

Diseño y construcción de un prototipo mecánico de accionamiento manual para sembrar frijol lima *phaseolus limensis* en Terrenos Inclinados del Municipio de Consacá

Bastidas G. Jonatan, y Lopez G. Luis. Entregado 18 abril 2024

I. INTRODUCCIÓN

La producción agrícola se ha venido implementado desde hace mucho tiempo atrás cuando los nómadas se convirtieron en personas sedentarias y desde entonces se han venido implementando técnicas agrícolas en busca de mejoras de rendimiento y producción, con la mecanización agrícola que se ha ido creando y mejorando para facilitar el trabajo al ser humano.

El frijol es una leguminosa que se encuentra como uno de los principales alimentos no perecederos de la canasta familiar, lo que significa que tiene una alta importancia en el comercio colombiano como también a nivel mundial, por tal razón es importante destacar que en el departamento de Nariño hay diferentes municipios que tienen como producción principal el cultivo de frijol entre ellos se destaca el municipio de Consacá en donde su gran parte de la geografía no cuenta con buena accesibilidad debido a sus terrenos inclinados, pero presenta excelentes condiciones climáticas para su taxonomía.

Actualmente, este municipio no cuenta con mecanización agrícola para desarrollar los diferentes procesos agrícolas, por tal razón se siembra el frijol de manera tradicional, en busca de dar solución a este problema se propone diseñar y fabricar un prototipo de sembradora mecánica manual adaptable para optimizar el trabajo en este tipo de geografía.

Una vez identificado la problemática se desarrolla pruebas de resistencia del suelo así como también un promedio de inclinación de los diferentes terrenos, y de acuerdo a esto se buscan mecanismos que cumplan los requerimientos técnicos de siembra, y en conjunto a esta investigación se lleva a cabo el estudio y aplicación de diferentes áreas de la ingeniería entre ellas están: la metodología de la investigación la cual brinda el punto de partida del proyecto iniciando el proceso de buscar información a nivel global con el fin de empezar a determinar ciertos parámetros para centrarse en un tema en específico, la ingeniería legal aporta significativamente en el tema de las leyes que rigen en el estado, parametrizando ciertas características y variables que estén dentro de la normatividad, el área de seguridad y salud en el trabajo están

relacionados con la ingeniería legal priorizando por medio de normas temas de posturas, ergonomía, elementos de protección personal, que son factores importantes para el operario, por tal razón se deben tener en cuenta al momento de fabricar una máquina que va a ser manipulada de forma manual, En la parte estructural se tienen en cuenta diferentes áreas como la estática en donde se determinan las fuerzas a las que se somete el prototipo según sus cargas y así con la ayuda de la resistencia de materiales se tiene en cuenta el material ideal capaz de resistir los esfuerzos determinados, en el diseño de máquinas se definen sistemas estándares capaces de realizar su función sin sufrir deformaciones, y por medio del área de sistemas cad cam se obtienen diferentes herramientas que ayudan a definir el prototipo por medio de planos a escala, simulaciones dinámicas y simulaciones de esfuerzos, esto para su respectiva evaluación y construcción.

Finalmente se realizan pruebas de funcionamiento para determinar la eficiencia del prototipo y un manual de operación con indicaciones de mantenimiento para su correcta manipulación.

Los análisis obtenidos en diferentes pruebas se tendrán en cuenta para realizar mejoras a futuro buscando mejores resultados.

II. DESARROLLO DEL CONTENIDO

A. *Objetivo general*

Desarrollar y construir un prototipo mecánico de accionamiento manual para sembrar Frijol *phaseolus limensis* en terrenos inclinados del municipio de Consacá.

B. *Objetivos específicos*

- Analizar los mecanismos actuales empleados para la siembra de frijol.
- Plantear los requerimientos de diseño de acuerdo a las

necesidades del usuario.

- Diseñar y construir un prototipo de máquina capaz de llevar a cabo la siembra de frijol en terrenos inclinados con ángulos comprendidos entre 0° y 35°, accionado por un mecanismo de rueda motriz.
- Crear un manual detallado de instrucciones para la operación y realización mantenimiento preventivo.

C. Marco contextual

la siembra se remonta a la era neolítica en la cual los antepasados para realizar esta labor se acompañaban de herramientas rudimentarias elaboradas artesanalmente con madera, hueso y piedras, así lograban arar la tierra y hacerla productiva (walia, 2020) 8 desde hace muchos años los campesinos han venido trabajando en siembra y cosecha de ciertos productos que prevalecen en la zona para comercializarlo y obtener ganancias por el trabajo realizado, desde nuestros antepasados se han venido desarrollando técnicas agrícolas y con ello herramientas manuales de diferentes tipos y materiales para agilizar el trabajo obteniendo mejores resultados en cuestiones de rendimiento, esfuerzo físico y calidad de siembra.

