

Diseño de un mecanismo extractor de semillas de calabaza sin causar daño a la pulpa

TAMAYO-CASTAÑEDA, Samuel Osvaldo, CARREÓN-REYES, Eduardo, NANCO-COLULA, José Ramón y FITZ-RODRÍGUEZ, Efrén

S. Tamayo, E. Carreón, J. Nanco y E. Fitz

Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230, México
efitzr@taurus.chapingo.mx

F. Pérez, D. Sepúlveda, R. Salazar, D. Sepúlveda (eds.) Ciencias Matemáticas aplicadas a la Agronomía. Handbook T-I.- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

The cultivation of the pumpkin in Mexico is of great importance since both the seed and the pulp are used in the elaboration of foods, sweets, snacks, and various products. The extraction of the seed is generally done manually. However in the mechanized processes the squash is completely ground and then the seed is obtained by means of flotation, wasting the pulp. Therefore it is proposed to design a machine that allows the extraction of the seeds, without causing damage to the pulp and to be able to use it in the elaboration of other products. The proposed prototype consists of mechanisms to: 1) cut the pumpkin, 2) segment orientation mechanism and 3) endless seed extraction mechanism.

9 Introducción

La calabaza es un vegetal de gran importancia en México el cual se utiliza principalmente como alimento y en la elaboración de botanas. Cuatro de las cinco especies domésticas se produce en la mayor parte del territorio Nacional. La calabaza tiene un aprovechamiento integral, desde los frutos tiernos, maduros y las semillas son comúnmente empleadas como alimentos, las flores y partes tiernas se utilizan como verduras. Se han reportado usos medicinales, dado que las semillas contienen una encima que actúa contra diversas lombrices intestinales. En la elaboración de artesanías, los cascos secos y libres de pulpa son utilizados para elaborar juguetes, recipientes y adornos. En usos industriales se utiliza para elaborar moles, aceites comestibles, cera para calzado y usos farmacéuticos.

En México la producción de esta especie se dedica principalmente para consumo de calabacitas y en menor medida los frutos maduros como calabazas. Y las producciones promedio son 21.21 t/ha para la calabaza y 15 t/ha para la calabacita (SINAREFI, 2015). El uso de la calabaza madura es cada vez mayor, pero en su mayoría es para producir semillas y no se aprovecha la pulpa del fruto, pues las maquinas que realizan la extracción rompen el fruto en pedazos y lo tiran en la parcela. Por lo tanto, se propone desarrollar una máquina prototipo para la extracción de semillas de calabaza, sin causar daño a la pulpa, lo que permitirá que esta sea utilizada en la elaboración de otros productos secundarios.

9.1 Materiales y métodos

Para el desarrollo del prototipo se aplicó la metodología de diseño en ingeniería, para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

Definición del problema.

El fruto maduro de la calabaza tiene la posibilidad de ser usado de manera íntegra, pero la extracción de la semilla, que es la parte más rentable, implica un proceso que deja inutilizable al resto del fruto, es por esto que se requiere de una máquina para extraer la semilla sin dañar la pulpa y que esta pueda ser usada.

Diseño conceptual.

Para la extracción de semillas se identifican al menos tres etapas: 1) Corte de la calabaza, 2) separación y posicionamiento de los segmentos y 3) extracción de semillas. Para cada una de estas etapas, se realizaran diversas propuestas, las cuales se evalúan y se selecciona la mejor opción.

1) Corte de la Calabaza.

En esta etapa se propusieron dos opciones:

1) disco de dentado y 2) sierra recta de vaivén.

La sierra tiene el inconveniente de que podría ocasionar que la calabaza quede atorada en la hoja, además de que es más costosa y complicada. El mayor inconveniente del disco es que requiere un gran tamaño, pues si la calabaza promedio mide entre 25 y 30 centímetros, el disco debe ser al menos del doble de tamaño.

Se considera que el disco es la opción más conveniente.

2) Separación y posicionamiento de segmentos.

