DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUACION DE UN PROTOTIPO DE DESGRANADORA MANUAL PARA MAIZ (*Zea maíz)*

ANGEL GABRIEL BARRETO HERNANDEZ
LEONARDO ALFONSO ALVIZ CONTRERAS
SAUDITH DE JESUS TOVAR VILLADIEGO

UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA
SINCELEJO – SUCRE
2006

DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUACION DE UN PROTOTIPO DE DESGRANADORA MANUAL PARA MAIZ (*Zea maíz)*

ANGEL GABRIEL BARRETO HERNANDEZ
LEONARDO ALFONSO ALVIZ CONTRERAS
SAUDITH DE JESUS TOVAR VILLADIEGO

Director:
ISMAEL SANDOVAL ASSIA
Ing. Agrícola

UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA
SINCELEJO – SUCRE
2006

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____
Presidente del Jurado

_____
Jurado

_____
Jurado

Sincelejo, Febrero__ de 2006

A Dios por guiarme en todo instante y prodigarme de fuerzas para llevar mi carrera a feliz término.

A mis padres: Cristo Barreto y Yadith Navarro, y todos mis hermanos, por todo apoyo y comprensión de forma incondicional.

Ángel.

A Dios por darme entendimiento, sabiduría y fortaleza para culminar ésta parte de mi proyecto de vida.

A mis padres y hermanos, por compartir conmigo toda una vida llena de dicha y felicidad hasta llegar a obtener este triunfo en mi vida.

Leonardo.

A Dios por darme entendimiento, sabiduría y fortaleza para culminar ésta parte de mi proyecto de vida.

A mis padres y hermanos por todo su amor, apoyo y comprensión en todo momento.

A mi hija Ashley y mi esposa Loly Luz, por ser mi razón de ser y que este triunfo lo dedico con todo mi amor para ellas.

Saudith.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo expresan sus más sinceros agradecimientos:

A Dios por ser nuestro guía principal, por darnos sabiduría y fortalezas para afrontar este reto.

A nuestras familias, por el apoyo y la ayuda constante que nos brindaron para salir adelante y terminar con éxito una etapa de nuestras vida.

A la Universidad de Sucre por haber sido nuestro segundo hogar durante todos estos años y a la Facultad de Ingeniería por contar con docentes idóneos y comprensivos.

y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron para la ejecución del presente trabajo de grado, a todos ellos... Muchas gracias..

CONTENIDO

		Pág.
	RESUMEN	xi
	ABASTRACT	xii
	INTRODUCCIÓN	xiii
1.	**IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**	14
2.	**OBJETIVOS**	17
2.1	OBJETIVO GENERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3.	**JUSTIFICACIÓN**	18
4.	**ESTADO DEL ARTE**	20
4.1	DESGRANADO DE MAÍZ	20
4.2	MAÍZ	22
4.2.1	Fruto	23
4.2.2	Cosecha	24
4.3	MATERIALES Y SU RESISTENCIA	24
4.4	MADERA	26
4.4.1	Propiedades Física de la Madera	26
4.4.2	Propiedades Mecánicas	30
4.5	AFIANZADORES	30
4.5.1	Pernos	31
4.5.1.1	Tipos de pernos	31
4.6	UNIÓN CON SOLDADURA	32
4.7	COJINETES	33
4.8	RESORTES	34
4.8.1	Constante o razón de los Resortes	35

5.	**METODOLOGÍA**	36
6.	**MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS EMPLEADOS**	38
6.1	MATERIALES	38
6.2	HERRAMIENTAS	38
6.3	EQUIPOS	39
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
7.1	ETAPA DE DISEÑO	39
7.1.1	Diseño Funcional	39
7.1.2	Diseño de la rueda dentada	39
7.1.3	Diseño de la Tabla Acanalada	50
7.1.4	Presión de la rueda dentada que debe ejercer sobre la mazorca por medio de un resorte	53
7.2	DISEÑO ESTRUCTURAL	54
7.2.1	Diseño del eje	55
7.3	CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLADO	60
7.3.1	Etapa de Taladrado	60
7.3.2	Etapa de Soldadura	61
7.3.3	Etapa de Carpintería y Ebanistería	61
7.3.4	Etapa de Ensamblado	62
7.4	EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO DE DESGRANADORA MANUAL PARA MAÍZ	64
7.4.1	Comentarios de un Productor	68
7.5	MANUAL DE OPERACIÓN	69
8.	**CONCLUSIONES**	71
9.	**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**	73
	ANEXOS	75

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Grupo Estructurales de Maderas Tropicales 29

Tabla 2. Esfuerzo de Trabajo de cada Grupo Estructural. 30

Tabla 3. Grado SAE de Acero para Construcción de Afianzadores. 32

Tabla 4. Dimensiones de la Mazorca. 40

Tabla 5. Análisis Estadístico de la Tabla 4 41

Tabla 6. Ensayo para Determinar Longitud libre de las Puntillas. 45

Taba 7. Lecturas del Dinamómetro tomadas en el Campo. 54

Tabla 8. Análisis Estadístico de la Tabla 7 54

Tabla 9. Coeficiente Kf y Kt para Ejes en Rotación. 59

Tabla 10. Tiempo Empleado en Desgranar 50 Mazorcas. 66

Tabla 11. Análisis Estadístico de la Tabla 4 66

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Diámetro de la Mazorca. 42

Figura 2. Diámetro de la Tuza. 42

Figura 3. Longitud de la Mazorca. 43

Figura 4. Dimensiones de un Grano de Maíz. 43

Figura 5. Longitud Libre de las Puntillas. 47

Figura 6. Arreglo de las Puntillas en la Rueda Dentada. 48

Figura 7. Tabla Acanalada. 52

Figura 8. Resorte Usado en los Ensayos de la Desgranadora. 53

Figura 9. Esquema de la Manivela, Eje y Rueda Dentada. 55

Figura 10. Esquema de Radios de la Rueda Dentada. 56

Figuras 11 y 12. Diagrama de Fuerzas Flexionantes. 56-7

Figura 13. Diagrama de Fuerza, Cortante y Momento Flexionante. 58

Figura 14. Diagrama de Momento de Torsión. 58

Figura 15. Taladrado de la Rueda Dentada para Introducir las Puntillas. 61

Figura 16. Tallado de la Tabla Acanalada. 62

Figura 17. Ensamblado de la Desgranadora. 63

Figura 18. Prototipo final de la desgranadora manual para maíz 63

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Presupuesto 76

Anexo B. Dimensiones de la desgranadora 77

Anexo C. Detalles observados en la desgranadora 80

Anexo D. Ensayos realizados para la obtención del prototipo final 81

RESUMEN

En el taller de mecánica de la Universidad de Sucre se llevo a cabo la construcción de un prototipo de desgranadora manual para maíz, que estructuralmente fue construida con piezas de madera previamente dimensionadas acogiendo cada uno de los parámetros tenidos en cuenta para su diseño (dimensiones de la mazorca, tamaño de los granos de maíz, arreglo de las puntillas, …). De entre las piezas que la conforma, la rueda dentada y la tabla acanalada constituyen las partes fundamentales ya que de su buen funcionamiento mecánico en conjunto depende la eficiencia y rendimiento de la maquina. Sus dimensiones son 32 cm, 22 cm, y 85 cm, largo, ancho y alto respectivamente, con un peso promedio de 30 Kg.

La desgranadora manual para maíz tiene un rendimiento de 290 gr/min. Y su costo de construcción es de $84.690.

Palabras claves: desgranadora, desgranar, rendimientos, tabla acanalada, rueda dentada.

ABSTRACT

In the garage of mechanic of the University of Sucre it was maden a prototype of corn handy desgranadora, that is made with wooden pieces, previously sized based on the parameters for its design (corn size, size of corn grains, adjustment of finishing nails...). Among the pieces of the machine, the gear and the channeled table are the main parts since the operation together depend the efficiency and profit of the machine. Its dimensions are 32 cm, 22 cm and 85 cm, length, wide and high respectively, with a weight average of 30 Kg. The handy desgranadora of corn has a profit of 290 gr/min. And its cost of construction was $84.690.

Key words: Desgranadora, to shell, yields, chaneled table, gear.

INTRODUCCIÓN

Lo que ocurra en el sector rural toca a todos aquellos que de una u otra forma se sienten comprometidos y tienen que ver con su desarrollo y sostenibilidad. Para hacer de la agricultura un negocio rentable se debe proveer de técnicas, herramientas y máquinas que hagan de ella una actividad menos ardua y se puedan alcanzar los máximos rendimientos de la producción.

Así como en la etapa de establecimiento del cultivo donde se ejecutan una serie de actividades, tales como las que reúne la preparación del terreno y el manejo agronómico para los cuales se cuentan con máquinas, herramientas y equipos que permiten establecer grandes áreas de cultivos, la etapa de poscosecha se asume de igual importancia, por lo que ella debe dotarse de tecnología que conlleve a procesar y conservar el producto para darle mayor valor agregado.

El presente trabajo es una alternativa de solución para realizar la operación de desgrane de maíz, ya que por motivos económicos la mayoría de los pequeños productores del Departamento de Sucre no tienen acceso a máquinas para desarrollar dicha labor, la cual hacen de manera manual y/o a golpes, en lo que disponen buena parte de su tiempo y de su esfuerzo. Por tal motivo, se diseñará, construirá y evaluará un prototipo de desgranadora manual para maíz, eficiente y fácil de construir, teniendo en cuenta las especificaciones de su diseño, a la que tengan acceso todos los productores de maíz. Ésta es una máquina innovadora accionada por la fuerza que el hombre puede generar con sus manos y que a través de una manivela la transmite a un eje en el que se encuentra enroscada la rueda dentada, quien en conjunto con la tabla acanalada tiene la función de desgranar la mazorca de maíz.

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La economía del Departamento de Sucre se sustenta de las actividades agropecuarias, siendo la actividad agrícola un renglón que juega un papel muy importante, principalmente los cultivos de yuca, maíz, arroz, tabaco, entre otros; los cuales son cultivados por medianos y pequeños productores de donde estos últimos devengan sus ingresos para solventar sus necesidades básicas. Actualmente en nuestro Departamento hay en promedio 13,250 productores que cultivan maíz, a los cuales si los relacionamos con el área total dedicada a éste cultivo se obtiene en promedio una relación de 1.25 ha de maíz cultivada por productor.

Del total de productores, el 83% cultivan entre 0.5 ha a 2.0 ha, el 15% cultivan entre 2.0 ha a 5.0 ha y solo un 2% cultivan más de 5.0 ha; teniendo en cuenta que los productores que representan el 83%, obtienen rendimientos que van desde los 1270 Kg/ha hasta los 2220 Kg/ha en promedio[1], dependiendo de la forma de cultivo (Tecnificado/Tradicional) y constituyen a los pequeños productores que realizan las actividades de poscosecha manualmente.

Para el establecimiento y manejo agronómico de los cultivos, el Departamento cuenta con un banco de maquinaria insuficiente lo que hace que se presenten alteraciones en el calendario de actividades agrícolas que normalmente se maneja en la región, trayendo como consecuencia para algunos productores de maíz entre ellos los pequeños productores bajos

[1] U.R.P.A. Informe de Coyuntura Semestres B – 2002 al B 2004. Secretaria de Desarrollo Económico y Medio Ambiente. Gobernación de Sucre.

rendimientos en la producción de maíz, mientras que para las labores de cosecha y poscosecha son pocas las máquinas que se tienen, lo cual implica en una mayor inversión de tiempo y requerimiento de mano de obra para ejecutar dichas labores.

En las actividades de poscosecha principalmente en la labor de desgranado, se realiza con máquinas desgranadoras accionadas o acopladas al toma de fuerza del tractor a la cual solo tienen acceso los medianos productores, mientras que los pequeños productores no acuden a éstas, prefiriendo realizar dicha labor empleando técnicas rudimentarias que lo "esclavizan" y no permiten que sea eficiente en desgranado del maíz. Las razones por la cual estos últimos no acuden a las máquinas que son accionadas por la toma de fuerza de un tractor para el desgranado de sus cosechas de maíz son:

- Poca área dedicada al cultivo de maíz (predomina más que todo el cultivo en asocio).
- Bajos rendimiento en la producción del cultivo de maíz.
- Las máquinas no pueden llevarse a los diferentes sitios donde se cultiva maíz por el mal estado de las vías (caminos vecinales) y/o sacarlo a los centros de acopio para procesarlo incrementa los gastos al pequeño productor quien no tiene como pagar.
- Baja capacidad económica para acceder y/o comprar maquinas desgranadoras de maíz auto propulsadas y/o accionadas por fuerza motriz.

El diseño, construcción y evaluación de un prototipo de desgranadora manual para maíz requiere de una baja inversión económica, ya que los materiales y herramientas utilizados en la construcción son de fácil adquisición, elaboración y de bajos precios.

Con la construcción de la desgranadora manual para maíz esperamos darle al pequeño productor una nueva alternativa para que a la hora de realizar la operación de desgrane lo hagan de una manera rápida, cómoda, segura, fácil y ahorrando dinero, evitándose comprar combustibles o consumir energía eléctrica, la cual en algunos lugares no hay cobertura de éste servicio.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir y evaluar un prototipo de desgranadora manual para maíz que sea accesible a los pequeños productores agrícolas que cultiven maíz del departamento de Sucre.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Utilizar madera como material principal en la construcción de la desgranadora manual para maíz, buscando con ello obtenerla a bajos costos.
- Seleccionar el tipo de madera comercial que sea económica y que tenga un buen comportamiento ante los diferentes esfuerzos a que será sometida.
- Diseñar las piezas principales de la maquina, que le dan funcionalidad para obtener el máximo rendimiento posible en el desgranado del maíz.
- Construir el prototipo de desgranadora manual para maíz, teniendo en cuenta las especificaciones de su diseño y que debe ser operada por una sola persona.
- Verificar en el taller la funcionalidad y el comportamiento mecánico de las piezas de la maquina, en conjunto.
- Evaluar la funcionalidad y su comportamiento mecánico, sometiéndola a trabajo continuo por más de dos horas.

