

Diseño de la transmisión de potencia a una máquina desgranadora manual de maíz utilizando el mecanismo de una bicicleta para aumentar la producción en los pequeños productores

Adrian Sebastian Romero Tirado, Alejandro Segundo Vera Lázaro

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer 855, Chiclayo, Perú

Recibido el 14 de noviembre del 2023. Aceptado el 23 de mayo 2024, Publicado el 11 de febrero del 2025

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo el diseño de la transmisión de potencia a una máquina desgranadora manual de maíz utilizando el mecanismo de una bicicleta para aumentar su capacidad de producción al día; de manera que permita al pequeño agricultor, que cuenta con un terreno que no supera las 4 hectáreas, disminuir el tiempo de desgranado de maíz y evitar costos fijos de máquinas que operan con corriente eléctrica. Se utilizó la matriz morfológica y el software SolidWorks para el diseño y análisis de la máquina. Los resultados obtenidos fueron de 23.34 MPa, desplazamiento de 9.959×10^{-2} m, factor de seguridad de 8.62 y un aumento de producción a 75 kg/h.

Descriptor: *Máquina desgranadora, morfología del maíz, mecanismo de bicicleta para máquinas desgranadora.*

Abstract

The present work had as objective the design of the power transmission to a manual corn sheller machine using the mechanism of a bicycle to increase its production capacity per day; In such a way that it allows the small farmer, who has a land that does not exceed 4 hectares, reduce the time of corn shelling and avoid fixed costs of machines that operate with electric current. The morphological matrix and SolidWorks software were used for the design and analysis of the machine. The results obtained were 23.34 MPa, a displacement of 9.959×10^{-2} m, a safety factor of 8.62 and an increase in production to 75 kg / h.

Keywords: *Sheller, corn morphology, bicycle mechanism for shellers.*

1. Introducción

El maíz es uno de los cultivos de cereales más importantes del mundo y contribuye a la seguridad alimentaria en la mayoría de los países en desarrollo. Tiene un potencial de rendimiento muy alto y se la conoce comúnmente como "reina de los cereales". El maíz contiene aproximadamente un 10% de proteínas, 4% de aceite, 70% de carbohidratos y 2% de fibra cruda, 10% de albuminoides y 1,4% de cenizas. El maíz tiene cantidades importantes de vitamina A, ácido nicotínico, riboflavina y vitamina E. [1]

El procesamiento del maíz son la cosecha, el secado, el despancado, el desgranado, el

almacenamiento y la trituration. Todos estos procesos son costosos y para que los agricultores rurales maximicen las ganancias de sus productos, se debe utilizar la tecnología adecuada que se adapte a sus necesidades. El procesamiento del maíz no solo prolonga su vida útil, sino que también aumenta las ganancias netas que los agricultores obtienen de las tecnologías de mecanización. [2]

Existen varias formas para realizar el desgranado, la más común es quitando los granos de la mazorca con los dedos lo que demanda gran cantidad de tiempo y ocasiona lesiones en el dedo pulgar, como se puede observar en la imagen 1. Otro método empleado, pero que ocasiona problemas de salud en la espalda, es frotar la mazorca sobre una tabla

de madera provista de grapas, hasta que los granos se desprendan del núcleo tal como se observa en la Figura 2. [3]

El objetivo de este trabajo tiene por finalidad diseñar una desgranadora de maíz operada a pedal con el propósito de aumentar la producción en menor tiempo.

2. Metodología

Qué instrumentos, métodos, formalismos u otros ha utilizado para resolver el problema. Puede tener subsecciones, como, por ejemplo.

2.1. Matriz morfológica

El pensamiento o análisis morfológicos es esencialmente un método de combinación sistemático que se utiliza para explorar el conjunto completo de posibles relaciones dentro de cualquier problema multidimensional que pueda descomponerse en sus subproblemas constituyentes. El análisis morfológico se ha extendido para su uso en varios campos, uno de ellos es el diseño de ingeniería.