En esta etapa se propusieron: 1) una rampa curva que haga girar la calabaza, 2) rampas a diferentes alturas, y 3) una rampa y un mecanismo giratorio.

La rampa curva y la rampa a diferente altura son más sencillas que la rampa con mecanismo giratorio, pero también son más imprecisas, pues la velocidad con que se posicionen dependerá del tamaño de la calabaza, la forma, etc. El mecanismo giratorio de la tercera opción proporcionará un mayor control para colocar los segmentos en un tiempo adecuado.

Se selecciona la rampa y mecanismo giratorio como la opción más conveniente.

3) Extracción de semillas.

Para extraer las semillas se requiere realzar un raspado y además el mecanismo debe avanzar y retroceder para permitir el cambio de calabaza. Para el raspado se usará un tornillo sinfín y para avanzar y retroceder se propone montar los tornillos en: 1) un mecanismo manivela corredera, 2) un carro sobre un riel, y 3) un mecanismo de movimiento recto.

Por facilidad en la manufactura se seleccionó el carro sobre un riel, y para solucionar el avance retroceso se recurre a una cadena con un impulsor, el cual hace retroceder el carro cada vez que llega a una posición determinada. Luego de retroceder el carro el impulsor se libera y después el carro avanza al ser tirado por un contrapeso.

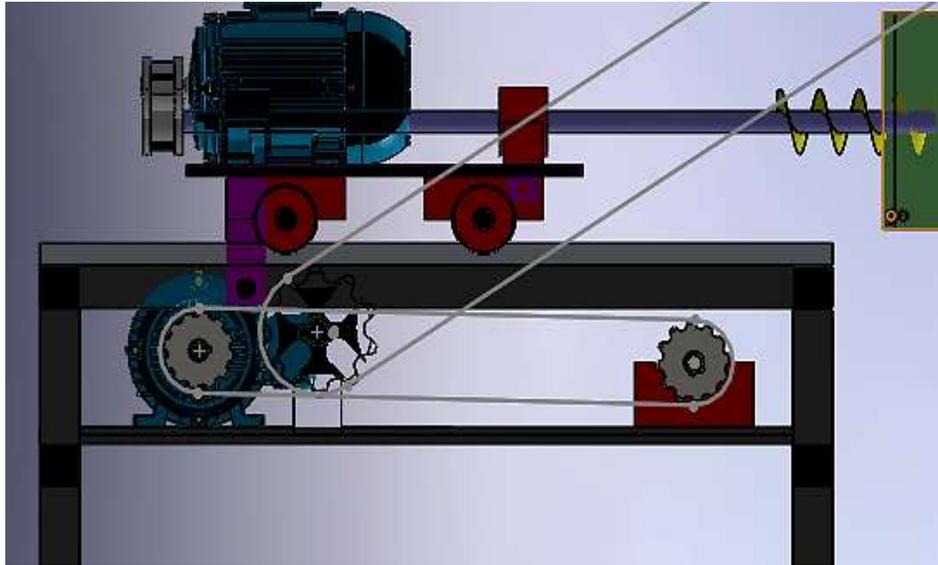
La cadena con el impulsor, nos permite utilizar una cruz de malta para sincronizar el mecanismo giratorio para posicionar la calabaza y el avance retroceso del carro en el riel (Figura 1).

9.1 Diseño detallado

9.1.1 Velocidad de los motores

La cantidad de calabazas que puede procesar la máquina en un determinado tiempo, está dado por la velocidad del motor que hace retroceder los tornillos sinfín, y la velocidad del motor que hace avanzar la banda. Una calabaza representa un cuarto de giro de la cruz de malta, por lo que por cada calabaza la cadena con el impulsor debe completar un giro (Figura 9).

Figura 9 Corte, cadena impulsora y cruz de malta



Las revoluciones de giro del motor se calculan como:

$$rev = \frac{nc \cdot (2L + P)}{P} \quad (9)$$

Donde:

nc = número de calabazas

L = longitud entre los ejes de las poleas

P = perímetro de las catarinas

De modo similar las revoluciones del motor de la banda transportadora, se calculan como:

$$rev2 = \frac{nc \cdot et}{P2} \quad (9.1)$$

Donde:

et = espacio entre topes (que empujan a la calabaza contra el disco y facilitan su transporte)

$P2$ = perímetro de la catarina del motor.

