

DISEÑO Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DE UN PROTOTIPO DE MOLINO DESPULPADOR DE MANGO

Almanza Mosqueda M. D.^{a,*}, Ruiz Hernández K.^a, Sosa Morales M.E.^a, Martínez Soto G.^a, Flores Ortega A.^b

Universidad de Guanajuato, División de Ciencias de la Vida, ^aDepartamento de Alimentos,
^bDepartamento de Ingeniería Agrícola. Carretera Irapuato-Silao km 9, Ex Hacienda El Copal, C.P. 36500, Irapuato,
Guanajuato, México. *md.almanza@hotmail.com

RESUMEN:

El proceso de despulpado consiste en separar la pulpa de las frutas de las semillas y otros elementos. Existen diferentes equipos para el despulpado de frutas, entre los más populares están las despulpadoras de tambor horizontales. Con el objetivo de diseñar un prototipo de molino despulpador de mango, se propuso el dimensionamiento de dicho equipo, en base a una capacidad de 5000 kg/h, tomando como referencia características de equipos industriales de éste tipo, así como las dimensiones de mangos en estado óptimo de madurez. Para determinar la potencia total que el despulpador requería se realizó el cálculo de la potencia del sistema de despulpado, en la cual influyeron la fuerza de arrastre para mover la fruta alojada y la potencia del eje, alcanzando un valor de 1880.8 W; y del sistema de transportación donde se tomaron en cuenta las fuerzas de los mangos contenidos y la velocidad angular, obteniendo 8186.5 W. La potencia total de trabajo para hacer funcionar el equipo fue de 20.25 HP, ajustado a un factor de servicio debido a consideraciones de posibles fallas. Teniendo la potencia total, se eligió un motor adecuado a las características conseguidas.

ABSTRACT:

The objective of pulping process in fruits is separate the pulp from the seeds and other elements. There are different equipments for pulping fruit, the most popular are the pulping of horizontal drum. With the aim to design a prototype mill pulper, based on a capacity of 5000 kg/h, different parameters were proposed, based on industrial equipment of this type, as well as the size of mangoes with adequate ripeness. To determine the total power required, the drag force to move the fruit lodged and shaft power were considered, reaching a value of 1880.8 W. For the transportation system, which took into account the forces of the contents handles and angular velocity, a power of 8186.5 W was obtained. The total power to operate the equipment was 20.25 HP, adjusted by a factor of service due to considerations of possible faults. Taking the total power, a suitable motor to the obtained features was chosen.

Palabras clave:

Despulpador, potencia de eje, fuerza de arrastre.

Keywords:

Pulper, shaft power, drag force.

Área: Frutas y hortalizas

INTRODUCCIÓN

El proceso de despulpado consiste en separar la pulpa de las frutas de las semillas y otros elementos que no sean parte de la pulpa. Esto se realiza mediante movimientos rotativos de un conjunto de rascadores unidos a un eje, cuya potencia es dada por un sistema de poleas (sistema de transmisión), que a su vez regulan y reducen las revoluciones que vienen del motor.

Existen diferentes equipos para el despulpado de frutas, entre los más populares están las despulpadoras de tambor, ya sean horizontales o verticales, y despulpadoras de discos, las cuales resultan ser más eficientes cuando están nuevas que una de tambor. Las despulpadoras de tambor horizontales consisten de un cilindro metálico horizontal de 20 a 30 centímetros en diámetro con hoyuelos, una placa despulpadora con o sin canales, y una placa separadora. La fruta se alimenta a la despulpadora uniformemente a lo largo del cilindro desde arriba. El tambor rotador mueve la fruta a través de los canales de la placa, ejerciéndoles presión hasta que se remueve la pulpa (Wintgens, 2004). Para la obtención de pulpa de mango comúnmente se utiliza una despulpadora de paletas, la cual puede desintegrar la pulpa de un mango completo sin necesidad de un proceso preliminar de pelado. Las semillas, cáscaras, y una parte de fibra pueden separarse de la pulpa por medio de fuerzas de presión a través de mallas, con poros de diferentes diámetros (Fellows, 1994).

El objetivo del presente trabajo fue diseñar un prototipo de despulpador para mangos, tomando en cuenta diversos factores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estimación de la potencia requerida.

De acuerdo con Defaz y Tuza (2011), se tienen dos tipos de potencias influyentes con las cuales trabaja el equipo, la potencia del sistema de transportación y la potencia del sistema de despulpado.

Para determinar la potencia total que hará funcionar el equipo se calculó con la ecuación 1 que está dada por la suma de las potencias del sistema de despulpado ($P_{sistema}$) y del sistema de transportación (P_{st}):

$$P_{Totaltrabajo} = P_{st} + P_{sistema} \quad (1)$$

La Tabla I muestra las ecuaciones que se emplearon para determinar las variables requeridas para el sistema de transportación, mientras que para el sistema de despulpado se emplearon las ecuaciones mostradas en la Tabla II.

