

DISEÑO DE UNA MÁQUINA SEMI AUTOMÁTICA TRANSPORTADORA

Alvarado-Ruiz, A.^a, Lozano-González, A.^a, Dimas-Díaz, F.^a, Serrano-González, S.^a y Santillan-Valdelamar, M. G.^a

^a Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, División de Ingeniería Industrial, Mixquiahuala de Juárez Hidalgo México, 42700. msantillan@itsoeh.edu.mx

Recibido 03 de Noviembre de 2017; aceptado 30 de Diciembre de 2017

Palabras clave:
Pacas de forraje, Tiempo de carga, Trabajadores

RESUMEN. La región del Valle del Mezquital es una zona agrícola en la cual la carga de pacas de forraje es una de las actividades más solicitadas, se caracteriza por su complejidad, tiempo de ejecución, demanda de personal y exigencias físicas del trabajador debido a que las pacas de forraje tienen peso de 30 a 50 kilogramos en promedio que dificulta su manejo. Por lo tanto exige que el trabajador sea físicamente fuerte y se requieren 6 trabajadores por hectárea para agilizar el proceso, además al subir los tendidos de pacas aumenta la altura y se vuelve más complejo para el trabajador subir las pacas de forraje provocándole desgaste, agotamiento y en ocasiones lesiones severas que retrasan el trabajo y aumentan su tiempo de ejecución, aunado a esto las pacas desprenden polvo y residuos que causan gripe, irritación en los ojos, dolor de garganta y picazón. Este trabajo de investigación pretende diseñar una máquina transportadora de pacas de forraje, mediante el uso del sistema de catarinas para reducir personal y tiempo de carga. La máquina se diseña mediante el software SOLIDWORKS en el cual se especifica el mecanismo, medidas y materiales correctos para su elaboración teniendo como resultado final una máquina elevadora de pacas semiautomática con contador de pacas y ajuste de altura. Este diseño ayudará a simplificar la carga de pacas de forraje reduciendo el número de trabajadores, el tiempo de ejecución, esfuerzo, incomodidad, enfermedades y fatiga del trabajador y así optimizar los costos y tiempos de operación.

Key words:
Forage bales, Loading time, Workers

ABSTRACT. The Mezquital Valley region is an agricultural area in which the bale load of fodder is one of the most requested activities, is characterized by its complexity, time of execution, demand of personnel and physical demands of the worker because the bales of forage have weight of 30 to 50 kilograms in average that makes difficult its handling. It therefore requires that the worker be physically strong and requires 6 workers per hectare to expedite the process, in addition to raising the bales increases the height and becomes more complex for the worker to raise the bales of fodder causing wear, exhaustion and sometimes severe injuries that delay the work and increase its time of execution, in addition to this the bales give off dust and residues that cause flu, irritation in the eyes, sore throat and itch. This research work aims to design a forage bale conveyor, by using the catarina system to reduce personnel and loading time. The machine is designed by SOLIDWORKS software, which specifies the correct mechanism, measures and materials for its production, resulting in a semi-automatic bale lifting machine with bale counter and height adjustment. This design will help simplify the loading of forage bales by reducing worker numbers, runtime, effort, discomfort, illness and fatigue of the worker and thus optimize costs and operating times.

INTRODUCCION

En el mundo actual la innovación y mejora de los procesos convencionales es indispensable para obtener mayor productividad, rendimiento y ganancias, en el área de la agricultura no es la excepción día a día nacen nuevas ideas para agilizar las actividades. Una de las actividades agrícolas más solicitadas en la región del Valle del Mezquital es el cargado de pacas de forraje, la cual se caracteriza por ser compleja y laboriosa, el proyecto que a continuación se presenta va enfocado a agilizar dicha actividad, mediante el diseño de una máquina cargadora de pacas de forraje que ayude a reducir el tiempo de operación, demanda de trabajadores,

complejidad de la operación, exigencias físicas y enfermedades en los trabajadores que se presentan durante su ejecución. Se han diseñado máquinas para realizar dicha actividad, la mayoría de ellas usa un sistema hidráulico como lo menciona Ayala¹ que solo pueden usar tractores con dicho sistema, el sistema hidráulico de acuerdo a Trebilcock² proporciona potencia para realizar actividades pesadas como lo es el cargado de pacas, pero se caracteriza por ser complejo y costoso. El diseño de la máquina actual fue elaborado mediante el software SOLIDWORKS, en el cual se especifican mecanismos, medidas y materiales correctos para manufacturar la máquina. El resultado de este proyecto de innovación es el diseño de una máquina

semiautomática cargadora de pacas de forraje con ajuste de altura y conteo de pacas que ayudara a agilizar y optimizar la actividad del cargado de pacas de forraje.

