



<https://eqrcode.co/a/Qmx9qs>

TECHNICAL NOTE | NOTA TECNICA

# Design of an Implement to Remove Polyethylene Mulch in Strawberry Crops

## *Diseño de un implemento para retirar acolchados de polietileno en cultivos de fresa*

MSc. María Victoria Gómez-Águila\*, Ing. David Iván Sánchez-Chávez; Ing. Luis Tonatiuh Castellanos-Serrano; Ing. Luis Arturo Soriano-Avedaño; Ing. Marcelino Aurelio Pérez-Vivar; Ing. Ramiro Chávez-Mota; MC. Josué Vicente Cervantes-Bazán

Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura, Texcoco de Mora. Estado de México, México.

**ABSTRACT.** In this work, the objective is to design an implement to collect the plastic used in strawberry mulch, cutting it at the ground level on each side of the agricultural bed on which the strawberry is planted, and winding it on a shaft that rotates so proportional to the advance of the tractor, driven by a chain power transmission system that relates the movement of the implement tires and the winding of plastic film. As a result, the design of an implement is obtained that works at a proposed speed of 7 km h<sup>-1</sup> and that collects the plastic, cutting the soil of the agricultural bed 10 cm on each side, in order to ensure that it cuts the plastic of the mulch. It has a width of 1.3 m and a load capacity of 646 kg of plastic that can be kept in the collection shaft before having to deposit it in a warehouse.

**Keywords:** Mulching, Agricultural Bed, Chain Drive, Shafts.

**RESUMEN.** En este trabajo el objetivo consiste en diseñar un implemento para recolectar el plástico utilizado en acolchados de fresa, cortándolo a ras de suelo por cada lado de la cama agrícola sobre la cual se siembra la fresa, y lo enrolla en un eje que gira de manera proporcional al avance del tractor, accionado por un sistema de transmisión de potencia de cadena que relaciona el movimiento de los neumáticos del implemento y el enrollado de película plástica. Como resultado se obtiene el diseño de un implemento que trabaja a una velocidad propuesta de 7 km·h<sup>-1</sup> y que recolecta el plástico, cortando el suelo de la cama agrícola 10 cm por cada costado, para poder asegurar que corta el plástico del acolchado, tiene un ancho de 1.3 m y una capacidad de carga de 646 kg de plástico que pueden ser mantenidos en el eje de recolección antes de tener que depositarlo en un almacén.

**Palabras clave:** películas plásticas, camas agrícolas, transmisión por cadena, ejes.

## INTRODUCTION

In Mexico, the production of strawberries represents an important source of income, especially since a large part of the national production is destined for export, helping to generate jobs around all processes and activities from the preparation of the land to the arrival of the fruits on the shelves. This means that in this particular productive sector there is an important flow of economic resources. Strawberry cultivation has now increased. According to

## INTRODUCCIÓN

En México la producción de fresas representa una fuente de ingresos importante, sobre todo porque gran parte de la producción nacional se destina a la exportación, contribuyendo a generar empleos alrededor de todos los procesos y actividades desde la preparación de los terrenos hasta la llegada de las frutas a los anaqueles. Esto quiere decir, que en este sector productivo en particular existe un flujo de recursos económicos importante. El cultivo de la fresa se ha incrementado actualmente. Según

\*Author for correspondence: María Victoria Gómez-Águila, e-mail: mvaguila@hotmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9603-2856>

Received: 10/02/2021.

Approved: 18/06/2021

Ortiz-Cañavate & Puig (1989), in recent years, national exports of the crop have tripled, from 52 thousand tons in 2003 to 152 thousand tons by 2020.

This crop uses particular techniques and practices that are necessary to allow the proper development of the fruits, some of these tasks can be mechanized or manual depending on the technological level of the crop and a great difference could exist between one form and the other, depending on the size and production volume. The speed to perform a labor can affect the dates set for production or represent an advantage to simplify the work, and in the end have an economic impact on the final profits.

One of these techniques used is the plastic mulch on agricultural beds, which provides protection benefits for the plants to obtain a better harvest, they act as follows:

- On radiation, using as needed, the color (colored sheets) or the capacity obtained by metallization (use of aluminum or aluminum titanium oxides, etc.).
- On soil temperature and humidity below the sheet
- On the plants by eliminating weeds if black sheet is used; weed growth under clear sheets is normal if herbicides are not used.
- On pests and certain microorganisms
- On growth by ensuring that the carbon dioxide produced by soil fermentation remains in the area of the stomata of growing seedlings (Dubois, 1980).

These advantages are the reason why the practice of plastic mulch has been adopted so widely in recent years, to be applied not only to strawberries, but also to various crops, constantly, cycle after production cycle.

But this practice so beneficial for crop management has disadvantages, one of them is to generate contamination at the end of the useful life of plastics, despite the fact that it is appropriate for these wastes to be lifted and taken to a place where they are handled adequately and recycled or where advantage is taken of their energy recovery. In Mexico there is still no considerable progress in this.

Once the crops are finished, the plastic mulch is shown deteriorated and must be replaced. It must be removed from the field and properly disposed of for recycling or for a suitably enabled sanitary landfill. In no case should plastics be burned, the gases are toxic, especially due to the additives that are incorporated to the plastic during its production. Another incorrect practice is to track the batch and crumble the plastics, these will be carried by the breeze causing enormous distortions, the plastic with its additives has the capacity to last for years affecting the soil, flora and fauna. (Díaz, 2001).

The alternatives for the management of agricultural plastic products are summarized in processes of mechanical recycling and their controlled dumping, while energy valuation is a practically wasted option (Díaz, 2001).