En el diseño de ingeniería, el análisis morfológico se utiliza como una herramienta para respaldar el diseño conceptual porque facilita una exploración sistemática y visual del espacio de diseño identificado. El análisis morfológico se utiliza dentro del diseño conceptual como base para la exploración del espacio de diseño, donde las funciones representadas en la descomposición funcional se enumeran contra los medios para lograr cada una de esas funciones en una matriz bidimensional.

Una representación común de la matriz morfológica se ilustra en la Tabla 1 con las funciones enumeradas a lo largo de la columna y las medias enumeradas a lo largo de las filas correspondientes.

2.2. Transmisión por cadena

La cadena es un elemento de transmisión de potencia formado por una serie de eslabones unidos con pernos. Este tipo de transmisión de potencia por cadena permite tener una flexibilidad, y permite además que la cadena transmita fuerzas de tensión, la cadena entra en ruedas dentadas llamada catarinas [5].

2.3. Diseño del eje

La cadena es un elemento de transmisión de potencia formado por una serie de eslabones unidos con pernos. Este tipo de transmisión de potencia por cadena permite tener una flexibilidad, y permite además que la cadena transmita fuerzas de tensión, la cadena entra en ruedas dentadas llamada catarinas [5].

2.4. Cojinetes

Los cojinetes se definen como elementos de máquinas que simultáneamente permiten a un eje girar libremente y soportar carga. En definitiva, son puntos de apoyo de ejes y árboles para sostener su peso y guiarlos en sus movimientos reduciendo las pérdidas de energía por fricción y el desgaste entre las superficies en contacto con ese movimiento relativo [7].

La función principal de un cojinete es de soportar una carga y al mismo tiempo permitir el movimiento relativo entre dos elementos de una máquina. Los cojinetes más comunes son los que soportan un eje rotatorio, y resiste cargas puramente radiales o una combinación de cargas radiales y axiales [5].

2.6. Bastidor o soporte

Los bastidores son estructuras que contienen elementos sujetos a fuerzas múltiples, sobre los cuales actúan tres o más fuerzas. Los bastidores están diseñados para soportar cargas y usualmente son estructuras estacionarias totalmente restringidas [6].

2.7. Desgranador manual

Es una máquina de accionamiento manual que son empleadas en fincas de producción de maíz. Los desgranadores manuales pueden también ser accionadas a través de un motor, una polea, una correa y una cadena [8].

2.8. Material del eje

La selección de un material para una pieza de máquina o miembro estructural es una de las decisiones más importantes. La selección real de un material para una aplicación de diseño en particular puede ser fácil, o el proceso de selección puede ser complicado y abrumador. Los ejes de transmisión de potencia se mecanizan con mayor frecuencia a partir de carbono simple (bajo) (AISI / SAE 1020-1050) o aleación (AISI / SAE 4140, 4145, 4150, 4340 y 8620) Estirado en frío (CD) o laminado en caliente (HR) barra de acero.

Tabla 1: Uso común de acero al carbono liso para el diseño de ejes.

| Material (AISI N°) | | Resistencia máxima a la tracción, MPa(Kpsi) | Resistencia a la tracción elástica, MPa (Kpsi) |
|--------------------|--|---|--|
| 1020 | Laminado en caliente Estirado en frío | 380(55) 470(68) | 210(30) 290(57) |
| 1030 | Laminado en caliente Estirado en frío | 470(68) 520(76) | 260(37.5) 440(64) |
| 1035 | Laminado en caliente Estirado en frío | 500(72) 550(80) | 270(39.5) 460(67) |
| 1040 | Laminado en caliente Estirado en frío | 520(76) 590(85) | 290(42) 490(71) |
| 1045 | Laminado en caliente Estirado en frío | 570(82) 630(91) | 310(45) 530(77) |
| 1050 | Laminado en caliente Estirado en frío | 620(90) 690(100) | 340(49.5) 580(84) |

2.9. Análisis de fatiga

Determinados componentes o elementos de máquinas fallan por daño acumulativo (grietas en los componentes o concentradores de esfuerzos), sometidos a secuencias de cargas que se repiten (cargas fluctuantes) o cargas cíclicas y de impacto, dando origen a esfuerzos fluctuantes: esfuerzos de tensión, esfuerzos de compresión y esfuerzos de torsión y como resultado en los componentes el fallo debido a esfuerzos fluctuantes o falla por fatiga.