Tanto rev y $rev2$, deben ser convertidas a rpm y después a velocidad angular para expresarse como velocidad de un motor. Para esto se usan las siguientes ecuaciones:

$$rpm = \frac{rev}{t} \quad (9.2)$$

rpm = revoluciones por minuto para procesar nc calabazas en t minutos

rev = revoluciones del motor puede ser rev o $rev2$

t = tiempo en que nc calabazas son procesadas

$$w = rpm \left(\frac{2\pi}{60} \right) \quad (9.3)$$

w = velocidad angular

9.1.2 Avance y retroceso de los tornillos sin fin

Para el avance, se considera que la fricción entre las ruedas y el riel es nula, además el avance se logra gracias a un contrapeso, por lo que la velocidad y la aceleración, estarán dadas en función de la fuerza de gravedad (Figura 9.1).

$$a = g \quad (9.4)$$

$$v = g * t \quad (9.5)$$

Para el retroceso la velocidad será igual a la velocidad angular del motor multiplicad por el radio de la Catarina y como el motor es constante no habrá aceleración.

9.1.3 Velocidad de giro de la cruz de malta

El mecanismo de cruz de malta nos permite sincronizar el avance de los tornillos sin fin con el giro del mecanismo posicionado. Pero, al ser impulsado por un movimiento lineal su velocidad es variable y esta variación está determinada por el cambio de radio de impulso y disminuye conforme se acerca al centro (Figura 9.2).

Figura 9.1 Avance y retroceso de tornillos sin fin

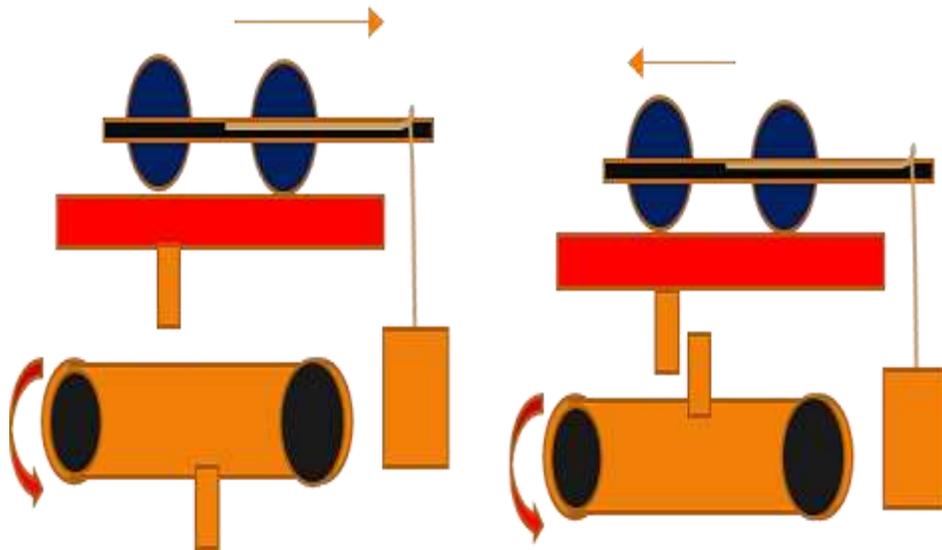
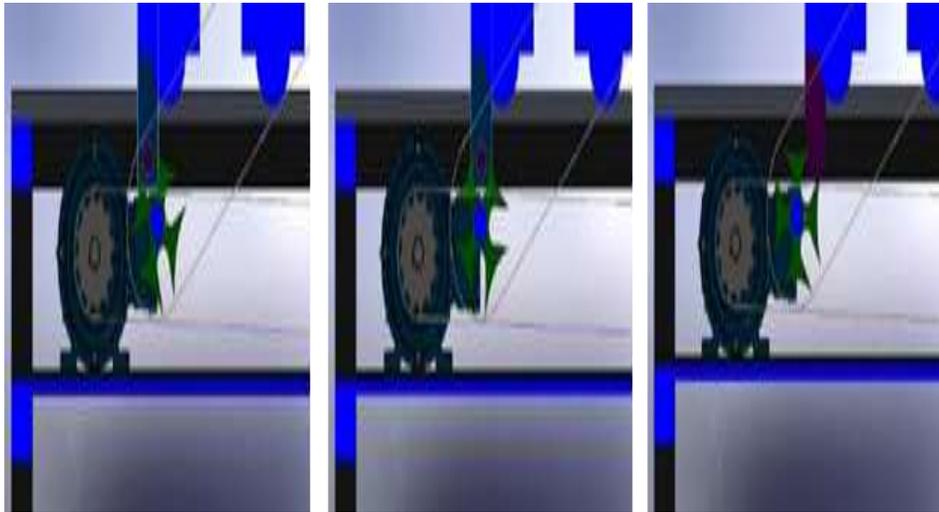