3. JUSTIFICACIÓN

El departamento de Sucre se caracteriza por su producción agrícola en maíz. La poca disponibilidad de maquinaria agrícola, el bajo poder adquisitivo de los agricultores para comprar maquinas desgranadoras, la existencia de un mayor número de pequeños productores de maíz en comparación con los medianos productores, el bajo nivel educativo que estos productores tienen y la falta de políticas que conlleven a la tecnificación del sector agropecuario ha mantenido sumido en el atraso la producción y procesamiento de materia prima bajo técnicas rudimentarias con herramientas obsoletas empleadas que requieren de mayor tiempo y mano de obra con menor eficiencia haciendo que los rendimientos sean los mínimos, contextualizado con esta problemática con el presente proyecto se pretende contribuir a mejorar la eficiencia en la labor de desgranado del maíz diseñando, construyendo y evaluando un prototipo de desgranadora manual para maíz que se ajuste a las condiciones económica de los pequeños productores.

De los 13,250 productores que cultivan maíz en el Departamento, el 83% corresponde a los pequeños productores que siembran entre 0.5 ha a 2.0 ha de maíz, quienes dependiendo de sus rendimientos en la producción y que una vez construida la desgranadora manual para maíz y este siendo empleada por ellos, tengan la posibilidad de aumentar sus ingresos y beneficios.

Lo importante del diseño y construcción, es que no producirá efectos adversos al ambiente y no tiene incidencia de ningún tipo sobre la sustentabilidad de los sistemas en los que se incorpore, además se adapta a

todos los pequeños productores, es practica, liviana, puede ser fácilmente trasladada, no consume energía eléctrica, ni combustible para su puesta en funcionamiento, presenta un buen rendimiento y se acciona manualmente, también permite ahorrar jornales de trabajo y utiliza mejor la mano de obra disponible en los lugares de trabajo, es decir de esta manera liberar jornales que puedan ser utilizados en otras actividades.

Si no se construye esta desgranadora manual para maíz los pequeños productores seguirían invirtiendo mayor tiempo para realizar la operación de desgrane.

La Universidad de Sucre por ser la única que ofrece el programa de Ingeniería Agrícola en la región, no solo a nivel departamental, sino de la costa atlántica, es la llamada a través de sus profesionales y de la investigación a dar soluciones a los problemas que presentan los productores en la implementación, manejo agronómico cosecha y poscosecha de sus cultivos.

Esta alternativa de solución se encuentra cobijada en los planes de la Universidad de Sucre, a través de la línea investigación de desarrollo técnico agrícola y ambiental, la cual su objetivo general la contempla.

Fortalecer la investigación en el programa de Ingeniería Agrícola y contribuir al desarrollo sostenible del medio productivo teniendo en cuenta la investigación formativa y de innovación tecnológica en los aspectos biológicos, ecológicos, mecánicos e ingenieriles, buscando crear condiciones optimas para la explotación agropecuaria mediante la aplicación de las técnicas de producción, conservación y transformación de la materia prima agropecuaria.

4. ESTADO DEL ARTE

4.1 DESGRANADO DEL MAÍZ

En las pequeñas unidades campesinas las tareas eminentemente manuales de postcosecha de maíz (la recolección, clasificación, acarreo, acopio, etc.), son actividades de carácter familiar donde participa toda la familia, con énfasis en la mujer adulta y los niños, quienes disponen de buena parte de su tiempo y de sus esfuerzos en la labor de desgranado del maíz.

Actualmente las técnicas rudimentarias para realizar esta labor dan como rendimiento aproximadamente un quintal (100 lb) durante cuatro horas[2], siendo laborioso y alargando la jornada de trabajo. Una de las técnicas de desgrane mas usadas de la región consiste en colocar dentro de un saco las mazorcas sin hojas para luego golpearlas con un palo, esta técnica presenta el inconveniente de requerir un número de golpes indeterminados hasta desprender el grano del eje de florescencia o tusa, teniéndose que completar con el desgranado a mano, siendo esta tarea muy agotadora y desorganizada.

Aparentemente estas tareas son enteramente manuales; por lo que para ellos el trabajo mecánico exige importantes inversiones y nuevos conocimientos, siendo esto una obvia limitación de estos pequeños productores al acceso a estas tecnologías. La implementación de tecnología mejorada (Ej. las desgranadoras) permite el acceso de toda la familia, haciendo de ésta una labor mas llevadera en la que se dedique el menor tiempo y esfuerzo.

---

[2] Silvia Arguello, Guía Conceptual y Metodológica de Género en Poscosecha. bajo Carta de Acuerdo entre FAOGCP/ECU/069/NET y la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas – CESA. Disponible en: http://www.rlc.fao.org/MUJER/docs/Guia_Conceptual_Poscosecha/G_y_Post/Tema1.htm#tema1

Existen varios tipos de desgranadoras de maíz, que van desde el desgranado a mano hasta los equipos manuales o a pedal y los accionados a energía. Si bien las desgranadoras manuales resultan muy baratas, la producción que se obtiene es muy reducida.

Las desgranadoras manuales o a pedal consisten en un embudo de alimentación y en un disco para el desgranado que gira por medio de una manivela. El grano se retira a medida que la mazorca pasa a través de la máquina. La producción con este tipo de desgranadora oscila entre 30 y 150 kg/hora[3].

Las desgranadoras accionadas por fuerza motriz operan de manera similar a las trilladoras, con cilindros rotatorios provistos de dientes de espiga, piezas de lija y cóncavos de metal. Las mazorcas deben pelarse antes de entrar al tambor de desgranado. Algunas desgranadoras de maíz tienen rodillos que pelan las mazorcas antes de que éstas pasen al tambor de desgranado. Las desgranadoras a motor no resultan apropiadas para el pequeño agricultor que trabaja individualmente.

Casi todo el maíz recolectado para semilla se cosecha mecánicamente con pizcadores modificados, o a mano, muy poco es el que se recoge con segadoras, cosechadoras o con cosechadoras-desgranadoras. En consecuencia, el desgranado es una operación necesaria en casi todas las instalaciones de conservación y preparación del maíz. Existen desgranadoras mecánicas de varios tamaños, desde las desgranadoras de una sola mazorca a las proyectadas para desgranar más de 18 tn métricas de maíz/ha.

[3] Por M. De Lucia y D. Assennato Consultores en la FAO. La ingeniería en el desarrollo - Manejo y tratamiento de granos poscosecha. Disponible en World Wide. Web: http://www.fao.org/docrep/X5041S/x5041S00.htm#Contents

El desgranado es una operación crítica. Si bien, la semilla del maíz no es sumamente sensible a los daños mecánicos, con contenido de humedad de 16 a 17%, sin embargo, puede sufrir graves daños si no se pone sumo cuidado en el desgranado. Los resultados de la prueba de frío demuestran que en el desgranado se producen tantos daños como en todas las demás operaciones combinadas de manipulación. Para que la semilla sufra los daños mínimos, el maíz se debe desgranar cuando la semilla tenga un contenido de humedad de 16 al 17%; la desgranadora debe tener una alimentación uniforme y casi el máximo de capacidad de carga, y debe reajustarse de manera que se obtenga un desgranado completo a la velocidad más lenta posible. Aún cuando muchos preparadores de maíz comercial emplean desgranadoras especialmente modificadas, pueden obtenerse resultados satisfactorios con la mayor parte de las desgranadoras de maíz si se tiene un lógico cuidado en su empleo[4].

4.2 MAÍZ

(*Zea maíz*). m. Planta de la familia de las Gramíneas, tribu maiceas originario de América. Entre las especies pertenecientes a dicha tribu solo el Zea mays tiene interés desde el punto de vista agrícola y económico. Es de tallo grueso con nudos y macizo de uno a tres metros de altura según las especies, hojas largas, planas y puntiagudas, flores masculinas en racimos terminales y las femeninas en espigas axilares resguardadas por una vaina, que produce mazorcas de grandes granos.

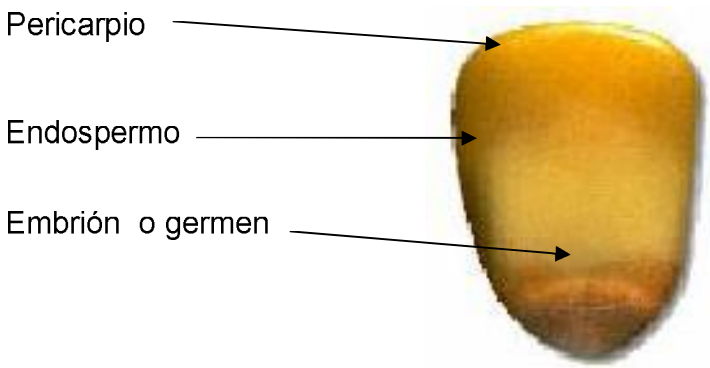
[4] G. Granados, Manejo poscosecha. Disponible en World Wide Web:http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/003/X7650S/x7650s01.htm. [Consulta en Marzo 18 del 2005.]

4.2.1 Fruto.

El maíz es una planta monoica, es decir, que cada planta tiene flores masculinas y femeninas, las primeras se agrupan en una panícula terminal y la segunda se reúne en varias espigas (panojas o mazorcas) que nacen de las axilas de las hojas del tercio medio de la planta. Las espigas femeninas se agrupan en una ramificación lateral gruesa, de forma cilíndrica, cubierta por brácteas foliadas. Sus estilos sobresalen de las brácteas y alcanzan una longitud de 12 a 20 cm, formando su conjunto una cabellera característica que sale por el extremo de la mazorca que se conocen vulgarmente con el nombre de sedas o barbas. Cada flor femenina si es fecundada en su momento, da lugar a un fruto en forma de grano, más o menos duro, lustroso, de color amarillo, púrpura o blanco.

Los frutos quedan agrupados formando hileras alrededor de un eje grueso. Los híbridos de maíz utilizados hoy en día de forma muy generalizada, contienen unos 600 a 1000 frutos (granos) por mazorca, alineados en 16 a 20 hileras de uno 50 granos cada una.

El fruto (grano) es un cariópside (fruto seco e indehiscente (que no se abre)) a cuya única semilla está adherida el pericarpio (envoltura exterior del fruto), formada por la cubierta o pericarpio (6% del peso del grano), el endospermo (80%) y el embrión o germen y/o semilla (11%).



4.2.2 Cosecha.

Tan pronto como los granos de maíz alcanzan la madurez fisiológica, la cual puede ser reconocida por la presencia de una capa negra en el punto de inserción de la semilla en el lote, se puede iniciar la cosecha. Es en este momento que la calidad del grano está en su punto máximo y de aquí en adelante tiende a disminuir a una tasa que depende de la forma en que es manejado. Sin embargo, el cultivo raramente es cosechado en el momento de la madurez fisiológica porque en este momento los granos tienen un contenido muy alto de humedad (30-35%) y sería antieconómico reducir artificialmente el contenido de humedad a niveles aceptables del 10-12% para su buen almacenamiento. Por lo tanto, la cosecha normalmente se demora hasta que la humedad del grano ha llegado a 20-25%. Si las mazorcas son desgranadas directamente en el campo, la humedad debería estar por debajo de 20% para evitar daños mecánicos.

4.3 MATERIALES Y SU RESISTENCIA

En toda obra de ingeniería es necesario determinar las dimensiones físicas que componen un sistema estructural. Dichas partes deben tener las proporciones adecuadas para que resistan las fuerzas reales o probables que habrán de aplicárseles. Así, las partes de una estructura compleja debe ser lo bastante rígida para que no se flexionen en exceso por acción de las cargas que se les impongan.

El comportamiento de un elemento estructural en el que actúan fuerzas dependen no solo de las leyes fundamentales de la mecánica newtoniana que gobiernan el equilibrio de las fuerzas, sino también de las características físicas de los materiales de que esté hecho tal elemento, cuya información es obtenida en laboratorio por medio de ensayos con probetas o especimenes del material, publicándose los resultados obtenidos en tablas.

La resistencia de materiales es la ciencia que se encarga de estudiar la resistencia interna de un cuerpo, es decir, de la naturaleza de las fuerzas que se originan en su interior para equilibrar el efecto de las fuerzas aplicadas exteriormente. Si se analiza la aplicación de una fuerza a un elemento estructural en las tres componentes (X, Y, Z), se estudiará un efecto distinto de la fuerza aplicada sobre el elemento, las cuales reciben un nombre especial que se indica a continuación:

- Fuerza Axial: esta componente corresponde a la acción de tirar o de empujar contra una sección, es decir, que es una fuerza aplicada contra la sección transversal del elemento y paralela a su eje.

- Fuerza Cortante: esta componente mide la resistencia al deslizamiento entre dos porción del elemento por acción de la fuerza y en la dirección de la misma.

- Momento Torsionante: esta componente mide la resistencia del elemento a la torsión, es decir, la resistencia a girar sobre su propio eje por acción de la fuerza.

- Momento Flexionante: esta componente mide la resistencia del elemento a curvarse o flexionarse sobre su propio eje por acción de la fuerza[5].