2.10. Método de elementos finitos

El método de elementos finitos implica modelar la estructura utilizando pequeños elementos

interconectados llamados elementos finitos. Una función de desplazamiento está asociada con cada elemento finito. Cada elemento interconectado está vinculado, directa o indirectamente, a todos los demás elementos a través de interfaces comunes (o compartidas), incluidos nodos y / o líneas y / o superficies límite.

Mediante el uso de propiedades conocidas de tensión / deformación para el material que forma la estructura, se puede determinar el comportamiento de un nodo dado en términos de las propiedades de todos los demás elementos de la estructura.

El conjunto total de ecuaciones que describen el comportamiento de cada nodo da como resultado una serie de ecuaciones algebraicas que se expresan mejor en notación matricial.

La elección de los elementos utilizados en un análisis de elementos finitos depende de la composición física del cuerpo en condiciones de carga reales y de qué tan cerca del comportamiento real se desea que sean los resultados.

Es necesario realizar la elección del elemento más apropiado para un problema en particular las cuales pueden ser unidimensionales, bidimensionales o tridimensionales.

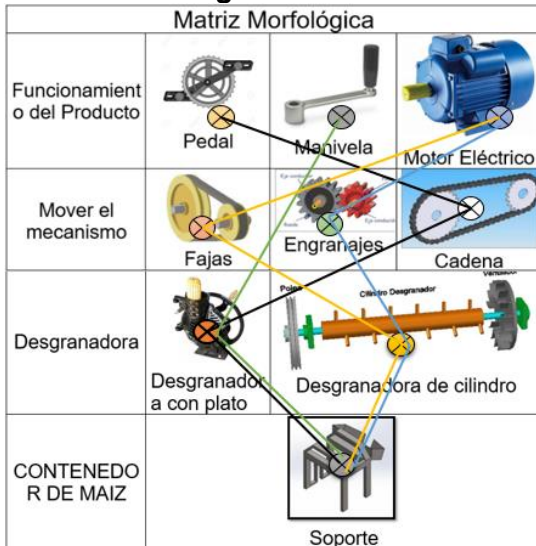
2.11. Software SolidWorks

SolidWorks es un software de diseño CAD 3D y 2D para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño. Ofrece soluciones intuitivas para cada fase de diseño. Cuenta con un completo conjunto de herramientas que le ayudan a ser más eficaz y productivo en el desarrollo de sus productos en todos los pasos del proceso de diseño.

SOLIDWORKS ofrece soluciones intuitivas para cada fase de diseño. Cuenta con un completo conjunto de herramientas que le ayudan a ser más eficaz y productivo en el desarrollo de sus productos en todos los pasos del proceso de diseño.

La sencillez que es parte de su propuesta de valor es decisiva para lograr el éxito de muchos clientes.

2.12. Matriz morfológica



2.13. Matriz de ponderación

Nuestro objetivo es diseñar la transmisión de potencia a una máquina desgranadora manual de maíz utilizando el mecanismo de una bicicleta y aumentar la producción. En la siguiente lista se presentan las alternativas para el sistema a seleccionar; de los cuales será seleccionado el que en mayor grado cumpla las funciones.

1. El funcionamiento del producto estará hecho por el mecanismo de un pedal con una transmisión de potencia por cadena la cual estará conectada a una desgranadora con plato y esto estará puesto en un bastidor o soporte.

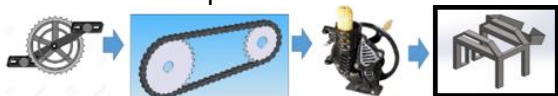


Figura 1: Alternativa N°1

2. El funcionamiento del producto estará hecho por el mecanismo de una manivela la cual estará conectada a una desgranadora con plato y esto estará puesto en un bastidor o soporte.