In addition, the work of lifting the plastic films is usually left to the last moment and this can cause extra damage, for example, if it is left on the ground too long, the sun can degrade the plastic on the ground, which is affected. Due to

Ortiz-Cañavate y Puig (1989), en los últimos años se han triplicado las exportaciones nacionales del cultivo, al pasar de 52 mil toneladas en 2003 a 152 mil toneladas para el 2020.

Este cultivo utiliza técnicas y prácticas particulares que son necesarias para permitir el desarrollo adecuado de las frutas, algunas de estas labores pueden ser mecanizadas o manuales dependiendo del nivel tecnológico del cultivo, pudiendo marcarse una gran diferencia entre una forma y la otra, dependiendo del tamaño y volumen de producción, la velocidad a la que se realice una labor puede incidir sobre las fechas marcadas para la producción o representar una ventaja de simplificar la labor, y al final repercutir económicamente en las ganancias finales.

Una de estas técnicas empleadas es el acolchado plástico sobre camas agrícolas, que trae consigo beneficios de protección para las plantas para obtención de una mejor cosecha, que actúan de la siguiente forma:

- Sobre las radiaciones, utilizando según necesidades, el color (láminas coloreadas) o la capacidad obtenida por metalización (uso de aluminio o de óxidos de titanio aluminio, etc.).
- Sobre la temperatura del suelo y la humedad por debajo de la lámina.
- Sobre las plantas por eliminación de malas hierbas si se utiliza lamina negra; el crecimiento de las malas hierbas bajo lamina transparentes es normal si no se utilizan herbicidas.
- Sobre las plagas y ciertos microorganismos
- Sobre el crecimiento al conseguir que el anhídrido carbónico producido por fermentación del suelo quede en la zona de los estomas de las plántulas en crecimiento (Dubois, 1980).

Estas ventajas son la razón por las que la práctica de acolchados plásticos haya sido adoptada en los últimos años de manera tan amplia, para aplicarse no solo en la fresa sino en diversos cultivos, de forma constante, ciclo tras ciclo productivo.

Pero esta práctica tan beneficiosa para el manejo del cultivo tiene desventajas, una de ellas es generar contaminación al final de la vida útil de los plásticos, a pesar de que lo adecuado es que estos desechos se levanten y se lleven a un lugar donde sean manejados adecuadamente, y tratar de reciclarlos o aprovechar su valorización energética, lo que en México aún no existe un avance considerable en ello.

Una vez finalizados los cultivos el acolchado plástico se muestra deteriorado y hay que sustituirlo. Debe ser retirado del campo y hacer una disposición adecuada del mismo para reciclaje o para un relleno sanitario convenientemente habilitado. En ningún caso los plásticos deben ser quemados, los gases son tóxicos en especial por los aditivos que le colocan al plástico en su elaboración. Otra práctica incorrecta es rastrear el lote y desmenuzar los plásticos, estos serán llevados por la brisa causando distorsiones elevadas, el plástico con sus aditivos tiene capacidad de durar años afectando al suelo, flora y fauna. (Díaz, 2001).

Las alternativas de gestión de los productos agrícolas plásticos se resumen en procesos de reciclado mecánico y de vertido controlado de los mismos, siendo la valoración energética una opción prácticamente desaprovechada (Díaz, 2001).

Además, la labor de levantado de las películas plásticas suele dejarse para el último momento y esto puede ocasionar perjuicios extra, por ejemplo, si se deja sobre el terreno demasiado tiempo,

the small waste that cannot be easily collected, this activity is also carried out manually and constitutes a complex job for field workers.

For this reason, the present work aims to design a simple machine that allows the collection of plastic mulches in strawberry agricultural beds.

## MATERIALS AND METHODS

The parameters for the design of the implement are: implement width, 1.3 m (given by the dimensions of the cultivation beds), load capacity (646 kg) and operating speed (7 km·h<sup>-1</sup>). The functions performed by the equipment in the field were defined, two solutions were proposed and the best alternative with the most appropriate components was selected.

The main components that make up the design of the implement are shown in Figure 1, made up of: the tires 1, which by friction with the ground transmit the movement to the chain transmission system 2, and in turn to the upper axis where the polyethylene film 3, the axles of the wheels 4, the guide roller 5, the frame 6 and the blades for cutting the polyethylene material 7 are accumulated.

el sol llega a degradar el plástico sobre el suelo él cual se ve afectado por los pequeños residuos que no se pueden coleccionar fácilmente, esta actividad además se realiza de forma manual y constituye un trabajo complejo para los trabajadores del campo.

Por tal motivo el presente trabajo tiene como objetivo diseñar una máquina simple que permita la recolección de los acolchados plásticos en camas agrícolas de fresa.

## MATERIALES Y METODOS

Los parámetros para el diseño del implemento son: ancho del implemento, 1,3 m (dado por las dimensiones de las camas de cultivo), capacidad de carga (646 kg) y velocidad de operación (7 km·h<sup>-1</sup>). Se definen las funciones que realiza el equipo en el campo, se propusieron dos soluciones y se seleccionó la mejor alternativa con los componentes más apropiados.

Los principales componentes que conforman el diseño del implemento se muestran en la Figura 1, integrados por: los neumáticos 1, que mediante el rozamiento con el suelo transmiten el movimiento al sistema de transmisión por cadena 2, y a su vez hacia el eje superior en donde se acumula la película de polietileno 3, los ejes de las ruedas 4, el rodillo guía 5, el bastidor 6 y las cuchillas para corte del material polietileno 7.

