco.
- Dosificar y depositar la semilla en el surco realizado.
- Enterrar el grano.
- Comprimir el suelo alrededor de la semilla.

2.5.3. SEMBRADORAS A GOLPES Y MONOGRANO (DE PRECISIÓN).

La siembra a golpes consiste en colocar una determinada cantidad de grano sobre cada línea de siembra, de forma intermitente y de tal forma que los granos queden separados entre sí a una distancia constante.

Esta siembra permite:

- Ahorro de semillas a aplicar.
- Exactitud en la superficie unitaria de las plantas para una productividad óptima.
- Mayor facilidad para realizar labores de cultivo mecanizadas.
- Disminución de las faenas de escarda y aclareo.

- Siembra a distancia definitiva.
- Óptimas condiciones para la recolección.

En este tipo de maquinaria, un elemento esencial es el mecanismo distribuidor, concebido para que suelte las semillas individualmente, una tras otra, con intervalos regulares.

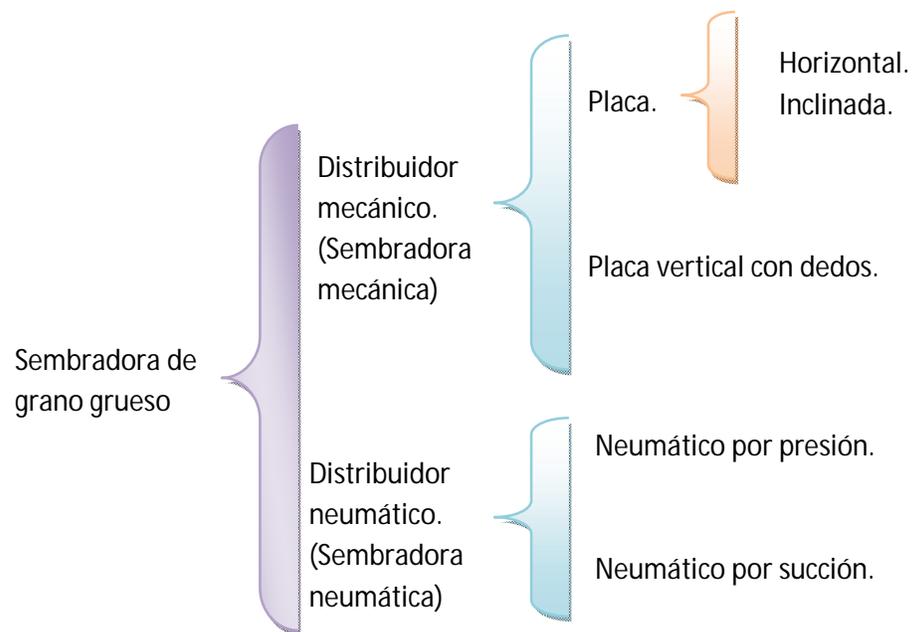


Figura 2.7, Diagrama de sistemas dosificadores.

Fuente. Ortiz - Cañavate, J. 1989.

La clasificación de las sembradoras mono grano puede realizarse según el principio de funcionamiento en mecánicas y neumáticas (Ortiz-Cañavate 1989), las cuales utilizan distintos sistemas dosificadores.

2.6. SEMBRADORAS MECÁNICAS.

La mayoría de las sembradoras monograno es de tipo mecánico. Existen cuatro variantes.

- Distribuidor de plato vertical.
- Distribuidor de plato oblicuo.
- Distribuidor de plato horizontal.
- Distribuidor de correa.

2.6.1. DISTRIBUIDOR DE PLATO VERTICAL.

El órgano de distribución es un disco de cierto espesor cuya superficie lateral está agujereada con alvéolos de dimensiones adaptadas a las características de las semillas.

Los alvéolos se encuentran divididos en dos mitades por una ranura circular continua practicada en el borde del plato, para la colocación de un sistema de expulsión del grano.

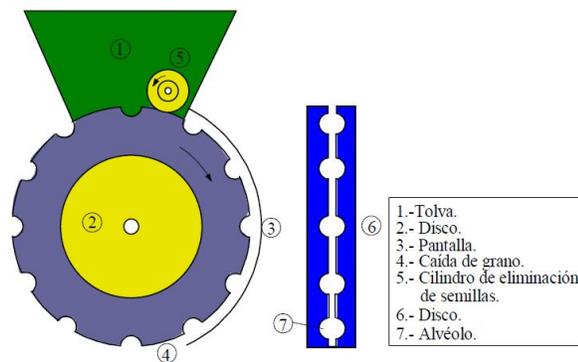


Figura 2.8. Distribuidor de plato vertical
Fuente: Ortiz - Cañavate, J. 1989.

2.6.2. DISTRIBUIDOR DE PLATO OBLICUO.

El disco distribuidor va aplicado contra una pared separada del resto de la tolva por una superficie plana paralela a ella. El arrastre de las semillas se efectúa por dientes, o por alvéolos tallados en la periferia del disco, dimensionados de forma que sólo puedan arrastrar un grano.

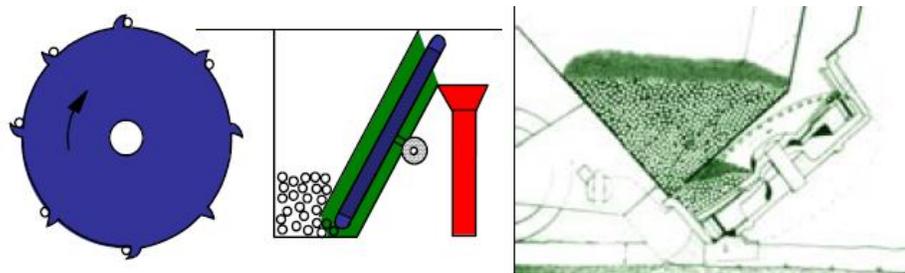


Figura 2.9. Distribuidor mecánico de plato oblicuo.

Fuente: Ortiz - Cañavate, J. 1989.

2.6.3. DISTRIBUIDOR DE PLATO HORIZONTAL.

Son las más extendidas, usan un principio análogo al anteriormente expuesto. Un plato horizontal fijo a un eje vertical que le transmite el movimiento, gira en el fondo de la tolva de semilla.

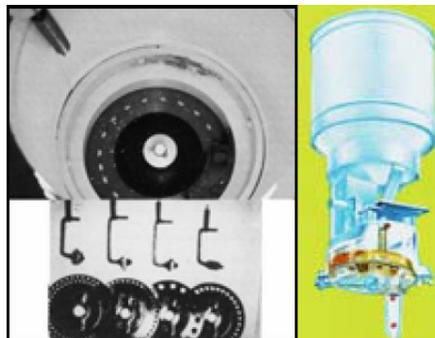


Figura 2.10. Distribuidor de plato horizontal.

Fuente: Ortiz - Cañavate, J. 1989.

2.6.4. DISTRIBUIDOR DE CORREA.

La semilla entra en la cámara de siembra a través de un orificio, procedente de la tolva. La correa se mueve en sentido contrario del avance de la maquina, con el objeto de que la velocidad relativa de la semilla con respecto al suelo sea prácticamente nula. El rodillo de enrase empuja hacia atrás la semilla sobrante, de modo que solamente hay una semilla en cada orificio. La semilla de descarga detrás del rodillo de enrase.

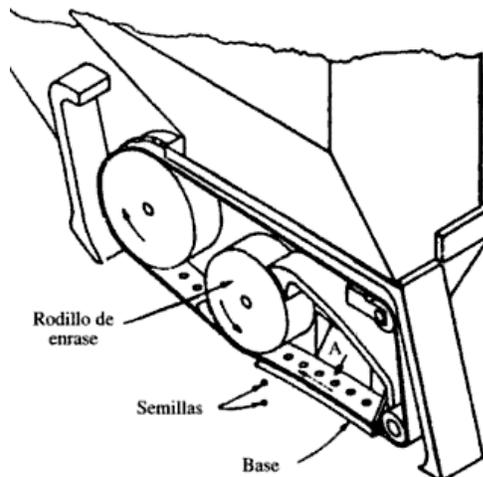


Figura 2.11. Distribuidor de banda perforada.

Fuente: Ortiz - Cañavate, J. 1989.

2.6.5. DOSIFICADORES PARA GRANO PEQUEÑO.

- Cilindro acanalado.
- Cilindros dentados.

Sembradoras con distribuidor de cilindro acanalado, pertenecen a las máquinas llamadas de distribución forzada. En ellas los elementos de

distribución son cilindros con acanaladuras rectas o helicoidales que giran, solidarios a un eje transversal, en el interior de pequeñas cajas fijadas en el fondo de la tolva, denominadas cámaras de distribución.

Sembradoras con distribuidor de cilindros dentados, la disposición de los órganos de distribución es semejante al tipo anterior. No obstante, el cilindro distribuidor es diferente, ya que en lugar de acanaladuras lleva dientes dispuestos a tresbolillo y además, cada cilindro dentado está colocado fijo en el eje, es decir, no tiene desplazamiento en sentido axial.

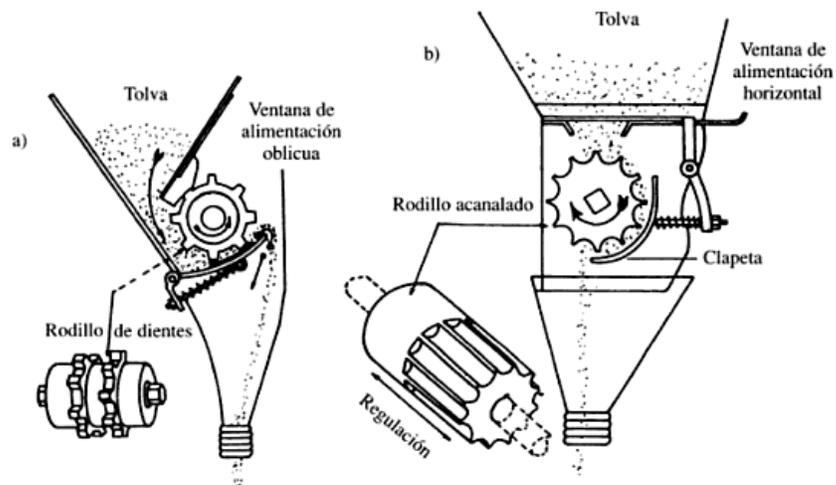


Figura 2.12. Mecanismos distribuidores a) de rueda dentada; b) de rodillo acanalado.

Fuente: Ortiz - Cañavate, J. 1989.

(Joseph Edward Shigley y Charles R. Mischke), muestran una serie de procesos para realizar un diseño, vamos a tomar parte de su metodología para consideraciones y ordenamiento de ideas.

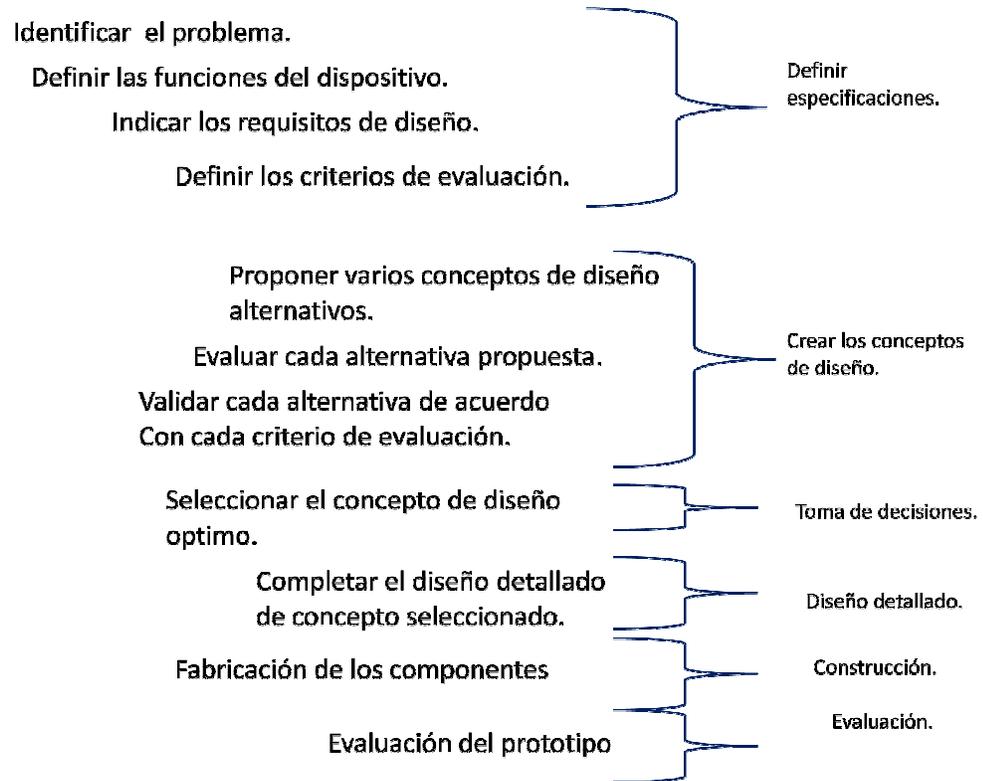


Figura 2.13. Metodología del diseño.

Fuente: Shigley - Mischke 1990.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO.

El dosificador debe ser funcional, económico y de fácil ensamble, debe cumplir con los requerimientos agro-técnicos del cultivo y con el sistema de siembra seleccionado, alcanzando el nivel de succión óptimo para retener la semilla y eficiente para depositar la semilla a triple hilera.

Las características funcionales del dosificador mecánico a triple y doble hilera son:

- Retener una semilla o grupos en cada orificio del cilindro dosificador.
- Depositar la semilla en los tubos de descarga.
- Mantener la semilla en los orificios del cilindro aun con la vibración del equipo.
- Depositar la cantidad correcta de semilla.

Ya que las semillas de granos de frijol y maíz difieren en sus características físicas y mecánicas se requiere que el dosificador sea capaz de trabajar eficientemente con semillas de distintas dimensiones, además de ser fabricado con materiales de bajo costo respetando las normas de fabricación establecidas, de fácil operación y accesibilidad para cambiar el cilindro dosificador para variar el tipo de semilla.

Con los métodos a triple hilera se utilizan de 70 a 80 kg de semilla por hectárea.