Figura 2: Alternativa N°2

3. El funcionamiento del producto estará hecho por el mecanismo de un motor eléctrico con una transmisión de potencia por fajas la cual estará conectada a una desgranadora de cilindro y esto estará puesto en un bastidor o soporte.

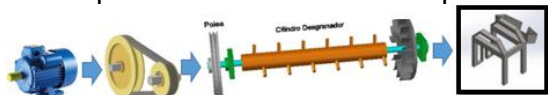


Figura 3: Alternativa N°3

4. El funcionamiento del producto estará hecho por el mecanismo de un motor eléctrico con una transmisión de potencia por engranajes la cual estará conectada a una desgranadora de cilindro y esto estará puesto en un bastidor o soporte.

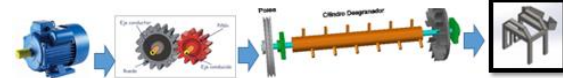


Figura 4: Alternativa N°4

Las evaluaciones de las alternativas arrojaron como resultado que la solución más prometedora es la alternativa número N°1, como se observa en la tabla N°3.

2.14. CAD

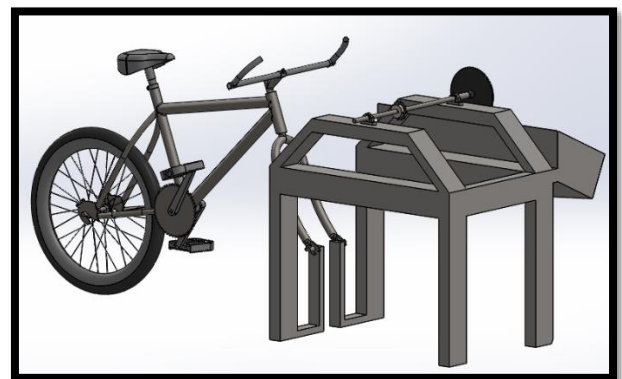


Figura 5: CAD general del sistema

2.15. Propiedades de los materiales

Tabla 2: Resultados de la simulación estática en el eje con el material AISI 1020

| Propiedades | Unidades | Valor |
|------------------------------------|-------------------|----------|
| Límite elástico | MPa | 350 |
| Límite de tracción | MPa | 420 |
| Módulo elástico | N/m ² | 2.05e+11 |
| Coefficiente de Poisson | - | 0.29 |
| Módulo cortante | - | - |
| Densidad | Kg/m ³ | 7.870 |
| Módulo cortante | MPa | 80000 |
| Coefficiente de dilatación térmica | 1/K | 1.17e-05 |

Tabla 3: Resultados de la simulación estática en el eje con el material Acero inoxidable 304

| Propiedades | Unidades | Valor |
|------------------------------------|-------------------|---------|
| Límite elástico | MPa | 206.807 |
| Límite de tracción | MPa | 517 |
| Módulo elástico | N/m ² | 1.9e+11 |
| Coefficiente de Poisson | - | 0.29 |
| Módulo cortante | | |
| Densidad | Kg/m ³ | 8.000 |
| Módulo cortante | MPa | 75000 |
| Coefficiente de dilatación térmica | 1/K | 1.8e-05 |

2.16. Matriz ponderada

Mediante esta metodología se obtuvo que la alternativa 1 es la mejor opción, pues tuvo un puntaje de 4.739, valor superior a las demás alternativas.

3. Resultados

3.1. Análisis de producción

En un desgranador manual operada por manivela se utiliza la velocidad promedio ejercida por una persona de mano-brazo este es de 33 rpm [9].

Este diseño genera una velocidad de 180 rpm en el eje, el cual está conectado al desgranador, por lo que estaríamos quintuplicando la velocidad ejercida.

Por lo tanto, la producción generada por un desgranador manual es de 15 kg/h con una velocidad promedio de 33 rpm, entonces en nuestro diseño que cuenta con una velocidad de 180 rpm nuestra producción aproximada es de 75 kg/h.