D. Antecedentes

La zona andina de Colombia tiene diferentes tipos de suelos, en los cuales muchas personas y familias viven de la agricultura tradicional, en donde la siembra de frijol es uno de los cultivos preferidos, ya que es un grano seco que tiende a durar por más tiempo almacenado en comparación a otro tipo de cultivos y además es una leguminosa de producción a corto plazo. Hay diferentes tipos de frijol, entre los más comunes que se siembran en el municipio de Consacà tenemos: frijol blanquillo (*Phaseolus vulgaris*), frijol palicero (*Phaseolus vulgaris*), 11 frijol cargamanto (*Phaseolus vulgaris*), este trabajo está enfocado en la variedad frijol lima arbustivo (*Phaseolus limensis*), ya que es un cultivo de mayor diversificación en esta zona y por ende de mayor consumo en el país (Minagricultura, 2020)

Taxonomía del frijol

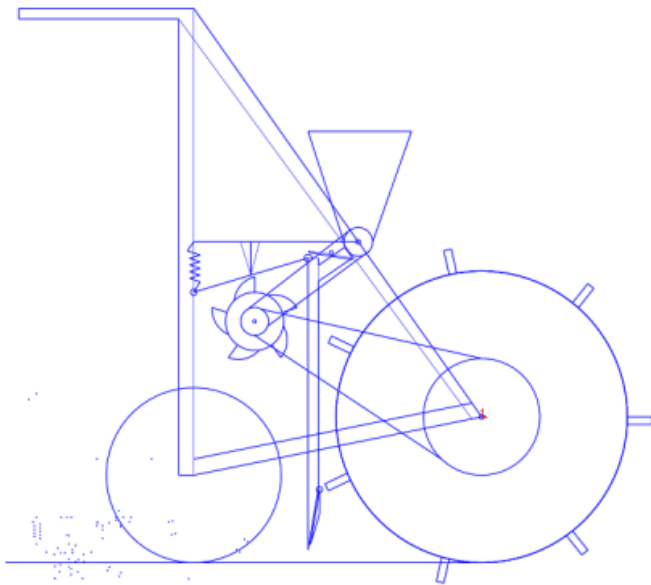
Ítem	Descripción
Orden	fabales
Familia	Fabaceae (Leguminosae)
Genero	Phaseolus
Especie	Phaseolus vulgaris L.

Fuente: Parra Anderson., (2020).

E. Requerimiento del sembrado del frijol

De acuerdo a los requerimientos mencionados anteriormente que se adaptan mejor a las condiciones de los terrenos para la siembra de frijol en el municipio de Consacà es el sembrado en hileras por sitio que consiste en plantar semillas uniformemente a distancias precisas entre surco y planta, en la actualidad este tipo de procesos se realizan de forma manual siendo el más utilizado hasta el momento el cual consiste en depositar de 2 a 4 semillas con un peso promedio de 0,605 gramos la unidad y un tamaño de 0,526 cm³ con forma de óvalo, por lo cual se deben principales son desmontables y ajustables para un fácil transporte y manejo, al ser una maquina manual requiere de un mantenimiento preventivo lubricando engranes, cadenas y rodamiento, se debe realizar inspecciones diarias de los elementos móviles, se recomienda hacer los mantenimientos descritos en el manual de usuario. Eficiencia El rendimiento de siembra de una persona promedio es de 0,87 kg por hora, cubriendo un área de 138 m². Costo El prototipo deberá ser asequible a la mayoría de los productores por lo cual no debe superar un costo máximo de dos millones de pesos. Un operario por sembrar 100 metros de perímetro equivale a un costo de \$30.000. innovación El prototipo está capacitado para trabajar sobre un Angulo de inclinación de 0° hasta 35°, cuenta con sistema de plantación por golpe lo que ayuda a hacer un sembrado preciso. Maquina trabajen en pendientes. 64 ser enterradas a una profundidad de 3 a 4 cm con una distancia entre 20 cm y 30 cm entre planta y de 50 cm entre surco, hay que tener en cuenta que la mayor parte del municipio que se dedica a este tipo de cultivos presentan terrenos con inclinaciones promedio de 27° y con suelos franco arcillosos por lo cual se deben hacer los surcos de forma transversal con el fin de evitar que el agua se lleve la semilla y sus nutrientes hacia las partes inferiores del terreno, esto resulta un proceso dispendioso e ineficiente para los productores ya que el rendimiento es relativamente bajo porque en promedio se siembra 0.875 kilogramos de frijol por hora cubriendo un área de terreno de 138 m² lo que significa que para cubrir un hectárea de terreno se necesitan en promedio 72 horas de trabajo. Debido a que es un prototipo que se va a utilizar durante largas jornadas de trabajo es importante tener en cuenta algunas características ergonómicas, el operario al empujar el prototipo estará aplicando un esfuerzo físico en donde la fuerza motriz se dirige al frente de la máquina, la postura correcta para empujar la maquina debe ser erguida aplicando una media inclinación y sin girar el tronco del cuerpo, para prevenir algún tipo de riesgo se deberá de tener los largueros del prototipo a medida estándar del operario en donde el peso recomendado es de 25 kg, aplicando una posición pegada al cuerpo que corresponde a una altura entre los codos y los nudillos.