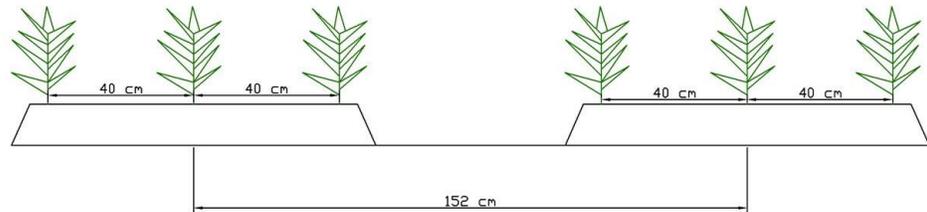


Figura 3.1. Arreglo de las camas de siembra.

La sembradora debe calibrarse para que deposite 10 semillas por metro lineal en el caso de frijol y 3 o 4 semillas de maíz en cada hilera; es decir, en un metro se tendrán 20 y 30 plantas de frijol y 6 y 9 de maíz en las dos y tres hileras (CESL, 2004).

Lo cual determina que el dosificador debe tener la capacidad de siembra dentro de un rango de 90 000 sem/ha – 180 000 sem/ha, contemplando arreglos topológicos.

El sistema de dosificación debe ser capaz de cumplir con los requerimientos del cultivo, garantizar que la siembra sea uniforme depositando la semilla en cada descarga y alcanzando la densidad de población deseada en el cultivo.

3.1.1. DOSIFICADOR TIPO PLATO VERTICAL.

La figura 3.3 muestra que mediante una transmisión mecánica (1) se produce el movimiento a los platos verticales (5), capaz de alojar la semilla en los orificios, el cepillo (4) se encarga de eliminar las semillas que se alojan en exceso, dejando solamente una. Las semillas se encuentran en la tolva (3), las chumaceras se van a encargar de sostener el eje de transmisión (8).

El punto de caída de la semilla (6) generalmente es el punto máximo donde la semilla podrá quedarse en el plato, de ser lo mas usual es, que la semilla tendera a caer mucho antes sin la necesidad de llegar hasta este punto, colocando la semilla hacia los tubos de descarga (7) por medio de la gravedad.

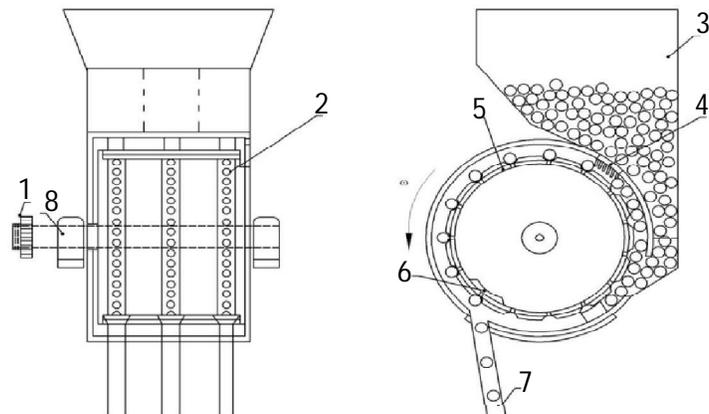


Figura 3.2. Dosificador tipo plato vertical. 1) Engrane, 2) Orificios, 3) Tolva, 4) Cepillo, 5) plato dosificador, 6) Punto máximo de descarga, 7) Tubo de descarga, 8) Chumaceras

3.1.2. DOSIFICADOR DE RODILLO.

El principio de funcionamiento de rodillo es básicamente una variante de plato vertical, la diferencia consiste en que un solo cuerpo hace la dosificación evitando tener varios platos verticales, una compuerta (3) se encarga de cambiar el sistema a doble.

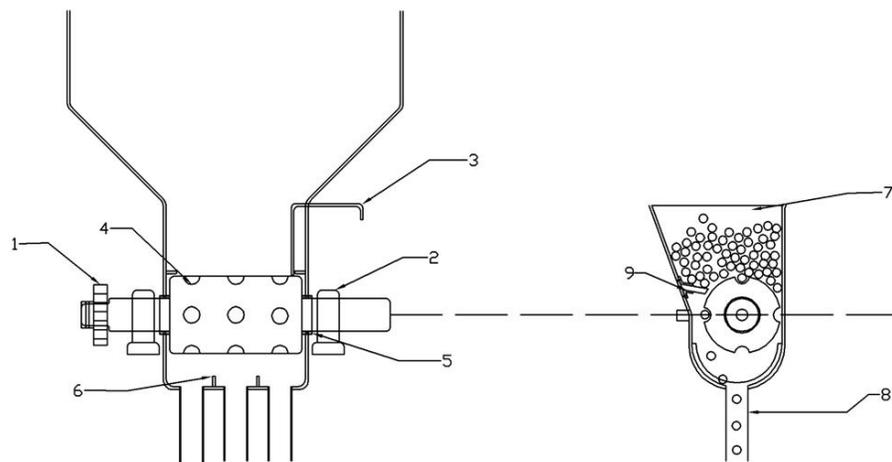


Figura 3.3. Dosificador de rodillo. 1) Engrane, 2) Chumacera, 3) Compuerta, 4) Rodillo dosificador, 5) Baleros, 6) Separador, 7) Tolva, 8) Tubos de descarga, 9) Cepillo.

3.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE DOSIFICADOR.

Analizando las alternativas anteriores y basándose en las restricciones consideradas para el diseño y tomando como característica principal la economía del diseño. Se selecciona la alternativa del rodillo dosificador, ya que cumple con las características de diseño necesarias.

3.2.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL DOSIFICADOR.

Mediante la acción de una rueda motriz se transmite el movimiento al engrane (1), que hace girar el rodillo dosificador (4), el cual está sujeto a

unas chumaceras (2); mediante un cepillo (9) se quita el exceso de semilla dejando solamente una o ya sean dos. Cuando la semilla pasa el cepillo cae por gravedad hacia los tubos de descarga (8), unos separadores (6) se van a encargar de que la semilla no caiga en otro orificio.

Cuando se requiera sembrar a doble hilera la compuerta (3) tapa una hilera evitando que la semilla pase por el orificio.

3.3.DISEÑO DEL DOSIFICADOR SELECCIONADO.

Para el diseño del dosificador mecánico se especifican las partes que lo componen y se hace referencia al principio de funcionamiento mencionado en el apartado 3.6.1.

Componentes.

- 1) Engranés.
- 2) Chumaceras.
- 3) Compuerta.
- 4) Rodillo (Nylamid).
- 5) Rodamientos.
- 6) Separadores, Tapa inferior.
- 7) Tapa superior.
- 8) Tubos de descarga.
- 9) Cepillo.

10) Tolva.

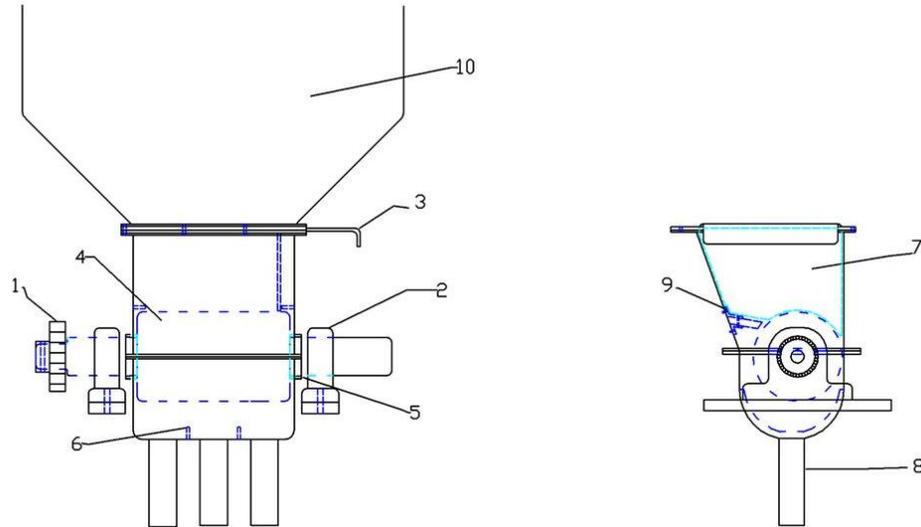


Figura 3.4. Diseño del dosificador seleccionado.

La característica del dosificador, que es accionado directamente de la rueda motriz, es importante calcular las fuerzas que actúan en el rodillo dosificador ejercidas por la cadena, diámetro mínimo del rodillo considerando las características del material, aparte de este cálculo se va a considerar la relación de transmisión y distancia entre semilla (ANEXO A).

3.3.1. SELECCIÓN DE COMPONENTES Y MATERIALES.

Par seleccionar los componentes faltantes se utilizan catálogos, utilizando los criterios de diseño para establecer las especificaciones de los componentes que ya estan fabricados.

3.3.2. SELECCIÓN DE LAS CATARINAS Y CADENAS.

Para la selección de las catarinas se utiliza el catálogos, concluimos que debido a que son de uso agrícola podemos adquirirlas en cualquier distribuidor de implementos agrícolas. Por lo anterior podemos utilizar cualquier tipo de catarinas, optando por las más económicas; seleccionándolas con un diámetro interno de 19.5 mm. En este caso vamos a utilizar unas que están sin uso al igual que la cadena, con el fin de reutilizar el material.

3.3.3. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS Y CHUMACERAS.

Para la selección de los rodamientos se utiliza el catálogo general SKF (ANEXO E) que se encuentra en la página de internet. Para el proceso de selección se requieren los datos que a continuación se enlistan:

1. La función y construcción del equipo.
2. Ubicación de montaje del rodamiento.
3. Carga en el rodamiento (dirección y magnitud).
4. Velocidad de giro.
5. Vibración y cargas de impacto.
6. Temperatura de operación del rodamiento.
7. Ambiente (corrosión, limpieza del ambiente, etc.).
8. Método de lubricación.
9. Seleccionar lubricante.

El proceso de selección se realiza mediante el *cálculo de la vida útil*, ésta es dependiente del rodamiento en particular, esto lo convierte en un cálculo iterativo en el cual se escoge un rodamiento y se comprueba su vida útil, si el resultado es satisfactorio, la selección ha terminado, pero si la vida es menor o mayor de lo recomendado debe escogerse otro rodamiento y re calcular la vida. La página de internet de SKF nos da la facilidad de calcular y seleccionar el material de acuerdo a los datos mencionados anteriormente.

El ANEXO E muestra la recomendación para la vida útil que deberá tener un rodamiento para las aplicaciones que se detallan, este es el punto de partida.

Al realizar los cálculos para la selección, tomando diferentes tipos de rodamientos de diámetro interno de 24.5 mm, de manera iterativa, los resultados muestran que las horas de servicio sobrepasan un valor de 10000 L10h, por lo anterior, se concluye que el resultado de la vida útil para los rodamientos seleccionados sobrepasan las especificaciones necesarias consideradas en la tabla (ANEXO E). Por lo que podemos seleccionar cualquier rodamiento que cumpla con el diámetro interno especificado, seleccionando al de menor costo. Seleccionamos rodamientos rígidos de bolas, de una hilera. (ANEXO E)

3.3.4. MATERIALES.

Tabla 3.1. Lista de materiales.

Cantidad	U.M.	Material	Especificaciones
1	Pza.	Lamina acero	3 x 10 C. 16
1	barra	Angulo	1 x 1 x 3/16
1	barra	Solera	3/4" espesor
1	Pza.	Nylamid "M"	3 1/2" X 14"
2	Pza.	Chumaera	Ø interior 1/2"
2	pza	Rodamientos	Ø interior 1/2"
2	kg	Electrodos	E-6011
1	lt	Pintura	verde
1	lt	Pintura	naranja
40	Pza.	Tornillos con su tuerca	3/4", 1/2", (varios espesores).
1	Pza.	Piedra para esmeril	
1	Pza.	Disco para c. metal	Ø 7"
2	lt	Thiner	
2	pza	Lija	Para metal, gruesa, delgada.
4	m	Manguera blanca	Ø 1 1/4"

U.M = Unidad de Medidad, Pza. = Pieza, Ø = diametro.

3.4. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

Esta se realizo en parcelas demostrativas de 70 x 80 m con camas de 1.52m y una separación entre líneas de 0.40m, a una velocidad entre 5 y 6km/h, montada a un chasis de captación de lluvia *in situ* (uso del aqueel), ya que el diseño del chasis de la sembradora se realizó para montarse en varios cuadros.

Determinamos de forma física la distancia entre semilla acorde a lo propuesto teóricamente en la relación de engranes de 16 y 6 en la rueda motriz y el dosificador respectivamente. Únicamente medimos la distancia lineal entre plantas, en base a eso determinamos teóricamente la población por ha.

Hacemos una medición de 20 semillas en línea para observar si existe mucha variación entre estas, las sembradoras mecánicas no son de mucha precisión.

De las muestras obtenidas sacamos una media posteriormente sacamos la desviación estándar para observar la varianza que existe entre la media obtenía.

IV. Resultados.

4.1. FABRICACIÓN.

La fabricación de cada una de las piezas y componentes del dosificador se hacen de acuerdo a los diseños (anexo A) y con los materiales seleccionados (tabla 3.2) .

4.1.1. FABRICACIÓN DEL RODILLO.

El material que se utilizó es una barra redonda de nylamid “M” utilizado especialmente para engranes, y con gran aceptación para la industria de los alimentos, su diametro original es de 3 ½” ,facil de maquinar. Para mayor informacion en dimensiones ver el anexo D.

Acorde a los diámetros de diseño calculados, el diseño del dosificador es el siguiente.

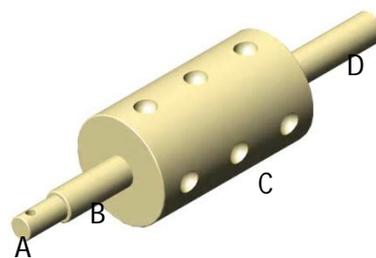


Figura 4.1. Rodillo diseñado.

Tabla 4.1. Diámetros de diseño.

Diámetro de maquinado (cm).			
A	B	C	D
1.95	2.54	8.89	2.54

Los orificios del dosificador son de \varnothing 3.81cm y de profundidad de 1.8cm, con una separación de 5 cm partiendo del centro del rodillo hacia las orillas, con tres perforaciones en línea; en total son 4 hileras dividiendo la circunferencia del rodillo en 4 partes (figura 4.2), las perforaciones están basadas en la tabla (anexo E), nos muestra las dimensiones de la semilla de maíz.

