

DISEÑO DE MÁQUINA PROCESADORA DE CÁSCARA DE MANDARINA

JUAN GUILLERMO MADRID ÚSUGA

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Mecánico

Directora
D.Sc Margarita Enid Ramírez Carmona
Doctor en Tecnología de Procesos Químicos y Bioquímicos

Asesor
Silvio Andrés Salazar M.
Ingeniero mecánico

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECANICA
MEDELLÍN
2013

Nota de aceptación

DS.c Margarita Enid Ramírez Cardona
Universidad Pontificia Bolivariana
Asesor

IM. Silvio Andrés Salazar Martínez
Universidad Pontificia Bolivariana
Director

Ph.D Carlos Ocampo López
Universidad Pontificia Bolivariana
Jurado

MS.c Diego Andrés Flórez Londoño
Universidad Pontificia Bolivariana
Jurado

Medellín, 5 de abril de 2013

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a mi madre GLORIA ALBENI USUGA VELEZ a WILLIAM GUERRA MAZO a mi fallecido padre GUILLERMO DE JESUS MADRID HIGUITA a mi fallecida abuela CLEMENTINA HIGHITA HIGUITA y toda la comunidad docente que ha hecho posible obtener los conocimientos necesarios para optar por el título de Ingeniero Mecánico.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	10
1. MARCO TEÓRICO	12
1.1. D-LIMONENO	15
1.2. MATERIAS PRIMAS	17
2. METODOLOGÍA	18
2.1. CRONOGRAMA DEL PROYECTO	18
2.2. DISEÑO DE LA MÁQUINA	19
2.3. FUNDAMENTO DEL PROCESO	20
2.3.1. Condiciones de procesado de la cáscara de mandarina.	21
3. DIMENSIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.	22
3.1 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS	24
3.1.1 Sistemas principales	24
3.1.2 Partes de cada sistema	28
4. DISEÑO DETALLADO DE LOS SISTEMAS	32
4.1 Sistema de lavado	32
4.2 Sistema de enjuague	36
4.3 Sistema de salida	36
4.4 Sistema de despulpado.	39
4.5 Sistema de separado	42
4.6 Sistema de picado	44

4.7 Sistema Eléctrico	50
5. CONDICIONES DE MANEJO Y USO DE LA MAQUINA	50
5.1 Puesta en marcha.	50
5.2 Plan de mantenimiento preventivo	51
6. CONCLUSIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	55

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Comparación de las características del d-limoneno comercial y el producto obtenido de la destilación.	13
Tabla 2. Empresas beneficiadas	19
Tabla 3. Selección del motor	30
Tabla 4. Transmisión de cadena banda salida	36
Tabla 5. Transmisión banda de despulpado	39
Tabla 6. Geometría del piñón	46

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Estructura molecular del limoneno	14
Figura 2. Cronograma de ejecución	17
Figura 3. Vista esquemática de la máquina	20
Figura 4. Sistema de lavado, enjuague y salida	24
Figura 5. Sistema de despulpado	25
Figura 6. Sistema de separación	26
Figura 7. Sistema de picado	26
Figura 8. Resorte P#6865	42
Figura 9. Vibrador neumático	43
Figura 10. Sistema de picado	44
Figura 11. Engranajes	45
Figura 12. Sistema interno de botadores	47
Figura 13. Prototipo de cuchilla para botador	48

ANEXOS

	Pag.
Anexo 1. Modelo de cálculo	55
Anexo 2. Presupuesto y lista de partes	57
Anexo 3. Lista de planos	60

RESUMEN

La cáscara de mandarina es un material de desecho del proceso de elaboración del jugo de esta fruta, que representa aproximadamente del 45- 60% del peso de esta.

Las cáscaras, semillas y membranas capilares de la mandarina contienen altas cantidades de pectina cítrica, aceites esenciales, pigmentos y productos cítricos especiales de alto interés.

Para extraer de forma mecánica los aceites esenciales provenientes de la mandarina, ésta debe ser sometida a un proceso de transformación física, que facilite la extracción de estos aceites mediante tratamientos biotecnológicos, por esto se diseñó una máquina capaz de pre tratar las cascaras de mandarina, para poder así extraer todo su contenido. En este proyecto se diseñó una máquina, para entregar la cáscara de mandarina lavada y picada en hojuelas de 10 mm² luego de haber sido despulpada de forma manual. La máquina consta de cinco etapas o subsistemas que son: Sistema de llenado, lavado, enjuague, pelado y picado.