Tabla I. Potencia del sistema de transportación

VARIABLE	ECUACIÓN	No. ECUACIÓN
Potencia de transportación	$P_{st} = F_m * r * w$	(2)
➤ Número (#) de mangos	$\frac{V_{TOLVA}}{V_{Mango}} = \# mangos$	(3)
➤ Masa total de los mangos	$Masa_{Total} = \# mangos * Peso_{Promedio}$	(4)
➤ Fuerza ejercida por los mangos	$F_m = Masa_{Total} * g$	(5)

➤ Velocidad de rotación	$w = \sqrt{\frac{g}{4\pi^2 r}}$	(6)
➤ Velocidad de rotación corregida	$w = \sqrt{\frac{mg - Fe}{-mr}}$	(7)

Tabla II. Potencia del sistema de despulpado

VARIABLE	ECUACIÓN	No. ECUACIÓN
Potencia para despulpado	$P_{sistema} = P_m + P_{eje}$	(8)
➤ Potencia de mangos alojados	$P_m = F_T * r * w$	(9)
• Fuerza ejercida en el tamiz	$F_T = m_{Total} * g$	(10)
• Área de mangos alojados	$A = \frac{r * a - c * (r - f)}{2}$	(11)
• Volumen	$V = A * L$	(12)
• Número de mangos	$n_{mangos} = \frac{V_{segmentoocupado}}{V_{mangos}}$	(13)
• Masa de mangos alojados	$m_{Total} = n_{mangos} * Peso_{promedio}$	(14)
➤ Potencia del eje	$P_{eje} = \frac{Ec}{t}$	(15)
• Momento de inercia	$I = \frac{m}{12} (a^2 + c^2)$	(16)
• Teorema de Steiner	$I_r = (I + md^2) * 2$	(17)
	$I_{SD} = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} + I_{L4} + I_R$	(18)
• Energía cinética de rotación	$Ec = \frac{1}{2} I_{SD} w^2$	(19)

El momento de inercia es análogo a la masa, e indica la inercia del objeto frente a las variaciones de movimiento rotacional (Kane y Sternheim, 2000). Se utiliza la fórmula de cálculo de momento de inercia para cuerpos rectangulares de masa uniforme (m), longitud (L) y anchura (b), respecto a un eje perpendicular de cara bL que pase por su centro de masas (García, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el dimensionamiento del despulpador se tomaron en cuenta las dimensiones de una variedad de mango con dimensiones grandes, Tommy Atkins.

Tabla III. Características de la variedad de mango Tommy Atkins.

Peso (g)	Altura (cm)	Ancho ecuatorial (cm)	Ancho superior (cm)	Ancho inferior (cm)	Volumen (m ³)	Densidad (g/mL)
541.20	11.62	9.40	6.78	6.46	5.77x10 ⁻⁴	9.31x10 ⁻¹

Considerando una capacidad de 5000 kg/h, la tolva de alimentación será en forma de prisma trapezoidal con un ángulo de inclinación de 58° y tendrá una capacidad de 0.16 m³. El flujo másico/min es de 83.3 kg, y el volumen requerido por la tolva es de 0.0888 m³.

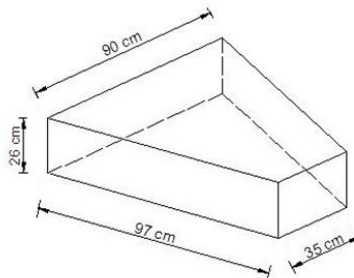


Figura 1. Dimensiones de la tolva de alimentación.

La tolva se complementa de una sección inclinada, con un volumen de 3.37x10⁻² m³ que conduce los mangos hacia la sección de despulpado.

Tabla IV. Dimensiones de la segunda parte de la recepción de alimentación

Dimensiones (cm)	
Ancho (Base)	33
Altura	33.47
Longitud de inclinación	47

El tamiz interno debe impedir que la pulpa contenga materia ajena a ella por lo que tendrá poros que permitan que la pulpa pase. Estará construido de acero inoxidable, en forma cilíndrica y con un espesor de 6 mm, donde los poros tendrán un diámetro de 4 mm.