METODOLOGÍA

La investigación se dirige al sector agrícola de la comunidad de Ajacuba Hidalgo que se dedica a la actividad de carga y transporte de pacas de forraje de manera convencional, en sus distintas modalidades (zacate, alfalfa, avena, cebada, trigo, paja de frijol, entre otras). Este trabajo se enfocara únicamente a la región de la cabecera municipal de la cual el 30% de la población se dedica a esta actividad, por lo que se considera una población aproximada de 2308 personas dedicada a la carga de pacas de forraje. Con un nivel de significancia de 90% se calcula el tamaño de muestra de acuerdo a la ecuación 1.

$$n = \frac{Nz_{\alpha}^2pq}{i^2(N-1) + z_{\alpha}^2pq}$$

$$= \frac{2308(1.645)^2(.5)(.5)}{(.2)^2(2308-1) + (1.645)^2(.5)(.5)}$$

$$= 16.79 \approx 17$$

Ec. 1

Donde:

N : Tamaño de la población

z_{α} : Valor correspondiente de la distribución normal

p : Prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse ($p = 0.5$)

q : Error que se prevé cometer

El tamaño de muestra para 90% de confianza es de 17 personas, a las cuales se encuestaran para conocer la cantidad de pacas recolectadas en cada cosecha, el tiempo empleado, el número de trabajadores, la inversión y el transporte utilizado para llevar a cabo la carga de pacas de forraje.

Según **Salazar**³ define que “La ingeniería concurrente es un esfuerzo sistemático para un diseño integrado, concurrente del producto y de su correspondiente proceso de fabricación y servicio. Pretende que los encargados del desarrollo desde un principio, tengan en cuenta todos los elementos del Ciclo de Vida del Producto (CVP), desde el diseño conceptual hasta su disponibilidad, incluyendo calidad, costo y necesidad de los usuarios”. Además

presenta los cuatro Fundamentos de la Ingeniería Concurrente, estos son:

1. El concepto de Ciclo de Vida
2. Modelos del proceso de diseño
3. Arquitectura del producto
4. Flujo de información en el proceso de diseño

De los fundamentos mencionados solo se desarrolló el número 1 (concepto de ciclo de vida del producto). **Salazar**³ define el ciclo de vida del producto como el conjunto de etapas que recorre un producto individual (o conjunto interrelacionado de componentes físicos o intangibles) destinado a satisfacer una necesidad desde que éste es creado hasta su fin de vida.

En éste se reconocen 5 etapas:

1. Diseño conceptual y preliminar
2. Diseño de detalle y desarrollo
3. Producción y/o construcción
4. Uso del producto
5. Fin de vida y retiro

Para el proyecto expuesto se desarrollaron únicamente las etapas 1 y 2 de ciclo de vida del producto las cuales se muestran a continuación.

1. Diseño conceptual y preliminar. Como primera etapa de la construcción del proyecto se realizaron bocetos con lápiz y papel, en los cuales se plasmó la idea general del proyecto misma que se fue modificando y puliendo hasta obtener una idea más concreta. En los bocetos se otorgaron medida, especificaciones y mecanismos aproximados a los componentes de la máquina para facilitar su diseño posterior en el software de diseño SOLIDWORKS. Algunos de los bocetos realizados se muestran en la Figura 1.

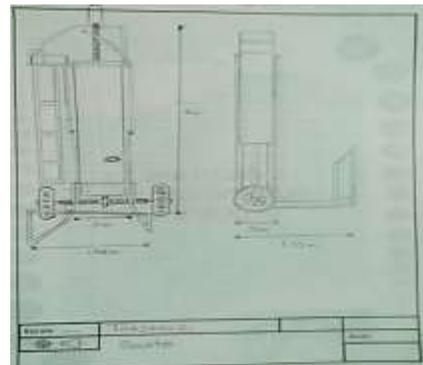


Figura 3. Diseño preliminar de la máquina.