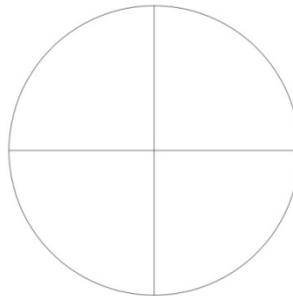


Figura 4.2. División del dosificador para las perforaciones

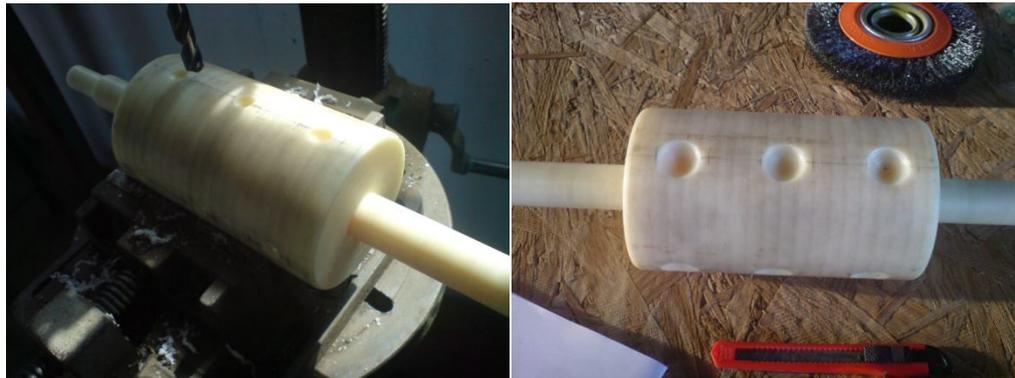


Figura 4.3. Perforación de los orificios del cilindro dosificador.

4.1.2. PARTE SUPERIOR QUE CUBRE EL DOSIFICADOR.

Para la fabricación de estas piezas se va a utilizar lámina de acero C.16, ya que es la lámina que se utiliza con regularidad en tolvas, con el espesor

que tenemos no es necesario hacer cálculos de resistencia que el calibre es confiable, ver anexo D para especificaciones detalladas para la fabricación.

Construcción de la cubierta o carcasa del rodillo.

Parte superior.



Figura 4.4. Parte superior del dosificador.

La fabricación de la parte superior de la cubierta del dosificador se diseñó en base a las dimensiones del rodillo de manera que le diera forma de embudo.



Figura 4.5. Fabricación de la cubierta superior del dosificador.

4.1.3. CEPILLO.

Este se va a encargar de quitar el exceso de semilla que se aloje en cada orificio, haciendo que solo pase uno o máximo dos.

Este cepillo esta diseñado con dos tapas metálicas por arriba y abajo hechas con lámina de C.16, en la parte de en medio (azul) es una goma de caucho y esta sujeta por unos tornillos de 3mm de diámetro

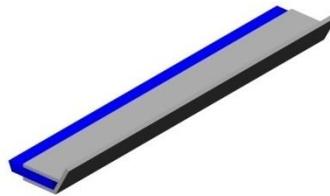


Figura 4.6. Diseño del cepillo

4.1.4. PARTE INFERIOR DE LA CUBIERTA.

Esta pieza se hizo por partes, las tapas de las orillas, posteriormente se rola, de acuerdo a la forma que tienen las tapas la parte de en medio, los tubos de descarga son del mismo material rolados y soldados, los separadores están hechos da la forma de la carcasa evitando que tengan roce con el rodillo dosificador, al final se unen con electrodos todos los componentes junto con unas bisagras en la parte posterior para que se puedan sujetar a la tapa superior y pueda ser desmontada fácilmente para un posterior ajuste.



Figura 4.7. Cubierta inferior del dosificador.

Fabricación de la cubierta inferior.



Figura 4.8. Fabricación de la cubierta inferior.

4.1.5. MODIFICACIÓN Y ADAPTACIÓN DE UNA TOLVA DE FERTILIZADORA.

Se tuvo que adaptar ya que la tolva tiene una forma diferente, la parte que esta en forma de cono se modificó. Esa parte fue cortada y se le soldaron unas placas, como lo muestra la figura 4.8.

No consideramos el cálculo para deslizamiento de la semilla, ya que la modificación que se le hizo tiene un ángulo 45° y eso es suficiente para que la semilla se deslice con facilidad.

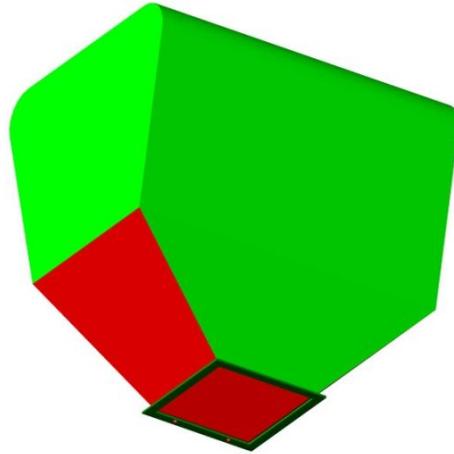


Figura 4.9. Diseño de modificación de la tolva.

Se cortaron los extremos de la tolva, para que se adaptara a las dimensiones del dosificador y darle forma cónica.



Figura 4.10. Modificación y fabricación de la tolva.

La máxima capacidad de la tolva es de 75kg.

4.1.6. FABRICACIÓN DEL CHASIS.

La selección del material para hacer el chasis del prototipo es ángulo de 1x1x 3/16”.

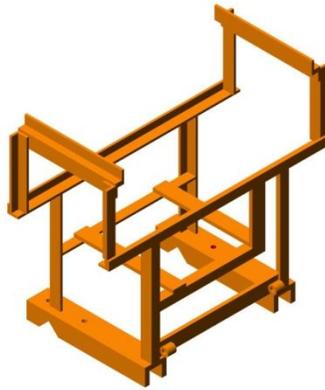


Figura 4.11. Diseño del chasis.

Este diseño se puede acoplar fácilmente a algunos cuadros, también se le va a montar la rueda motriz.



Figura 4.12. Ensamblado del chasis.

4.1.7. RUEDA MOTRIZ.

Esta rueda ya estaba en existencia lo único que se hizo fue montarla en el chasis de la sembradora.

Una vez que las piezas están fabricadas, montamos cada una de ellas para armar el prototipo.



Figura 4.13. Ensamble general del prototipo.

4.2. EVALUACION.

La evaluación se llevo acabo en el Sitio Experimental Sandoval es un rancho propiedad del INIFAP, en el Municipio de el Llano, Ags. A 4.6km de la comunidad, con una latitud $21^{\circ}54'9.2''$, longitud $102^{\circ}05'51.1''$ y una altura de 2045 msnm. Con una precipitación pluvial anual de 450mm y una temperatura máxima, media, mínima de $25.2C^{\circ}$, $16.2C^{\circ}$, $7.2C^{\circ}$ respectivamente, estos terrenos son manejados bajo condiciones de temporal. (Servicio Meteorológico Nacional ,2007)

Ubicación satelital



Figura 4.14, Imagen proporcionada por INEGI-Google.

Quando se montó la sembradora en el chasis quedó perfectamente, no presento ningún problema de desajuste.



Figura 4.15. Sembradora montada en el cuadro de captación de lluvias *in situ* (aqueel).

a) Calibración.

La distancia deseada entre semillas, considerando el perímetro de la rueda motriz y el número de celdas del rodillo dosificador se logro con el arreglo de engranes de 16 y 6 en rueda motriz y dosificador respectivamente.

b) Distancia entre semilla.

De las 20 semillas que se midieron (anexo E), comparamos la distancia de la tabla 4.2 para saber la variación que existe entre estas, la desviación estándar nos dice que existe una variación $\pm 0.597\text{cm}$ con respecto a la distancia media de 12.6cm . La distancia calculada teóricamente es similar a la distancia media real



Figura 4.16. Distancia entre semilla (frijol).

c) Separación entre hileras

En la separación entre surcos no existió ningún problema ya que el ajuste se hace directo en la separación de los cinceles.

d) Trabajo de la rueda motriz.

La rueda motriz requirió un poco más de peso para que diera la tracción necesaria ya que algunas veces se presentó el problema de patinaje, con respecto a lo demás no hubo ningún problema.

Los objetivos y la hipótesis se cumplieron sin ningún problema.

4.3. DISTANCIA DE SIEMBRA.

Tabla 4.2. Cambio de engranes en la rueda motriz

Velocidad de trabajo	E. cilindro dientes	E. motriz dientes	velocidad del rodillo (rpm)	Distancia (m)
5-6 km/h	6	8	82.173	0.1957
		10	102.717	0.1701
		12	123.260	0.1520
		14	143.803	0.1383
		16	164.347	0.1276
		18	184.890	0.1189
		20	205.433	0.1116
		22	225.977	0.1055

Estos datos de velocidad del rodillo y distancia entre planta están diseñados para trabajar de acuerdo a la velocidad mencionada en la tabla.

4.4.DOSIFICACIÓN.

Tabla 4.3. Dosificación teórica del frijol.

Velocidad de trabajo	E. cilindro dientes	E. motriz dientes	sem/m ²	kg/ha
5-6 km/h	6	8	15	34
		10	17	39
		12	19	44
		14	21	48
		16	23	53
		18	25	56
		20	26	60
		22	28	64

La densidad de siembra puede variar dependiendo la germinación de cada semilla y variables naturales, estos datos solo indican un aproximado teórico de la población.

V. CONCLUSIONES.

Se desarrolló el diseño de un dosificador mecánico para la siembra de grano en triple hilera, este diseño resulta económico y de fácil construcción.

Se generó el prototipo, con lo que se logró un diseño y adaptación de un dosificador mecánico tipo rodillo, el cual se puede ajustar a cualquier tamaño y diferente número o tamaño de orificios; el desarrollo fue determinado para frijol.

Existe una desviación estándar $\pm 0.597\text{cm}$ con respecto a la distancia media real de 12.6cm . Esto demuestra que los cálculos realizados fueron correctos y que el juego de engranes de 16 dientes utilizados en la rueda motriz y de 6 dientes en el dosificador fueron los adecuados para que la distancia a la que fue depositada la semilla coincidiera con la estimada.

Se puede utilizar las tablas de dosificación calculadas teóricamente, ya que no hay mucha variación entre la estimada y la real.

VI. BIBLIOGRAFIA.

BARRAGÁN, S. RAMOS, O. VILLALOBOS, G. LLAMAS, S. ORTEGA, C. GARIBAY, J. 2006. Diseño mecánico de un prototipo de sembradora de maíz. Revista chilena de ingeniería, mayo-agosto, vol. 14. Numero 002, Arica, Chile. Pp 130-134.

BARBIERI, P.A.; SAINZ-ROZA, H.R.; ANDRADE, F.H. AND ECHEVERRÍA, H.E. 2000. Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. Agron. J. 92:283-288.

BEER, F. y JOHNSTON E. R.. 1993. Mecánica de Materiales. Colombia: McGRAW-HILL, 3ª edición.

Campo Experimental San Luís, 2004. El cultivo de frijol de riego a doble hilera en el Altiplano Potosino. Catalogo de Productos y Servicios. CESL-CIRNE INIFAP.

DÍAZ, A. 1991. Diseño de un sistema dosificador de semillas y su adaptación a una máquina sembradora de hortalizas. Tesis profesional del departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola. Chapingo, México.

GARCIA, G, R. 2008. Diseño de un dosificador neumático para siembra de grano a doble hilera. Tesis profesional del departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola. Chapingo. México.

GARE, J. TIMOSHENKO, S. 1997. Mecánica de materiales. Cuarta Edición. Internacional Thomson Editores.

MOTT, R. L. 1995. Diseño de Elementos de Máquinas. México: Prentice Hill Hispanoamericana S.A. 2ª ed.

NORTON, R. 1999. Diseño de Máquinas. México: Prentice-Hall.

ORTÍZ-CAÑAVATE, J. 1989. Las máquinas agrícolas y su aplicación. 3ª ed. Edición Mundi-Prensa. Madrit. España. 492 p: ilustraciones.

OSUNA, C.E.S., J.S. PADILLA, R. Y F. ESQUIVEL, V. 2000. Desarrollo de sistemas de producción sostenible para uso y conservación de suelo y agua en las zonas áridas y semiáridas del norte-centro de México. Cuaderno de trabajo. SIHGO-CONACyT. 45p.

RAMÍREZ. M. 1993. Diseño de un dosificador para una sembradora unitaria. Tesis profesional del Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola. Chapingo, México.

RAMSES MEZA P. 2006. Resultado de maíz en doble hilera en el valle de Culiacán. Fundación PRODUCE Sinaloa. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa A. C. (CVTTS).

SHIGLEY, J. y MISCHKE, C.. 1991. Diseño en Ingeniería Mecánica. México: McGRAW-HILL.

SAGAR, 2000. Situación actual y perspectiva de la producción de frijol en México 1990-2000. CEA-SAGAR, México. 52p.

URESTI G.J. 2000. Modelo para simular la producción potencial del maíz y frijol, y la tasa de erosión del suelo en la zona tropical de México. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 251p.

VENTURA, R.E.Jr. 2002. Transferencia de tecnología de captación "in situ" del agua de lluvia para la producción de cultivos en la zona semiárida de Qro. Resumen de Investigación. Universidad Autónoma de Querétaro. 1p.

Paginas web consultadas.

INIFAP, 2006. El Cultivo de Frijol de Riego a Doble Hilera en el Altiplano Potosino. Campo Experimental: Campo San Luis. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Disponible en:

http://www.oeidrusportal.gob.mx/oeidrus_slp/modulos/tecnologiasdesc.php?id=106

SIAP-SAGARPA. 2007. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>

http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&lang=es&newlink=1_7_1

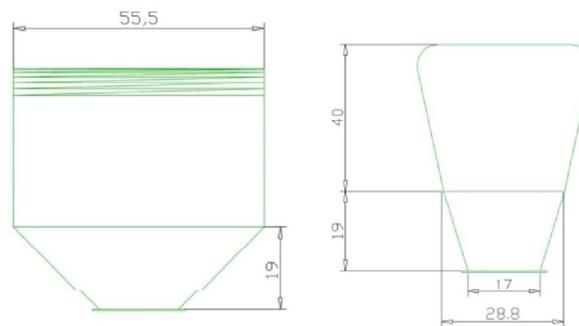
ANEXOS

A

Calculo del diseño y resistencia del
dosificador.

CALCULO DE LA CAPACIDAD TOTAL DE LA TOLVA.