Figura 9.2 Cambio de radio de acción en la cruz de malta



El radio se define entonces por:

$$r = \sqrt{49.70^2 + x^2} \quad (9.6)$$

x = distancia horizontal desde el eje de la cruz de malta al impulsor.

La velocidad angular de la cruz de malta (Gráfico 9), estará dada entonces por:

$$wm = \left(\frac{VI}{r} \right) \quad (9.7)$$

Donde:

VI = velocidad lineal del impulsor y se calcula como:

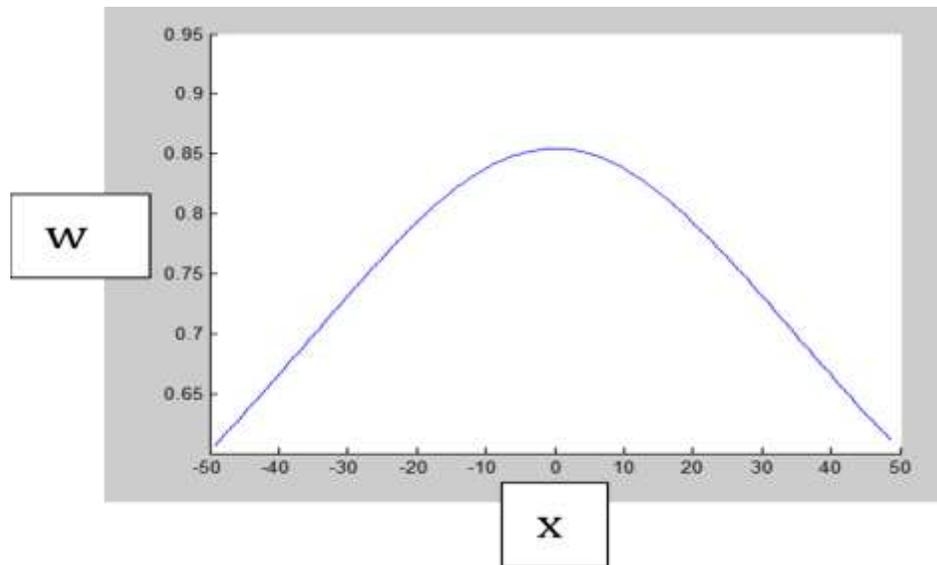
$$VI = w * R \quad (9.8)$$

Donde:

R = radio de la catarina

w = velocidad angular, correspondiente al motor que mueve el carro con los sinfín.

Gráfico 9 Cambio de la velocidad angular de la cruz de malta, según la posición del impulsor



Dada la transmisión, 1 a 1, que se usa, esta velocidad es la misma con la que gira el mecanismo orientador de calabazar.