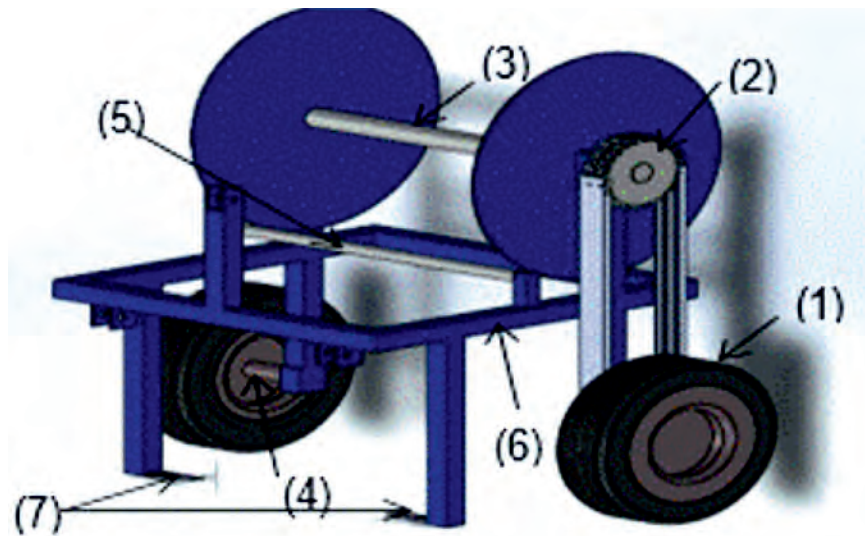


FIGURE 1. Polyethylene padding collection implement.  
FIGURA 1. Implemento recolector de acolchados de polietileno.

To select the implement tires, commercial catalogs of tires designed for agricultural work were consulted, taking into account the need for a small radius wheel, with a width of less than 33 cm and a load capacity of more than 700 kg.

### Roller Chain Drive System Design

The angular speed of entry to the transmission system was calculated with a 1: 1 ratio, according to Equation (1), from the selected aggregate operating advance speed.

$$\omega = V/r \quad (1)$$

Para seleccionar los neumáticos del implemento, se consultaron catálogos comerciales de neumáticos diseñados para trabajo agrícola, tomando en cuenta la necesidad de una rueda de radio pequeño, de un ancho menor a 33 cm y una capacidad de carga superior a 700 kg.

### Diseño del sistema de transmisión por cadena de rodillos

Se calculó la velocidad angular de entrada al sistema de transmisión con relación 1:1, según la ecuación (1), a partir de la velocidad de avance de operación del agregado seleccionada.

$$\omega = V/r \quad (1)$$

Where:

$\omega$ : angular velocity of the tire,  $s^{-1}$ ;

V: operating advance speed of the tractor-implement unit,  $ms^{-1}$ ;

r: tire radius, m.

The power necessary to work up to 646 kg of accumulated plastic film is determined with Equation 2, according to ASABE Standards (2006).

$$P=F*V \quad (2)$$

Where:

P: power, W;

F: load generated by the polyethylene material;

f: service factor, 1.4.

The power obtained and the angular velocity were used to iterate standardized roller chain transmission designs in the catalogs, searching for the suitable pitch diameter (D1) for the machine, which was determined with Equation (3).

$$D = \frac{P}{\text{sen}\left(\frac{180}{N}\right)} \quad (3)$$

t: chain pitch; mm,

Z: number of teeth of the driving and moving stars,

$D_{1y2}$ : primitive diameter of the stars; mm.

### Distance between Centers and Number of Chain Links

The minimum distance between centers is determined by Equation 4, according to Dobrovolski (1990).

*Calculation of the minimum distance between axes ( $a_{min}$ ).*

$$a_{min} = 1,2 \cdot \left( \frac{De_1 + De_2}{2} \right) + (30...50) \quad (4)$$

Being:

$$D_{e1} = t \cdot \left[ 0,5 + \frac{1}{\tan\left(\frac{180^0}{z_1}\right)} \right] \quad (5)$$

$$D_{e2} = t \cdot \left[ 0,5 + \frac{1}{\tan\left(\frac{180^0}{z_2}\right)} \right] \quad (6)$$

Where:

$D_{e1}$  and  $D_{e2}$  - outer diameters of the driving star and of the moving star, mm;

$Z_1$  and  $Z_2$  - number of teeth of the driving and moving star.

Checking the minimum distance.

$a_{min} < 80$  t

$a_{min} = (30... 50)$  t, it is recommended for normal working conditions.

donde:

$\omega$ : velocidad angular del neumático,  $s^{-1}$ ;

V: velocidad de avance de operación del agregado tractor-implemento,  $m \cdot s^{-1}$ ;

r: radio del neumático, m.

La potencia necesaria para trabajar hasta 646 kg de película plástica acumulada, se determina con la ecuación 2, según ASABE Standards (2006).

$$P=F*V \quad (2)$$

donde:

N: potencia necesaria, W;

F: carga generada por el material polietileno, 6 330,8 N;

f: factor de servicio, 1,4.

La potencia obtenida y la velocidad angular se utilizaron para iterar diseños de transmisión por cadena de rodillos estandarizados en los catálogos, buscando el diámetro primitivo ( $D_1$ ) adecuado para la máquina, que se determinó con la ecuación (3).

$$D = \frac{P}{\text{sen}\left(\frac{180}{N}\right)} \quad (3)$$

donde:

t: paso de la cadena; mm,

Z: número de dientes de las estrellas motriz y movida,

$D_{1y2}$ : diámetro primitivo de las estrellas; mm.

### Distancia entre centros y número de eslabones de la cadena

La distancia mínima entre centros se determina por la ecuación 4, según Dobrovolski (1990).

*Cálculo de la distancia mínima entre ejes ( $a_{min}$ ).*

$$a_{min} = 1,2 \cdot \left( \frac{De_1 + De_2}{2} \right) + (30...50) \quad (4)$$

siendo:

$$D_{e1} = t \cdot \left[ 0,5 + \frac{1}{\tan\left(\frac{180^0}{z_1}\right)} \right] \quad (5)$$

$$D_{e2} = t \cdot \left[ 0,5 + \frac{1}{\tan\left(\frac{180^0}{z_2}\right)} \right] \quad (6)$$

donde:

$D_{e1}$  y  $D_{e2}$  - diámetros exteriores de la estrella motriz y de la movida, mm;

$Z_1$  y  $Z_2$  - números de dientes de la estrella motriz y de la movida.