2. Diseño de detalle y desarrollo. La segunda etapa de la construcción del proyecto fue la realización del diseño de la máquina en el Software SOLIDWORKS 2017. En esta etapa se refino el proyecto y se modificaron algunas medidas, mecanismos y especificaciones de la etapa anterior debido a que algunas no coincidían o no eran las adecuadas para su correcto funcionamiento. Conforme se realizaba el diseño de la máquina se pudo observar más a detalle cada uno de los componentes de la máquina y los mecanismos a emplear lo que facilitó en gran medida realizar correcciones y proporcionar medidas correctas a cada uno de ellos. De igual manera se especificó en el diseño el material más óptimo a utilizar para la manufactura de cada componente.

El primer componente diseñado fue la Boca de carga (Figura 2), dicho componente permite a la máquina recolectar las pacas de forraje y sirve como guía para que las pacas de forraje entren de forma adecuada y evita estancamientos. De igual manera ejerce la función de contrapeso para mantener la máquina en equilibrio y como componente de fijación al acumulador de pacas (remolque, camión, camioneta).

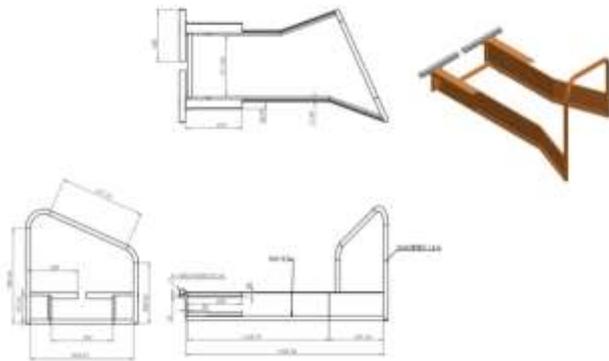


Figura 4. Boca de carga TRANSBALE

Segundo componente: Eje de transmisión de potencia (Figura 3), al cual se fija el piñón principal y las llantas (Figura 4) que proporcionan la energía mecánica. Las medidas del componente se definieron teniendo como referencia el ancho de las pacas de forraje, el ancho del rin de la llanta, y el ancho de componentes medios que interfieren en el mecanismo.

Tercer componente: Par de llantas de transmisión de energía mecánica (Figura 4) que hacen funcionar al mecanismo de la máquina. El rin diseñado fue de número 0.4064m y la llanta fue diseñada a modo todo terreno para evitar que las llantas resbalen a la hora del proceso del cargado de pacas de forraje. De igual manera este componente sirve como contrapeso para mantener en equilibrio la máquina además de proporcionar mayor tracción y por ende mayor energía mecánica.