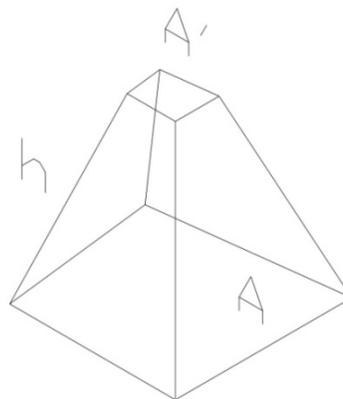
Ya que la tolva que se va a utilizar es parte de una tolva de fertilizadora, modificando su estructura para acondicionar al dosificador adquiere una forma diferente, las dimensiones están en cm.



Características de la tolva.

Observamos que las piezas son simétricas, así que con estas vistas bastara para calcular su volumen.

La forma y dimensiones que posee la tolva se asemejan a la forma que tiene la pirámide tunca.



Con la siguiente formula calculamos su volumen.

$$V = \frac{h}{3}(A + A' + \sqrt{A * A'}) \quad (1)$$

Se divide la tolva para calcular el área por secciones.

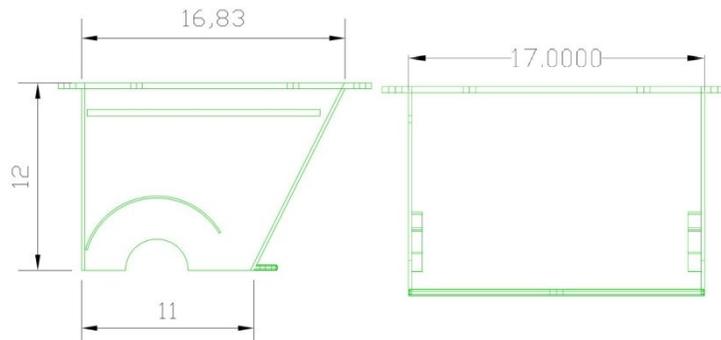
Volumen de la parte superior.

$$V_1 = 76028.432 \text{ cm}^3$$

Volumen de la parte inferior.

$$V_2 = 16258.046 \text{ cm}^3$$

Encontramos una tercera parte, que es la cubierta superior del rodillo dosificador. Aunque no vamos a ocupar todo el espacio ya que parte de el, va a ocupar el rodillo, vamos a calcular el volumen en su totalidad.



Características de la tapa superior.

$$V_3 = 2778.506 \text{ cm}^3$$

Haciendo una sumatoria del total de volumen obtenido, sacamos la máxima capacidad de la tolva.

$$V_t = 95064.982 \text{ cm}^3$$

Se hace una relación de cantidad de semilla, peso y volumen como se muestra en la siguiente figura.



Cantidad de semillas por su peso.

Obtenemos que:

En frijol.

En 500ml tenemos 350.7gr. Y son 1023 semillas

Con estos datos y el volumen total obtenido se saca la capacidad en kilogramos para el frijol

Capacidad: 66kg.

Semillas: 194502.952

En maíz.

En 200 ml tenemos 160gr. y son 644 semillas.

Siguiendo el procedimiento obtenemos:

Capacidad: 76.051 kg.

Semillas: 306109.239

DISEÑO DEL EJE DOSIFICADOR.

Utilizamos la mayor capacidad en kg para trabajar, con la masa total y la gravedad determinamos la fuerza en newton, esa es la fuerza que actúa en el dosificador en contacto con los granos. Estos valores se utilizarán para el diseño de los diámetros mínimos que deberá tener el dosificador para evitar fallas.

En este caso tomamos la capacidad de 75kg.

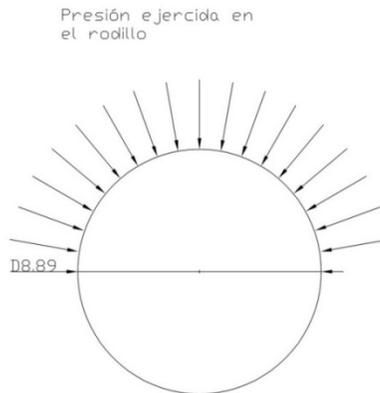
Fuerza aplicada directamente.

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = m * g \tag{2}$$

$$F = 735.75 \text{ N.}$$

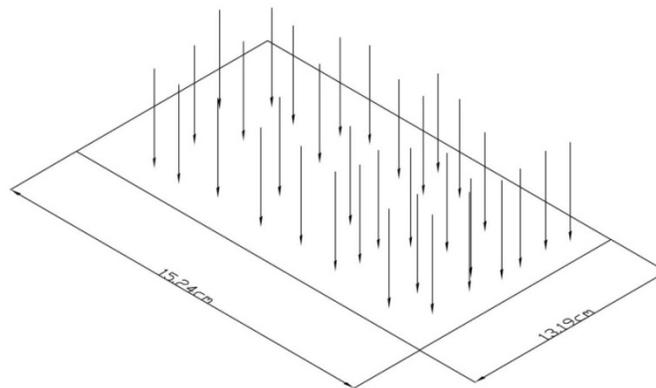
Suponemos que el dosificador esta sujeto a presión por parte de la semilla. Necesitamos romper la presión para poder dar movimiento al dosificador.



Con la siguiente formula podemos calcular el la longitud que esta expuesta a dicha presión por parte de la semilla.

$$l = \frac{\pi D}{2} \quad (3)$$

$$l = 13.96.$$

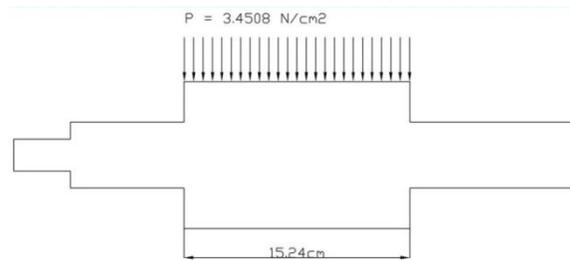


Área del rodillo que esta en contacto con la semilla.

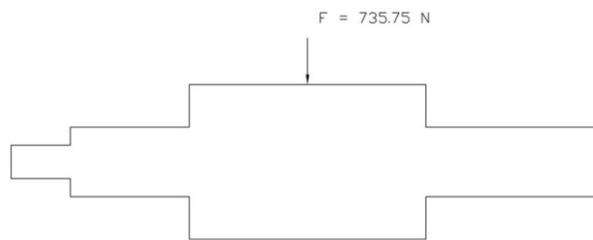
Tenemos que:

$$P = F/A \quad (4)$$

De acuerdo a lo mostrado con anterioridad tenemos la siguiente representación grafica.



Necesitamos concentrar la fuerza en un solo punto para descomponer la fuerza en vectores y determinar la fuerza que se opone al movimiento.



Vista frontal del dosificador.

CÁLCULO DE FUERZAS QUE SE OPONEN AL MOVIMIENTO.

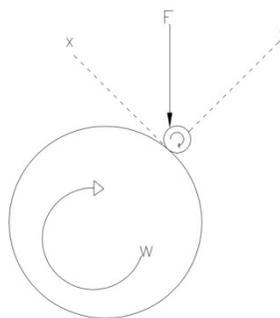


Diagrama esquemático vista lateral del dosificador.

Vamos a utilizar una relación en triángulo de 5, 4, 3 para poder analizar y descomponer fuerzas en los planos x, y.

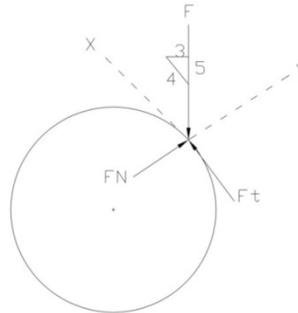


Diagrama de cuerpo libre.

Suponemos el análisis de esta forma y con esta relación para poder tomar como referencia y comenzar a descomponer en vectores la fuerza que conocemos.

Calculamos las fuerzas descomponiéndolas en los planos x, y

Haciendo sumatoria de fuerzas en X, Y.

La fuerza que conocemos es:

$$F = 735.75N$$

$$\sum F_x = 0$$

$$-4/5(F) + Ft$$

$$Ft = 588.6N$$

$$\sum Fy = 0$$

$$-\frac{3}{5}(F) + FN$$

$$FN = 441.45N$$

Los coeficientes de fricción estática y cinética no se están considerando ya que no obtuvimos dicha información, el anexo E nos muestra la fricción entre el nylamid y el hierro, algunas especificaciones del material nos indica que casi no posee mucha fricción ya que la superficie que tiene se asemeja a la del teflón.

Alguna literatura muestra un coeficiente de fricción estático de 0.4 entre frijol y madera.

Solamente vamos a calcular la oposición al movimiento por medio de la presión ejercida por la semilla.

Obtenidas las fuerzas que se oponen al movimiento del dosificador

$$Ft = 588.6N. \tag{5}$$

Determinación del torque necesario para dar movimiento al dosificador.

$$d = 0.04445 \text{ m.}$$

$$T = F * d \tag{6}$$

$$T = 26.163 \text{ N.m}$$

CÁLCULO DE FUERZAS DE REACCIÓN.

Con la fuerza requerida para dar movimiento y la fuerza de carga, determinamos fuerzas en los puntos de apoyo B, D.

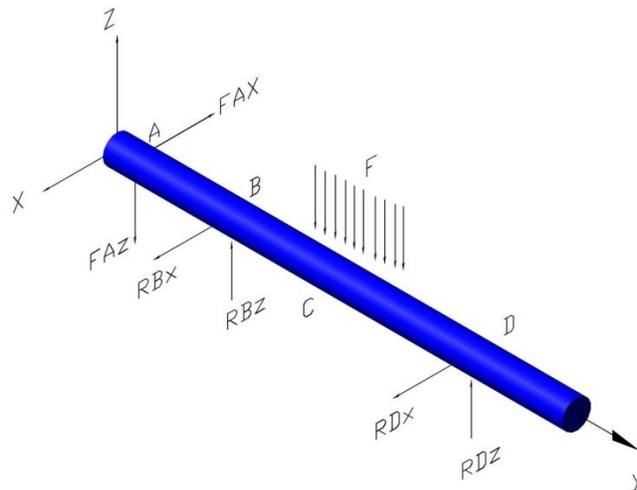


Diagrama de fuerzas en los puntos de apoyo. En B y D

Para determinar F_{Ax} y F_{Az} .

$$F_{Ax} = 4/5(Ft).$$

$$F_{Az} = 3/5 (Ft).$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

$$-470.88 + RBx + RDx = 0$$

$$\sum F_z = 0$$

$$-353.16 + RB_z + RD_x - 735.75 = 0$$

Tenemos varias incógnitas, hacemos suma de momentos en x y z para despejar.

$$\sum MD_x = 0$$

$$-470.88(0.304) + RB_x(0.2524) = 0$$

Despejando obtenemos.

$$RB_x = 567.14 \text{ N}$$

$$RD_x = -96.26 \text{ N}$$

Hacemos suma de momentos en z.

$$\sum MD_z = 0$$

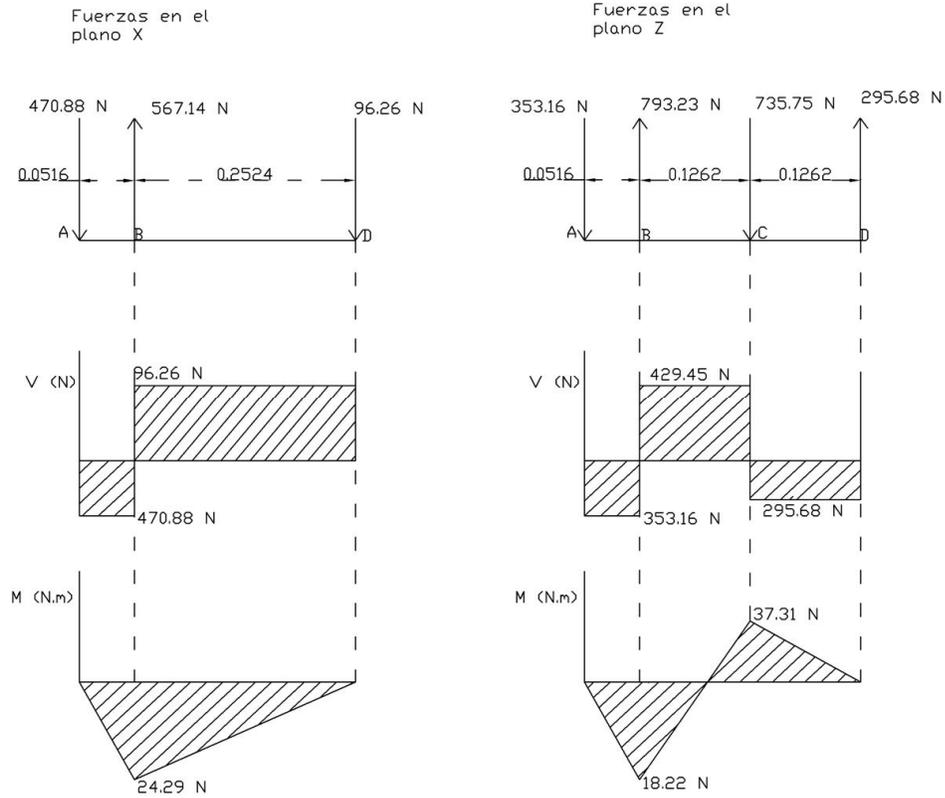
$$353.16(0.304) - RB_z(0.2524) + 735.75(0.1262) = 0$$

Despejamos.

$$RB_z = 793.23 \text{ N}$$

$$RD_z = 295.68 \text{ N}$$

Graficamos las fuerzas cortantes y los momentos de flexión.



Fuerzas cortantes y momentos de flexión.

CALCULO DE LOS DIÁMETROS MÍNIMOS DEL DOSIFICADOR.

Con esta información y las especificaciones de resistencia del material seleccionado previamente (ANEXO E), determinamos los diámetros mínimos para evitar fallas por flexión.

Resistencia del material.

Nylamid tipo M		
Elongación	20	%
S_y	110	MPa
s_u	3.448	GPa

Con la información de la resistencia del material obtenemos los siguientes datos.

Factores de diseño.

S_n	450	MPa
C_s	0.75	
C_r	0.81	
N	3	
T	26.16	Nm
K_t	1.5	

Con la siguiente formula calculamos la resistencia por durabilidad.

$$S'_n = S_n * S_c * C_r \quad (7)$$

$$S'_n = 273.37 \text{ MPa.} \quad (8)$$

Calculamos los momentos de flexión en el punto A, B, C, D, con esta fórmula.

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_z^2} \quad (9)$$

Momentos de flexión en cada punto.

M. Total (N.m)			
A	B	C	D
0	30.36	39.23	0

Con esta ecuación calculamos los diámetros D_1 , D_2 , D_3 , utilizando los momentos de flexión en cada punto correspondiente.