En ingeniería se acostumbra descomponer o resolver estas componentes de las fuerzas en la dirección perpendicular y paralela a la sección de estudio. La componente perpendicular o normal a la sección se denomina esfuerzo normal y se representa matemáticamente como:

[5] Ferdinand L. Singer. Resistencia de Materiales Pág. 1 - 17

$\sigma = F/A$

Donde σ es esfuerzo normal, F es fuerza y A es la sección transversal, perpendicular ala dirección de la fuerza.

La intensidad de la fuerza que actúa paralelamente al plano del área elemental produce un esfuerzo cortante, el cual matemáticamente se representa como:

$\tau = V/A$

Donde τ es el esfuerzo cortante, V es la componente de la fuerza paralela a la sección y A es el área o sección. En los casos en que un cuerpo es soportado y/o sometido por otro, se presenta un esfuerzo normal el cual se acostumbra llamar como esfuerzo de aplastamiento.

4.4 MADERA

La madera es la sustancia dura debajo de la corteza de los árboles; compuesta en su mayor parte por células huecas y alargada dispuesta paralelamente a lo largo del tronco y ramas. Las propiedades químicas, físicas y mecánicas de ella, dependen de las especies y del desarrollo vegetativo del árbol. A continuación se resalta sus propiedades físicas y mecánicas ya que influyen directamente sobre su comportamiento como elemento estructural.

4.4.1 Propiedades Físicas de la Madera.

Contenido de Humedad: Según Posada J. (1989) el contenido de humedad representa la proporción por peso de agua contenida una muestra de madera que afecta sus propiedades estructurales, acústicas, térmicas y eléctricas; además de alterar sus dimensiones, su peso, su trabajabilidad y su resistencia al ataque de organismos.

La madera en estado verde contiene una gran cantidad de agua, la cual puede llegar a representar hasta un 120%. Esta agua se encuentra en la madera en tres formas, ellas son:

Agua Libre. Es líquido contenido entre las cavidades celulares. Esta agua se pierde principalmente por evaporación, para ello las piezas de madera se exponen al medio ambiente hasta alcanzar un contenido de humedad del 30% aproximadamente.

Agua Higroscópica. Es el agua retenida y/o absorbida en las paredes celulares y es el agua comprendida entre el 30% y el 10% en la madera.

Agua de Constitución. Es el agua que se encuentra formando parte de la estructura molecular y se pierde solo por combustión de la madera.
Aproximadamente el 30% del agua está retenida dentro de las paredes de la madera, a este valor de contenido de humedad se le denomina Punto de Saturación de la Fibra (PSF) y es aproximadamente igual para todas las especies.

La madera como material higroscópico tiene la facilidad de asimilar y eliminar agua en forma de vapor, por lo que puede quitarle o adicionarle vapor de agua a la atmósfera dependiendo de la diferencia en el contenido de humedad entre ellas. La humedad de equilibrio de la madera oscila generalmente entre un 10% y un 15% dependiendo del clima de la zona.

La madera puede presentar tres estado o condiciones de acuerdo al contenido de humedad:

- Estado Verde. Cuando ha perdido parte del agua libre.
- Estado Seco. Cuando ha perdido el agua libre y parte del agua higroscópica.

- Estado Anhidro. Cuando ha perdido toda el agua libre y toda el agua higroscópica.

Las propiedades físico-mecánicas de la madera varían entre el PSF y la humedad de equilibrio, es decir, por debajo del PSF la resistencia aumenta a medida que disminuye el contenido de humedad, por encima del PSF las propiedades mecánicas son independientes del contenido de humedad y por debajo del contenido de humedad de equilibrio, las propiedades mecánicas son prácticamente constantes.

El contenido de humedad afecta las demás propiedades físicas de la madera, influenciando más sobre la densidad.

La Densidad es la relación existente entre el peso y el volumen de la madera, cuya relación varia dependiendo de los cambios por contracción o expansión de las dimensiones que experimenta una pieza de madera al perder o ganar humedad, es decir, que el peso y volumen de la madera varían de acuerdo con el contenido de humedad de la misma, por tanto se hace necesario distinguir a que contenido de humedad se mide la densidad. En los estudios sobre madera se estiman cuatro densidades; ellas son:

Densidad Verde. Es la relación existente entre el peso verde y el volumen verde de la madera.

Densidad Seca al Aire. Es la relación existente entre el peso seco al aire y el volumen seco al aire de la madera.

Densidad Anhidra. Es la relación existente entre el peso seco al horno y el volumen seco al horno de la madera.

Densidad Básica. Es la relación existente entre el peso seco al horno y el volumen en estado verde de la madera.

La densidad es un indicador muy seguro de las propiedades de la madera tales como la resistencia, la facilidad de trabajabilidad entre otras que en correlación con las propiedades mecánicas ha permitido crear grupos estructurales en razón a la gran cantidad y variabilidad de especies; las cuales facilitan el uso de la madera como material estructural, facilitando además la comercialización (ver Tabla 1).

Tabla 1. Grupo Estructurales para Maderas Tropicales en América del Sur

Grupo **A**	Densidad Básica de 0.7 gr/cc y más
Grupo **B**	Densidad Básica de 0.56 gr/cc y 0.7 gr/cc
Grupo **C**	Densidad Básica de 0.4 gr/cc y 0.55 gr/cc

Fuente: I.C.P.C (1981)

Las maderas comprendidas en el rango de densidades básicas de 0.4 gr/cc a 0.7 gr/cc presentan facilidad para aserrado, secado, preservación, clavado, trabajabilidad además se pueden emplear en construcciones livianas y/o pesadas. Por encima de 0.7 gr/cc, estas maderas presentan alta resistencia mecánica y se utilizan más que todo para construcciones pesadas, pero requieren de un tratamiento especial en el aserrado, son difíciles de secar, son pesadas y presentan dificultad para ser transportadas. Las maderas de densidad básica inferiores a 0.4 gr/cc son por lo general blandas, de rápido crecimiento, fácil de aserrar y secar.

4.4.2 Propiedades Mecánicas.

Las propiedades mecánicas generalmente se determinan longitudinal o paralelamente y transversal o perpendicularmente a la fibra. La madera como material de construcción también presenta esfuerzos resistentes y propiedades elásticas, dichas propiedades mecánicas se determinan a base de ensayos de laboratorios con el uso de probetas pequeñas, sanas y libre de defectos de acuerdo con normas establecidas.

Los valores que se utilizan en el diseño estructural son los de la flexión, tracción, compresión paralela a la fibra, compresión perpendicular a la fibra y cizallamiento. (Ver tabla 2).

Tabla 2. Esfuerzo de Trabajo de Cada Grupo Estructural.

Propiedad	Unidad	Grupo estructural		
		A	B	C
Densidad	gr/cc	0.71 – 1.0	**0.56 – 0.70**	0.40 – 0.55
Flexión	Kg/cc	150	110	60
Compresión paralela	Kg/cc	120	85	50
Compresión perpendicular	Kg/cc	60	45	30
Tracción paralela	Kg/cc	125	90	60
Cizalladura	Kg/cc	15	12	10

Fuente: I.C.P.C (1981).

4.5 AFIANZADORES

Un afianzador es cualquier dispositivo que se utiliza para conectar o unir dos o mas componentes. En el mercado se dispone literalmente de cientos de tipos y variantes de afianzadores. Los más comunes son los afianzadores

con cuerda a los que se hace mención con múltiples nombres: entre ellos pernos, tornillos, tuercas, pernos prisioneros, entre otros.

4.5.1 Pernos.

Un perno es un afianzador provisto de cuerda que se diseña de manera que pase a través de un orificio en las piezas que se enlazan y se asegure al apretar una tuerca desde el extremo opuesto de la cabeza del perno.

4.5.1.1 Tipos de pernos.

De acuerdo a su resistencia los pernos se han clasificado en cuatro grupos:

- Perno de maquina o de hierro (ordinarios o comunes) denominados por las normas técnicas colombianas NTC – 858 como calidad S.A.E. Grado uno y por la ASTM como perno A-307. Tienen punto de fluencia de 4200kg/cm^2 (60000PSI). Se fabrican en diámetros desde ¼ " hasta 1 ½".

Se utilizan en conexiones secundarias y presentan el inconveniente que las tuercas pueden aflojarse. Por lo que sólo se deben usar en uniones tipo aplastamiento, no presentan marca de identificación en su cabeza; los demás grados si llevan identificadores.

- Perno de acero S.A.E. grado 2 NTC – 858 y A-307 (ASTM) son de acero de bajo carbono alcanzando una resistencia a la tensión de 5200kg/cm^2 (74000PSI) para diámetros de ¼" hasta ¾" y 4200kg/cm^2 para diámetros de 7/8" y 1" . Llevan identificador en su cabeza su uso es similar al grado 1.
- Perno de acero de alta resistencia grado 5 A-325 (ASTM). Se fabrican de acero de medio carbono tratado térmicamente y alcanzan una resistencia a la tensión de 8430 kg/cm^2 (120000PSI). Se fabrican en diámetros desde 1/4" hasta 1 1/2" constituyen los pernos estructurales usados en uniones importantes tipo aplastamiento o fricción. Estos pernos pueden

conseguirse galvanizados para algunas aplicaciones especiales que requieren control contra la corrosión.

- Perno de acero de alta resistencia grado 8 (A-490). De acero aleado térmicamente. Su resistencia a la tensión es de 10550kg/cm^2 (150000PSI). Se fabrican desde diámetros desde ¼" hasta 1 ½".

La S.A.E. utiliza números de grado que varían entre 1 a 8 los números mayores indican mayor resistencia. La tabla 3 enumera algunos aspectos de este sistema de clasificación que se toman del estándar S.A.E. J 429[6].

Tabla 3. Grado S.A.E. de Acero para Fabricar Afianzadores.

Número de grado	Tamaño del perno (pulgadas)	Resistencia a los esfuerzos de tracción (Su), (KSI)	Resistencia a punto sedente (Sy), (KSI)
1	¼ - 1 ½	60	36
2	¼ - ¾	74	57
3	> ¾ - 1 ½	60	36
4	¼ - 1 ½	115	100
5	¼ - 1	120	92
6	> 1 – 1 ½	105	81
7	¼ - 1 ½	133	115
8	¼ - 1 ½	150	130

4.6 UNIONES CON SOLDADURA

Según McCormac (1991,344) la soldadura es un proceso en el cual se unen partes metálicas mediante el calentamiento de su superficie hasta un estado plástico, de tal manera que las partes fluyen y se unen; este proceso puede o no requerir de metal adicional de aportación. De acuerdo con ello la

[6] Segui, William. Diseño de estructuras de acero con LRFD 2ª Edición. Thomson Editores México, 2000.

soldadura pueden dividirse en dos grupos: soldadura a gas y soldadura de arco eléctrico.

La soldadura de arco utiliza un electrodo como metal de aportación el cual crea un puente entre los metales a soldar fusionándolos con temperaturas que alcanzan hasta los 5500 ^{0}c. A mediada que el extremo del electrodo se funde, se forman pequeños globulitos que son forzados por el arco hacia las piezas por unir penetrando en el metal fundido para formar la soldadura. El grado de penetración de la soldadura se controla con la intensidad de la corriente.

Soldadura a gas. En la boquilla de un soplete se quema una mezcla de oxigeno con un tipo adecuado de combustible generalmente (Acetileno). La llama resultante puede usarse o bien para cortar un metal o para unir dos piezas por fundición, es decir, este tipo de soldadura no requiere de material de aportación. Teniendo en cuenta que le proceso es lento comparado con el otro tipo y que su resistencia no es confiable, la soldadura de gas se usa normalmente en trabajos de reparación y mantenimiento y no con fines estructurales[7].

4.7 COJINETES

Cojinete, pieza de metal u otro material en la que se apoya y gira cualquier eje de maquinaria.

Los cojinetes pueden ser de dos tipos: de bolas o rodillos, denominados también rodamientos o cojinetes no hidrodinámicos y de camisa, llamados asimismo cojinetes hidrodinámicos. El funcionamiento de ambos es diferente. Los no hidrodinámicos o rodamientos no necesitan básicamente un aporte

[7] Mulett Emel. Diseño básico de estructuras metálicas, UNISUCRE. Comité de docente, 1992

continuo de lubricante. En los de camisa o hidrodinámicos, el eje gira de forma concéntrica con un cilindro exterior que le sirve de soporte, mientras que por la parte superior va entrando aceite continuamente. El eje, en su giro, hace de bomba, dándole una presión al aceite que impide que el eje toque al cilindro soporte. Estas presiones a las que se ve sometido el lubricante hacen que éste se caliente, por lo que es necesario un flujo continuo del mismo para evacuar el calor generado.

Dependiendo de la carga del eje, se deberá utilizar en el cojinete una inyección de aceite a presión o simplemente será suficiente asegurar mediante unos aros de arrastre, la llegada del aceite a la parte superior del cojinete, en donde, por gravedad, entra en el espacio comprendido entre el eje y el cojinete (Biblioteca de Consulta Microsoft Encarta, 2005).

4.8 RESORTE

Los resortes o muelles son componentes mecánicos que se caracterizan por absorber deformaciones considerables bajo la acción de una fuerza exterior, volviendo a recuperar su forma inicial cundo cesa la acción de la misma. Es considerada además como un elemento activo que se utiliza para ejercer una fuerza, un torque o absorber vibraciones y al mismo tiempo almacenar energía, donde las fuerzas pueden ser de compresión (empuje), de tracción lineal (jalar) o radial mientras que el torque se utiliza para generar un giro o rotación.