F. Diseñar y construir un prototipo de máquina capaz de llevar a cabo la siembra de frijol en terrenos inclinados con ángulos comprendidos entre 0° y 35° , accionado por un mecanismo de rueda motriz.



Para el desarrollo del diseño del prototipo se plantea un boceto inicial de acuerdo a los parámetros técnicos y físicos, se procede a realizar un análisis dinámico y estático de los componentes de la máquina con el fin de estructurar, definir medidas, materiales, planos y costos.

G. Determinación del esfuerzo de diseño.

Para el esfuerzo de diseño se tiene en cuenta que la forma de carga es por impacto o choque ya que en el proceso de perforar la tierra se somete a diferentes durezas del terreno lo cual tiende a chocar constantemente.

El esfuerzo de diseño de impacto o choque se encuentra con la siguiente ecuación. $\sigma_d = Su/12$. (budynas et al .S.F)

Se calcula el esfuerzo que se requiere para hacer una perforación de 126.6 mm^2 con una fuerza aplicada de 196 N .

$$\sigma_{real} = F / A \quad \sigma_{real} = 196 \text{ N} / 126.6 \text{ mm}^2 = 1.54 \text{ Mpa.}$$

H. Selección del material para la estructura

Para realizar la selección del material y dimensión adecuada del tubo se utiliza como referencia la fuerza mayor de 425.36 N encontrada en el punto B de la estructura.

$$\sigma_d = Su/12 \quad \sigma_d = 176/12 = 14.6 \text{ Mpa} \text{ Esfuerzo de compresión}$$

Con el esfuerzo de diseño y la fuerza resultante de 425.36 N se procede a determinar el área del tubo para el diseño requerido.

$$\sigma = F/A \quad A = 425.36 \text{ N} / 14.6 \text{ Mpa} = 29.13 \text{ mm}^2$$

Para determinar las características del tubo de la estructura se establece un diámetro mayor estándar con el fin de encontrar el espesor mínimo del tubo ideal, por disponibilidad en el mercado se define un diámetro mayor de 1 pulgada obteniendo el espesor mediante el siguiente proceso.

$$A = \pi/4 (D^2 - d^2) \quad D = \sqrt{4A/\pi + d^2} \quad D = \sqrt{4 * 29.13/\pi + 25.4^2} \quad D = 26.11 \text{ mm}$$

Para determinar el espesor ideal del tubo se realiza la diferencia de diámetro externo con el diámetro interno.

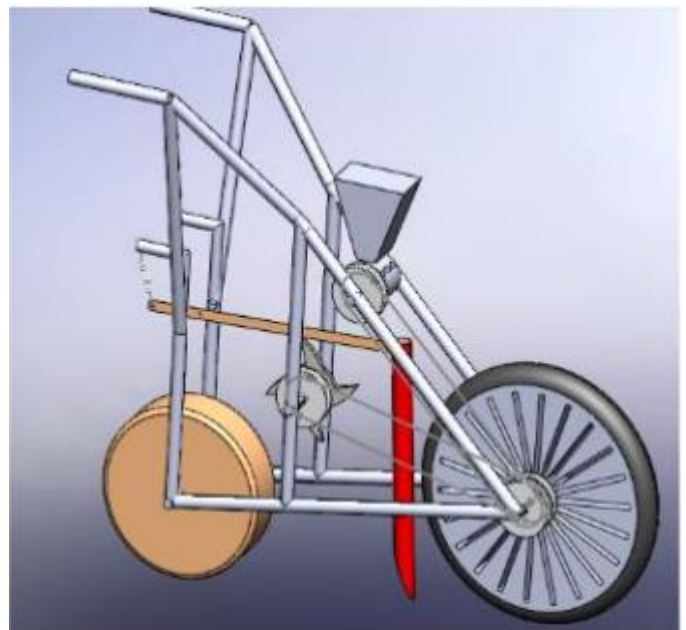
$$S = D1 - D2/2 \quad S = 26.11 \text{ mm} - 25.4 \text{ mm} / 2 = 0.36 \text{ mm.}$$