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{Kt M}{S'n}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{Sy}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (10)$$

En el cuarto diámetro en el punto D es el asiento del cojinete, no hay torque ni momento de flexión pero si hay fuerzas de corte vertical en los planos X y Z.

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_z^2} \quad (11)$$

$$V = 309.05 \text{ N}$$

La tensión por esfuerzo de corte vertical para eje circular solido.

$$\tau = \frac{4V}{3A} \quad (12)$$

Si tenemos en cuenta que la tensión de esfuerzo de corte las igualamos para determinar el área, y así determinar el D_4

$$\tau = \tau d \quad (13)$$

Encontramos τd de la siguiente forma y despejamos para obtener el área.

$$\tau d = \frac{Sy}{N\sqrt{3}} \quad (14)$$

$$\tau d = 21.15 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{4V}{3\tau d} \quad (15)$$

$$A = 1.948 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

A partir de $A = \frac{\pi D_4^2}{4}$ y despejando D_4

$$D_4 = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (16)$$

$$D_4 = 0.0049 \text{ m}$$

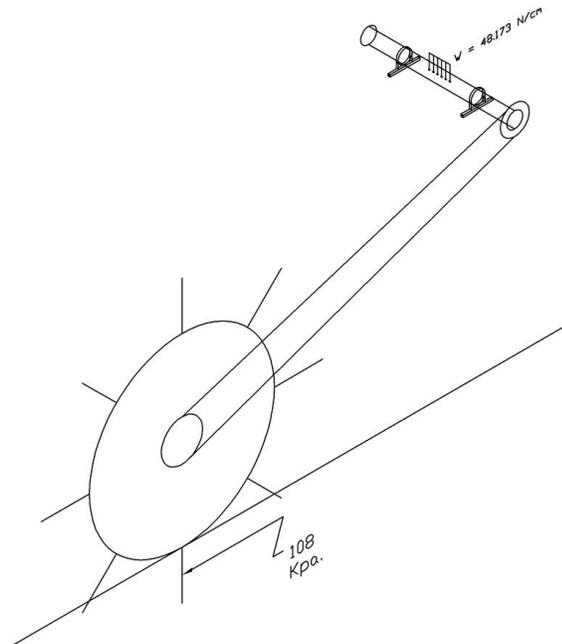
$$D_4 = .49 \text{ cm.}$$

Se obtiene lo siguiente:

Diámetros mínimos calculados.

Diámetro mínimo (m)			
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
0.0184	0.02	0.0208	0.0049

Haciendo un análisis de diferente manera podremos compara los diámetros y el torque que estará trabajando. Directamente en el dosificador.



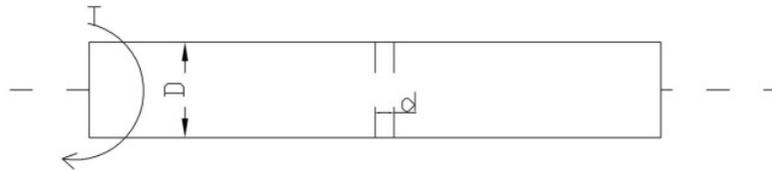
Haciendo este análisis observamos que de acuerdo a la literatura un suelo franco con 8% de humedad nos da una resistencia al corte de 108Kpa.

Obtenido este dato y haciendo el análisis, tenemos el torque que actúa en el rodillo, $T = 4411 \text{ Nm}$.

Haciendo una comparación entre el torque que determinamos para mover el sistema y el obtenido debido a la resistencia del suelo. Podemos decir que el sistema se moverá sin ningún problema

Como podemos observar, los diámetros calculados son relativamente pequeños, así que, a partir de estas referencias cualquier diámetro que tenga el dosificador trabajara sin ningún problema.

Calculamos el factor de concentración de esfuerzo para un eje redondo con un agujero transversal en torsión. Ya que en el punto A, el eje tendrá un perforación en donde irá una claveta para sujetar el engrane.



Esquema de diámetro perforado.

$$\tau_{max} = 110 \text{ MPa}$$

$$F_s = 3$$

$$D = 1.9 \text{ cm.}$$

$$\tau_{nom} = \frac{\tau_{max}}{F_s} \tag{17}$$

$$\tau_{nom} = 36.66 \text{ MPa}$$

Con la siguiente fórmula determinamos el diámetro máximo de perforación.

$$\tau_{nom} = \frac{T}{\left[\frac{\pi D^3}{16} - \frac{dD^2}{6} \right]} \tag{18}$$

$$d = \frac{\left[\frac{\pi D^3}{16} - \frac{T}{\tau_{nom}} \right] 6}{D^2}$$

$$d = 0.01052 \text{ m}$$

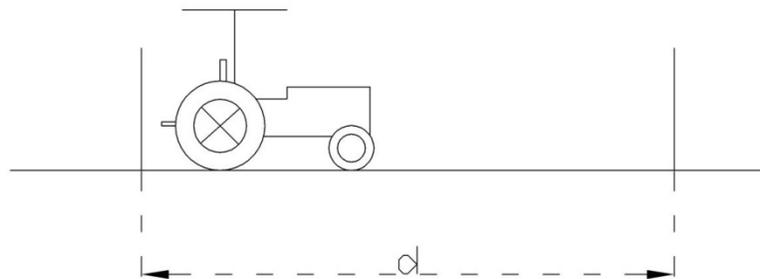
$$d = 10.52 \text{ mm.}$$

El diámetro que se va a perforar es de 6 mm como máximo y un mínimo de 3mm. En este rango no tiene que existir complicaciones ya que el diámetro máximo es mucho mayor, no necesitamos una perforación mayor.

DETERMINACIÓN DEL ENGRANE MOTRIZ Y SU RELACIÓN DE VELOCIDAD.

Determinamos la velocidad a la que comúnmente trabaja el tractorista, aunque la literatura dice que un tractor trabaja entre 5 - 6 km/h con sembradoras.

Con una sembradora trabajando se tomo el tiempo que recorría en 20 metros, se hicieron 5 repeticiones, después se saca una media del tiempo en las repeticiones mencionadas para obtener un solo tiempo.



Esquema de velocidad real de trabajo.

$$t = 14.412s.$$

$$d = 20m$$

Sacamos la velocidad de trabajo.

$$V = \frac{d}{t} \tag{19}$$

$$V = 1.387 \text{ m/s}$$

Calculamos la relación de transmisión y el juego de engranes.

Comenzamos a calcular las revoluciones a partir de lo que conocemos que es la distancia entre semilla que debe llevar.

De acuerdo al movimiento curvilíneo de cualquier cuerpo en caída libre, suponemos representando de manera grafica la posible distancia y dirección de la semilla, la caída de la semilla podría ser la siguiente:

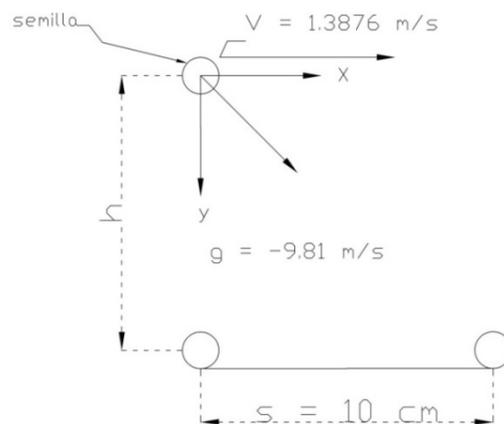


Diagrama de movimiento curvilíneo de la semilla.

Lo que sabemos es lo siguiente.

$$g = 9.81\text{m/s}^2$$

$$V = 1.3876 \text{ m/s}$$

$$S = 10 \text{ cm.}$$

No conocemos el valor de h.

Primero vamos a calcular el tiempo que necesita para que a esa velocidad quede en la posición conocida.

$$S = Vt \tag{20}$$

Despejando tenemos:

$$t = 0.072066 \text{ s}$$

Ya que conocemos el tiempo con la siguiente ecuación vamos a calcular h.

$$y = y_0 + (v_0)t + \frac{1}{2}at^2 \tag{21}$$

Ajustando la ecuación, tenemos lo siguiente.

$$h = \frac{1}{2}at^2$$

Sustituyendo obtenemos h

$$h = 0.0254 \text{ m.}$$

$$h = 2.54 \text{ cm.}$$

Analizando este dato, esta es la distancia que recorre el rodillo para soltar la semilla, en otras palabras es la distancia entre semilla que tendría si el dosificador estuviera al nivel del suelo. Ya que existe caída inducida de la semilla existe un desfase de 2.54 cm en una distancia de 10cm.

Si sumamos estas distancias tenemos que la distancia real es de 12.54 cm entre semilla.

Dicho de forma grafica tenemos que:

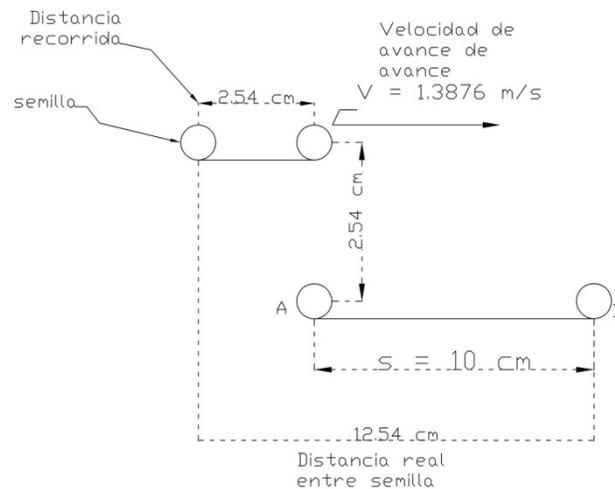


Diagrama de la distancia real de la semilla.

Ya que obtenemos h , determinamos las revoluciones que las que debe girar el dosificador para la distancia establecida.

De acuerdo a la siguiente formula la relación de engranes es:

$$i = \frac{\eta m}{\eta d} = \frac{z d}{z m} \quad (22)$$

Determinamos la velocidad angular de la rueda motriz.

$$r_m = 0.215 \text{ m.}$$

$$\eta m = \frac{v}{r_m} \quad (23)$$

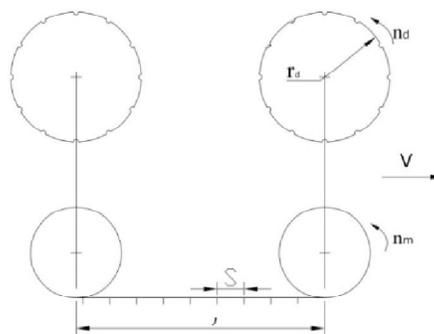
$$\eta m = 6.453 \text{ rad/s}$$

Convertimos a rpm.

$$\eta m = 61.630 \text{ rpm}$$

Con la relación mostrada en la figura se determina la distancia entre semilla.

$$r_d = 0.04445 \text{ m.}$$



Relacion de velocidad y dosificacion.

Con relacion a la figura tenemos la ecuacion 24.

$$S = \frac{2\pi r d i}{k} \quad (24)$$

Para este caso vamos a utilizar el número de orificios en su perímetro, como nos muestra la imagen.

$$k = 4$$

k es el numero de orificios que posee el dosificador.

Aunque va a tener más orificios en su cuerpo consideramos solo los orificios de su perfil.

Sustituimos i de la fórmula 25, posteriormente despejamos y encontramos ηd .

Consideramos que $S = h$.

$$\eta d = \frac{\eta m (2\pi) (r d)}{S k}$$

$$\eta d = 168.089 \text{ rpm.}$$

Determinamos la relación de engranes, posteriormente determinar el engrane que irá en la rueda motriz.

$$i = 0.3666$$

$$i = \frac{z_d}{z_m}$$

Despejamos z_m .

$$z_m = 16.36$$

Por lo tanto, un engrane de 16 dientes.

Entonces, la velocidad angular real del dosificador con cualquier juego de engranes.

$$Rv = \eta m \frac{z_m}{z_d} \quad (25)$$

Variables utilizadas.

$V = \text{volumen (cm}^3\text{)}.$

$h = \text{altura (cm)}.$

$A = \text{área (cm}^2\text{)}.$

$A' = \text{área prima (cm}^2\text{)}.$

$F: \text{fuerza aplicada (N)}.$

$P = \text{presión}.$

$l = \text{longitud}.$

$F_t: \text{fuerza tangencial (N)}.$

$F_N: \text{fuerza Normal (N)}.$

g: gravedad. (m/s²).

m: peso de la semilla(kg).

T: torque (N.m).

F: fuerza (N).

d: distancia (m).

V: fuerza de corte vertical (N).

M: Momento de fuerza (N.m).

Fy: fuerzas en el plano y (N).

Fx: fuerzas en el plano x (N).

Fz: fuerzas en el plano z (N).

Σ: sumatoria total

R: fuerzas de reacción. (N)

Sy: resistencia a la flexión (MPa).

Sn: resistencia por durabilidad (MPa).

Cs: factor de tamaño para diseño.

Cr: factor de confiabilidad.

S'n: resistencia por durabilidad (MPa).

N: factor de seguridad.

T: torque (N.m)

Kt: chaflanes con bordos redondeados.

D: diámetro

A: área

τ : esfuerzo normal

τ_d : tensión por esfuerzo de corte

τ_{max} : esfuerzo máximo (MPa).

τ_{nom} : esfuerzo nominal (MPa).

d: diámetro máximo de diseño.

Fs: factor de seguridad.

D: diámetro.

S: posición (distancia) (m)

V: velocidad de la maquina. (m/s)

t: tiempo (s)

d: distancia recorrida de la maquina. (m)

h: altura. (m)

g: gravedad. (m/s²).

i: relación de engranes

η_d : velocidad angular del del dosificador (rpm)

η_m : velocidad angular de la rueda motriz. (rpm)

zd: número de dientes del engrane del dosificador.

zm: número de dientes del engrane motriz.

rd: radio del dosificador. (m)

rm: radio de la rueda motriz. (m)

Rv: relación de velocidad a la salida.

l: distancia total recorrida. (m)

k: número de orificios del dosificador.

B

Costos de los materiales.

COSTOS.

Precio de materiales.