*Comprobación de la distancia mínima.*

$a_{min} < 80$  t

$a_{min} = (30...50)$  t, Se recomienda para condiciones normales de trabajo.



Calculation of the number of links. (Y).

$$Y = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2 \cdot a_{min}}{t} + \left( \frac{Z_1 - Z_2}{2} \right)^2 \cdot \frac{t}{a_{min}} \quad (7)$$

Note: The number of links calculated is approximated to the next even number.

Calculation of the final axial distance (a).

$$a = \frac{t}{4} \cdot \left[ Y - \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \sqrt{\left( Y - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - 8 \cdot \left( \frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2} \right] \quad (8)$$

### Pickup Shaft Design

For the shaft design, the fatigue failure theory according to Dubois (1980) & ASABE Standards (2006) is used, using Equation (9) to determine the adequate minimum diameter.

$$D = 32 \frac{f_1}{\pi} \sqrt[3]{(kt M/Sn)^2 + \frac{3}{4}(T/Sy)^2} \quad (9)$$

where:

D: minimum shaft diameter, mm;

f<sub>1</sub>: design factor, measure of the relative safety of a component under the action of a load;

K<sub>v</sub>: coefficient for changes in the geometry of the shaft;

M: bending moment, Nm;

Sy: estimated fatigue strength of the shaft construction material, 1040 steel (Deutschman *et al.*, 1985), N/m<sup>2</sup>;

T: torsional moment in the shaft, Nm;

Sn: yield strength of the shaft material, N/m<sup>2</sup>.

To determine the critical bending moment, the forces acting on the shaft were obtained, and the torque was obtained with Equation (10).

$$T = P/\omega \quad (10)$$

### Bearing Selection

A useful life of 20,000 hours was used for the selected bearings in both the upper axle and the tires, which was determined by Equation 11 (Mott, 2006).

$$Ld = h * n * 60 \quad (11)$$

where:

Ld: nominal longevity of a bearing, cycles;

h: useful life, h;

n: bearing rotation frequency; min<sup>-1</sup>.

The reactions were determined and loads on the axis were obtained by applying the equations of static equilibrium, according to ASABE Standards (2006). Static load is determined according to Deutschman *et al.* (1985), and the dynamic load according to Equation 12 (Mott *et al.*, 2009).

$$Cr = Pd \left( \frac{Ld}{10^6} \right)^{1/k} \quad (12)$$

Cálculo del número de eslabones. (y).

$$Y = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2 \cdot a_{min}}{t} + \left( \frac{Z_1 - Z_2}{2} \right)^2 \cdot \frac{t}{a_{min}} \quad (7)$$

Nota: Se aproxima al número par próximo la cantidad de eslabones calculados.

Cálculo de la distancia axial definitiva (a).

### Diseño del eje de recolección

Para el diseño del eje se emplea la teoría de falla por fatiga según Dubois (1980) y ASABE Standards (2006), empleando la ecuación (9) para determinar el diámetro mínimo adecuado.

$$D = 32 \frac{f_1}{\pi} \sqrt[3]{(kt M/Sn)^2 + \frac{3}{4}(T/Sy)^2} \quad (9)$$

donde:

D: diámetro mínimo del eje, mm;

f<sub>1</sub>: factor de diseño, medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga;

K<sub>v</sub>: coeficiente por cambios en la geometría del eje;

M: momento flector, Nm;

Sy: resistencia estimada a la fatiga del material de construcción del eje, acero 1040 (Deutschman *et al.*, 1985), N/m<sup>2</sup>;

T: momento torsor en el eje, Nm;

Sn: resistencia de fluencia del material del eje, N/m<sup>2</sup>.

Para determinar el momento flector crítico se obtienen las fuerzas que actúan sobre el eje, y el torque se obtuvo con la ecuación (10).

$$T = P/\omega \quad (10)$$

### Selección de rodamientos

Para los rodamientos seleccionados tanto en el eje superior, como en los neumáticos se utilizó una vida útil de 20 000 horas, la que se determina con la ecuación 11 (Mott, 2006).

$$Ld = h * n * 60 \quad (11)$$

donde:

Ld: longevidad nominal de un rodamiento, ciclos;

h: vida útil, h;

n: frecuencia de rotación del rodamiento; min<sup>-1</sup>.

Las reacciones se determinan y cargas sobre el eje, se obtienen aplicando las ecuaciones de equilibrio estático, según ASABE Standards (2006). Se determina la carga estática de acuerdo a Deutschman *et al.* (1985), y la carga dinámica según la ecuación 12 (Mott *et al.*, 2009).

$$Cr = Pd \left( \frac{Ld}{10^6} \right)^{1/k} \quad (12)$$

where:

Cr: dynamic load; N;

Pd: static load; N;

K = 3, for ball bearings (ASABE Standards, 2006; Mott, 2006).

### Implement Frame Design

For the design of the frame, the critical force was taken as the necessary to maintain the implement at a constant speed. That force applied by the tractor when dragging the implement was considered the resistance to rolling, according to the ANSI/ASABE (2003) and Equation (13).

$$RR = W \left( \frac{1.2}{C_n} + 0.04 \right) \quad (13)$$

where:

RR: rolling resistance; N,

W: normal load, N;

C<sub>n</sub>: dimensionless coefficient as a function of the cone index (C<sub>i</sub>) for the soil.

The coefficient C<sub>n</sub> was determined from equation (14).

$$C_n = \frac{C_i b d}{W} \quad (14)$$

where:

C<sub>i</sub>: soil cone index was determined by a standard penetrometer test, kPa;

b: width of unloaded tires, m;

d: height of unloaded tires, m.