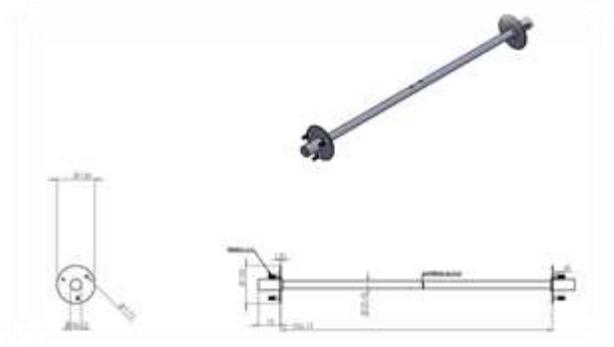


Figura 5. Eje de transmisión de potencia TRANSBALE

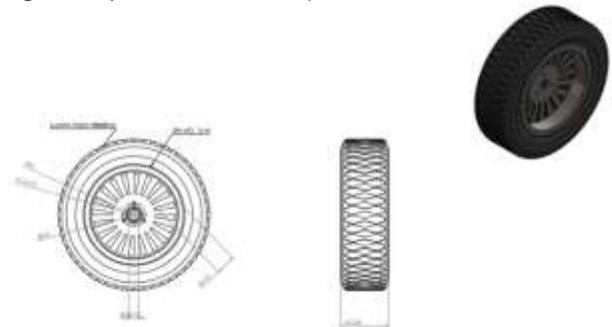


Figura 6. Rueda de transmisión de energía mecánica

Cuarto componente: Par de carriles guía (Figura 5 y 6), este componente sirve de guía para las pacas de forraje y para el componente de ajuste de altura (Figura 7) al cual proporciona rigidez y un correcto desplazamiento a la medida que el operario requiera. El carril guía corto (Figura 5) cuenta con barrenos bien distribuidos que permitirán un correcto ajuste de altura y el carril guía largo (Figura 6) es lo suficiente alto para dar el desplazamiento adecuado al componente de ajuste de altura.

Quinto componente: Ajuste de altura (Figura 7), dicho componente sirve para ajustar la altura a la que suben las pacas de forraje y con ello facilitar al

operario arcinador el acomodo de las pacas de forraje. El componente cuenta con dos placas en que forman un cuarto de círculo para desenganchar las pacas y mandarlas a la base donde son tomadas por el operario arcinador. De igual manera pasee un seguro para ajustar la altura con el cual garantiza su fijación en la altura correcta y evita que el componente resbale.

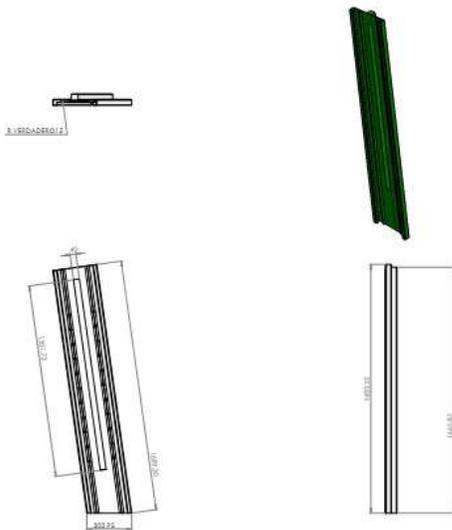


Figura 7. Carril Corto

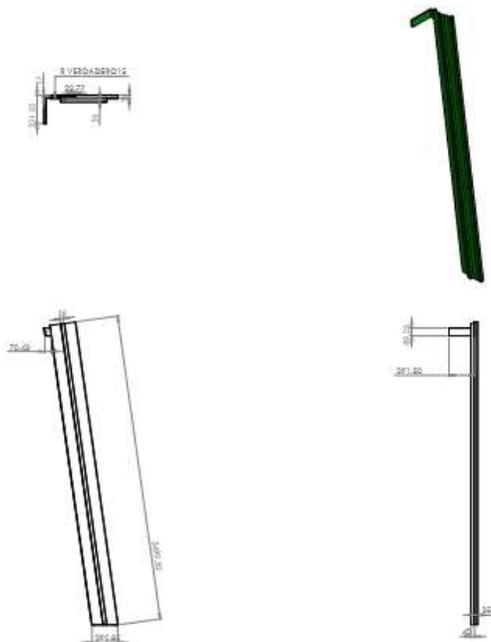


Figura 8. Carril Largo

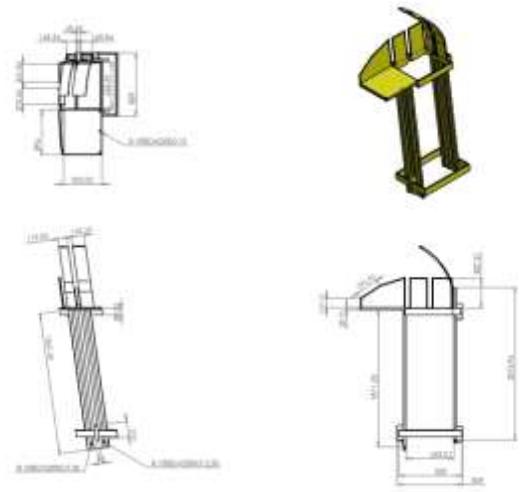


Figura 9. Ajuste de altura

Sexto componente: Corredera de cadena (Figura 8), este componente sirve como guía para la cadena dentada (Figura 9) que eleva las pacas de forraje, evitando que esta se descontrola y brindando un soporte para que las pacas suban de forma adecuada. De igual manera cuenta con dos barras en forma vertical que evitan que las pacas de forraje se muevan de su posición y ejerce la función de soporte para los piñones y su eje correspondiente (Figura 8).