Para su fabricación se emplean aceros de gran elasticidad (acero al carbono, acero al silicio, acero al cromovanadio, etc.). No obstante, la mayor parte de las aplicaciones se emplean alambres metálicos con acero de contenido de carbono relativamente elevado. Existen diferentes tipos de resortes cada uno

de ellos con sus aplicaciones determinadas, su clasificación puede realizarse desde diferentes parámetros:

- Según la forma del resorte: helicoidal cilíndrico, en espiral, laminar, helicoidal cónico.

- Según la forma de la sección transversal del hilo: circular cuadrado y rectangular.

- Según el tipo de carga que soporta: de compresión, de tracción, de flexión, de torsión.

Cabe resaltar que casi todos los materiales para fabricar resortes se fabrican de conformidad con las especificaciones dada por las normas A.S.T.M.

4.8.1 Constante o razón de los resortes (k)

Esta se encuentra definida por la relación entre la fuerza ejercida por un resorte y su deflexión. Esta constante se determina de acuerdo a la ley de Hooke (fuerza por unidad de deformación elástica).

$$k = \frac{F}{\delta} = \frac{\Delta F}{\Delta \delta}$$; Normalmente expresada en kg/cm o bien lb/pul.

Donde (F) es la fuerza total que produce la deformación total (δ) en el resorte y ΔF es el incremento y/o decremento de la fuerza correspondiente a un aumento y/o disminución de la deformación $\Delta \delta$.

Si se conoce la constante del resorte puede calcularse la fuerza a cualquier deflexión.

5. METODOLOGIA

Para llevar a cabo los objetivos planteados se procedió de la siguiente manera:

- Se hizo una previa revisión bibliografía de literatura, concerniente a la labor de desgranado del maíz, las máquinas que cumplen dicha función, así como de los materiales que se utilizaron en el presente trabajo.

- Se diseñó un prototipo de desgranadora manual para maíz teniendo en cuenta los siguientes parámetros para determinar su funcionalidad:

1. Diámetro de la mazorca.
2. Diámetro del eje de florescencia (tuza).
3. Longitud de la mazorca.
4. Tamaño de los granos de maíz.
5. Fuerza necesaria para desprender un grano de maíz.
6. Diámetros de los clavos o puntillas.
7. Penetración de los clavos en la rueda dentada.
8. Longitud libre de los clavos.
9. Diámetro de la rueda dentada.
10. Arreglo de los clavos en la rueda dentada.
11. Tabla acanalada.
12. Presión de la rueda dentada que debe ejercer sobre la mazorca por medio de un resorte.

- Definidos los parámetro se procedió a dimensionar las piezas del prototipo de la desgranadora manual de maíz.

- Una vez obtenida todos los materiales y piezas se realizó el montaje y ensamblado general del prototipo de la desgranadora manual de maíz el cual consiste básicamente en un sistema similar a la de un molino manual en el que se aprovecha la potencia del hombre para transmitirle energía a la manivela que hará girar a la rueda dentada la cual ejercerá sobre la mazorca una presión inducida por un resorte que hará que la mazorca quede presionada entre la rueda dentada y una tabla acanalada.

- Al término de la construcción del prototipo de la desgranadora manual para maíz se realizaran evaluaciones en la Universidad de Sucre y fuera de este con algunos de los pequeños productores de maíz del departamento de Sucre.

  En la evaluación dentro de la Universidad se verificara el funcionamiento mecánico de la maquina con el objeto de observar el accionamiento de cada una de las piezas y de toda la maquina en general.

  La otra evaluación que se realizó en el campo con pequeños productores de maíz. Se evaluó el funcionamiento, rendimiento y los daños mecánicos producidos sobre los granos de maíz una vez terminada la operación de desgrane y se atendieron las sugerencias y recomendaciones de estos.

6. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS EMPLEADOS

6.1 MATERIALES

- Rueda de madera de Tolúa.
- Tablas de (45cm,32cm,1")
- Tabla de (45cm,32cm,1")
- Tabla de (45cm,32cm,1")
- Puntillas de 2" sin cabeza
- Eje de 12mm de diámetro con rosca fina
- Tornillos completos de rosca fina de $1^{1/2}$" de longitud por 1/4" de diámetro
- Clavos sin cabeza de 2 ½"
- Lija Nº 100
- Ángulos
- Malla
- Cojinetes de bola de 12mm de diámetro
- Resorte
- Manivela de molinos caseros
- Un pedazo de tubo D1 ½"x6cm y platina de 6cm de longitud.

6.2 HERRAMIENTAS

- Llave de dado TM716.
- Equipo de soldadura.
- Llave de boca.
- Pie de rey.
- Martillo.
- Metro.

- Compás de precisión.
- Cincel, segueta.
- Escuadra.
- Lápiz de color rojo.
- Cuaderno.

6.3 EQUIPOS

- Taladro.
- Equipo de soldadura.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 ETAPA DE DISEÑO

7.1.1 Diseño Funcional.

En el diseño funcional se determinaron las características y dimensiones de la rueda dentada y tabla acanalada que son las principales piezas que componen el prototipo de la desgranadora manual para maíz.

7.1.2 Diseño de la Rueda Dentada.

Para el diseño de la rueda dentada se tuvieron en cuenta los siguientes los siguientes parámetros (Dimensiones de la Mazorca), los cuales fueron medidos en el taller de materiales y herramienta de la Universidad.

Tabla 4. Dimensiones de la Mazorca

Numero	Longitud Máxima (cm)	Longitud Mínima (cm)	Diámetro Máximo (cm)	Diámetro Mínimo (cm)
1	19.2	10.3	4.8	3.1
2	19.8	9.5	4.6	3.1
3	19.0	9.3	5.0	3.2
4	18.5	11.2	5.1	3.3
5	23.0	10.5	4.9	3.2
6	22.5	10.7	5.1	3.0
7	18.0	9.8	5.2	3.2
8	19.0	10.2	4.8	3.1
9	19.0	9.0	4.8	3.0
10	18.5	10.3	4.9	2.9
11	20.5	11.0	5.0	3.0
12	18.5	10.1	5.1	3.1
13	20.5	10.8	4.9	3.0
14	20.2	9.8	4.9	3.1
15	21.7	10.3	5.1	2.9
16	23.1	9.2	5.2	2.9
17	22.4	9.6	5.0	3.2
18	20.9	9.4	4.8	3.2
19	19.8	10.5	5.1	3.0
20	19.3	9.7	4.9	2.9

Tabla 5. Resumen del Análisis Estadístico de las Dimensiones de la Mazorca

Variables	Long. Máxima	Long. Mínima	Diam. Máxim	Diam. Mínimo
Media	20.17	10.06	4.96	3.07
Error típico	0.35997807	0.13943495	0.035093859	0.027241609
Mediana	19.8	10.15	4.95	3.1
Moda	19	10.3	5.1	3.1
Desviación estándar	1.609870868	0.623572053	0.156944509	0.121828179
Varianza de la muestra	2.591684211	0.388842105	0.024631579	0.014842105
Curtosis	-0.845540194	-0.899693844	-0.199827685	-1.016962693
Coeficiente de asimetría	0.629781079	0.068939315	-0.341275103	0.062095747
Rango	5.1	2.2	0.6	0.4
Mínimo	18	9	4.6	2.9
Máximo	23.1	11.2	5.2	3.3
Suma	403.4	201.2	99.2	61.4
Cuenta	20	20	20	20
Nivel de confianza (95.0%)	0.753442993	0.291840795	0.073452314	0.057017361

Las dimensiones de la mazorca que se tienen en cuenta para el diseño de la desgranadora son valores aceptables, de acuerdo al resumen del análisis estadístico las medias aritméticas son valores representativos respecto all conjunto de datos medidos para cada variable; quienes se alejan en promedio de los valores extremos de cada conjunto de las medias en cantidades muy pequeñas como lo podemos observar según la desviación estándar. Si miramos el rango podemos ver que las dimensiones diámetro de las mazorca en el conjunto de datos tomados, tienen una tendencia a ser uniforme ya que la diferencia entre sus valores extremos es muy pequeña lo cual marca el intervalo donde fluctúa la diferencia con el resto de datos. Lo anterior no sucede con el conjunto de datos de la longitud máxima, indicando esto que la diferencia de longitud entre las mazorcas varía en mayor cantidad.

Para efectos prácticos tomaremos valores redondeados quedando así:

a) Diámetro de la Mazorca. Oscila entre 3 cm y 5 cm aproximadamente, máximo y mínimo respectivamente.

Figura 1. Diámetro de la mazorca.

b) Diámetro del eje de florescencia (tuza). Oscila entre 2 cm y 3 cm aproximadamente, máximo y mínimo respectivamente.

Figura 2. Diámetro de la tuza

c) Longitud de la mazorca. Oscila entre 10 cm y 20 cm aproximadamente, máximo y mínimo respectivamente.

Figura 3. Longitud de las mazorcas

d) Tamaño de los granos de maíz. El largo varia entre 1.0 cm y 1.5 cm, el ancho varia entre 0.8 cm y 1.2 cm y el espesor es de 0.3 cm a 0.5 cm

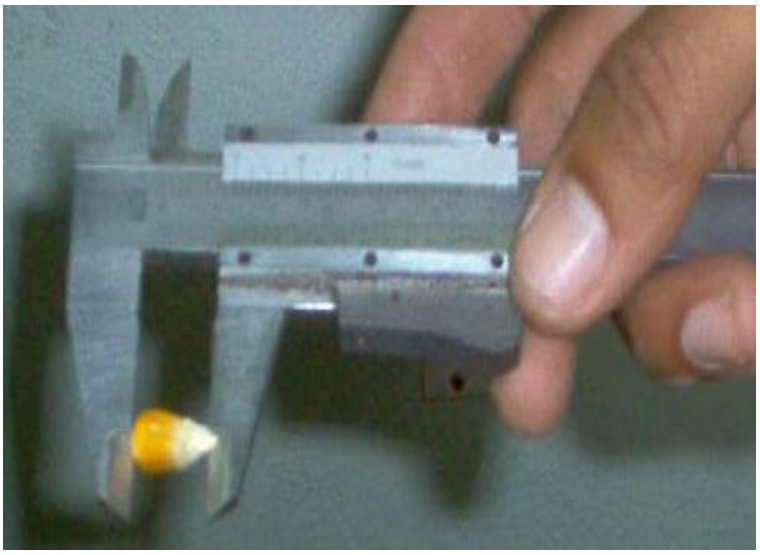


Figura 4. Dimensiones de un grano de maíz.

e) Fuerza necesaria para desprender un grano de maíz. Esta fuerza se midió con un dinamómetro obteniéndose un promedio de 48.1 N (ver tabla 8).

f) Penetración de las puntillas en la rueda dentada. Para determinar la penetración de las puntillas, se sometieron a pruebas (desgranar) calibres comerciales de 15 VWG, 14 VWG y 12 VWG; buscando determinar la profundidad mínima a la cual debe introducirse en la rueda dentada para que no se produzca aflojamiento y desprendimiento de las puntillas, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6. Ensayo para Determinar la Longitud Libre de las Puntillas.

Calibre 15 VWG 38.1 mm X 1.83 mm			Calibre 14 VWG 50.8 mm X 2.11 mm			Calibre 12 VWG 63.5 mm X 2.77 mm		
Longitud Libre (cm.)	Penetración de la puntilla en la madera (cm.)	Observación	Longitud Libre (cm.)	Penetración de la puntilla en la madera (cm.)	Observación	Longitud Libre (cm.)	Penetración de la puntilla en la madera (cm.)	Observación
1.5	1.0	A las dos mazorcas, las puntillas se desajustaron	1.5	1.0	Se desajustaron a las tres mazorcas	1.5	1.0	Se desajustaron
1.5	1.5	Se desajustaron y penetraron los granos de maíz	1.5	1.5	Se desajustaron a las 20 mazorcas	1.5	1.5	Se desajustaron pero en menor proporción
1.5	2.0	Penetraron en los granos de maíz	1.5	2.0	Se desajustaron y hubo rotura de los granos	1.5	2.0	Se trabajo bien
1.5	2.5	Se desajustaron y penetraron en lo grano de maíz	1.5	2.5	No se desajustaron pero hubo rotura de granos	1.5	**2.5**	Se trabajo bien con mayor rendimientos
1.5	3.0	No alcanzo la longitud de las puntillas	1.5	3.0	Hubo rotura de granos	1.5	3.0	Se trabajo bien con igual rendimientos
			1.5	3.5	A las 50 mazorcas no se desajustaron pero hubo rotura de granos	1.5	3.5	Se trabajo bien con igual rendimientos
			1.5	4.0	No alcanzo las puntillas	1.5	4.0	Se trabajo bien con igual rendimientos
						1.5	4.5	Se trabajo bien con igual rendimientos

Nota: para escoger el borde libre o longitud de contacto se tuvo en cuenta que la longitud máxima de un grano de maíz es de 1.5 cm.

Tomándose de este modo una profundidad para introducir las puntillas en la madera de 2.5 cm.

g) Longitud libre de los clavos. La función de la longitud libre de los clavos, es de desgranar (acción de desprender los granos de la tuza) y a su vez transmitir movimiento de giro y desplazamiento a la mazorca y al eje de florescencia (tuza). Para determinar la longitud libre de las puntillas se tuvo en cuenta lo anterior, por lo que se tomó la longitud máxima de un grano de maíz la cual es de 1.5 cm, buscando con ello asegurar el contacto con la tuza para poder inducirle giro y desplazamiento a la misma.