Deflection was calculated according to Deutschman *et al.* (1985) from Equation (15), considering the model as a doubly supported beam, and it was compared with recommended limit values for machinery (Mott *et al.*, 2009).

$$\nabla = \left( \frac{Pl^3}{48EI} \right) \quad (15)$$

where:

∇: vertical deflection, m;

P: external force, N;

E: longitudinal modulus of elasticity, MPa;

I: moment of inertia of the rectangular beam, m<sup>4</sup>.

### Wheel Axle Design

The power required to overcome rolling resistance (Pr) was calculated, guaranteeing that the tractor-implement aggregate advances at a constant speed, according to Equation 16.

$$Pr = RR * V \quad (16)$$

### Design of Plastic Film Cutting Blades

The design of the blade was made according to ANSI/ASABE (2003) and serrated is recommended to facilitate cutting of the polyethylene material perpendicular to its thickness, with an angle of 180°.

donde:

Cr: carga dinámica; N;

Pd: carga estática; N;

K = 3, para rodamientos de bolas (ASABE Standards, 2006; Mott, 2006).

### Diseño del bastidor del implemento

Para el diseño del bastidor se tomó como fuerza crítica, la necesaria para mantener el implemento a una velocidad constante, dicha fuerza aplicada por el tractor al arrastrar el implemento, se considera la resistencia a la rodadura, acorde a la norma ANSI/ASABE (2003), según la ecuación (13).

$$RR = W \left( \frac{1.2}{C_n} + 0.04 \right) \quad (13)$$

donde:

RR: resistencia a la rodadura; N,

W: carga normal, N;

C<sub>n</sub>: coeficiente adimensional en función del índice de cono (C<sub>i</sub>) para el suelo.

El coeficiente C<sub>n</sub> se determina a partir de la ecuación (14).

$$C_n = \frac{C_i b d}{W} \quad (14)$$

donde:

C<sub>i</sub>: índice de cono del suelo se determina mediante una prueba normalizada con el penetrómetro, kPa;

b: ancho de los neumáticos sin carga, m;

d: alto de los neumáticos sin carga, m.

Se calculó la deflexión según Deutschman *et al.* (1985) a partir de la ecuación (15), considerando el modelo como una viga doblemente apoyada, y se compara con valores límite recomendados para maquinaria (Mott *et al.*, 2009).

$$\nabla = \left( \frac{Pl^3}{48EI} \right) \quad (15)$$

donde:

∇: deflexión vertical, m;

P: fuerza externa, N;

E: módulo de elasticidad longitudinal, MPa;

I: momento de inercia de la viga rectangular, m<sup>4</sup>.

### Diseño de los ejes de las ruedas

Se calculó la potencia requerida para vencer la resistencia a la rodadura (Pr), garantizando que el agregado tractor-implemento avance a una velocidad constante, según la ecuación 16.

$$Pr = RR * V \quad (16)$$

### Diseño de las cuchillas de corte de la película plástica

El diseño de la cuchilla se realiza, según ANSI/ASABE (2003) y se recomienda dentada para facilitar el corte del material de polietileno de manera perpendicular a su espesor, con un ángulo de 180°.

For the calculation of the force that guarantees the penetration of the blades into the ground at 10 cm, necessary for cutting the polyethylene, Equation 17 was used, according to Ortiz-Cañavate (1989); ANSI/ASABE S (2003 & Hibbeler (2010).

$$Fr = a * p * \mu \quad (17)$$

where:

Fr: resistance force generated in the ground; N

a: working width; cm,

p: depth of work; cm,

$\mu$ - specific soil resistance;  $N \cdot cm^{-2}$ .

The specific resistance  $\mu$  was determined by Equation 18, according to ANSI/ASABE S (2003), for the most demanding conditions that correspond to a clay-silty soil.

$$\mu = 7 + 0.049 V^2 \quad (18)$$

### Selection of Blades

The blades must withstand the work without failure. The area to be cut matched the cross-sectional area of the blade. It is determined considering the condition of mechanical resistance to shear, according to Mott *et al.* (2009); Hibbeler (2010) and was calculated through Equation 19.

$$\tau = \frac{Fc}{Ac} \leq \tau p \quad (19)$$

where:

Fc: shear force; N

Ac: cross-sectional area subjected to shear;  $1.4 \text{ cm}^2$

$\tau$ : allowable shear stress; 375 MPa

For the blades, an AISI W1 steel was selected whose yield strength is 1500 MPa (GOST 4543 – 71, 1973 & Deutschman *et al.*, 1985).

### Three-Point Hitch

For the dimensions of the three-point hitch, the norm of ASABE Standards (2006) & Sánchez (2015) were followed, for a category II hitch.

## RESULTS AND DISCUSSION

The design of an implement for the collection of polyethylene films used in strawberry cultivation beds was obtained, to work at  $7 \text{ km h}^{-1}$  and with a load capacity of 646 kg of collected film, which could be operated by two people.

### Tires

The tires selected for the implement had the following main characteristics: the tire contains an inner tube (TT- Tube type), ply rate (PR) of 8, width of the rim 13.97 cm, the weight (WT) is 10,886 kg, 72.136 cm outside diameter (OD), 20.066 cm section width, 32 cm static loaded radius (SLR), load capacity at 52 psi, specified pressure 948 kg, maximum recommended speed (SP) 48.27 km/h. These values were obtained from the Alliance Tire Group brand catalog.