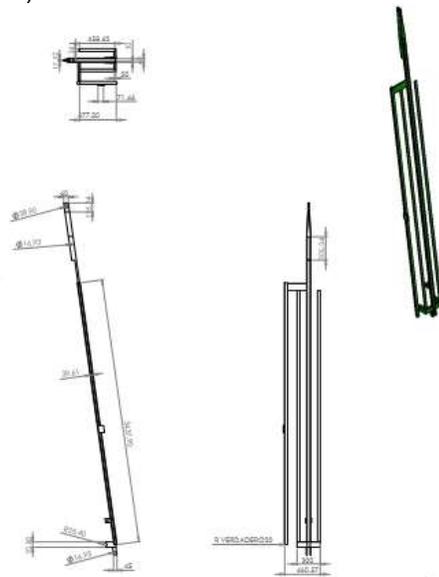


Figura 10. Corredera de Cadena

Séptimo componente. Cadena dentada (Figura 9 a), es uno de los principales componentes de la máquina debido a que es la encargada de elevar las pacas de forraje para su posterior acomodo en el acumulador, la cadena está formada por eslabones con una saliente o pico (Figura 9 b) que sirve para enganchar la paca de forraje y transportarla hasta donde es recibida por el operario arcinador y por eslabones no dentados que sirven para dar una separación a los eslabones con gancho (Figura 9 c), por cada eslabón dentado anteceden 4 eslabones no dentados. La cadena es similar a la de una sembradora agrícola pero con modificación en las medidas y adición de elementos.

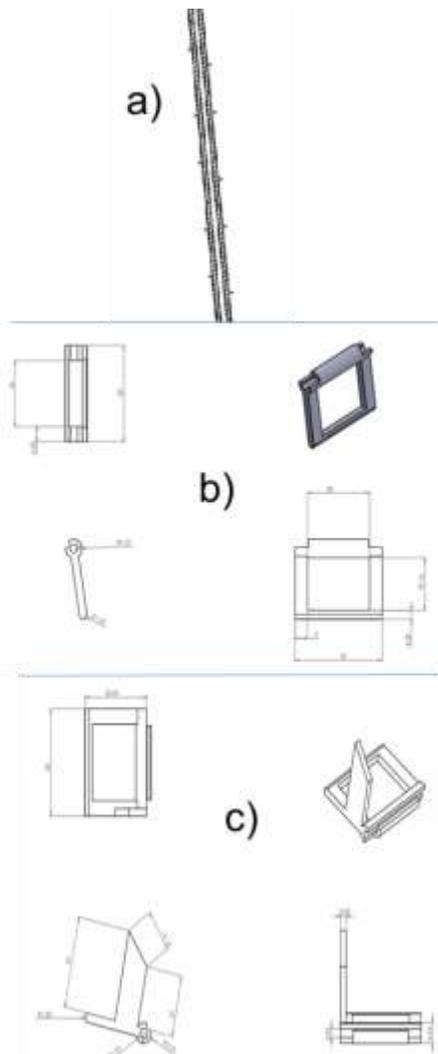


Figura 9. a) Cadena dentada, b) eslabón no dentado y c) eslabón dentado

En la ecuación 2 se determina el cálculo de cadena según González (2010).

Longitud:

$$L = 2C + \frac{N + n}{2} + \frac{\left(\frac{N - n}{2\pi}\right)^2}{C} \quad \text{Ec. 2}$$

Ec. 2

L = Longitud de la cadena expresada en pasos

C = Distancia entre ejes expresado en pasos

N = Número de dientes del piñon mayor

n = Número de dientes de piñon menor

Octavo componente. Contador de pacas análogo mecánico (Figura 10). Este componente se diseñó en base a los contadores análogos mecánicos existentes los cuales cuentan con una forma cilíndrica y un mecanismo que se acciona mediante el contacto físico de las pacas de forraje al pasar por el interior de la máquina.