Durante las diferentes pruebas que se realizaron se pudo observar que para los diferentes arreglos de puntillas que se hicieron y se probaron, y con la longitud libre de 1.5 cm constante se presentaba dificultad en la penetración de la mazorca por el espacio existente entre la rueda dentada y la tabla acanalada obligando a ingresarla a la fuerza (empujada) o a comprimir el resorte para permitir el ingreso, incurriendo en perdida de tiempo. La dificultad de penetración se debe a que el diámetro y forma de la parte apical es diferente para cada mazorca. Para contrarrestar este inconveniente en las tres hiladas de puntillas de la parte extrema de la rueda se colocó una longitud libre de las puntillas ascendente permitiéndose amoldar a la situación planteada, facilitando el ingreso voluntario de la mazorca sin la necesidad de empujarla en el mayor de los casos, quedando así que la hilada circular de puntillas perimetral se dejo con una longitud libre de puntillas de 0.5 cm, la que le sigue con una longitud libre de puntillas de 0.75 cm y la que le sigue con una longitud libre de puntilla de 1.0cm y las cuatro hilada circulares de puntillas internas se dejó con una longitud de puntillas de 1.5 cm. (Ver figura 5).

Figura 5. Longitud libre de las puntillas

h) Arreglo de las puntillas en la rueda dentada. Para determinar el arreglo de las puntillas se tuvo en cuenta las dimensiones de los granos y de la tuza encontrándose que el arreglo debe satisfacer lo siguiente:

- Desprender el mayor número de granos de maíz de la tuza por giro de la rueda dentada, inducir giro y desplazamiento de la mazorca y de la tuza.

- Que la tuza y los granos de maíz no queden atorados entre las puntillas que componen el arreglo.

- No tener contacto con los clavos de la tabla acanalada, que cumplen la función de guiar a la mazorca.
- Que no queden granos sin trillar en la tuza.

Atendiendo las anteriores condiciones se logró obtener un arreglo de puntillas, que dependiendo de la óptica con que la mire el observador podrá apreciar diferentes figuras geométricas tales como círculos, triángulos,

paralelogramo, radial, helicoidal entre otras. Para obtener el arreglo de las puntillas se procede primero a trazar círculos separados un centímetro entre sí (primero 3 hiladas circulares en la parte extrema, se deja un espacio de dos centímetros y se hacen 4 hiladas circulares en la parte interna), luego se trazan radios separados entre sí un centímetro, después se taladra los orificios donde irán introducidas las puntillas en los puntos donde se intercepta los radios con los círculos, teniéndose en cuenta que se debe dejar un punto por el medio, a las dos ultimas hiladas internas, se dejan dos puntos por el medio y por último se colocan las puntillas conservándose sus diferentes longitudes libres.

En la Figura 6, se puede observar el arreglo de las puntillas que cumple con las condiciones antes mencionadas.

Figura 6. Arreglo de las puntillas en la rueda dentada

i) Diámetro de la rueda dentada. Para determinar las dimensiones de la rueda dentada se tuvo en cuenta la longitud máxima de la mazorca, la profundidad a la cual deben ir las puntillas y el tipo de madera de mayor

oferta en el mercado, económica y que brinde resistencia a los diferentes esfuerzo a que será sometida.

Tipo de madera empleada en las pruebas: Atendiendo a las observaciones hechas para la selección de la madera, se seleccionó madera tolúa, quien presentó un buen comportamiento de resistencia a los diferentes esfuerzos debidos al funcionamiento de la desgranadora en el taller.

Inicialmente se tomo una rueda con las siguientes dimensiones:

Diámetro = 20.0 cm
Diámetro efectivo = 17.0 cm
Espesor = 3.0 cm

Durante los diferentes ensayos que se hicieron con esta rueda se pudo observar lo siguiente.

- La mazorca, una vez que comienza a pasar por el eje del centro de la rueda dentada (eje horizontal que divide la rueda dentada en dos partes iguales, superior e inferior) comienza a perder el giro en la medida en que va pasando por éste eje, lo cual se debe a que en la parte inferior de la rueda dentada las puntillas impactan a la tuza con la misma magnitud que en la parte superior contrarrestándose de esta forma el giro y presentándose solamente desplazamiento. Lo anterior induce a que la tuza sale al final con un cuarto de cara aproximadamente sin desgranar.

- En la parte superior de la rueda dentada, la mazorca se desgrana, gira y se desplaza.

- En la parte inferior de la rueda dentada las puntillas le inducen un sentido contrario de giro a la mazorca y/o tuza.

La solución más inmediata, fue la de aumentar el diámetro de la rueda dentada dos veces la longitud máxima de la mazorca, el cual quedaría de 40.0cm, trayendo consigo un incremento considerable las dimensiones finales y en el costo de la maquina a fin de conseguir que la mazorca se desgranara completamente en la parte superior de la rueda dentada. Al final se pudo resolver el problema; el cual se logró modificando las dimensiones y forma de la tabla acanalada, profundizando en la parte inferior que coincide con la parte inferior de la rueda dentada 0.3cm buscando con ello reducir el impacto que le induce las puntillas y evitando que el giro se anule completamente para que así la mazorca se desgrane completamente y la tuza salga en el mejor de los casos que es lo que generalmente sucede sin grano de maíz. De esta forma se resolvió el problema de anulación del giro de la mazorca y para mayor seguridad se decidió escoger una rueda dentada con las siguientes dimensiones:

Diámetro = 26.0 cm
Diámetro efectivo = 23.0 cm
Espesor = 3.0 cm

7.1.3 Diseño de la Tabla acanalada. Para el diseño de de la tabla acanalada se tuvo en cuenta las dimensiones de la mazorca.

Inicialmente se identificaron tres zonas, ellas son:
a). Zona de admisión de la mazorca. También se le llamó cono o tolva de la tabla acanalada. Para las dimensiones de ésta zona se tuvo en cuenta que debe ser como mínimo del diámetro máximo de la mazorca, pero para que la mazorca tenga holgura y la libertad de girar se decidió dejar de 9.0 cm, con una longitud de 7.0 cm.

b). Garganta de la tabla acanalada. Ésta es una zona de transición de 8.50cm de longitud entre la tolva y la canal de guía con una profundidad que

va desde los 2.50 cm en la tolva, hasta 1.0 cm en la canal de guía. En esta zona se vio la necesidad de colocar una cuña que sirva de guía y evite que la mazorca se salga.

c). Canal de guía. A esta zona se le dio una profundidad de 1.0 cm y una forma semielíptica, con una longitud de 21.5 cm, en esta canal se vio la necesidad de proveerla de unas puntillas para optimizar su función y evitar que la mazorca se saliera.

Debido al problema que se presentó en la rueda dentada, la canal guía tuvo que dividirse en dos identificándose así una nueva zona, la zona de depresión con una longitud de 13.0 cm y una profundidad de 1.3 cm y de forma semielíptica, la cual tiene la función de no brindarle apoyo a la tuza cuando entra en la parte inferior de la rueda dentada que coincide con esta zona disminuyendo de esta forma la fuerza que induce la velocidad de las puntillas al momento de impactar la tuza.

La inclinación que tiene la tabla acanalada con respecto ala vertical, se debe a que la rueda dentada tiene en la parte central un área considerable sin puntillas en la cual, cuando la tabla se coloca vertical la mazorca se trunca y evita el desplazamiento de la misma y atora el giro de la rueda dentada. Atendiendo lo anterior se busco la inclinación que brinde la mayor área con puntillas que se encuentren frente a la tabla acanalada, la cual coincide con un ángulo de 25° con respecto a la vertical.

De esta forma, se logró el diseño final de la tabla acanalada de la desgranadora manual para maíz quedando así las siguientes dimensiones:

a). Tolva Longitud = 7.0 cm
Diámetro = 9.0 cm

b). Garganta de la tabla acanalada. Debido a la diferencia de diámetro entre las mazorcas de maíz, esta zona tuvo que dividirse a su vez en tres áreas las

cuales son: Área de entrada de mazorcas de mayor diámetro (coincide con la primera hilada de puntillas tiene una longitud de 2.0 cm y una profundidad de 2.5 cm a 1.5 cm), Área para mazorcas pequeñas (coincide con la tercera hiladas de puntillas, con una longitud de 2.3 cm y una profundidad de 1.5 cm a 1.2 cm) y Área de transición final (con una longitud de 4.2 cm y una profundidad de 1.2 cm a 1.0 cm y va hasta donde comienza la zona de guía)

c). Canal de guía. Longitud = 8.5 cm
Profundidad = 1.0 cm
Forma: semihelíptica

d). Canal guía con depresión
Longitud = 13.0 cm
Profundidad = 1.3 cm
Forma = semihelíptica

En la Figura 7, se puede observar el diseño final de la tabla acanalada, en anexos se puede apreciar la tabla acanalada con sus respectivas dimensiones.

Figura 7. Tabla acanalada

7.1.4 Presión de la rueda dentada que debe ejercer sobre la mazorca por medio de un resorte.

La separación entre las puntillas de mayor borde libre (1.5 cm) de la rueda y la tabla acanalada es de 0.5 cm., la cual es la separación mínima que debe existir entre ellas para que no se presente contacto, además es la separación máxima que se requiere para qué entre cualquier mazorca y pueda ser desgranada. Para conservar esa separación y de permitir que las mazorcas ingresen por dicho espacio, adaptándose a las dimensiones de las mazorcas, además de hacer que la mazorca y tuza se amolden a la tabla acanalada para así garantizar el buen funcionamiento del sistema. Se tuvo que proveer de un resorte que cumpliera esta función el cual se dispuso en la parte posterior de la rueda dentada. Desde el inicio de los ensayos se empleo un resorte C – 16 calibre 11/16" – 2 ½ ", quien mostró un buen comportamiento.

En la Figura 8, se observa el resorte utilizado en todos los ensayos con el cual la maquina presento un buen comportamiento, por tonto es el que se recomienda para la desgranadora.

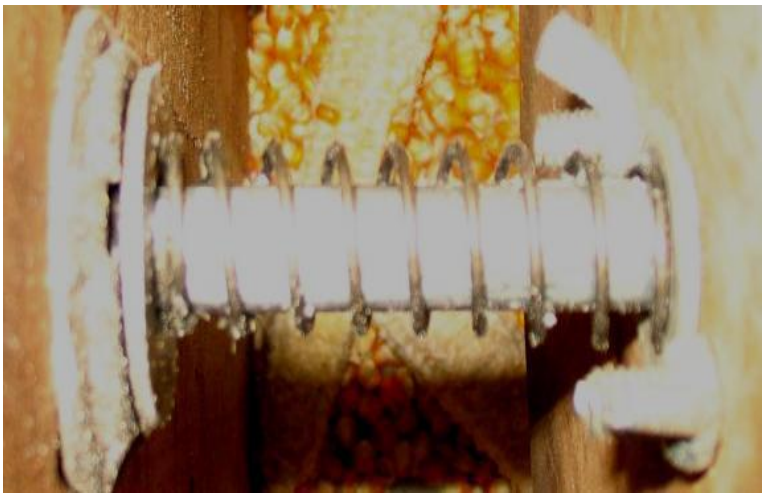


Figura 8. Resorte usado en los ensayos de la desgranadora

7.2 DISEÑO ESTRUCTURAL

En campo y con un dinamómetro se determino la fuerza necesaria para desgranar una mazorca de maíz, para ello se seleccionaron 10 mazorcas de mayor diámetro por ser estas las que provocan en la maquina mayores esfuerzos y se procedió a medir la fuerza con el dinamómetro obteniéndose los resultados de la siguiente tabla.

Tabla 7. Lecturas del Dinamómetro Tomadas en Campo

Ensayo	Diámetro de la mazorca (cm.)	Lectura del dinamómetro (N)
1	4.6	47
2	4.3	40
3	4.1	40
4	5.0	53
5	4.3	45
6	4.8	52
7	5.2	57
8	5.1	54
9	4.6	45
10	4.9	48

Tabla 8. Análisis estadístico de las Lecturas del Dinamómetro

Media	48.1
Mediana	47.5
Moda	40
Desviación estándar	5.82046199
Varianza de la muestra	33.87777778
Curtosis	-1.089486597
Mínimo	40
Máximo	57
Suma	481
Nivel de confianza (95.0%)	4.163710854

De acuerdo al análisis estadístico, la fuerza necesaria para desgranar una mazorca en promedio es de 48.1N, pero para efectos de nuestro diseño y teniendo en cuenta que la fuerza promedio que puede producir una persona es de 60 N a una velocidad promedio de 1.1 m/sg; tomaremos esta fuerza para realizar los cálculos del diseño estructural del elemento o pieza más critico de la desgranadora, el cual es el eje.

7.2.1 Diseño del eje.

Determinación de las fuerzas, en la siguiente figura, se muestra la manivela, el eje, los cojinetes y la rueda dentada. (Figura 9).

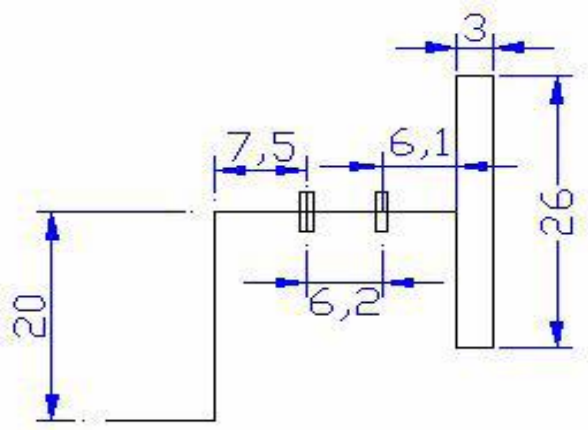


Figura 9. Esquema de la Manivela, Eje y Rueda Dentada.