3.2. Análisis estático

A través del análisis estático estructural del CAD se obtuvo los esfuerzos, desplazamientos, deformaciones unitarias y factor de seguridad.

3.2.1. Eje

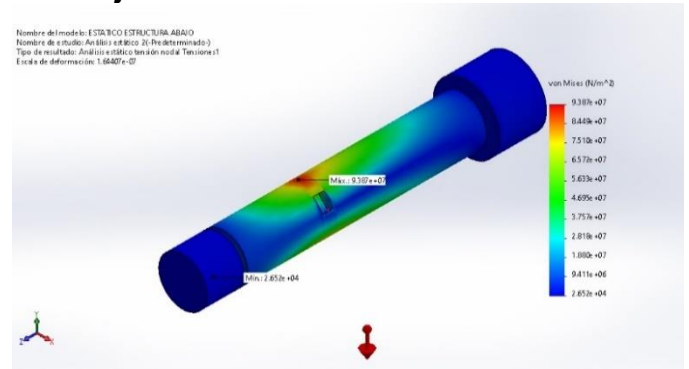


Figura 6: resultados de la tensión

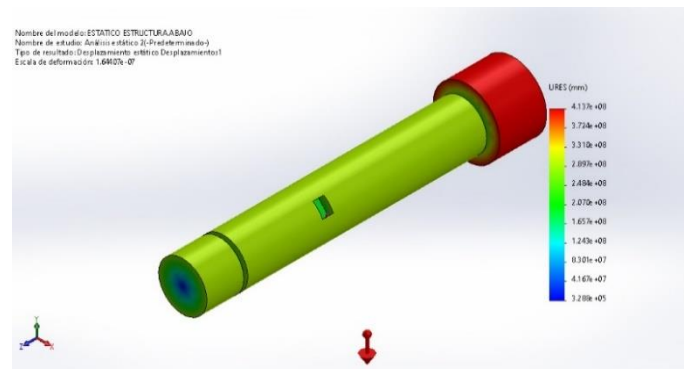


Figura 7: resultados del desplazamiento

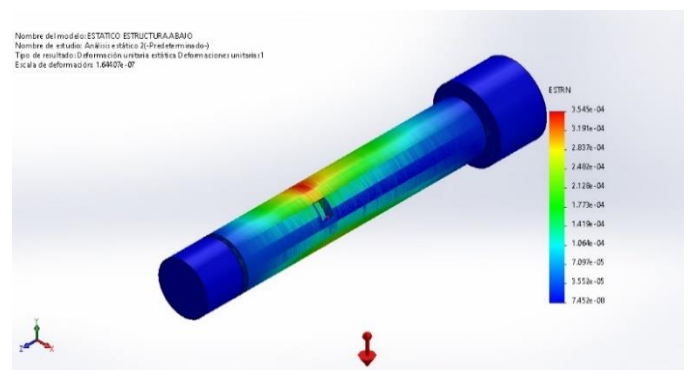


Figura 8: resultados de deformaciones unitarias

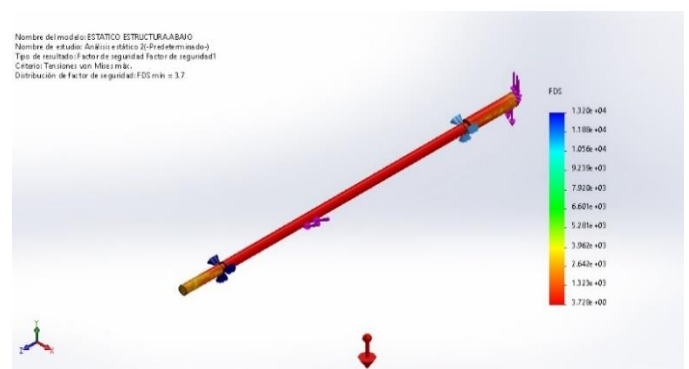


Figura 9: resultados del factor de seguridad

Los resultados de la simulación estática estructural del eje usando del acero AISI 1020 laminado en frío, se presentará en la siguiente tabla.