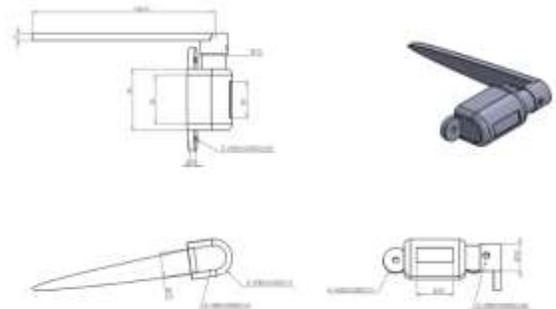


Figura 11. Contador de pacas.

Noveno componente. Contraparte (Figura 11). La contra parte evita que las pacas de forraje caigan de la máquina, además ejerce presión sobre ellas para facilitar a la cadena la elevación de las mismas.

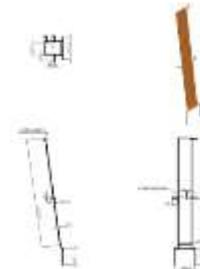


Figura 12. Contraparte

Decimo componente. Piñón menor (Figura 12). Este componente se encarga de guiar la cadena dentada (Figura 9) y le sirve como soporte para evitar que se barra y proporciona mayor transmisión de potencia para subir las pacas con mayor facilidad.

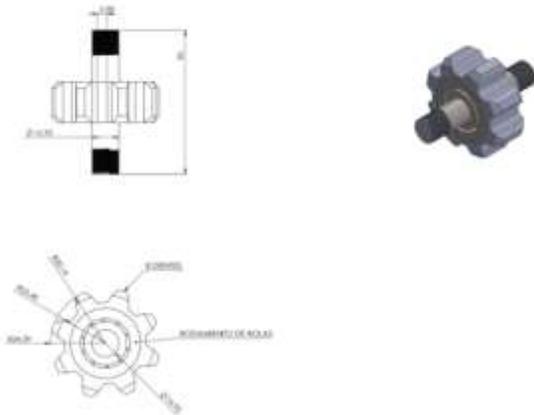


Figura 13. Piñón menor

Onceavo componente. Piñón mayor (Figura 13). Este componente esta ensamblado al eje de Transmisión (Figura 3) el cual se mueve mediante la energía mecánica que le proporcionan las llantas de la máquina, dicho piñón hace que se mueva la cadena dentada (Figura 9) para subir las pacas.

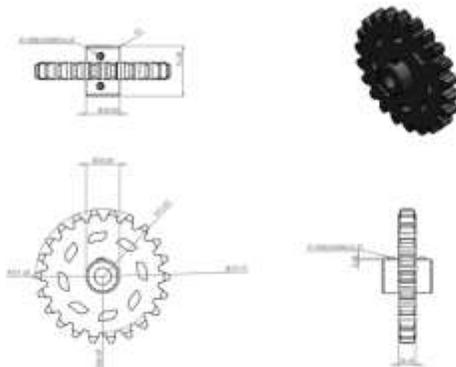


Figura 14. Piñón mayor

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultados se obtuvo el diseño de la máquina TRANSBALE (Figura 14) el cual consta de un contador de pacas (Figura 10) que facilitara el control del total de pacas que se levanten, y por otra parte está diseñada con ajuste de altura (Figura 7), esto

debido a que conforme se colocan los tendidos de pacas en el camión, la altura incrementa, de esta forma se puede tener una mejor operación ajustándola a la altura requerida conforme a los tendidos de pacas. Siendo de gran practicidad para la tarea del cargado de pacas. En la Figura 15 se muestran cada uno de los componentes ensamblados que conjuntan el diseño final de la máquina semiautomática transportadora de pacas de forraje TRANSBALE, además en las figuras 16 a 19 se muestran las vistas del diseño.

Se han diseñado máquinas cargadoras de pacas de forraje con anterioridad, una de ellas es el Autoelevador de pacas de forraje⁵, pero son robustas y difíciles de trasladar además de tener un costo elevado (aproximadamente 140,000 pesos) en comparación con la máquina TRANSABALE la cual es compacta y sencilla lo que la hace fácil de trasladar, además de tener un costo aproximado y variable a futuro de 20,000 pesos lo que la hace relativamente barata en comparación con las máquinas actuales, obteniendo un ahorro de 120,000 pesos.