La máquina fue diseñada para procesar una cantidad de cinco toneladas de cáscara de la fruta por cada turno de ocho horas.

INTRODUCCIÓN

La cáscara de mandarina es un material de desecho, obtenido de la extracción de jugo de ésta, representando aproximadamente el 60% del peso de la fruta. A nivel mundial los mayores productores de cítricos son Brasil y Estados Unidos, con el 20,4 % y 14,8% respectivamente. Colombia tiene una participación en el total mundial de 0,3%.

Las cáscaras, semillas y membranas capilares de las frutas cítricas permiten obtener harinas, pectina, aceites esenciales, pigmentos y productos cítricos especiales; así como compuestos bioactivos que tienen efectos benéficos sobre la salud, tales como la fibra y los polifenoles, en especial los flavonoides.¹

En publicaciones realizadas anteriormente por el Centro de Estudios y de Investigación en Biotecnología – CIBIOT fue posible hacer una caracterización del contenido de la cáscara de la mandarina, en la cual se determinó la presencia de aceites esenciales, los cuales, mediante un proceso de fermentación en estado de sólido pueden ser extraídos. Se evaluaron características organolépticas, físicas y químicas e identificación estructural de dichos aceites mediante cromatografía de gases acoplada a espectroscopia de masas.²

Para la extracción de tales aceites, se requiere que la mandarina esté lavada, despulpada y posteriormente picada su cáscara en hojuelas de 10x10mm.

¹ RINCÓN, A. Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. 2005. [En línea] www.nutricionemexico.org.mx/alan/2005_3_12.pdf (Consultada 15 de agosto de 2006).

² SHIMADA, T. Isolation and characterization of a new d-limonene synthase gene with a different expression pattern in *Citrus unshiu* Marc. *Scientia Horticulturae*; 105: 507–512. 2005.

En este trabajo se generaron planos detallados para la construcción de una máquina que tiene como principal objetivo realizar un pre tratamiento a la mandarina para luego ser sometida a una transformación fisicoquímica. Para ello se diseñó un sistema electro-mecánico que procesa la mandarina de modo que se encuentre en adecuadas condiciones para poder ser sometida a una fermentación en estado sólido (FES) y por medio de este producir aceite esencial de cáscara de mandarina (D-limoneno).

1. MARCO TEÓRICO

La cáscara de mandarina es un material de desecho, obtenido después de la extracción de jugo de esta^{3,4}, representando aproximadamente entre el 45 y el 60% del peso de la fruta⁵. Los dos mayores productores de frutas cítricas en el mundo son Brasil y Estados Unidos, participando respectivamente con el 20,4 % y 14,8% de la producción mundial, Colombia figura en el puesto 32, con una participación en el total mundial de 0,3%.⁶ Las cáscaras, semillas y membranas capilares de los cítricos permiten obtener harinas, pectina, aceites esenciales, pigmentos y productos cítricos especiales; así como compuestos bioactivos que tienen efectos benéficos sobre la salud, tales como la fibra, y los polifenoles, en especial los flavonoides.⁷ Estos aceites están compuestos principalmente por terpenoides (hemiterpenos, monoterpenos y sesquiterpenos).

Los aceites esenciales son compuestos aromáticos grasos obtenidos de material vegetal (flores, brotes, semillas, hojas, ramas, hierbas, madera, fruta y raíces).^{8,9} La extracción de los aceites esenciales de las partes vegetales se realiza de diversas formas en función de la calidad del aceite por extraer y de la estabilidad de sus constituyentes. En la mayoría de los casos éstos tienden a degradarse cuando se someten a altas temperaturas u otro tipo de tratamiento extremo.¹⁰

³ KANG, H. Studies on the development of functional powder from citrus peel: Bioresource Technology; 97: 614–620. 2006.

⁴ ZIAUR, R. Citrus peel extract A natural source of antioxidant. 2006. Food Chemistry; 99: 250-254

⁵ RINCÓN, A. Op, cit

⁶ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL OBSERVATORIO AGROCADENAS COLOMBIA. La cadena de cítricos en Colombia [En línea] <http://www.agrocadenas.gov.co/> (Consultada 4 de Agosto de 2006).

⁷ RINCÓN, A. Op, cit

⁸ BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. 2004. International Journal of Food Microbiology; 94: 223– 253.

⁹ RAYBAUDI, M. Uso de agentes antimicrobianos para la conservación de frutas frescas y frescas cortadas. 2006. Proyecto XI. 22 Desarrollo de tecnologías para la conservación de vegetales frescos cortados;5: 15-21.