Para el cálculo de la fuerza que garantiza la penetración de las cuchillas en el suelo a 10 cm, necesarios para el corte del polietileno, se utilizó la ecuación 17, según Ortiz-Cañavate (1989); ANSI/ASABE S (2003 y Hibbeler (2010).

$$Fr = a * p * \mu \quad (17)$$

donde:

Fr: fuerza de resistencia que se genera en el suelo; N

a: ancho de trabajo; cm,

p: profundidad de trabajo; cm,

$\mu$ - resistencia específica del suelo;  $N \cdot cm^{-2}$ .

La resistencia específica  $\mu$  se determina por la ecuación 18, según ANSI/ASABE S (2003), para las condiciones de mayor exigencia que corresponden a un suelo arcilloso-limoso.

$$\mu = 7 + 0.049 V^2 \quad (18)$$

### Selección de las cuchillas

Las cuchillas deben resistir el trabajo sin fallo. El área a cortar, coincide con el área transversal de la cuchilla. La misma se determina considerando la condición de resistencia mecánica a cortante, según Mott *et al.* (2009); Hibbeler (2010) y se calcula a través de la ecuación 19.

$$\tau = \frac{Fc}{Ac} \leq \tau p \quad (19)$$

donde:

Fc: fuerza cortante; N

Ac: área transversal sometida a cortante;  $1.4 \text{ cm}^2$

$\tau$ : esfuerzo cortante permisible; 375 MPa

Para las cuchillas se seleccionó un acero AISI W1 cuya resistencia de fluencia es 1500 MPa (GOST 4543 – 71, 1973 y Deutschman *et al.*, 1985).

### Enganche de tres puntos

Para las dimensiones del enganche de tres puntos se siguió la norma de la ASABE Standards (2006) y Sánchez (2015), para un enganche de categoría II.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtiene el diseño de un implemento para la recolección de películas de polietileno usadas en camas de cultivo de fresa, para trabajar a  $7 \text{ km h}^{-1}$  y con una capacidad de carga de 646 kg de película recolectada, que puede ser operado por dos personas.

### Neumáticos

Los neumáticos seleccionados para el implemento tienen las siguientes características principales: el neumático contiene una cámara interior (TT- Tube type), régimen de capas (PR) de 8, ancho del rin 13,97 cm, el peso (WT) es de 10.886 kg, diámetro exterior (OD) de 72.136 cm, ancho de sección de 20.066 cm, radio con carga estática (SLR) de 32 cm, capacidad de carga a una presión específica de 52 psi 948 kg, velocidad máxima recomendada (SP) 48.27 km/h. Estos valores fueron obtenidos del catálogo de la marca Alliance Tire Group.

### Power Transmission

A chain drive system was selected that transmits the power generated in the tire axle to the upper harvesting axle, the characteristics of the chain drive: Standard double row number 120 chain, with a pitch of 3.81 cm. The chain length  $L = 327.66$  cm. The minimum distance between centers 30.5 cm. The final axial distance  $a = 116.205$  cm. With two equal sprockets with 25 teeth ( $Z = 25$ ), with diameters of  $D_1 = 30.399$  cm.

### Upper Shaft

The upper shaft (Figure 2) of 1040 steel, a diameter of 85 mm and a total length of 1.4 m, in which the standard 6217 bearings were placed, in addition to the Catarina for power transmission.

### Transmisión de potencia

Se seleccionó un sistema de transmisión por cadena que transmite la potencia generada en el eje de los neumáticos hacia el eje superior de recolección, las características de la transmisión por cadena: Cadena estándar de doble hilera número 120, con un paso de 3,81 cm. La longitud de la cadena  $L = 327.66$  cm. La distancia mínima entre centros 30.5 cm. La distancia axial definitiva  $a = 116.205$  cm. Con dos catarinas iguales de 25 dientes ( $Z = 25$ ), con diámetros de  $D_1 = 30.399$  cm.

### Eje superior

El eje superior (Figura 2) de acero 1040, un diámetro de 85 mm y un largo total de 1.4 m, en el cual se colocan los rodamientos estándar 6217, además de la Catarina para la transmisión de potencia.

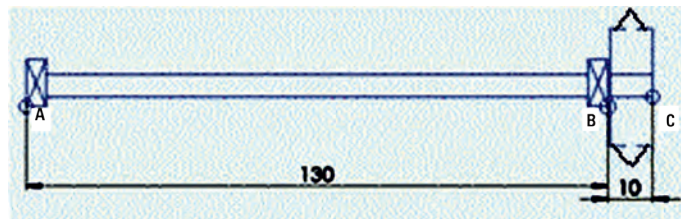


FIGURE 2. Upper shaft.  
FIGURA 2. Eje superior.

### Wheel Axles

These axles with a diameter of 70 mm were attached to the tire rims, at the other end the two bearings of the standard type number 6914 were placed and they were attached to the lower columns of the frame, with a distance of 0.238 m from the joint with the rim to the end of the axle.

### Ejes de las ruedas

Estos ejes con un diámetro de 70 mm, y unidos a los rines de los neumáticos, por el otro extremo se colocan los dos rodamientos del tipo estándar número 6914 y se unen a las columnas inferiores del bastidor, con una distancia de 0,238 m desde la unión con el rin hasta el extremo del eje.

### Plastic Cutting Blades

The blades were rectangular in shape and one of their sides was serrated to cut the polyethylene film, they were 7 cm wide, 17.62 cm long, of which 10 cm were serrated, and a thickness of 2 mm as can be seen in the Figure 3.

### Cuchillas de corte del plástico

Las cuchillas tienen forma rectangular y uno de sus lados está dentado para cortar la película de polietileno, tienen 7 cm de ancho, 17.62 cm de largo, de los cuales 10 cm están dentados, y un espesor de 2 mm como puede apreciarse en la Figura 3.