Mo = 60 N x 20 cm.

Mo = 1200 N-cm. (esfuerzo de torsión que se produce en el eje)

Radios de la rueda dentada, para determinar el radio medio (Figura 10)

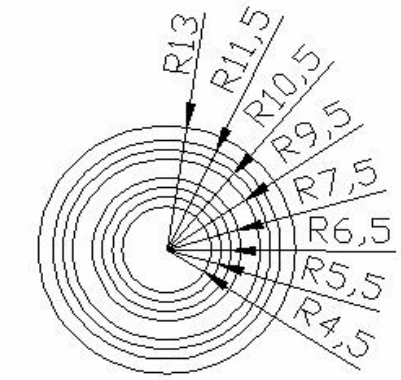


Figura 10. Esquema de Radios de la Rueda Dentada

$F_2 = Mo / r_{m.}$

Rm = es el radio medio donde se presenta la mayor fuerza en la rueda dentada.

$Rm = (r_{4.5} + r_{11.5}) / 2$

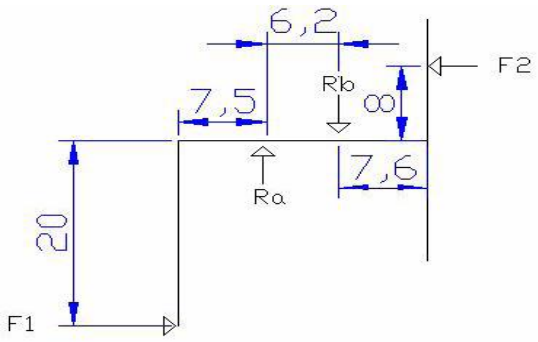
$r_{11.5} = 11.5cm$

$r_{4.5} = 4.5cm$

$Rm = (11.5 + 4.5) / 2$

$Rm = 8.0cm$

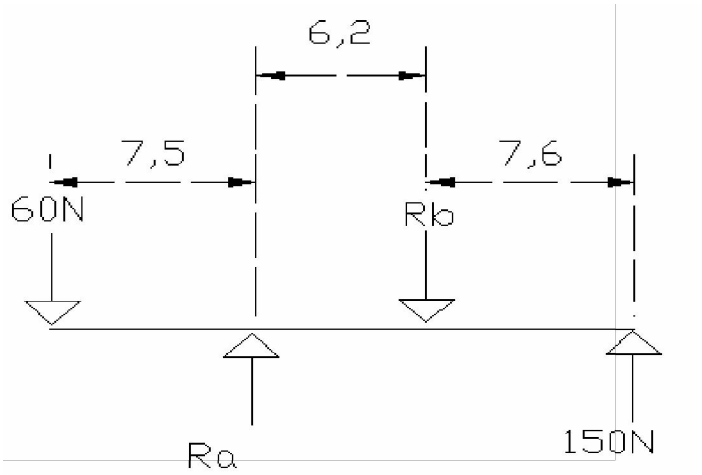
Diagrama de fuerzas flexionantes (figura 11 y 12)



Figuras 11. Diagrama de Fuerzas Flexionantes

F_2 = 1200 N-cm / 8.0 cm

F_2 = 120 N



Figuras 12. Diagrama de Fuerzas Flexionantes

$+\uparrow \sum FY = 0$

- 60N + Ra – Rb + 150N = 0

Ra – Rb = 60N – 150N

Ra – Rb = - 90N

$+\uparrow \sum Ma = 0$

- 60N x 7.5cm + Rb x 6.2cm – 150N x (7.6 + 6.2).cm = 0

Rb = (450 N-cm + 2070 N – cm) / 6.2cm

Rb = 406.45 N, luego. Ra = 316.45 N

Diagrama de fuerza, cortante y momento flexionante (Figura 13)

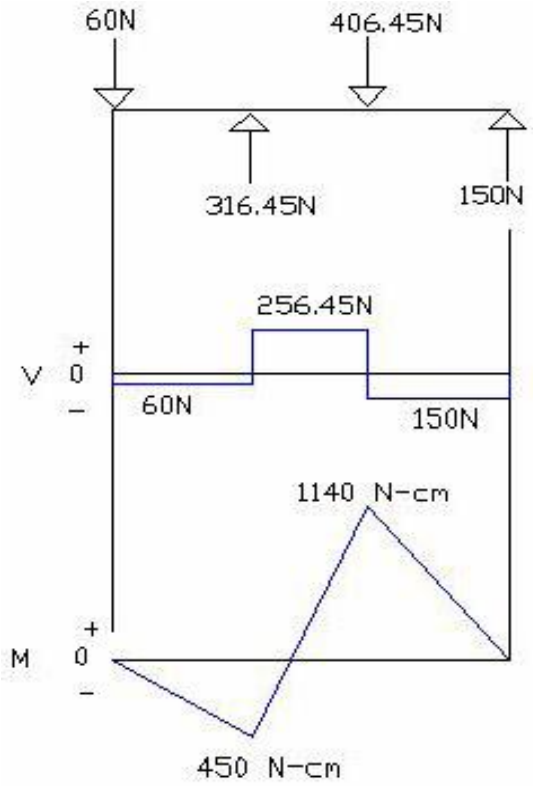


Figura 13. Diagrama de Fuerza, Cortante y Momento Flexionante

Diagrama de momento de torsión (figura 14)

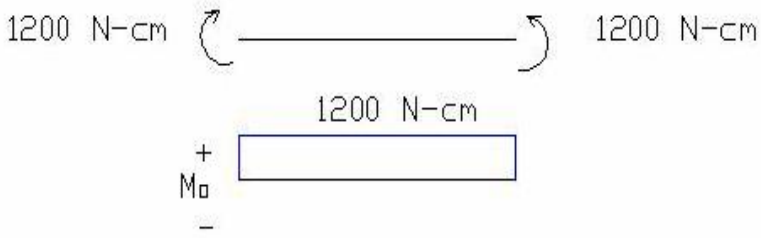


Figura 14. Diagrama de Momento de Torsión

Para el cálculo se utilizó un proceso empírico y sencillo, con resultados más previsores que económicos, el cual fue propuesto por American Society of

Mechanical Engineers, A.S.M.E, mediante el denominado "Código A.S.M.E para proyectos de ejes de transmisión" y su fórmula para ejes macizos y de una sola sección transversal sometidos a cargas de deflexión y torsión combinados es la siguiente:

$$D^3 = 16/(\pi \times Ss) \times ((KfxMf)^2 + (KtxMt)^2)^{1/2}$$

Donde:

D, es el diámetro en cuestión
Ss, es el esfuerzo permisible de diseño del material del eje
Mf, es el momento flexiónante
Mt, es el momento de torsión
Kf, es el factor combinado de choque y fatiga aplicado al momento flector
Kt, es el factor combinado de choque y fatiga aplicado al momento flector
Según el código A.S.M.E se escoge el valor de Ss según:
Ss = 0.3 x Sy ; Sy es esfuerzo de fluencia
Ss = 0.18 x Su ; Su es la resistencia ultima a la tracción del material
Se selecciona el menor valor de Ss que resulte de las dos operaciones anteriores.

Para escoger los coeficientes Kf y Kt el código A.S.M.E ofrece la siguiente tabla.

Tabla 9. Coeficientes Kf y Kt para Ejes en Rotación.

Para ejes en rotación	Kf	Kt
Carga aplicada gradualmente	1.5	1.0
Carga repentina (choque menor)	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5
Carga repentina (choque fuerte)	2.0 – 3.0	1.5 – 3.0

Código A.S.M.E

Tenemos que:

Fuerza máxima que se puede aplicar a la manivela por el ser humana = 60N
Reacción en A (Ra) = 316.45161 N
Reacción en B (Rb) = 406.45161 N
Reacción en C (Rc) = 150 N
Momento flexiónante máximo = 1140N-cm (116.32 kg-cm)
Momento torsor máximo = 1200 N-cm (122.45 kg-cm)
Como eje se empleara un perno grado 8
Su =150KSI (10550 kg/cm^2); Según tabla 3
Sy = 130 KSI (9143 kg/cm^2); Según tabla 3

Ss = 0.3 x 10550 kg/cm^2= 2743 kg/cm^2
Ss = 0.18 x 9143 kg/cm^2 = 1899 kg/cm^2

De la tabla x se tomó un valor promedio de Kt = 1.25 y Kf = 1.75, dado que en este caso el eje en rotación la carga se aplica de manera repentina.
$D^3 = 16/(3.1416x1899) \times ((1.75x116.32)^2 + (1.25x122.45)^2)^{1/2}$

$D^3 = 0.68 \rightarrow D = 0.88$ cm = 8.8 mm; siendo menor que el eje utilizado durante las pruebas el cual tiene un diámetro de 12 mm que garantiza un buen desempeño.

7.3 CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLADO

La construcción y ensamblado se hizo en cuatro etapas:

7.3.1 Etapa de Taladrado.

En esta etapa se taladraron las piezas con el fin de poderlas unir por medio de pernos; y a la rueda dentada, para introducirle las puntillas primero se le

taladro los orificios donde van éstas para evitar que la madera se estillé. Para ello se utilizó brocas de 3/16", ¼", ½", ¾" y de 1" (Figura 15).

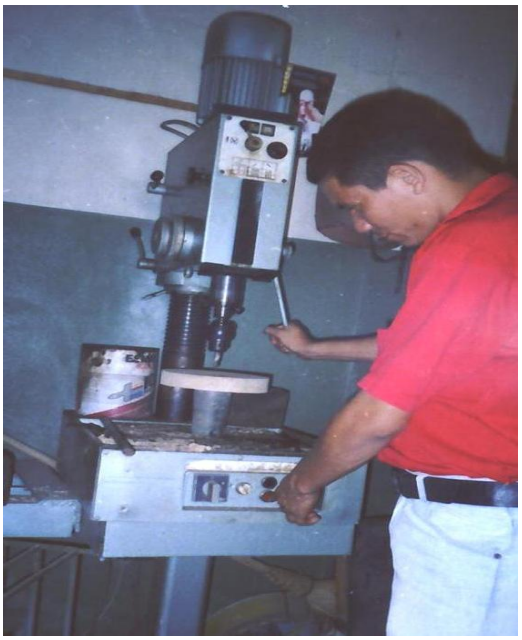


Figura 15. Taladrado de la rueda para introducir las puntillas.

7.3.2 Etapa de Soldadura.

En esta operación se soldó la manivela en el eje, una tuerca en una platina que une al eje con la rueda dentada y que permite separar el eje de la misma, la arandela en el eje que limita el desplazamiento del eje y el punto de soldadura que se colocó en los cojinetes para unir al tubo que las contiene y así evitar que se desnivelen.

7.3.3 Etapa de Carpintería y Ebanistería.

Esta etapa hace referencia a todas aquellas actividades encaminadas al corte y tallado de la madera para determinar las dimensiones de las piezas que componen la maquina. (Figura 16).

Figura 16. Tallado de la tabla acanalada

7.3.4 Etapa de Ensamblado.

Una vez listas todas las piezas se procedieron a unir cada una de ellas colocándolas en su respectivo lugar. En primer lugar se une la tabla acanalada a la tabla de soporte, después se introduce el eje en la otra tabla de soporte, luego coloca el resorte con su arandelas en las partes extremas, seguidamente se coloca la rueda que debe pasar el eje para ser sujetada por una tuerca que esta unida a una platina que tiene dos orificios por donde pasan los pernos. Seguido de esto se unen las 4 tablas de soporte por medio de ángulos con pernos, posteriormente se unen las patas con pernos al cuerpo de la máquina. (Figura 17).

Figura 17. Ensamblado de la desgranadora

Figura 18. Prototipo final de la desgranadora manual para maíz

7.4 EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO DE DESGRANADORA MANUAL PARA MAÍZ

Para la evaluación del prototipo de la desgranadora para maíz, se realizó una evaluación en las instalaciones de la Universidad de Sucre y una en campo.

La evaluación que se realizó en el taller de Materiales y Herramientas en la Universidad de Sucre, se hizo con el objeto de verificar la funcionalidad mecánica de cada una de las piezas en individual y en conjunto observando el comportamiento general de la máquina desde su ensamblado hasta su puesta en funcionamiento.
En el funcionamiento de las piezas de la máquina se pudo notar un buen desempeño de estas permitiendo hacer la operación de desgrane como se tenía previsto, observándose lo siguiente:

- La rueda dentada junto con la buena distribución de las puntillas no presentaron inconvenientes como la incrustación de granos de maíz entre las puntillas, la tuza no se quedaba atrapada entre las puntillas, las puntillas de la rueda dentada no hacen contacto con los clavos de la tabla acanalada, se logra desprender un gran número de granos de la mazorca por la buena distribución de las puntillas.

- El ingreso de la mazorca entre la rueda dentada y la tabla acanalada se da con facilidad.

- El resorte se adapta con facilidad a los diferentes diámetros de las mazorcas brindándoles la presión adecuada para mantenerla entre la rueda dentada y la tabla acanalada permitiendo que el giro y el desplazamiento sean graduales.

- La manivela empleada fue la de un molino casero, la cual brindo un buen desempeño, permite hacer la operación de desgranado cómodamente.
- El sistema de descarga permite la separación de la tuza de los granos de maíz además de facilitar la recolección de estos.

- La etapa de ensamblado se puede hacer de una manera rápida y sencilla ya que sus partes no son complejas.