¹⁰ KARGI, F y SHULER M. Bioprocess Engineering, Basic concepts. USA. 1992. Prentice hall PTR, 262-263.

Entre las principales alternativas de extracción están la expresión, exudado, enfleurage, extracción con solventes y destilación por arrastre con vapor;¹¹ estos procesos son costosos y normalmente generan contaminantes secundarios en la atmósfera.¹²

La Food and Agriculture Organization FAO (1998) estima que existen alrededor de 3,000 aceites esenciales conocidos a nivel mundial, de los cuales aproximadamente el 10% tienen importancia comercial. La mayoría de los aceites se emplean en cosméticos, masajes, productos de limpieza y en aromaterapia, donde constituyen más del 2% del mercado total mundial.^{13,14}

Los aceites esenciales derivados de plantas son conocidos por su actividad antimicrobiana,¹⁵ además de ser utilizados popularmente para disminuir los desórdenes de sistema nervioso central.¹⁶ En años recientes se ha incrementado el interés en los aceites esenciales para el control de patógenos pre y pos cosecha debido a que poseen características especiales y presentan un gran potencial en la conservación de alimentos.

¹¹ BURT, S. Op, cit

¹² GIL, E. Evaluación a escala de planta piloto del proceso industrial para la obtención de aceite esencial de cardamomo, bajo la filosofía "cero emisiones" grupo de investigación procesos ambientales y biotecnológicos.-GIPAB. Medellín, 2005.

¹³ MIHÁLY, M. Oxidized citrus oil (*R*-limonene): A frequent skin sensitizer in Europe. 2002. *Am acad dermatol*; 47: 709-714.

¹⁴ ARCE, A. Propanediols for separation of citrus oil: liquid-liquid equilibria of limonene + linalool + (1, 2-propanediol or 1, 3-propanediol). 2003. *Fluid Phase Equilibria*; 211 : 129-140.

¹⁵ MARTINEZ, J. Actividad antibacteriana del aceite esencial de mandarina. 2003 *Rev. Fac. Agron*;8:502-512.

¹⁶ MORAES, A. Effects of the essential oil from *Citrus aurantium* L. in experimental anxiety models in mice. 2006. *Life Sciences*; 78: 1720 – 1725.

Los aceites de frutas cítricas constituyen el sector más grande de la producción de aceites esenciales en el mundo, por esta razón el aprovechamiento de la cáscara de mandarina constituye una alternativa a nivel nacional para aprovechamiento de este material de desecho.

El aceite esencial de la cáscara de mandarina contiene más 30 monoterpenos y de estos, más del 70% corresponde al D-limoneno.¹⁷ Diversos estudios se realizaron para determinar la composición de los aceites esenciales, entre los métodos utilizados se encuentran espectroscopia infrarroja, resonancia magnética nuclear,¹⁸ cromatografía de gases acoplada a espectroscopia de masas.^{19,20}

En la Tabla 1 se hace una comparación de las características organolépticas y físicas del D-limoneno comercial y el producto obtenido de la destilación.

Tabla 1. Comparación de las características del D-limoneno comercial y el producto obtenido de la fermentación.

CARACTERÍSTICAS	D-LIMONENO COMERCIAL	PRODUCTO OBTENIDO
Color	Transparente	Transparente
Olor	Limón	Limón
Consistencia	Líquido	Líquido
Solubilidad	Insoluble	Insoluble
Punto de ebullición	178°C	150°C

Fuente: Srivastava, S. Synthesis and characterization of copolymers of limonene with styrene initiated by azobisisobutyronitrile. 2004. European Polymer Journal vol. 40: 2235

¹⁷ SHIMADA, T. Isolation and characterization of a new d-limonene synthase gene with a different expression pattern in Citrus unshiu Marc. Scientia Horticulturae; 105: 507–512. 2005.

¹⁸ SRIVASTAVA, S. Synthesis and characterization of copolymers of limonene with styrene initiated by azobisisobutyronitrile. 2004. European Polymer Journal vol. 40: 2235–2240.

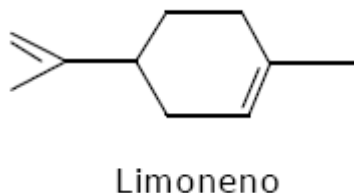
¹⁹ DÍAZ, C. Caracterización del aceite esencial en la corteza del limon swinglea (*swinglea glutinosa*) por CG/EM. 2005. Temas agrarios;10:22-28.