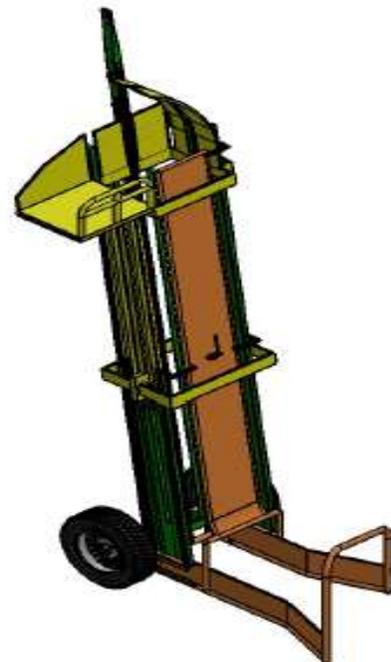


Figura 15. Máquina TRANSBALE

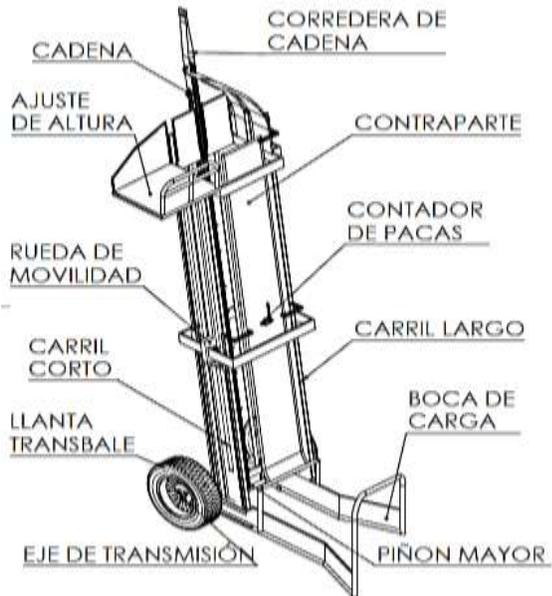


Figura 16. Componentes ensamblados TRANSBALE

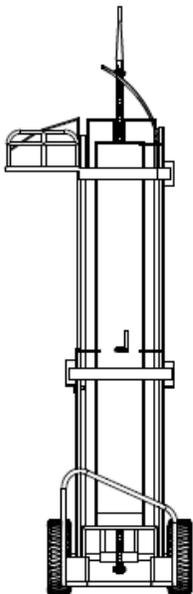


Figura 17. Vista Frontal TRANSBALE

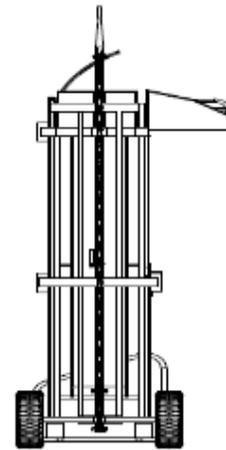


Figura 18. Vista posterior TRANSBALE

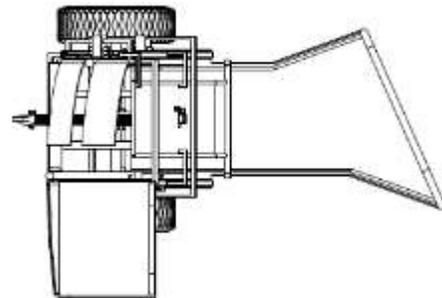


Figura 19. Vista superior TRANSBALE.

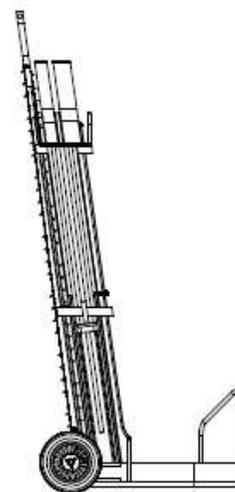


Figura 20. Vista lateral TRANSBALE

En la Tabla 1 se muestra un presupuesto aproximado de los componentes que se utilizarán para manufacturar la máquina TRANSBALE. Considerando que algunos de estos componentes serán reciclados.