Para la evaluación en campo se visitó la finca Bendición localizada en el corregimiento de Villa López a 5 Km. hacia la parte noroeste del municipio de Betulia. Una vez instalado se procedió a realizar la evaluación de la maquina sometiéndola a una serie de pruebas consecutivas para determinar su rendimiento, el daño mecánico producido sobre los grano de maíz y la resistencia de sus piezas que debido a la operación de desgranado se encuentran sometidas a mayores esfuerzos (rueda dentada, tabla acanalada y eje); las pruebas realizadas fueron:

- Determinación de la fuerza que se requiere para desgranar una mazorca.

Empleándose un dinamómetro se determino la fuerza necesaria para desgranar una mazorca, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 5 los cuales se tuvieron en cuenta para el diseño del eje.

- Determinación del rendimiento de la maquina.

Para determinar el rendimiento de la máquina, se utilizaron dos procedimientos; el desgranado de un número constante de mazorcas y el desgranado de un bulto de maíz; las variables tenidas en cuenta fueron el tiempo y la cantidad de maíz desgranado. En el primero se hicieron ocho (8) ensayos con un número constante de 50 mazorcas en cada uno, previamente seleccionadas teniendo en cuenta su buen desarrollo y una uniformidad en sus dimensiones, es decir, las más grandes con longitud y diámetro similares. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 10. Tiempo Empleado en Desgranar 50 Mazorcas

Numero de mazorcas	Tiempo empleado (min)	Peso del maíz desgranado (gr)	Rendimiento (gr/min)
50	15.17	4551	300.00
50	13.17	3530	268.03
50	12.15	3870	318.51
50	14.28	4275	299.37
50	13.30	3957	307.29
50	15.15	4187	276.37
50	13.50	3984	295.11
50	14.15	4025	284.45

Tabla 11. Resumen del Análisis Estadístico de los datos de la tabla 10

Variable	Tiempo	Rendimiento
Media	13.85875	293.64125
Mediana	13.825	297.24
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	1.033999689	16.55667275
Varianza de la muestra	1.069155357	274.1234125
Mínimo	12.15	268.03
Máximo	15.17	318.51
Suma	110.87	2349.13
Cuenta	8	8
Nivel de confianza (95.0%)	0.864444755	13.84171491

En el análisis estadístico observamos que la desgranadora tiene un rendimiento de acuerdo a la media aritmética de 293.64 gr/min, el cual se

aleja en promedio del máximo y mínimo valor del conjunto de datos medidos en campo en 16.56gr/min; esta diferencia en la variación esta sujeta a la desuniformidad en las dimensiones de las mazorca principalmente en su longitud, con relación a un ensayo y otro.

En el segundo se selecciono un bulto de maíz al azar el cual se sometió a desgranar con la máquina obteniéndose los siguientes datos:

Tiempo empleado: 44 minutos
Cantidad de maíz desgranado: 25.56 libras = 12765 gramos
Rendimientos = 12765 gramos/44 minutos = 290.11 gr/min (17.4 kg/hr).

Este último procedimiento lo consideramos más representativo que el primero debido a que en él se encontraba mazorcas de diferentes dimensiones que es lo que se presenta en la realidad. Por lo cual, consideraremos este último como el rendimiento en promedio de la desgranadora manual para maíz. De acuerdo a la investigación realizada por la doctora Silvia Arguello, un hombre puede desgranar utilizando los métodos tradicionales (a mano y/o a golpes) un quintal de maíz en cuatro horas (12.5 kg/hr) mientras que con nuestra maquina se puede alcanzar un rendimiento 17.4 kg/hr, superando a los métodos tradicionales en 4.9 kg/hr a. Además de garantizar un trabajo continuo haciendo de la operación del desgranado de maíz un trabajo menos arduo y/o agotador debido a que se requiere de poco esfuerzo para accionarla. Hay que agregar que es una maquina que puede ser operada por niños mayores de 12 años y mujeres quienes ayudan al hombre en esta actividad.

Durante los ensayos realizados se observo a simple vista los granos de maíz, los cuales no presentaron daños mecánicos.

Después de haber realizada las pruebas anteriores se procedió a desgranar con la maquina 5 bultos de mazorcas con una duración de 4.5 horas, terminada la operación se desarmo la maquina para observar el comportamiento de las piezas funcionales (ejes, tabla acanalada y rueda dentada), donde solo se pudo notar fallas ocasionadas por la fatiga o el trabajo prolongado fue en la rueda dentada, en ésta se doblaron 10 de las 263 (representan un 3.80% del total) puntillas que la conforman, y la madera de la rueda dentada sufrió aplastamiento en el orificio donde van introducidas las puntillas ocasionando su inmediato aflojamiento. El porcentaje de puntillas dobladas es representativo con relación al número de bultos desgranados, por lo que consideramos que el tipo de madera empleado sea de mayor resistencia mecánica que la Tulúa y que sea de fácil consecución y económica; con relación a las puntillas recomendamos escoger puntillas comerciales de 3" (cortar cabezas).

7.4.1 Comentarios de un Productor.

El señor Simón Acosta es uno de los pequeños productores de maíz de la región quien en estos momentos se encuentra como capataz de la finca visitada, él cultivó 1Ha de maíz (maíz amarillo ICA V – 109) en asocio con yuca y ñame y obtuvo un rendimiento de 40 bultos. Además nos comento acerca de la técnicas que actualmente usan los campesinos de la zona, las cuales demandan mucho tiempo y esfuerzo haciendo de esta labor muy incomoda y agotadora empleándose mas de 3.5 horas en desgranar un quintal (50 Kg) de maíz, una de las problemáticas de estos pequeños productores a la hora de desgranar el maíz es que no tienen acceso directo a las maquinas accionadas por la fuerza de un motor. También nos comento que en el pueblo existe una cooperativa que presta el servicio de desgranado quienes tienen una maquina desgranadora accionada por un motor de energía eléctrica, y cobran por este servicio $1000 por bulto de mazorca a

éste se le adiciona el costo de flete, además del tiempo que tarde en llevar y esperar que le desgranen sus mazorcas el cual depende del turno que le corresponda. Lo anterior ocasiona un incremento de los gastos quienes no son correspondidos por los rendimientos del cultivo prefiriendo emplear técnicas rudimentarias como la del desgranado a mano o a golpes.

Al utilizar la desgranadora manual para maíz el señor Simón además de reconocer su funcionalidad, su facilidad de traslado, su comodidad para hacer la operación, la ventaja que presenta al no requerir de combustible ni de energía eléctrica y también lo sencillo que es el diseño, su facilidad de mantenimiento y ensamblado; nos sugirió que se le hicieran ajustes para evitar el truncamiento que se presenta con algunas mazorcas.

7.5 MANUAL DE OPERACIÓN

1. Antes de iniciar la operación de desgrane, la maquina se debe fijar sobre una base que le impida el movimiento que se induce cuando se opera.

2. Cuando se presente truncamiento que impida el giro de la rueda dentada, se de con la manivela como mínimo ¼ de giro hacia tras esto con el objeto de evitar que el operador tenga que hacer un mayor esfuerzo.

3. En el caso que alguna mazorca salga con cierta cantidad de granos considerables se vuelva a introducir en la maquina.

4. Evítese mantener la máquina en lugares húmedos, cerca del fuego y expuesta a la intemperie.

5. Cuando se este operando tenga cuidado de no introducir sus manos en la rueda dentada puede salir lastimado.

6. No permita que niños menores de 10 años manipulen esta maquina.

7. No se debe golpear.

8. Evite daños mecánicos sobre los granos de maíz, exponiendo al sol las mazorcas un día antes de someterlas a la operación de desgranado.

8. CONCLUSIONES

- Las piezas principales diseñadas (tabla acanalada y rueda dentada) funcionan normalmente en conjunto, permitiendo que la mazorca y/o tuza se amolden al espacio existente entre ellas, lográndose de este modo que se pueda acomodar la mazorca y pueda ser desgranada.

- El diseño de cada pieza que compone la desgranadora, así como la construcción de las mismas permiten que el ensamblado y/o desmonte se haga de manera rápida y fácil.

- La desgranadora manual para maíz tuvo un buen comportamiento y funcionamiento mecánico tanto en campo como en el taller.

- El tipo de material empleado en la construcción de la desgranadora manual para maíz, fue un factor muy importante para obtenerla en un bajo costo en comparación con las ya existentes; lo que la hace de fácil adquisición para todas aquellas personas que necesiten de su servicio.

- La madera Tolúa no puede ser empleada como material para la construcción de la rueda dentada debido a que presenta falla por aplastamiento en el orificio donde van introducidas las puntillas.

- Las puntillas de 2 ½" no se pueden usar para colocarlas en la reda dentada ya que se doblan al momento de someterlas a trabajo continuo de desgranado de maíz.

- La desgranadora manual para maíz que se construyo, le permite al pequeño productor de maíz reducir en 80% el tiempo para desgranar un bulto de maíz en comparación a la técnica de desgranar el maíz con golpes que se complementa con el desgranado a mano.

- Las piezas principales del prototipo de desgranadora manual para maíz lo representan la rueda dentada, el eje, la manivela, y la tabla acanalada, el diseño de esta última es el que mas requiere tiempo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arroyo Andrade Manuel José. 1993. Elemento de Maquina. Universidad de Sucre. Comité de docente. Sincelejo.

- G. Granados, Manejo postcosecha. Disponible en World Wide Web:http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/003/X7650S/x7650s01.htm. [Consulta en Marzo 18 del 2005.]

- Gobernación de Sucre, Secretaria de Desarrollo Económico y Medio Ambiente. Informe de Coyuntura- Semestres B – 2002, B 2004.

- HALL, Alan. 1982. Diseños de maquinas. México: Mc Graw-Hill, Pág. 739 – 743, 767 – 771.

- I. Sandoval. Maquinaria agrícola. Disponible en World Wide Web: http://www.agro.unltam.edu.ar/maquinaria/Libros/maquinariaagricola.pdf. [Consulta en Noviembre 15 del 2001.]

- M. De Lucia y D. Assennato, La ingeniería en el desarrollo - Manejo y tratamiento de granos poscosecha Consultores en la FAO. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/X5041S/x5041S00.htm#Contents [Consulta en Junio 20 del 2005.]

- Mulett, Emel. 1992. Diseño básico de estructuras metálicas, UNISUCRE. Comité de docente. Sincelejo.

- Seguí, William. 2000. Diseño de estructuras de acero con LRFD 2ª Edición. Thomson Editores México,.

- Silvia Arguello, Guía Conceptual y Metodológica de Género en Poscosecha. Bajo Carta de Acuerdo entre FAOGCP/ECU/069/NET y la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas – CESA. Disponible en: http://www.rlc.fao.org/MUJER/docs/Guia_Conceptual_Poscosecha/G_y_Post/Tema1.htm#tema1. [Consulta en Junio 20 del 2005.]

- Singer Ferdinand L.1998. Resistencia de Materiales, Tercera Edición. Industria Editorial Reg. No 723, Pág. 1- 17.

ANEXOS

ANEXO A.

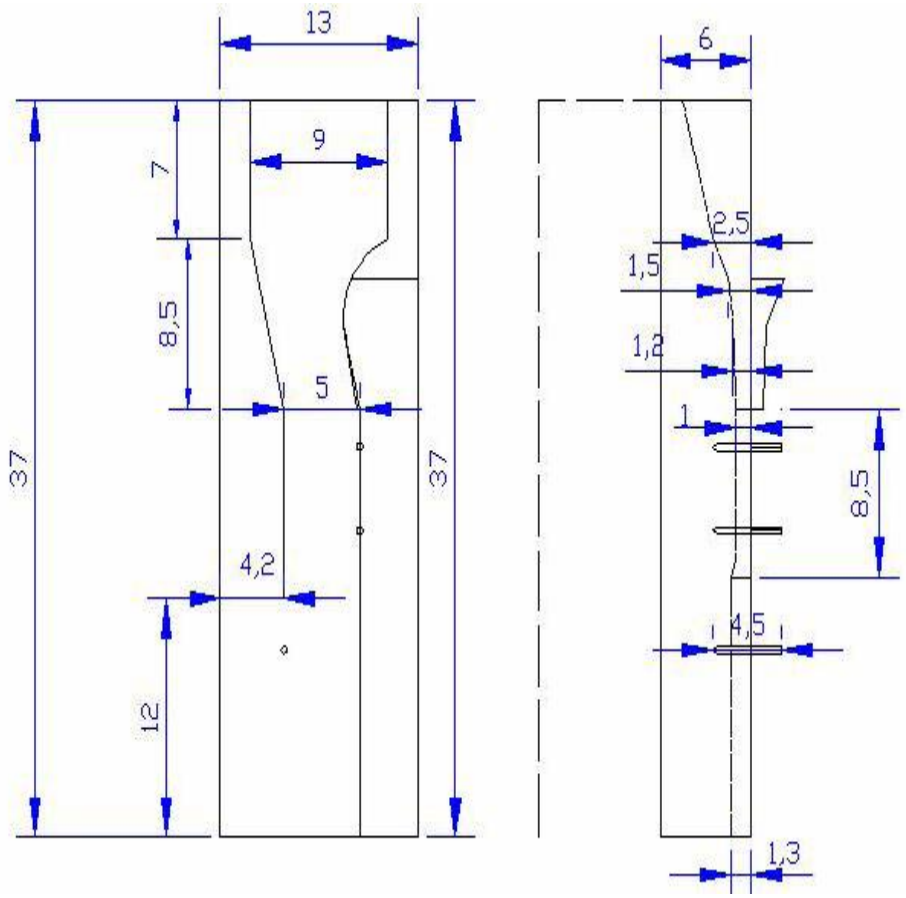
PRESUPUESTO

La madera que se cotizó fue la de Tolua.