²⁰ CHEN, H. Pharmacokinetics of d-limonene in the rat by GC–MS assay. 1998 Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis;17: 631–640.

1.1 D-LIMONENO

Los limonoides (limonenos, pinenos, eucaliptol) se encuentran en la cáscara de frutas cítricas. El limoneno es la sustancia natural incolora que se extrae de los cítricos y da el olor característico a las naranjas y los limones. En la Figura 1 se representa la molécula de limoneno. Según su estructura química, existen dos isómeros ópticos: el D-limoneno y el L-limoneno.

Figura 1. Estructura molecular del limoneno.



Fuente http://www.fq.profes.net/archivo2.asp?id_contenido=24336

El D-limoneno se ha utilizado con mayor frecuencia debido a rápida biodegradabilidad y a su acertado uso como sustituto de otros compuestos químicos tóxicos.²¹

En los últimos años se ha incrementado su demanda por su uso como disolvente biodegradable, este es inofensivo para el ser humano, remueve las grasas y el alquitrán, controla y elimina olores, y puede utilizarse solo o en combinación con otros solventes para formar productos de limpieza a base de agua.²²

²¹ VALENCIA, L. et, al. Sexto Simposio Latinoamericano de Biodeterioro y Biodegradación. Aprovechamiento de las cáscaras de mandarina para la extracción biológica del d-limoneno. Bogotá. 2007.

²² PINEDA, L. et, al. XVI Muestra de Ingeniería Internacional "Ingeniar". Presentación: Evaluación de la extracción biológica de aceite esencial de cáscara de mandarina empleando *Trichoderma harzianum*. Septiembre 2006. ISBN: 978-958-696-574-3.

Algunos de los usos y aplicaciones que puede tener el D-limoneno son:

- Limpieza de drenajes y alcantarillados.
- Control y eliminación de grasas.
- Control de olores.
- Desengrasante de líneas de producción.
- Limpieza en general.
- Limpieza de equipos de asfalto.
- Remoción de aceites en carreteras y pistas (de aviación, de carreras entre otros.).
- Lavado de unidades recolectoras de basura.
- Lavado de máquinas automotrices, ferrocarriles o avionetas.
- Lavado de piezas mecánicas.
- Champú antiparasitario externo para perros.

1.2 MATERIAS PRIMAS

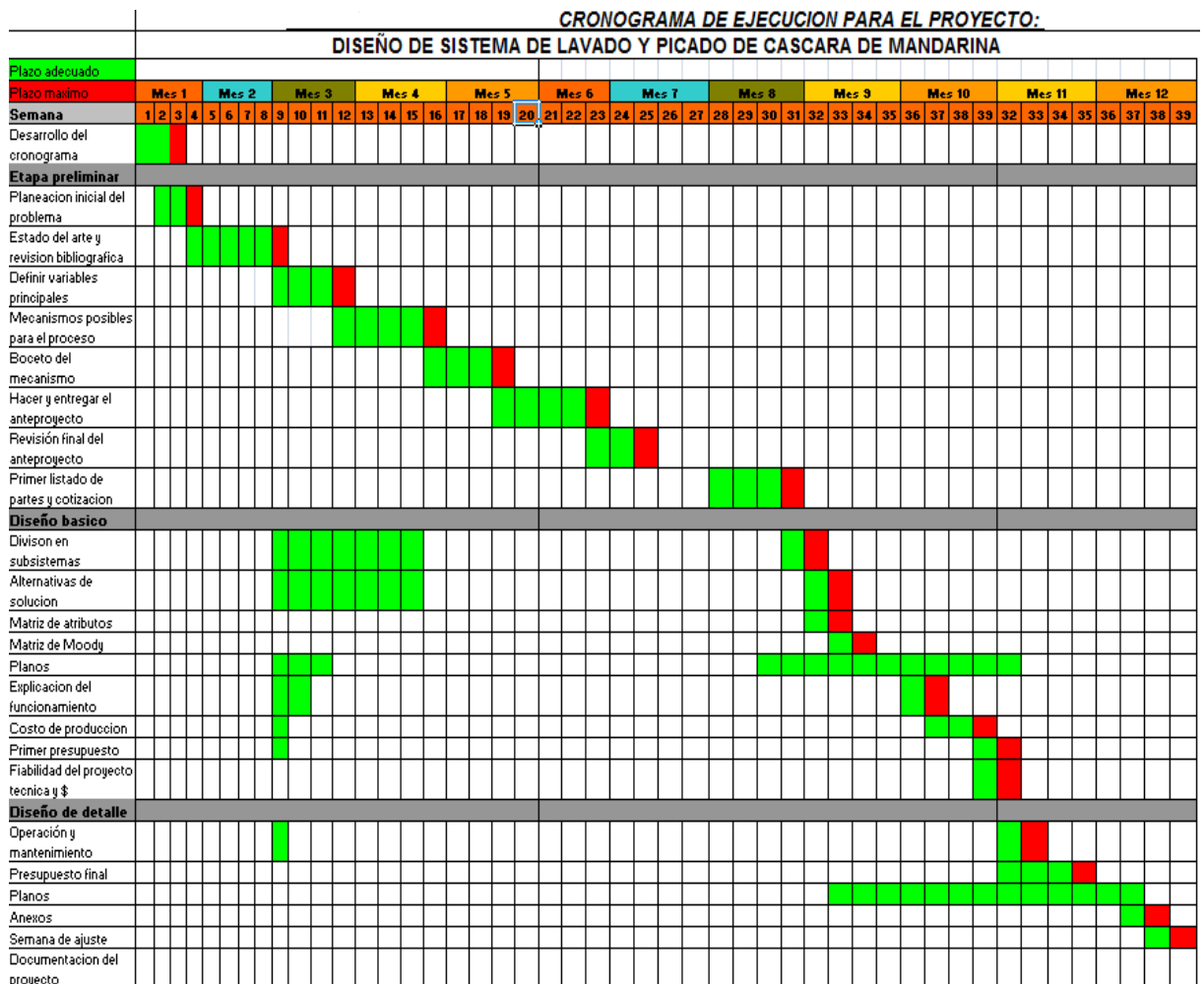
En Antioquia los tipos de mandarina más representativos son: la oneco y la criolla. Mediante un proceso de caracterización de éstas fue posible determinar que la mandarina criolla se encuentra una mayor concentración de D-limoneno, razón por la cual se seleccionó ésta como materia prima.