Tabla 1. Costo de Manufactura del producto TRANSBALE

Material	Cantidad	Precio (\$)
Engranés en v de 5" \varnothing	2	500
Engranés en v de 3" \varnothing	2	400
Placa de 3mm de espesor.	10 m ²	600
Tubo de acero de 1/4" \varnothing	5m	300
Rin número 8	1 par	200
Llantas para rin número 8	1 par	100
Eje o árbol de transmisión	1	200
Cadena dentada de elevación	1	400
Contador de pacas	1	200
Riel de acero	2	400
Electrodos de soldadura	20	400
Contra riel	2	400
Mano de obra	1	2000
Valeros	4	1200
Tuercas	8	100
Tornillos	20	50
Remaches	50	10
Total		\$8,360

Además se realizó un estudio de campo donde lo más destacado es el tiempo de carga y el número de trabajadores que se emplea en una hectárea de cosecha.

En la Figura 20 se puede apreciar que el 100 % de los encuestados afirma que el tiempo de ejecución del cargado de pacas supera los 120 min. Lo que es un alto tiempo de operación, la máquina va dedicado a reducir este tiempo de operación.

En la Figura 21 se puede apreciar que el 82.35 % de los encuestados respondió que para la ejecución de

la tarea del cargado de pacas necesitan más de 5 trabajadores.

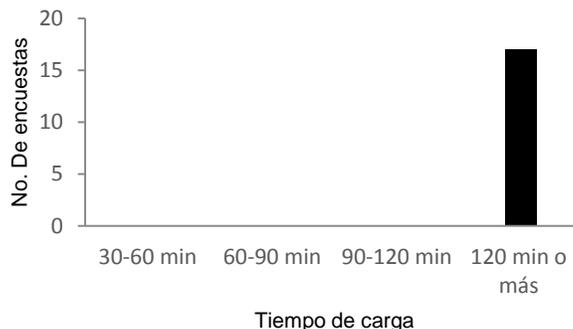


Figura 20. Tiempo de carga

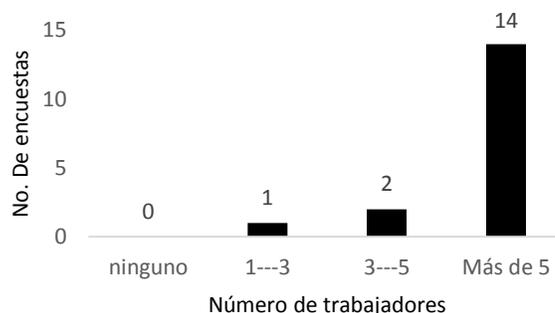


Figura 21. Número de trabajadores

CONCLUSIONES

Con la elaboración de esta investigación, se logró el diseño de una máquina que beneficiara principalmente a las personas dedicadas a la compra de pacas de forraje directamente de las milpas y los propios productores que levanten su cosecha, debido a la complejidad de tarea del cargado de pacas y tiempo de ejecución. Esto sin duda, será de gran ayuda ya que el diseño de la misma cuenta con el ajuste de la altura y contador de pacas, que dará un mejor control de la cantidad de forraje cargado.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Ayala Garay, A. V., M. C., M. A., Sanchez Hernandez, M. A., & Cervantes Osorio, R. (2013). Impacto de las pruebas de tractores agrícolas en México: determinación de potencia a la toma de fuerza, levante hidráulico, cabinas y marcos de seguridad. *SciELO*, 22(1.1), 3-8.

2. Trebilcock, F. M., Santamaria, F., & Alarcon, A. J. (2014). Análisis de estabilidad transitoria en un sistema industrial con generación propia interconectado con el sistema de potencia. *SciELO Analytics*, 25(1), 4-5.
3. Salazar, I. B. (2016). *ingeniería industrial online* . Recuperado el 16 de marzo de 2017, de ingeniería concurrente : <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/ingenieria-concurrente/>
4. Gonzalez, R., & Garcia Domínguez, M. E. (Mayo de 2010). Cálculo analítico de la potencia nominal en transmisión por correa dentada. *An analytical calculation of the power rating of synchronous belt drives*, XIII(2), 60-10.
5. Pérez, D. R. (1978). Autoelevador de pacas de forraje. (U. d. Madrid, Ed.) *Memoria descriptiva 385844*, 12.