Tabla 4: Resultados de la simulación estática en el eje con el material AISI 1020 laminado en frío

| Resultados | |
|----------------------|------------------------|
| Tensión (MPa) | 93.87 |
| Desplazamiento (mm) | 4.137×10^8 |
| Deformación unitaria | 3.545×10^{-4} |
| Factor de seguridad | 3.72 |

En la tabla 4 se puede dar a conocer que el Acero AISI 1020 Laminado en frío, mantiene sus parámetros en un rango adecuado el cual presenta un factor de seguridad de 3.72, este parámetro tiene una pequeña elevación la cual es admitida, ya que este componente está sometido a vibración producidas por el mismo mecanismo, como a fatiga y a factores ambientales como la corrosión los cuales le afectan directamente.

3.2.2. Soporte del sistema

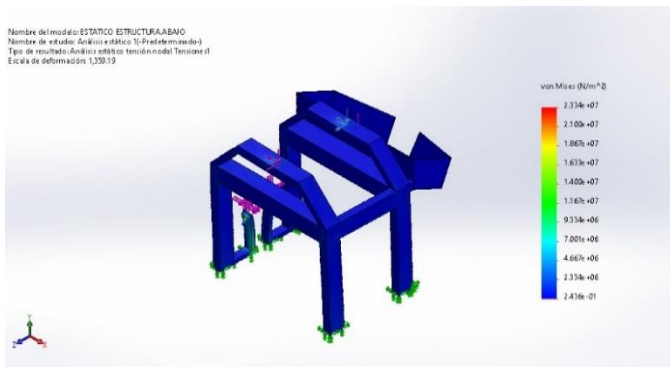


Figura 10: resultados de la tensión

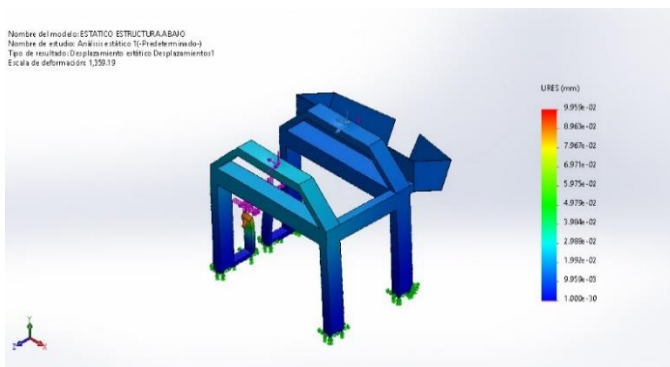


Figura 11: resultados de desplazamientos

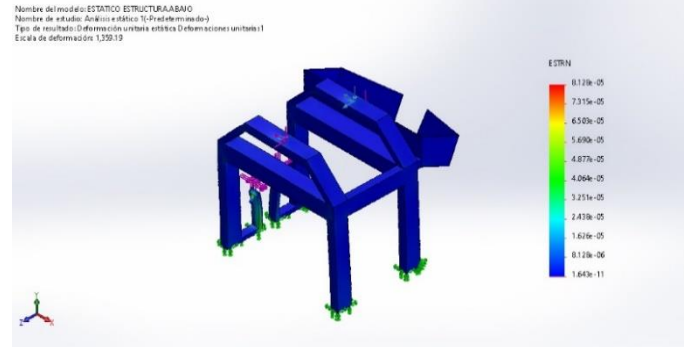


Figura 12: resultados de deformaciones

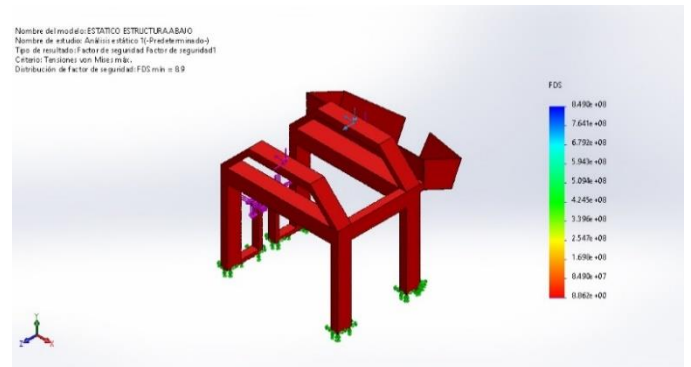


Figura 13: resultados del factor de seguridad

Los resultados de la simulación estática del soporte se mostrarán en la siguiente tabla.