Cantidad	U.M.	Material	Especificaciones	Precio unitario	total
1	pieza	Lamina acero	3 x 10 C. 16	\$ 420	\$ 420
1	barra	Angulo	1 x 1 x 3/16	\$ 120	\$ 120
1	barra	Solera	¾" espesor	\$ 127	\$ 127
14	Pulg	Nylamid "M"	Ø 3 ½"	\$ 60	\$ 840
2	pza	Chumaera	Ø interior 1"	\$ 130	\$ 260
2	pza	Rodamientos	Ø interior 1"	\$ 100	\$ 200
2	kg	Electrodos		\$ 40	\$ 80
1	lt	Pintura	verde	\$ 40	\$ 40
1	lt	Pintura	naranja	\$ 45	\$ 45
40	Pza.	Tornillos con su tuerca	¾", ½", (varios espesores).		\$ 110
1	Pza.	Piedra para esmeril		\$ 70	\$ 70
1	Pza.	Disco para c. metal	Ø 11"	\$ 75	\$ 75
2	lt	Thiner		\$ 35	\$ 70
2	pza	Lija	Para metal, gruesa, delgada.	\$ 30	\$ 60
4	m	Manguera blanca	Ø 1 ¼"	\$ 70	\$ 280
1	kg	Estopa		\$ 30	\$ 30
4	Pza.	Abrazaderas	Ø 1 ¼"	\$ 15	\$ 60
4	pza	bisagras	½" X 1 ½ "	\$ 7	\$ 28
				Mano de obra	\$ 500
				Total	\$ 3,415

Estos costos pueden variar dependiendo a la región y aumento en los materiales. Los materiales se pueden conseguir con facilidad en cualquier parte sin ningún problema y el prototipo se puede fabricar en cualquier taller. En este caso la mano de obra no se incluyó ya que es un prototipo de investigación pero para fines de fabricación y venta a productores este sería un costo aproximado, dependiendo del fabricante.

C

Combinación de engranes para la distancia
y dosis teórica de siembra.

Tabla C-1 Distancia de siembra, en combinación de engrane de 8 dientes.

Velocidad de trabajo	E. cilindro dientes	E. motriz dientes	velocidad del rodillo (rpm)	Distancia (m)
5 – 6 km/h	8	8	61.630	0.2354
		10	77.038	0.2039
		12	92.445	0.1817
		14	107.853	0.1650
		16	123.260	0.1520
		18	138.668	0.1414
		20	154.075	0.1326
		22	169.483	0.1252

Tabla C-2 Dosis de siembra, combinación de engrane de 8 dientes.

Velocidad de trabajo	E. cilindro dientes	E. motriz dientes	sem/m ²	kg/ha
5 – 6 km/h	8	8	12	28.746
		10	14	33.178
		12	16	37.233
		14	18	40.995
		16	19	44.521
		18	21	47.850
		20	22	51.013
		22	23	54.032

Tabla C-3 Distancia de siembra, en combinación de engrane de 10 dientes.

Velocidad de trabajo	E. cilindro dientes	E. motriz dientes	velocidad del rodillo (rpm)	Distancia (m)
5 – 6 km/h	10	8	49.304	0.2724
		10	61.630	0.2354
		12	73.956	0.2093
		14	86.282	0.1898
		16	98.608	0.1745
		18	110.934	0.1622
		20	123.260	0.1520
		22	135.586	0.1434

Tabla C-4 Dosis de siembra, combinación de engrane de 10 dientes.

Velocidad de trabajo	E. cilindro dientes	E. motriz dientes	sem/m ²	kg/ha
5 – 6 km/h	10	8	11	24.841
		10	12	28.746
		12	14	32.325
		14	15	35.650
		16	17	38.769
		18	18	41.718
		20	19	44.521
		22	20	47.198

Tabla C-5 Distancia de siembra, en combinación de engrane de 12 dientes.

Velocidad de trabajo	E. cilindro dientes	E. motriz dientes	velocidad del rodillo (rpm)	Distancia (m)
5 – 6 km/h	12	8	41.087	0.3075
		10	51.358	0.2651
		12	61.630	0.2354
		14	71.902	0.2131
		16	82.173	0.1957
		18	92.445	0.1817
		20	102.717	0.1701
		22	112.988	0.1604

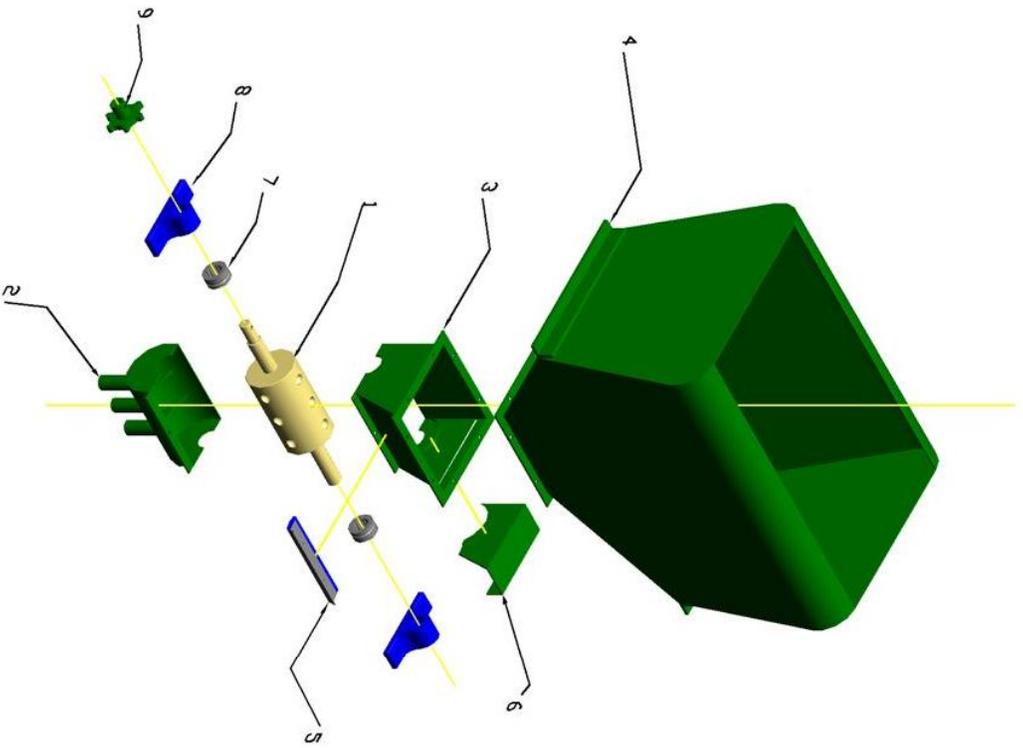
Tabla C-6 Dosis de siembra, combinación de engrane de 12 dientes.

Velocidad de trabajo	E. cilindro dientes	E. motriz dientes	sem/m ²	kg/ha
5 km/h	12	8	9	22.004
		10	11	25.519
		12	12	28.746
		14	14	31.748
		16	15	34.567
		18	16	37.233
		20	17	39.770
		22	18	42.194

D

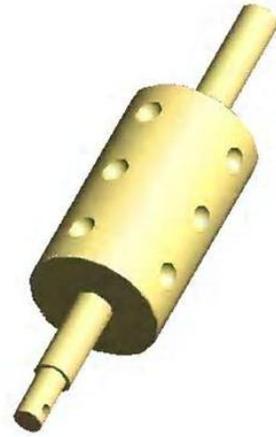
Planos del dosificador y ensamble del prototipo.

ENSAMBLE DEL DOSIFICADOR

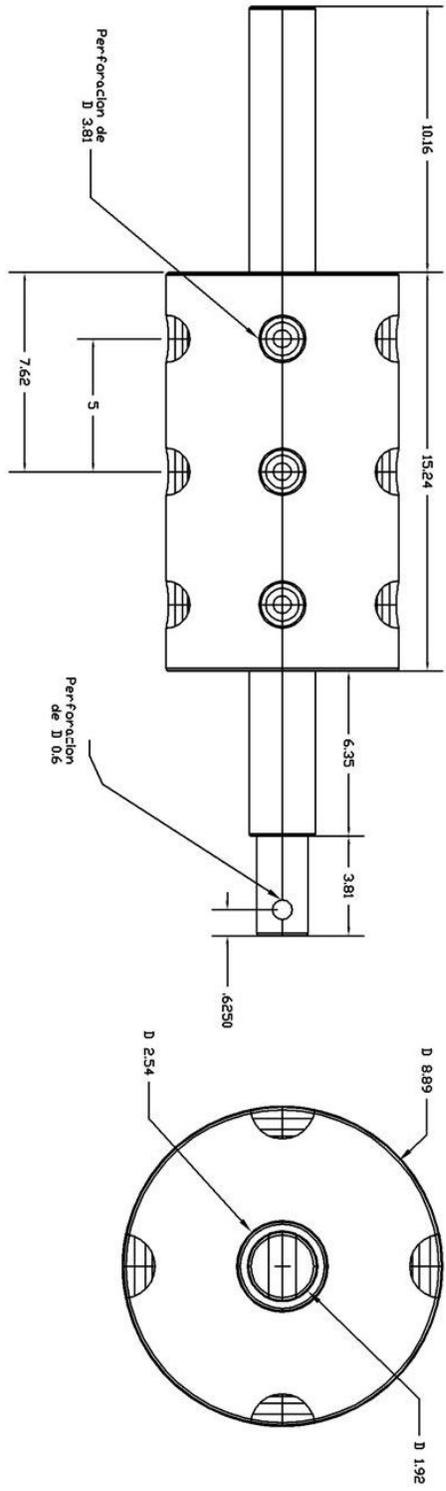


NUM	CANTIDAD	NUM DE PLANO	DESCRIPCION
1	1	DN-01-00-00	RODILLO
2	1	DN-02-00-00	TAPA INFERIOR
3	1	DN-03-00-00	TAPA SUPERIOR
4	1	DN-04-00-00	TOLVA
5	1	DN-05-00-00	CEPILLO
6	1	DN-06-00-00	COMPUERTA
7	2	-----	RODAMIENTO
8	2	-----	CHUMACERA
9	1	-----	ENGRANE

	Acod. cm	DOSIFICADOR MECANICO ENSAMBLE	TOLERANCIAS GENERALES: ± 0.05 mm (0.1)
	Escala: 1:1			Aprobó:
INIFAP Instituto Mexicano de Investigaciones Científicas, Aplicadas y Tecnológicas		Diseñó: Luis N. Arbas Avellar	No. Plano: DN-00-00-00



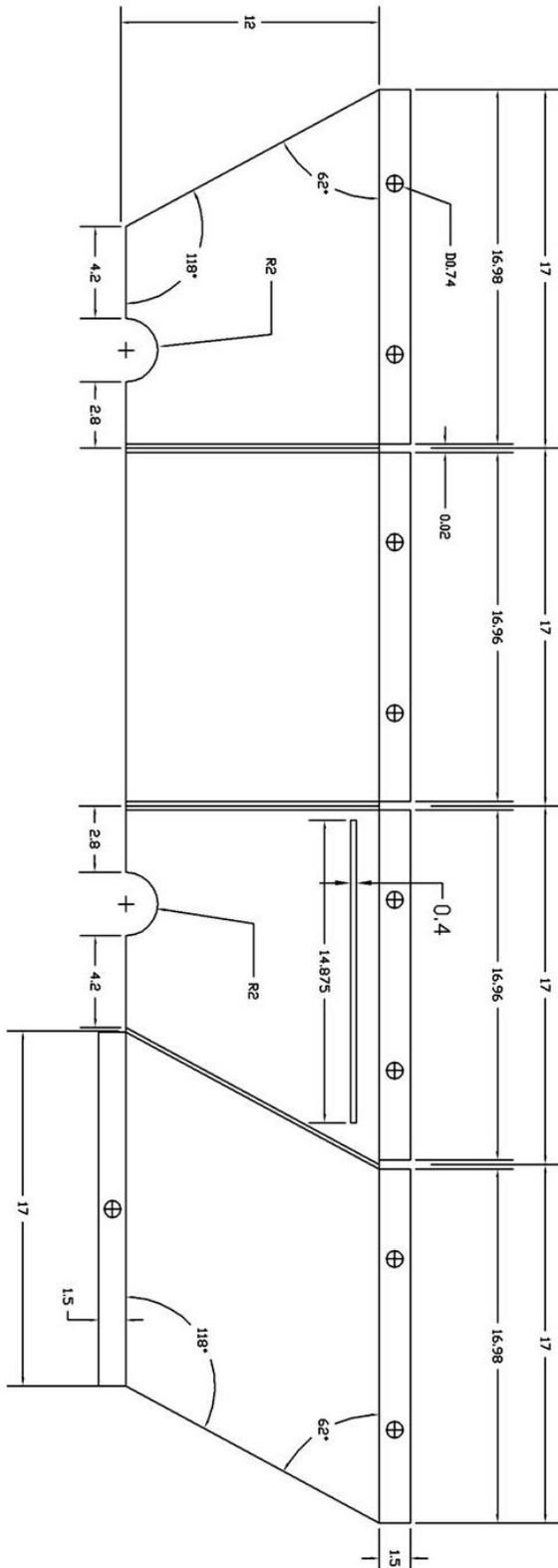
Nylonid tipo "M" con gran resistencia mecanica utilizado para engranes, trabaja en contacto con los alimentos.