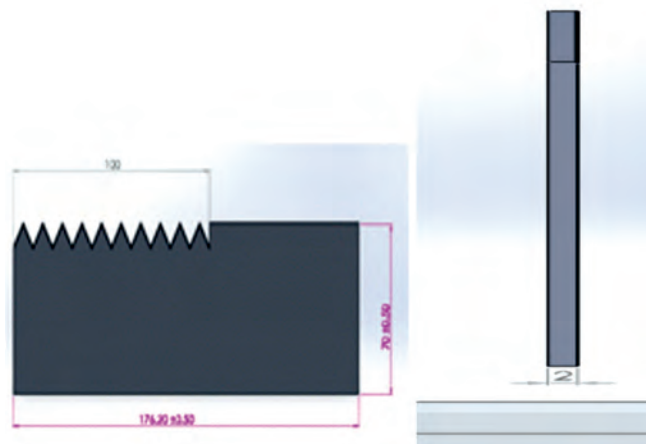


FIGURE 3. Blade.  
FIGURA 3. Cuchilla.



Figures 4a and 4b show the parts that make up the design made.

En las Figuras 4 a y 4 b se observan las partes que componen el diseño realizado.

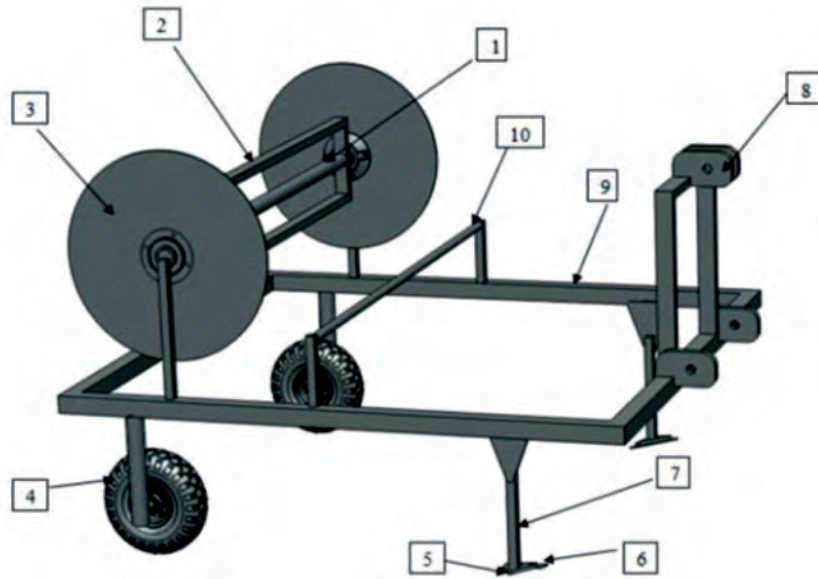


FIGURE 4 a. Machine components.  
FIGURA 4 a. Ensamble del diseño final en Solidworks.

1. Rotation axis of the plastic harvesting system, 2. Bars for plastic winding, 3. Discs to prevent the padding from coming off the bars, 4. Tires (implement traction), 5. Blade holder, 6. Blade, 7. Bar coupled to frame and blade holder, 8. 3-point hitch system, 9. Frame, 10. Guide roller for plastic.

1. Eje de giro del sistema de recolección de plástico, 2. Barras para enrollado de plástico, 3. Discos para evitar que el acolchado se salga de las barras, 4. neumáticos (tracción del implemento), 5. Portacuchilla, 6. Cuchilla, 7. Barra acoplada al bastidor y a la portacuchilla, 8. Sistema de enganche de 3 puntos, 9. Bastidor, 10. Rodillo guía para el plástico.

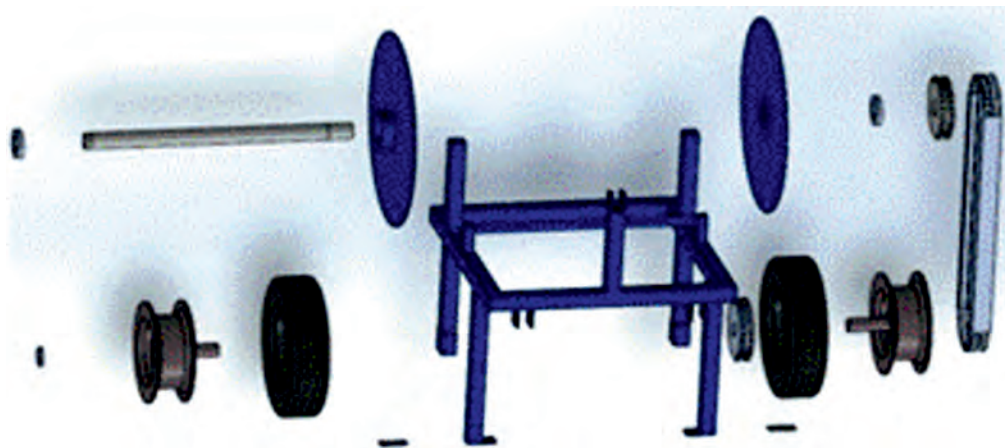


FIGURA 4 B. Assemble of the final design in Solidworks.  
FIGURA 4 b. Componentes de la máquina por separados.

## CONCLUSIONS

- The design of the implement to remove the polyethylene mulch in strawberry crops was made up of: two wheels, two cutting bodies, bar or axles, supports for cutting bodies, double row chain-chain transmission, two 6217 ball bearings, 6914 and had a cutting capacity of 646 kg equivalent to an estimated area of 0.91 ha/h with advance of the machine equal to 7 km/h.

## CONCLUSIONES

El diseño del implemento para retirar el acolchado de polietileno en los cultivos de fresa lo componen: dos neumáticos, dos órganos de corte, barra o ejes soportes para los órganos de corte, transmisión por cadena de doble hilera, dos rodamientos de bolas 6914 y posee una capacidad de corte de 646 kg equivalente a una superficie estimada de 0,91 ha/h con avance de la máquina igual a 7 km/h.