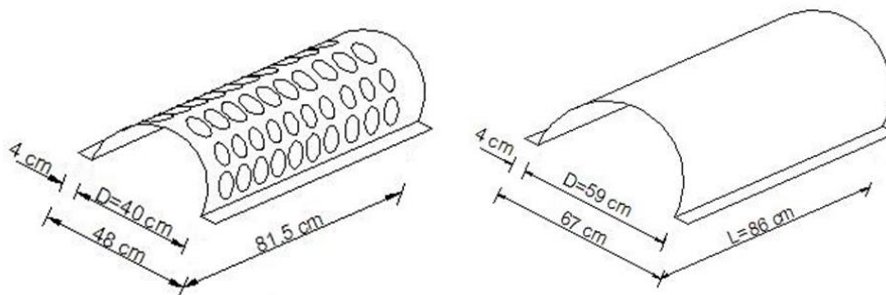


Figura 2. Dimensiones de tamiz interno y su cubierta.

El eje será de acero inoxidable y tendrá una longitud de 84 cm. De acuerdo a la normalización de las dimensiones por el American Engineering Standards Committee, se seleccionó un diámetro de eje de 1 15/16 pulgadas (4.9212 cm). (Hall & Holowenco, 1971).

Se considerarán dos paletas de acero inoxidable ($\rho_{\text{acero}}=7930 \text{ kg/m}^3$), con una disposición 180° una de otra, dos rascadores de plástico sujetos al eje mediante soportes de acero inoxidable, con un ángulo de inclinación de acuerdo a los parámetros de diseño de los fabricantes. Constará de dos láminas de soporte por cada rascador. En la siguiente Figura se muestra el sistema de despulpado, constituido por el eje, paletas y rascadores.

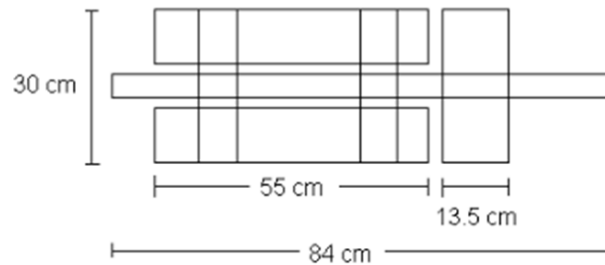


Figura 3. Representación del sistema de despulpado

La tolva de descarga tendrá paredes inclinadas para el fácil desplazamiento de la pulpa y un tubo inferior para su transporte.

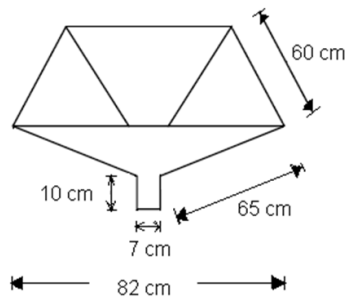


Figura 4. Dimensiones de la tolva de descarga de pulpa

En el cálculo de la potencia total de trabajo, una vez obtenidos los parámetros necesarios, y calculadas todas las variables, se obtiene una potencia del sistema de despulpado de 1880.8 W y del sistema de transportación de 8186.5 W. Sustituidas estas potencias en la ecuación 1, y convirtiendo las unidades a caballos de potencia (HP) como normalmente son expresadas, se obtuvo una potencia total de 13.50 HP. Considerando las posibles fallas técnicas y malas condiciones de las instalaciones eléctricas, se recomienda hacer una corrección de acuerdo a un factor de servicio (f_s) de 1.5, multiplicado por la potencia obtenida, y se llegó al resultado final de 20.25 HP.

Teniendo establecida la potencia requerida por el motor se selecciona el más adecuado de acuerdo a catálogos comerciales, por lo que se ha elegido un motor eléctrico de 20 HP, 1785 rpm y 460 V de acuerdo al fabricante.

CONCLUSIONES

La estimación de la potencia del molino despulpador se realizó con base en parámetros de diseño que dependen de las características del mango, y se determinó que la potencia requerida por el motor para procesar 5000 kg/h de mango, es de 20 HP. Por lo que se elige un motor eléctrico de 20 caballos de potencia (HP), 1785 rpm y un voltaje de 460 V.

BIBLIOGRAFÍA

- Defaz, E. & Tuza, F. (2011). *Diseño y construcción de una despulpadora de frutas horizontal con una capacidad de producción de 250 kg/h*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Fellows, P. (1994). *Tecnología del Procesado de Alimentos. Principio y práctica*. Zaragoza, España: ACRIBIA.
- García Díaz, R. (2004). *Manual de Fórmulas de Ingeniería* (2da edición ed.). México, D.F.: LIMUSA.
- Hall, A., & Holowenco, A. (1971). *Diseño de máquinas*. México: MCGRAW HILL BOOK.
- Kane, J. & Sternheim (2000). *Física*. España: REVERTÉ.
- Wintgens, J.N. (2004). *Coffee: Growing, Processing, Sustainable production: A Guidebook for Growers, Processors, traders, and Researchers*. University of Michigan. 1022 p.