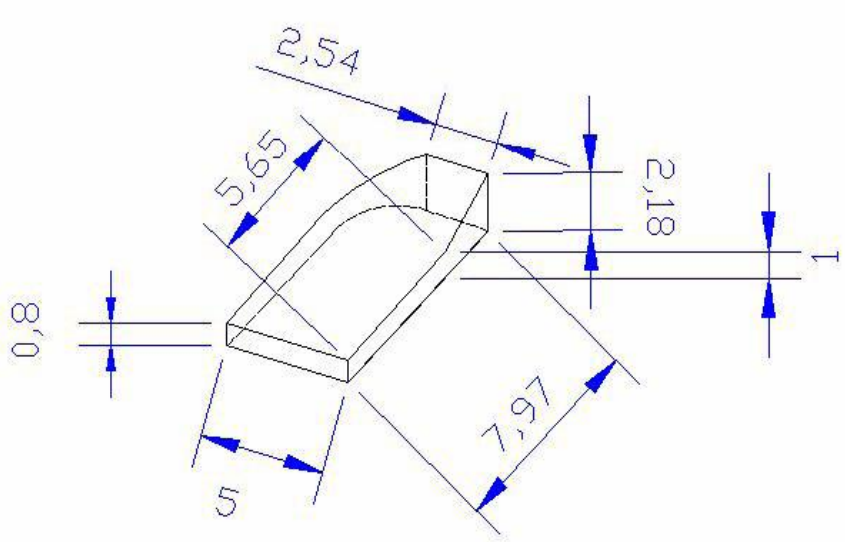
ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1	Tabla de 50cmx10cmx6cm	Un	1	1000	1000
2	Rueda de D26cmxe3cm	Un	1	3000	3000
3	Tabla de 45cmx32cmx2.54cm	Un	2	2000	4000
4	Tabla de 45cmx22cmx2.54cm	Un	2	1500	3000
5	Tabla de 50cmx10cmx4cm	Un	2	2000	4000
6	Tabla de 50cmx10cmx4cm	Un	2	2000	4000
7	Resorte C – 16 calibre 11/16" – 2 ½ "	Un	1	2000	2000
8	Pernos completos cabeza hexagonal de 1 ½" x 1/4"	Un	29	190	5510
9	Perno de rosca fina de con tuerca y guasa de 10" x 1/2"	Un	1	6000	6000
10	Tubo de hierro de 6cm x 1 ½"	Un	1	4000	4000
11	Cojinetes de bola D1/2 "	Un	2	3500	7000
12	Perfil de 40cmx 3/16 " x 1 ½"	Un	1	4000	4000
13	Clavos de 3"	caja	4	2000	8000
14	Malla de angeo	Mt	1/2	3500	3500
15	Pernos de 3" x 1/4"	Un	2	340	680
16	Pernos de 2 ½" x 1/4 "	Un	4	300	1200
17	Pernos de mariposa 1 ½" x 1/4"	Un	2	400	800
18	Tornillos de 1" x 1/8 "	Un	2	200	400
19	Clavos de acero	Un	3	200	600
20	Manivela de molino casero	Un	1	8000	7000
21	Servicio de Taller	Gl	-	5,000	5,000
22	Mano de Obra	Gl	-	10,000	10,000
TOTAL					**$84,690**

ANEXO B.

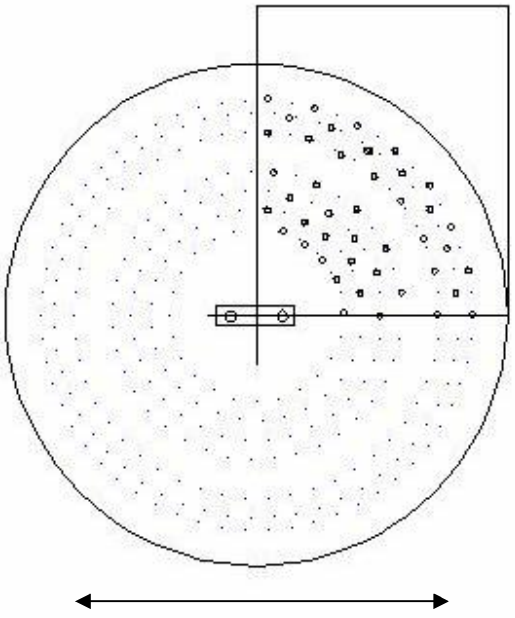
DIMENSIONES DE LA DESGRANADORA



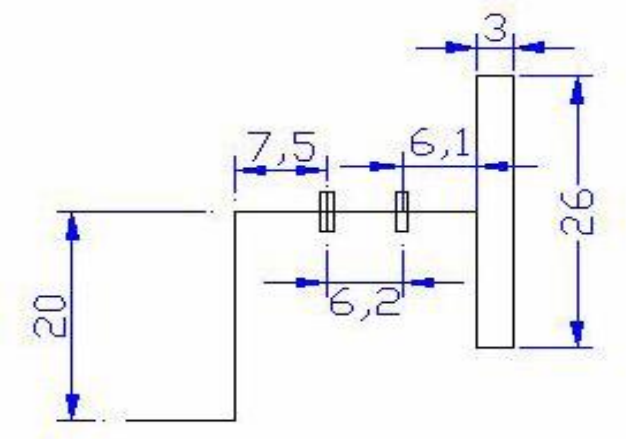
Dimensiones de la tabla acanalada (cm.)



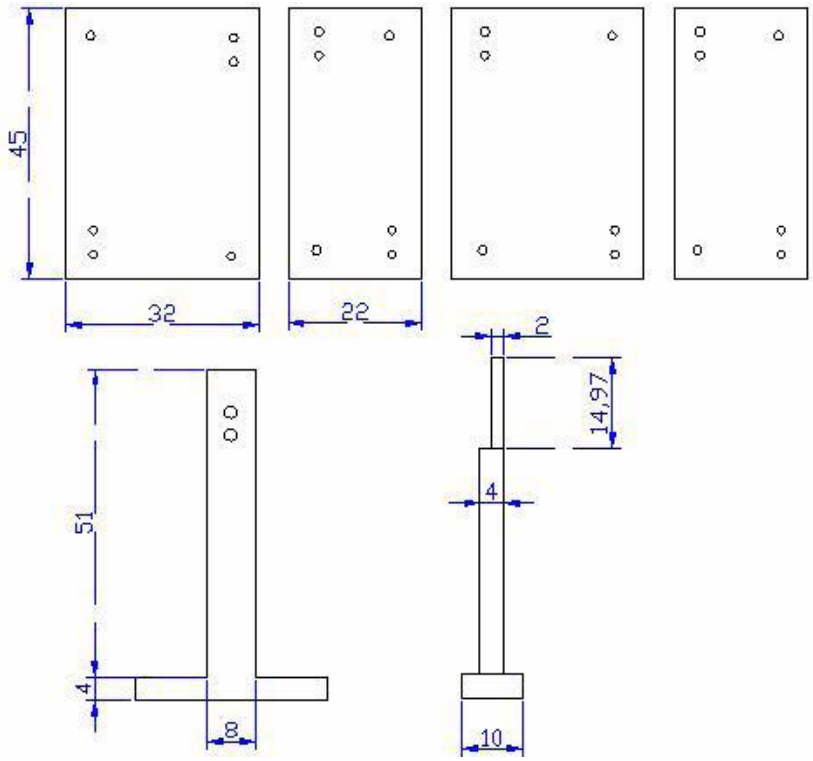
Cuña de la Tabla Acanalada (cm.).



Diseño de la Rueda Dentada



Eje y Manivela.



Dimensiones de las Tablas del Cuerpo de la Desgranadora y sus Patas (cm.)

ANEXO C.

DETALLES OBSERVADOS EN LA DESGRANADORA

Unión de la madera que compone el cuerpo de la desgranadora.

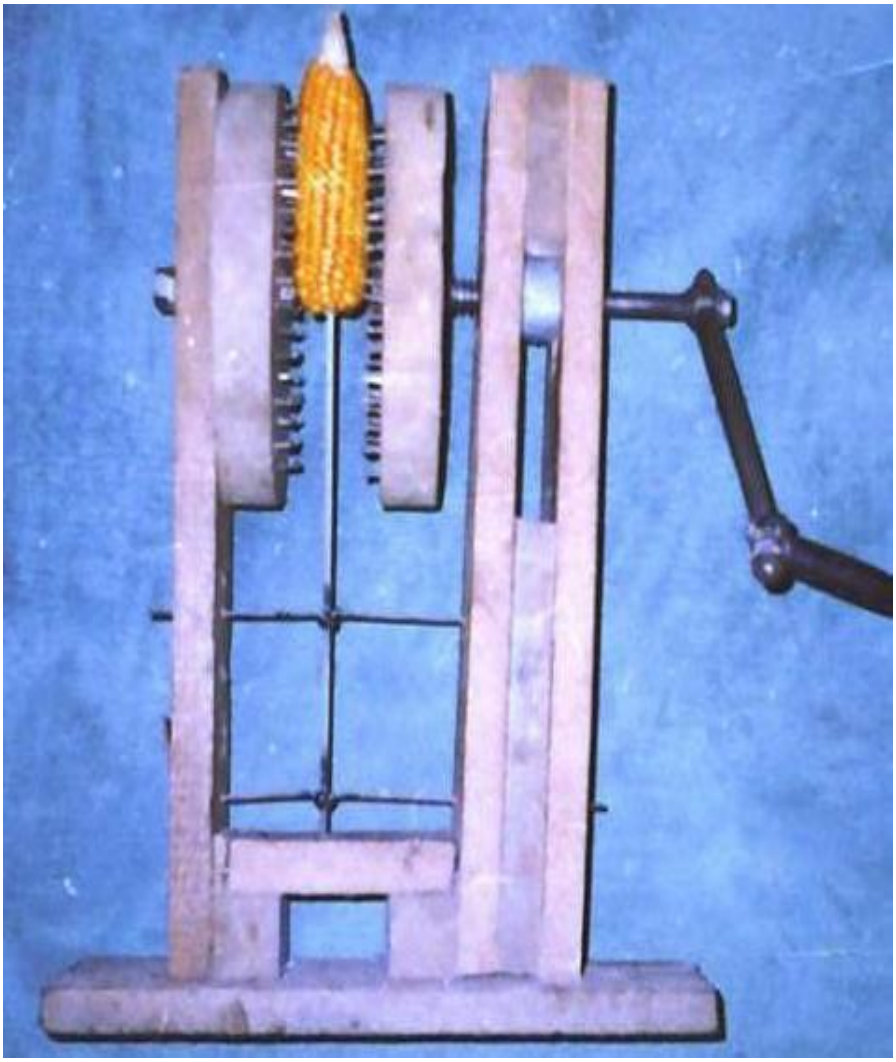
Espacio donde se encuentra el tubo que contienen los cojinetes.

ANEXO D.

ENSAYOS REALIZADOS PARA LA OBTENCIÓN DEL PROTOTIPO FINAL

Desgranadora primitiva de dos ruedas dentadas, una fija y una que gira.

Desgranadora con una tabla dentada



Desgranadora con un Eje que Sostiene la Mazorca.

Desgranadora con tabla acanalada (cumplió con las expectativas).

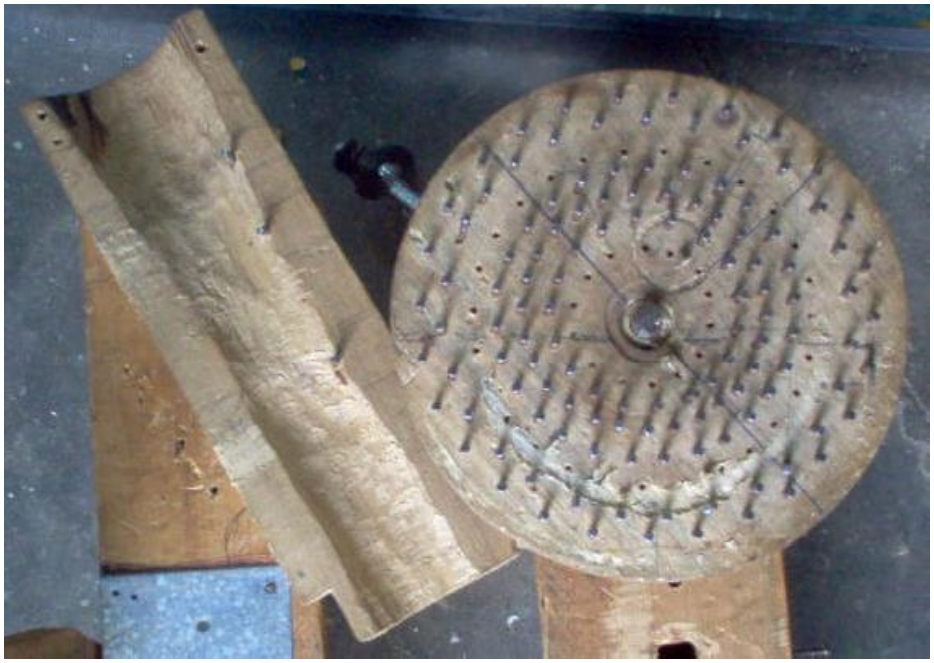


Tabla acanalada y rueda dentada funcionales

Tabla acanalada y rueda dentada funcionales

Desgranadora Funcional (Prototipo Final)