9.1.4 Mecanismo de descarga tipo seguidor

El análisis cinemático de este mecanismo se realizó con el software DINACAM, donde es necesario ingresar los datos de posición y ángulos relevantes en la trayectoria del seguidor. Los datos del seguidor son: 1) posición en cero durante 180 grados, 2) movimiento de elevación de 0 mm a 68 mm en 45 grados de giro, 3) movimiento de elevación hasta 100mm en los siguientes 22.5 grados, 4) movimiento de bajada, de 100 a 68 mm durante 22.5 grados, 5) movimiento de bajada, de 68 a 0mm, en 45 grados, y finalmente 6) fase de detenimiento en 0 mm durante los últimos 45 grados de rotación.

Con estos datos se realiza el análisis cinemático que incluye posición, velocidad, aceleración y sacudimientos (diagrama SVAJ) del comportamiento de la leva (Gráfico 9.1).

9.1.5 Construcción del prototipo

En la construcción del prototipo se utilizaron materiales, tales como lámina de calibre 20, ejes y ángulos de ½ pulgada, con un costo aproximado de \$1500.00 MXN. Además de utilizar padecería del taller de manufactura del Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola de la UACH. En la manufactura del prototipo se utilizaron herramientas de corte, soldado y torneado de algunas partes. El prototipo construido (Figura 9.3) replicó la cinemática del diseño propuesto, sin embargo no se llegó a probar con calabazas reales para probar su eficiencia.

9.2 Análisis y discusión de resultados

A continuación se presentan algunas tablas (Tablas 9 y 9.1) de los resultados obtenidos del diseño a detalle. Así como consideraciones acerca de estos datos.

Figura 9.3 Modelo en SolidWorks y prototipo de la maquina propuesta. a) banda con cierra de corte circular. b) sistema de posicionamiento de calabazas. c) Tornillos sinfín extractores y sistema de avance retroceso de los mismos

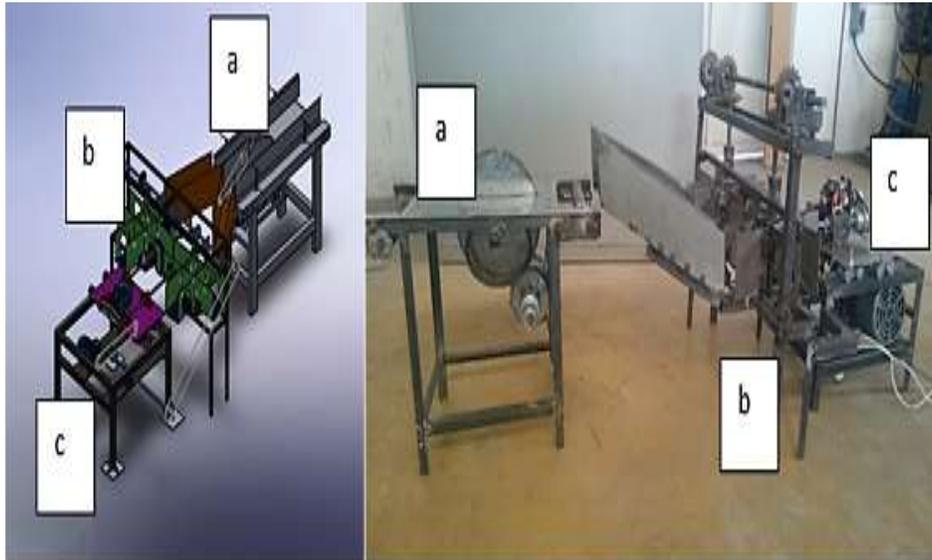


Tabla 9 Datos para el motor que mueve el carro sobre el riel, con un tiempo $t = 3$ min