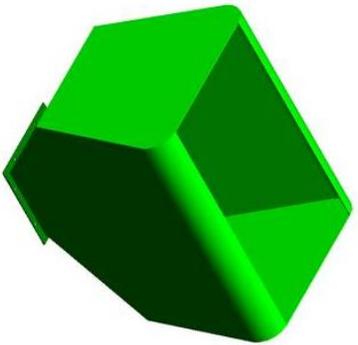
	Acot. cm		Escala: 1:1	DOSIFICADOR MECANICO	TOLERANCIAS GENERALES: 2 decimales +0.1
	INIFAP				
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y PROMOCIONES INIFAP		Aprobado: RODILLO		No. Plano: DN-01-00-00	
Ing. JUAN M. ARAYA AVILA		Ing. JUAN M. ARAYA AVILA		No. Plano: DN-01-00-00	



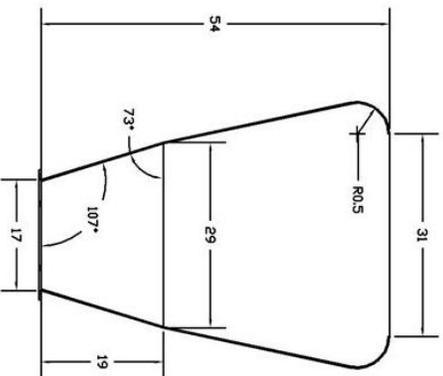
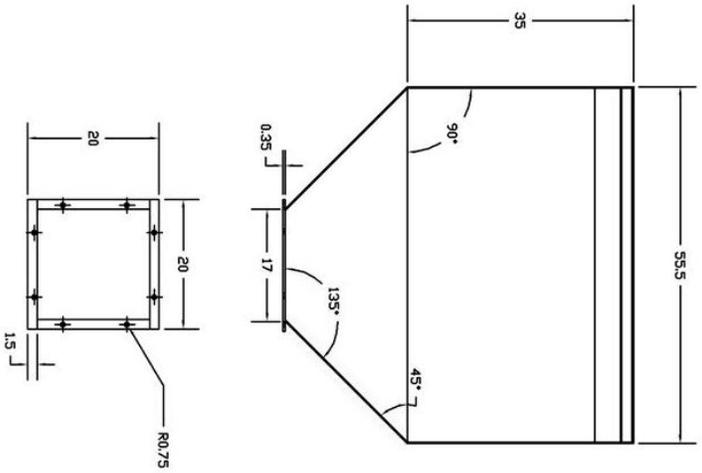
Fabricacion con lamina C.16



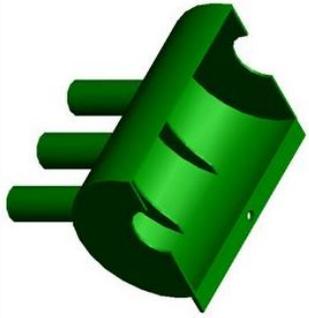
	Acot. cm		Escala 1:1
	DOSTIFICADOR MECANICO			TAPA SUPERIOR
	INIFAP		Autor
	Instituto Nacional de Investigaciones Científicas, Agrícolas y Pesqueras		Diseñador
	Diseñador		Ingeniero
	TOLERANCIAS GENERALES:		Aplicar soldadura E70-11
	Eliminar rebabas filosas		No Pintar
	No Pintar		DNI-03-00-00



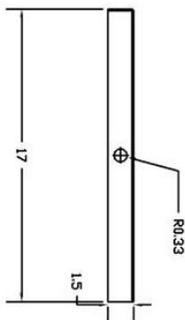
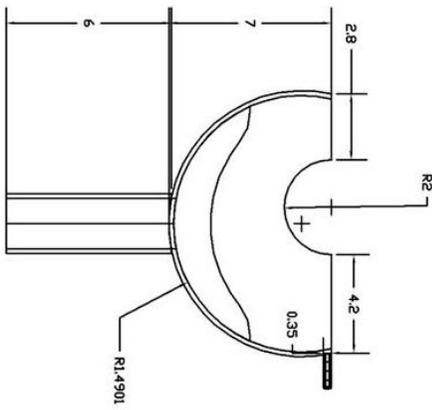
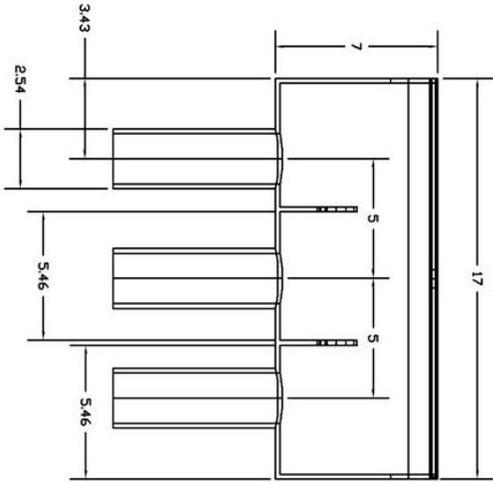
Para la modificación de la tolva se usaron unas tapas con lamina C.16



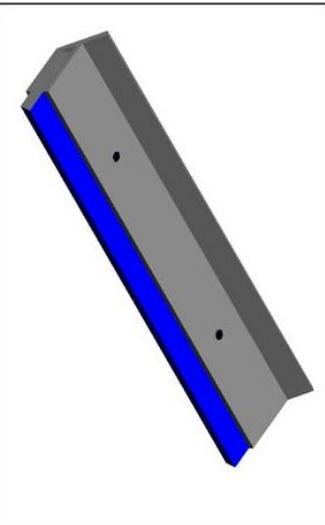
	Acot. cm	DOSIFICADOR MECANICO	TOLERANCIAS GENERALES: 2 decimales ±0.1 Alcance soldadura E:70-11 Eliminar otros flacos
	Escala 1:1		
INIFAP	Aprobado	TOLVA	
<small>Instituto Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas</small>	Braulio LUIS H. ADRIAS AVILA		
	No. Proyecto		
	DN-04-00-00		



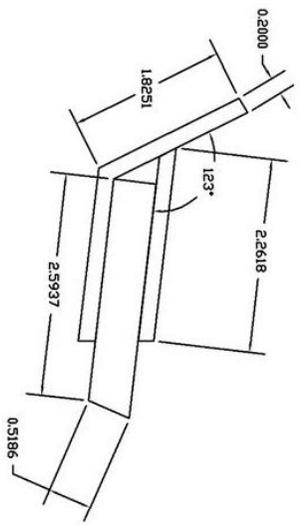
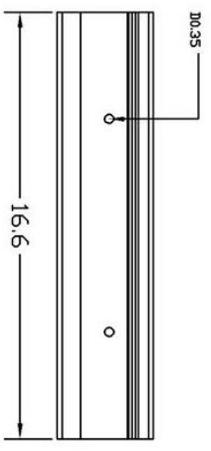
Fabricacion con lamina C.16



 INIFAP <small>Instituto Mexicano de Investigaciones Científicas, Tecnológicas y Residuales</small>	Acot. en Escala: 1:1	DOSIFICADOR MECANICO	TOLERANCIAS GENERALES: 2 decimales +0.1 Aparte soldadura E:70.11 Eliminar orillas dibujas
	Aprobado: TAPA INFERIOR	Diseñado: LUIS M. ABIAS AVILA	
No. Plano: DN-02-00-00			

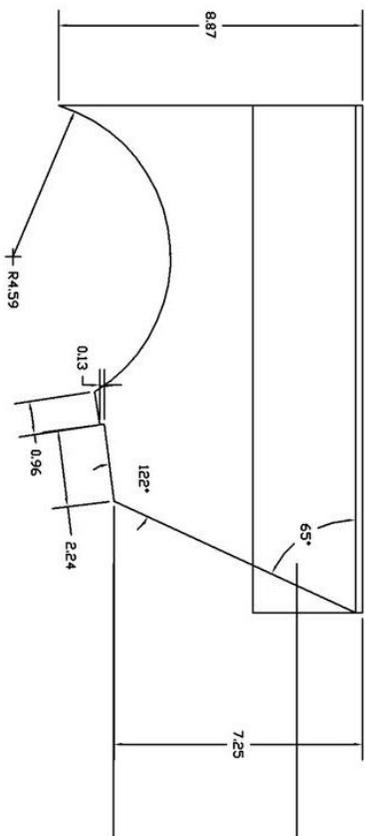
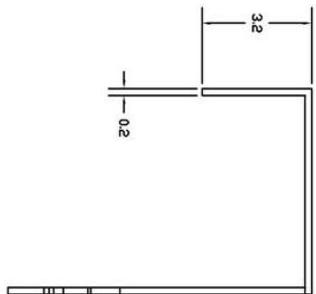
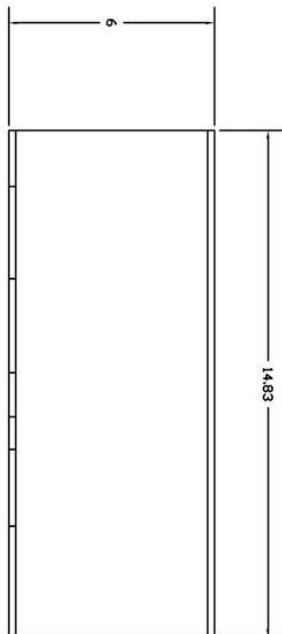
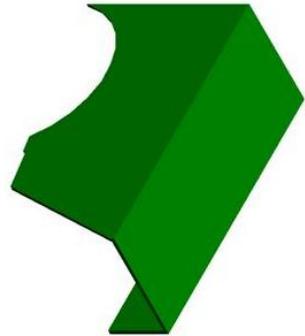


Los materiales son lamina C.16 y goma de caucho los cucl es esta sjetada con los dos placas y tornillos

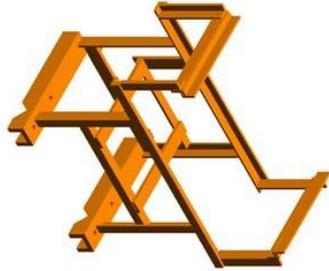


	Acot. cm	DISEÑADOR MECANICO CEPILLO	TOLERANCIAS GENERALES: 2 decimales +0.1 Enteros otros libras
	Escala: 1:1			Aprobado: Dibujo LUIS M. ABAS ANGLAR
INIFAP <small>Instituto Nacional de Investigaciones y Fomento Agrario</small>		No. Plano: DN-05-00-00	

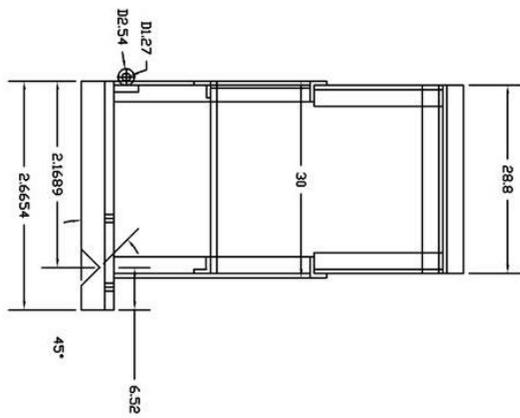
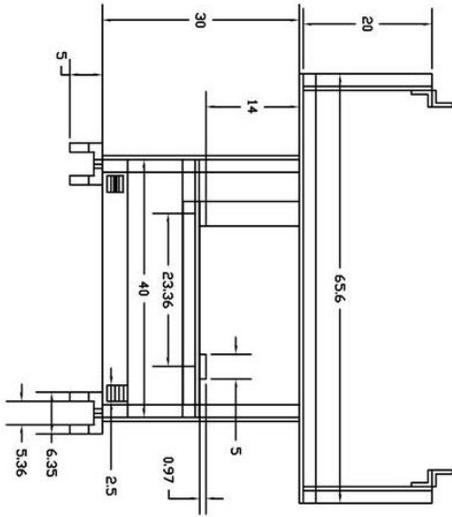
Fabricacion con lamina C.16



	Acot: cm	DOSIFICADOR MECANICO	TOLERANCIAS GENERALES: 2 decimales ±0.1
	Escalas 1:1		
INIFAP		COMPUERTA	Eliminar rebabas
Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias y Pesqueras		Diseño: LUIS H. ARIAS AVELAR	
		Md: Pizarro	
		DIV-06-00-00	

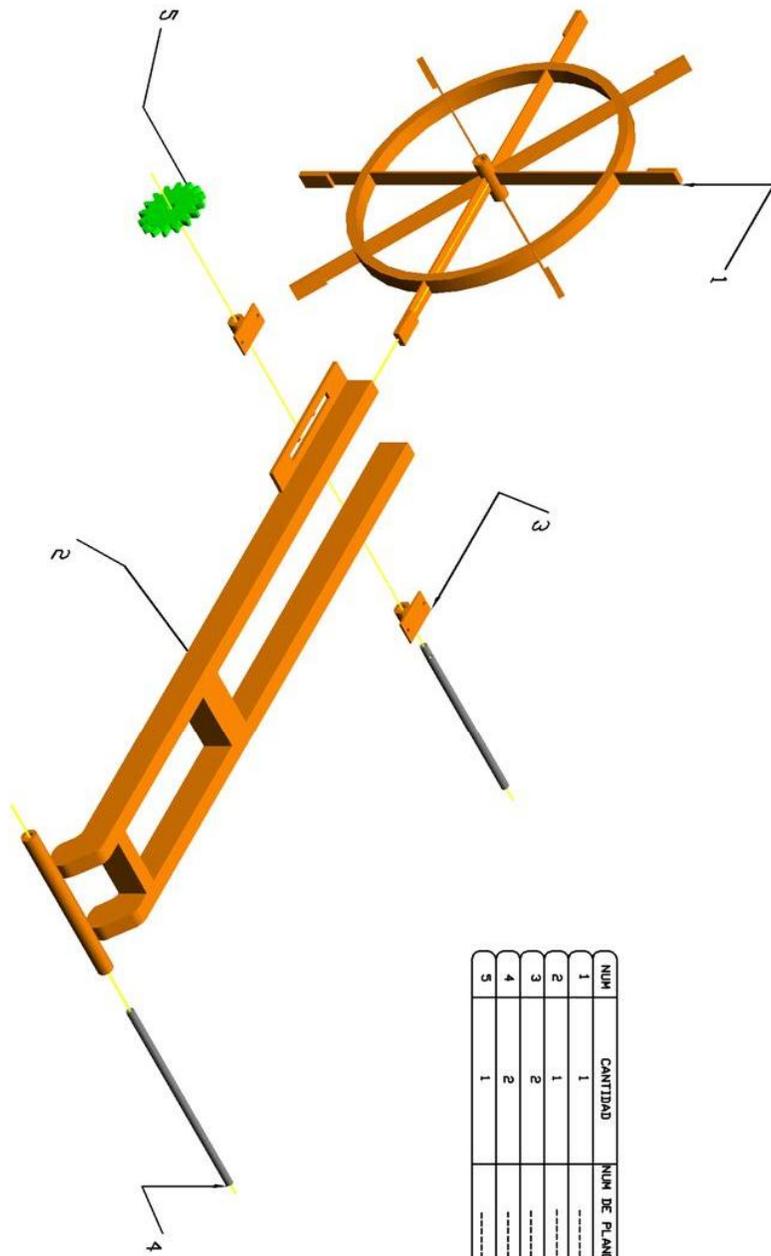


Fabricado con angulo de
1X1X 3/16" y solera de 1/2"



	Acot. cm Escala: 1:1	DISEÑADOR MECANICO CHASIS	TOLERANCIAS GENERALES: 2 decimales ±0.1 1 decimal soldadura E-70-18 Eliminar otros flujos
INIFAP <small>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FISIOLÓGICAS Y NUTRICIONALES</small>	Aprobado	Diseñador: LUIS H. ARTAS AVILA No. Plano: DN-00-00-00	