2. METODOLOGÍA

2.1 CRONOGRAMA DEL PROYECTO

Se elaboró un cronograma para las actividades planteadas en la metodología, siguiendo un orden coherente, tal como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Cronograma de ejecución.



2.2 DISEÑO DE LA MÁQUINA

La máquina consta de seis subsistemas que son los encargados de procesar la mandarina para que al final ésta se encuentre en buenas condiciones, tanto el diseño 3D como los planos fueron hechos en Solid Edge. Tales subsistemas son:

- Sistema de lavado: es un tambor rotativo inmerso en agua, éste a medida que rota hace que las mandarinas se froten entre si y por fricción ellas mismas se lavan.
- Sistema de enjuague: por medio de aspersores y una banda transportadora se extraen las mandarinas del tanque y con chorros de agua limpia se da un último lavado.
- Sistema de salida: es una banda transportadora inclinada que retira las mandarinas lavadas del tambor rotativo hasta la banda de pelado.
- Sistema de pelado: es una banda transportadora que desplaza la mandarina lavada desde el sistema de salida al sistema de separación. En este recorrido la mandarina es despulpada de manera manual.
- Sistema de separación: proceso en el cual mediante una mesa vibratoria las cascaras de mandarina son separadas, debido a restricciones del sistema estas no pueden estar apiladas ya que pueden ser maceradas.
- Sistema de picado: sistema de rodillos posicionados uno frente de otro, donde uno de ellos actúa como sujetador y el otro como cortador, debido a que posee cuchillas insertadas de modo que al pasar la cáscara por medio de estos es picada en hojuelas cuadradas de 10X10 mm.

2.3 FUNDAMENTO DEL PROCESO

La máquina fue diseñada para implementarse en un proceso continuo, inicialmente se alimenta el sistema de lavado con la materia prima. En esta parte del proceso la mandarina estará sumergida en agua dentro de un taque rotatorio, limpiando la fruta por fricción, luego de lavadas son llevadas a una banda transportadora al sistema de enjuague donde se realiza el ultimo lavado.

En este punto la mandarina como tal, se encuentra en condiciones óptimas de limpieza. Luego la mandarina ingresa a una banda transportadora donde cuidadosamente debe ser despulpada de manera manual. La pulpa de la mandarina es depositada en recipientes y retirada del proceso, la cáscara continúa su viaje en la banda hasta llegar al sistema de separación y finalmente ingresa al sistema de picado. La Tabla 2 indica las compañías beneficiadas por la obtención de la pulpa desechada del proceso.