Comercialmente no existe un tubo de 0.36 mm de espesor por tanto el fabricante ACESCO, tiene disponible el tubo de 1 pulgada con un espesor mínimo de 1.2 mm , el cual es elegido como tubo para la construcción de la estructura.

I. Estructura final del prototipo



J. Diseño final del prototipo



La respectiva construcción se lleva a cabo los análisis y parámetros establecidos anteriormente en cuanto a la selección de materiales, así como también en su estructuración.

III. CONCLUSIONES.

- Al momento de realizar una investigación detallada sobre la existencia de maquinaria agrícola, se observó que en su mayoría están diseñadas para terrenos totalmente planos y preparados lo cual permitió diseñar y construir un prototipo que se adapte a terrenos con cierto grado de inclinación en busca de dar solución a la problemática planteada.
- Analizando la practica tradicional de la siembra de frijol se desarrollaron mecanismos que permitan realizar la siembra con una mayor optimización sin alterar los requerimientos técnicos agrícolas que se han venido manejando por los agricultores.
- Debido al diseño estructural, el prototipo se adapta fácilmente al operario permitiendo un manejo practico, sencillo y comfortable lo cual adopta posturas cómodas sin ocasionar esfuerzo físico por la utilización continua.
- En las pruebas de funcionamiento se presentó un rendimiento optimo ya que con el prototipo se logra sembrar 7.4 kilogramos por hora superando el rendimiento de siembra tradicional, se debe tener en cuenta que para obtener este rendimiento la semilla tiene que estar seleccionada.
- En la construcción se presentaron diferentes inconvenientes debido a que no se tuvo en cuenta algunas reacciones que presentaría el prototipo al momento de ponerlo a prueba, el cual se logró solucionar mejorando sus mecanismos.
- A medida que se avanzaba en la construcción, se estudiaron y probaron las distintas partes de la máquina, perfeccionándose aquellas partes según los resultados obtenidos en las pruebas estáticas como dinámicas realizadas, en donde la transmisión de movimiento en conjunto con el mecanismo dosificador y la barra de perforación presentaron inconvenientes en la profundidad de sembrado y la selección de semillas, pero se solucionaron de acuerdo a las falencias presentadas.
- Los costos para el desarrollo y construcción del prototipo no superaron un SMLV, lo cual permite ser una herramienta accesible a pequeños productores

IV. RECOMENDACIONES.

- Debido a la inconsistencia y obstáculos presentados en el suelo el mecanismo de perforación presenta variaciones en la profundidad, en algunos casos dejando la semilla muy profunda o muy encima, por tal razón es recomendable analizar puntualmente los obstáculos que se presentan en el suelo para determinar una profundidad de siembra estándar.
- Al tener un mayor rendimiento de siembra se requiere una tolva con mayor capacidad de almacenamiento de semilla con el fin de cubrir más área con una sola recarga.

- Se recomienda implementar un mecanismo que cubra mejor la semilla con tierra con el fin de obtener una germinación correcta.
- Cabe la posibilidad de adecuar el prototipo con la implementación de un motor que ayude al accionamiento de los diferentes mecanismos para obtener un mayor rendimiento y accesibilidad a terrenos con mayores inclinaciones, así como también dar mayor precisión en el proceso.

V. REFERENCIAS

- Budynas, G., Nisbett, R. y Keith, J. Elementos mecánicos flexibles. Roig, V. P. y Zapata, T. M. (Eds.), Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley.(pp. 879) MC GRAW HILL.
- Ministerio de Agricultura. (2020). Cadena del frijol. Dirección de cadenas agrícolas y forestales. <https://sioc.minagricultura.gov.co/AlimentosBalanceados/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales%20frijol.pdf>
- Parra P. Anderson., (2020). Evaluación agronómica del cultivo de frijol Phaseolus vulgaris L variedad lima en las condiciones de San Vicente del Caguán Caquetá. Universidad de La Salle, Yopal, Casanare. 140 https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1174&context=ingenieria_agro_nomica.
- walia U.S. (2020), crop management 2nd edition. Scientific Publishers. <https://books.google.com.co/books?id=VTAsEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.