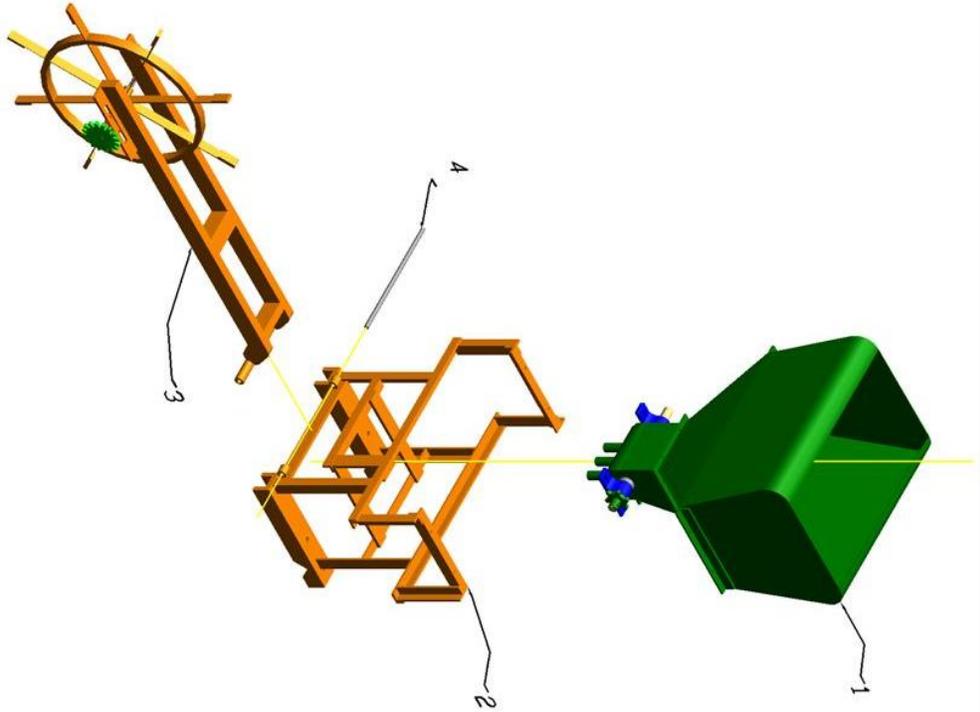
ENSAMBLE GENERAL DE LA RUEDA MOTRIZ



NUM	CANTIDAD	NUM DE PLANO	DESCRIPCION
1	1	.....	RUEDA
2	1	.....	CHASIS
3	2	.....	CHUMACERA
4	2	.....	SUJETADORES
5	1	.....	ENGRANE

	Acad. cm Escala: 1:1	DISEÑADOR MECANICO RUEDA MOTRIZ	TOLERANCIAS GENERALES 2 decimales ± 0.1
	INIFAP	Aprobado Diseñador: LUIS M. AGUIRRE AVILA	Eliminar cotas libres No. Plano: DN-00-00-00

ENSAMBLE GENERAL DEL PROTOTIPO



NUM	CANTIDAD	NUM DE PLANO	DESCRIPCION
1	1	-----	SEPARADORA
2	1	-----	CHASIS
3	1	-----	RUEDA MOTRIZ
4	1	-----	SUJETADORE

	Acot. cm Escala: 1:1	DISEÑADOR MECANICO ENSAMBLE TOTAL	TOLERANCIAS GENERALES: 2 decimales +0.1 Eliminar ceros finales
INIFAP	Aprobado	Dibujo: LUIS M. ARBAS AVILA	No. Plano: DN-00-00-00
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y TECNOLOGIAS INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y TECNOLOGIAS			

E

Propiedades y características de materiales.

Nylamid®

QUADRANT
ENGINEERING PLASTIC PRODUCTS

Nylamid®
Uso general

El Nylamid® M (M = Mecánico) es de color hueso y esta aprobado para trabajar en contacto directo con alimentos de consumo humano, por la SECOFI (NMX-E-202-1993-SCFI).

Este Nylamid® es producido por la polimerización directa de monómeros para formar polímeros de nylon 6/12, al ser vaciados a presión atmosférica. Este proceso ofrece la ventaja de poder fabricar piezas de mucho mayor volumen que con la inyección y extrusión.

Aplicaciones Típicas:

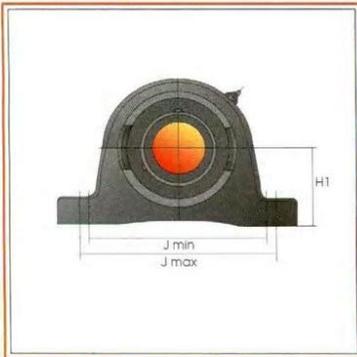
- Cojinetes
- Aislantes eléctricos
- Moldes
- Poleas
- Catarinas
- Guías de desgaste
- Piezas de impacto
- Prototipos
- Engranajes
- Ruedas
- Rodillos
- Sellos para válvulas
- Raspadores
- Tolvas
- Aislantes térmicos

Medidas Disponibles													
Barras		Placas		Placas Especiales		Barras cuadradas		Bujes			Discos ciegos		
Ø	Long.	Esp.	Med.	Esp.	Med.	Lado	Long.	Ø Ext.	Ø Int.	Long.	Esp.	Ø	
Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	
2	24	¼	24x24	¼	39x39	1	24	2	1	24	¾	26	
2 ¼	y	3/8	24x48	3/8	y	1 ¼		2 ½	1		1	28	
2 ½	48	½	24x72	½	60x60	1 ½		3	3/8		1 ¼	30	
2 ¾		5/8	24x96	5/8		2		3 ¼	1 ½		1 ½	32	
3		¾	24x120	¾		2 ½		3 ½	1 ¾			34	
3 ¼		1	48x48	1		3		4	2			36	
3 ½		1 ¼	48x72			3 ½		4 ½	2 ½			38	
3 ¾		1 ½	48x96			4		5	2 ¾			40	
4		1 ¾	48x120			5		5 ½	3			42	
4 ½		2				6		6	3 ½			44	
5						6 ½		6 ½	4			46	
5 ½						7		7	4				
6						7 ½		8	3/8				
6 ½						8		9	4 ½				
7								10	5				
7 ½								11	5 ½				
8								12	6				
9	24	2 ¼	24x24	1 ¼	60x60			13	6 ½				
10			24x48	1 ½				14	7				
11		2 ½	24x24	1 ¾				15	8				
12		3	24x48					16	9				
13			48x48					17	10				
14		3 ¼	24x24						11				
15		3 ½	24x48						12				
16		4							13				
17		5							14				
		6							15				

Para mayor información llame sin costo al 01-800-216-8711 o consulte a su distribuidor autorizado mas cercano.

Principales propiedades Nylamid® M

Propiedades	Norma ASTM	Unidades	Valores	Unidades	Valores
I- Mecánicas					
Gravedad específica 23 °C	D 792	-	1.04	-	-
Resistencia a la tensión 23 °C	D 638	psi	12,000	Kg/cm ²	844
Módulo de elasticidad a la tensión 23 °C	D 638	psi	400,000	Kg/cm ²	28,124
Elongación a la ruptura 23 °C	D 638	%	20	-	-
Resistencia a la flexión 23 °C	D 790	psi	16,000	Kg/cm ²	1,125
Módulo de elasticidad a la flexión 23 °C	D 790	psi	500,000	Kg/cm ²	35,155
Resistencia a la compresión, 10% de deformación 23 °C	D 695	psi	15,000	Kg/cm ²	1,055
Módulo de elasticidad a la compresión 23 °C	D 695	psi	400,000	Kg/cm ²	28,124
Dureza escala Shore D, 23 °C	D 2240	-	D 85	-	-
Impacto Izod (con muesca) 23 °C	D 256	ft.lb/in	0.4	cm.kg/cm	2.18
Coefficiente de fricción dinámico (en seco vs. Acero)	PTM 55007	-	0.2	-	-
II- Térmicas					
Coefficiente de expansión térmica lineal (de -40 a 149 °C)	E 831 (TMA)	In./in./°F	3.5x10 ⁻⁵	m/(m.K)	90x10 ⁻⁶
Temperatura de deflexión al calor (264 psi)	D 648	°F	200	°C	93.3
Punto de fusión	D 3418	°F	420	°C	215.5
Temperatura de servicio continuo en Aire (Máx)	-	°F	200	°C	93.3
Conductividad térmica	F 433	BTU in/hr.ft ² .°F	1.7	W/(K.m)	0.29



SERVICIO NORMAL

DIAMETRO DEL EJE	DESIGNACION **	H1 mm	J min mm	J max mm	RODAMIENTO ***
1/2"	SY 1/2 TM	30.2	88.0	106.0	YAR 203-008
5/8"	SY 5/8 TM				YAR 203-010
3/4"	SY 3/4 TM	33.3	88.0	106.0	YAR 204-012
7/8"	SY 7/8 TM				YAR 205-014
15/16"	SY 15/16 TM	36.5	94.0	110.0	YAR 205-015
1"	SY 1 TM				YAR 205-100
1.1/16"	SY 1.1/16 TM*	42.9	108.0	127.0	YAR 206-101*
1.1/8"	SY 1.1/8 TM				YAR 206-102
1.3/16"	SY 1.3/16 TM				YAR 206-103
1.1/4"	SY 1.1/4 ATM*				YAR 206-104 *
1.1/4"	SY 1.1/4 TM	47.6	119.0	133.0	YAR 207-104
1.5/16"	SY 1.5/16 TM*				YAR 207-105*
1.3/8"	SY 1.3/8 TM				YAR 207-106
1.7/16"	SY 1.7/16 TM				YAR 207-107
1.1/2"	SY 1.1/2 TM	49.2	125.0	146.0	YAR 208-108
1.9/16"	SY 1.9/16 TM				YAR 208-109
1.5/8"	SY 1.5/8 TM	54.0	134.9	152.4	YAR 209-110
1.11/16"	SY 1.11/16 TM				YAR 209-111
1.3/4"	SY 1.3/4 TM				YAR 209-112
1.15/16"	SY 1.15/16 TM	57.2	149.0	165.0	YAR 210-115
2"	SY 2 TM	63.5	162.0	181.0	YAR 211-200
2.3/16"	SY 2.3/16 TM				YAR 211-203
2.1/4"	SY 2.1/4 TM	69.9	179.4	201.6	YAR 212-204
2.7/16"	SY 2.7/16 TM				YAR 212-207
2.1/2"	SY 2.1/2 TM	76.2	190.0	216.0	YAR 213-208
2.11/16"	SY 2.11/16 TM				YAR 213-211
2.3/4"	SY 2.3/4 TM	82.6	203.2	228.6	YAR 215-212
2.15/16"	SY 2.15/16 TM				YAR 215-215
3.7/16"	SY 3.7/16 TM*	95.2	238.1	269.9	YAR 217-307 *
3.15/16"	SY 3.15/16 TM*	112.7	279.4	323.8	YAR 220-315*
4"	SY 4 TM*				YAR 220-400*

SERVICIO SEMIPESADO

1.7/16"	SYM 1.7/16 TM	54.0	134.9	152.4	YAR 208-107
1.1/2"	SYM 1.1/2 TM	54.0	134.9	152.4	YAR 209-108
1.11/16"	SYM 1.11/16 TM	57.2	149.2	165.1	YAR 210-111
1.3/4"	SYM 1.3/4 TM				YAR 210-112
1.15/16"	SYM 1.15/16 TM	63.5	162.0	181.0	YAR 211-115
2.3/16"	SYM 2.3/16 TM	69.9	179.4	201.6	YAR 212-203
2.7/16"	SYM 2.7/16 TM	76.2	190.0	216.0	YAR 214-207
2.1/2"	SYM 2.1/2 TM				YAR 214-208
2.11/16"	SYM 2.11/16 TM	88.9	215.9	241.3	YAR 215-211
2.15/16"	SYM 2.15/16 TM	88.9	215.9	241.3	YAR 216-215
3"	SYM 3 TM				YAR 216-300
3.7/16"	SYM 3.7/16 TM*	101.6	261.9	295.3	YAR 218-307*
3.1/2"	SYM 3.1/2 TM*				YAR 218-308*

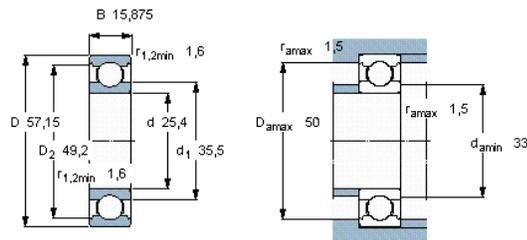
* Consultar para disponibilidad
 ** Esta serie será reemplazada por la versión TF:
 Ejem: SY 1/2 TM cambiará a SY 1/2 TF
 *** Esta serie será reemplazada por la versión -2F:
 Ejem: YAR 203-008 cambiará a YAR 203-008-2F

Guía de valores requeridos de vida útil.

Guía de valores requeridos de vida nominal L10h para diferentes clases de máquinas	
Clases de máquinas	L10h horas de servicio
Electrodomésticos, máquinas agrícolas , instrumentos, aparatos para uso médico.	300 a 3 000
Máquinas usadas intermitente o por cortos períodos: Máquinas-herramienta portátiles, aparatos elevadores para talleres, máquinas para la construcción.	3 000 a 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente: Ascensores, grúas para mercancías embaladas.	8 000 a 1 2000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas: Transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias.	10 000 a 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: Máquinas-herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipo de imprenta, separadores y centrifugas.	20 000 a 30 000
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: Cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil.	40 000 a 50 000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para trasatlánticos.	60 000 a 100 000
Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, ventiladores y bombas para minas, rodamientos para la línea de eje de trasatlánticos.	100 000

Catálogo de rodamientos

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera							Tolerancias , ver también el texto Juego radial interno , ver también el texto Ajustes recomendados Tolerancias del eje y del alojamiento		
Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	-
25,4	57,15	15,875	17,8	9,65	0,405	24000	17000	0,17	RLS 8



Factores de cálculo

k_r 0,025
 f_0 13

Rodamiento rígido de bolas, catálogo SKF.

Tabla. Dimensiones físicas de semillas.

Granos	Largo	Ancho	Espesor
	(mm)		
Maíz	10-20	5-12	2-5
Frijol	8-12	3-5	3-6

Tabla. Distancia real de la semilla.

N° semilla	D. real
1	13
2	13.1
3	13
4	12.8
5	12.6
6	12
7	12.6
8	12.8
9	13
10	13
11	10.5
12	12
13	13
14	13
15	12.7
16	12.9
17	12.6
18	13
19	12.5
20	13
Promedio	12.655
Desv. Estándar	0.5978