## REFERENCES

- ANSI/ASABE S: General Terminology for Traction of Agricultural Traction and Transport Devices and Vehicles, ANSI/ASABE S, 2003.
- ASABE STANDARDS: Three Point Free Link Attachment for Hitching Implements to Agricultural Wheel Tractors, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006.
- DEUTSCHMAN, A.D.; MICHELS, W.J.; WILSON, C.E.; GARZA, C.J.A.: Machine design theory and practice. Diseño de máquinas: teoría y práctica, 1985, ISBN: 968-26-0600-4.
- DÍAZ, S.T.: Los filmes plásticos en la producción agrícola, 2001, ISBN: 84-8476-004-9.
- DOBROVOLSKI, V. Elementos de Máquinas. ENPES (Empresa Nacional de Producción de Educación Superior). Reimpresión de la edición de 1980 realizada por la Editorial Mir – Moscú. URSS. Pág. 584. 1990.
- DUBOIS, P.: Los plásticos en la agricultura, Ed. MundiPrensa, Madrid, España, 209 p., 1980.
- GOST 4543 – 71: Structural alloy steel bars Technical Specifications GOST 4543 – 71, [en línea], no. OKII 09 5040, Inst. State Standard of USSR, Russia, Russia, 24 p., 1973, Disponible en: <http://www.swyaz.com>, [Consulta: 10 de noviembre de 2019].
- GUTIÉRREZ, V.C.; SERWATOWSKI, R.; CABRERA SIXTO, S.J.M.; SALDAÑA, R.N.; JUÁREZ-GUANÍ, G.J.A.: “Estudio de corte de películas plásticas sobre suelos acolchados”, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 19(4): 30-36, 2010, ISSN: 2071-0054.
- HIBBELER, R.C.: Mecánica de materiales, Ed. Prentice Hall, decimosegunda ed., México, DF, 2010, ISBN: 978-607-442-560-4.
- MOTT, R.L.: Diseo de Elementos de Maquinas-Con 1 CD, Ed. Pearson educación, 2006, ISBN: 970-26-0812-0.
- MOTT, R.L.; SALAS, N.R.; FLORES, R.M.A.; MARTÍNEZ, B.E.: Resistencia de materiales, Ed. Pearson Educación, vol. 5, 2009.
- ORTIZ-CAÑAVATE, J.: Técnica de la mecanización agrícola, Ed. Mundi-Prensa, tercera ed., Madrid, España, 643 p., 1989.
- SÁNCHEZ, C.D.I.: Diseño de un implemento para retirar acolchados plásticos en cultivos de fresa, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Texcoco de Mora. Estado de México, 2015.

---

*María Victoria Gómez-Águila*, Profesora e Investigadora, Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura, Texcoco de Mora. Estado de México, México, e-mail: [mvaguila@hotmail.com](mailto:mvaguila@hotmail.com), [mgomez@chapingo.mx](mailto:mgomez@chapingo.mx) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9603-2856>

*David Iván Sánchez-Chávez*, Doctorante del Postgrado Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco de Mora. Estado de México, México, e-mail: [d.ivansanchez@gmail.com](mailto:d.ivansanchez@gmail.com) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7132-9741>

*Luis Tonatiuh Castellanos-Serrano*, Profesor e Investigador, Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura, Texcoco de Mora. Estado de México, México, e-mail: [lcastellanoss@chapingo.mx](mailto:lcastellanoss@chapingo.mx) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1071-3923>

*Luis Arturo Soriano-Avedaño*, Profesor e Investigador, Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura, Texcoco de Mora. Estado de México, México, e-mail: [sorianoa@chapingo.mx](mailto:sorianoa@chapingo.mx) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3299-9851>

*Marcelino Aurelio Pérez-Vivar*, Profesor e Investigador, Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura, Texcoco de Mora. Estado de México, México, e-mail: [mperezv@chapingo.mx](mailto:mperezv@chapingo.mx) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2746-8688>

*Ramiro Chávez-Mota*, Profesor e Investigador, Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura, Texcoco de Mora. Estado de México, México, e-mail: [rchavezm@chapingo.mx](mailto:rchavezm@chapingo.mx) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5354-4034>

*Josué Vicente Cervantes-Bazán*, Profesor e Investigador, Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura, Texcoco de Mora. Estado de México, México, e-mail: [jcervantesba@chapingo.mx](mailto:jcervantesba@chapingo.mx) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4849-1518>

The authors of this work declare no conflict of interests.

This item is under license Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher.



# **Centro de Mecanización Agropecuaria**

## **MISIÓN**

---

Promover el desarrollo de la Ingeniería Agrícola y la formación de cuadros Científico Técnicos de alto nivel en este campo.

Ubicado en la carretera de Tapaste, en San José de las Lajas, en las áreas de la Universidad Agraria de La Habana, el CEMA se distingue:

### **LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

- Ingeniería Agrícola para sistemas conservacionistas
  - Mecanización de Cultivos Tropicales
  - Energía en la Agricultura
- Sensoramiento en Agricultura de Precisión

### **DEFENSAS DE DOCTORADOS**

- Sede del Tribunal Nacional de Defensa de Doctorado en Ingeniería Agrícola • Sede del Programa Doctoral en Mecanización Agrícola

### **SUPERACIÓN POSTGRADUADA**

- Diplomados • Maestrías • Doctorados • Cursos y Entrenamientos de Postgrado • Cursos de Verano
  - Cursos de Superación para profesionales

### **● TALLER DE PROTOTIPOS**

### **● MÁQUINAS Y EQUIPOS PARA LA PRODUCCIÓN Y TRANSPLANTES DE CEPELLONES**

### **● BÁSCULAS ELECTRÓNICAS PARA LA GANADERÍA**

### **● EQUIPO PORTÁTIL PARA DEPURAR ACEITES**