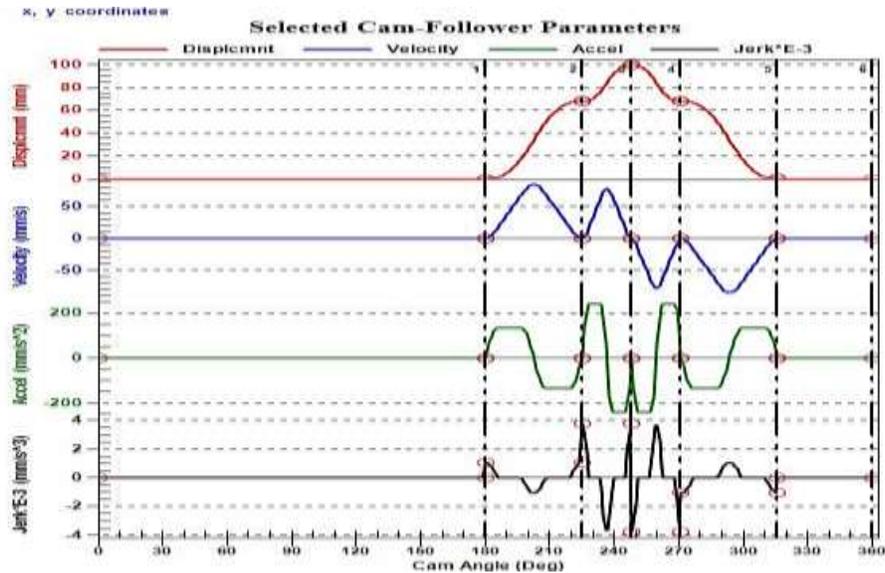
	Número de calabazas	Revoluciones de la cadena impulsora	Revoluciones por minuto	Velocidad angular	Velocidad lineal
L (mm)	1	5.5	1.8	0.2	8.5
625.24	2	11.0	3.6	0.4	17.0
P (mm)	3	16.5	5.5	0.6	25.5
278.7	4	22.0	7.3	0.8	34.0

Tabla 9.1 Datos para el motor que mueve el rodillo impulsor de la banda transportadora, con un espacio entre topes de 50 cm, en un tiempo $t = 3$ min

	Numero de calabazas	Revoluciones del motor de la banda transportadora.	Revoluciones por minuto	Velocidad angular	Velocidad lineal
Et (mm)	1	1.6	0.5	0.05	2.8
500	2	3.1	1.0	0.1	5.6
$P2$	3	4.7	1.6	0.16	8.3
320 (mm)	4	6.2	2.1	0.22	11.1

Lo que resalta de estas tablas son las bajas velocidades a las que están trabajando los motores para el número de calabazas aquí mostrado y el intervalo de tiempo indicado. Por lo que es de suponerse que se pueden hacer funcionar a mayores velocidades, en cuyo caso habrá que hacer un análisis del comportamiento del mecanismo a mayores velocidades. Si los resultados muestran que no es factible que funcione a altas velocidades entonces se deberán utilizar moto-reductores para ajustar las velocidades de los motores.

Gráfico 9.1 Análisis del mecanismo de leva, seguidor. Con el programa DINACAM



En el Gráfico 9.1 se hace notar que el análisis de sacudimiento muestra variaciones repentinas muy marcadas, lo que en nuestro caso es algo favorable, pues lo que se busca es proporcionar una perturbación para que la calabaza se desprenda y caiga. En cuanto a las gráficas de velocidad y aceleración son continuas y no tienen cambios repentinos importantes.

9.3 Conclusiones

Se logró construir un prototipo que es capaz de replicar los movimientos y la sincronización que se esperaba del diseño, pero este prototipo (de bajo presupuesto) es bastante rustico y no desempeña la función final en forma adecuada por la elevada fricción entre piezas y un uso inadecuado de motores como sustitutos a los que debería tener. Se observa de las Tablas 9 y 9.1 que las velocidades de funcionamiento que requieren los motores para funcionar a menos de 5 calabazas por tres minutos son muy bajas, por lo que sería apropiado que se trabajara a mayor cantidad de calabazas o en su caso utilizar moto-reductores para regular las velocidades de los motores.

9.3 Referencias

Norton, R. L. 2012. *Diseño de maquinaria, Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*. México: McGraw Hill Education.

SINAREFI-2015 Disponible en: http://www.sinarefi.org.mx/redes/red_calabaza.html