Tabla 5: Resultados de la simulación estática en el soporte del sistema con el material AISI 1020 laminado en frío

| Resultados | |
|----------------------|------------------------|
| Tensión (MPa) | 23.34 |
| Desplazamiento (mm) | 9.959×10^{-2} |
| Deformación unitaria | 8.128×10^{-5} |
| Factor de seguridad | 8.62 |

En la tabla 3 se puede dar a conocer que el Acero AISI 304, mantiene sus parámetros en un rango adecuado el cual presenta un factor de seguridad de 8.62, este parámetro tiene una pequeña elevación la cual es admitida, ya que este componente está sometido a vibración producidas por el mismo mecanismo, como a fatiga y a factores ambientales como la corrosión los cuales le afectan directamente.

4. Conclusiones

El diseño de la transmisión de potencia a una máquina desgranadora manual de maíz utilizando el mecanismo de una bicicleta, se comprobó a través del análisis estático estructural elaborado en el

software SolidWorks el cual es una herramienta muy útil para este tipo de simulaciones, pues brinda resultados aceptables que garantizan la estabilidad por rigidez del diseño y que con los materiales utilizados tenemos un factor de seguridad adecuado garantizando una seguridad permanente y siendo capaces de soportar vibraciones, fatiga y factores ambientales que influyen en él. Este diseño permite al pequeño agricultor, que cuenta con un terreno que no supera las 4 hectáreas, disminuir el tiempo de desgranado de maíz y evitar costos fijos de máquinas que operan con corriente eléctrica.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestra más sincera gratitud a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo por su invaluable apoyo y la provisión de recursos esenciales que han hecho posible nuestra investigación. La disponibilidad de sus herramientas y su compromiso con el fomento del conocimiento en el campo de la ingeniería han sido fundamentales para el éxito de nuestro trabajo.

Referencias

- [1] G. RAJENDER & T. ANUBABU, «DEVELOPMENT AND PERFORMANCE EVALUATION OF PEDAL OPERATED MAIZE SHELLER,» International Journal of Agricultural, Science and Research, 2017.
- [2] Igbinoba J.O, Unuigbo A.I. I, Akhere F.I, Ibhaha .G.U & Gbadamose V.I., «Design and Fabrication of a Corn Sheller,» 2019.

- [3] José Olger Pérez Silva, Luis Christian Cholca Cacuango, «Design and construction of a corn,» INGENIUS, ECUADOR, 2017.
- [4] D. George, «Concept Generation Using Morphological And Options Matrices,» Clemson University - TigerPrints, 2012.
- [5] R. L. Mott, Diseño de elementos de máquinas, Mexico: pearson educación, 2006.
- [6] Bernard J. Hamrock, Bo O. Jacobson, Steven R. Schmid, Elementos de Máquinas, Mexico: McGraw-hill/interamericana, 1999.
- [7] R. L. Gómez, «DISEÑO Y COMPORTAMIENTO DE,» ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA - UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, Cantabria - España, 2016.
- [8] RAJENDER G., ANUBABU T, KRISHNA CH., ALI MD. MAJEED, THIRUPATHI CH. AND VINOD V., «PERFORMANCE EVALUATION OF HAND OPERATED MAIZE SHELLER,» International Journal of Agriculture Sciences, vol. 10, 2018.
- [9] R. F. K. Arthur T.C., «EMG-Based Prediction of Shoulder and Elbow Kinematics in Able-Bodied and Spinal Cord Injured Individuals.,» Rehabilitation Engineering, nº 8, pp. 471-780, 2000.