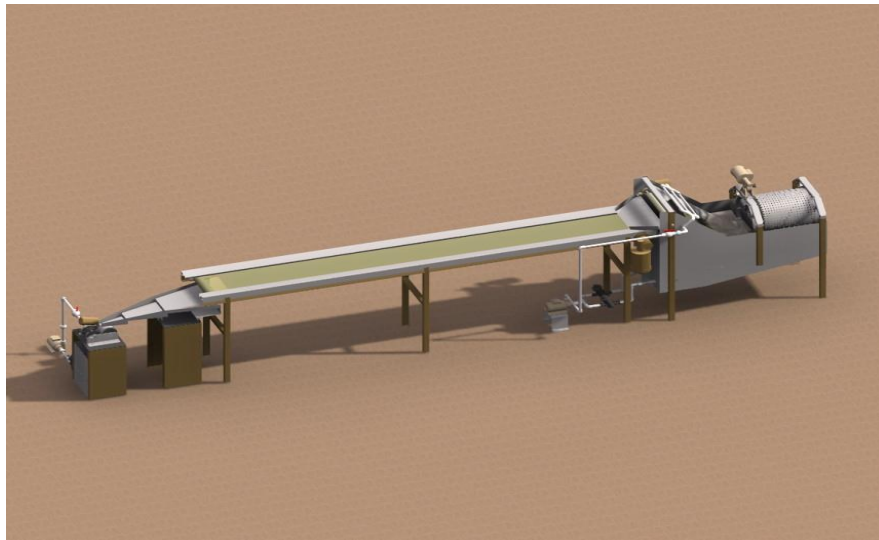
Tabla 2. Empresas beneficiadas

Nombre:	Sector:	Objeto Social:
Pomelos	Agroalimentos	Producción de jugos
Tampico	Agroalimentos	Producción de Jugos
Citricos jara	Agroalimentos	Comercializacion frutas
Citricos potoci	Agroalimentos	Comercializacion frutas
La huerta del oriente Ltda	Agroalimentos	Producción de jugos
Pulpafruit limitada	Agroalimentos	Producción de jugos
Frugal s.a	Agroalimentos	Producción de jugos
Passiflora colombiana s.a	Agroalimentos	Producción de jugos
Passicol	Agroalimentos	Producción de jugos
Productora de jugos s.a	Agroalimentos	Producción de jugos

Los requerimientos mínimos de productividad de la máquina son de una tonelada de mandarina procesada por turno de ocho horas, para lo cual se requiere de siete personas en el proceso de despulpado manual.

Fabricar una máquina para procesar una tonelada por turno no es un proyecto productivamente viable según las condiciones de dimensionamiento. Por tanto ésta se diseña para cumplir con una productividad de 5 toneladas por turno. La figura 3 representa una vista esquemática de la máquina enlazando los seis subsistemas del proceso.

Figura 3. Vista esquemática de la máquina.



2.3.1 Condiciones de procesado de la cáscara de mandarina. Las condiciones del proceso de despulpado de la mandarina están conformadas por cuatro etapas.

- Limpieza de la cáscara: la mandarina debe quedar suficientemente limpia para que no presente material particulado tales como: arena, hojas, piedras o cualquier otro tipo de impurezas.
- Tamaño de la cáscara: se seleccionó un tamaño de 10 x10 mm, dado que entre más pequeños sean los trozos de cáscara, mayor será el área

superficial aprovechada, de modo que los microorganismos encargados de la descomposición ejecutaran con mayor eficiencia su trabajo. Si las hojuelas fueran de menor tamaño, aumentaría su área superficial, pero esto incrementa los costos de fabricación de las cuchillas y relacionando este con la productividad en el proceso es posible determinar el tamaño óptimo de la hojuela.

- Calidad de la mandarina: se emplearon mandarinas maduras.
- Trato cuidadoso: la pulpa es causante de contaminación de la cáscara, por tanto se debe despulpar cuidadosamente, debido a que una despulpada brusca puede generar pérdidas del D-limoneno.

3. DIMENSIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.

Los requerimientos mínimos de productividad de la maquina son de una tonelada de mandarina procesada por turno de 8 horas. Primero se debe determinar cuántas personas son requeridas para el despulpado de la mandarina dado que este es el proceso más complicado y el único que se realizara de forma manual.

Para determinar el número de personas que se requiere para este proceso se realizó el siguiente ensayo:

Se tomó 1 Kg de mandarina criolla, se despulpó de manera manual como se había mencionado y posteriormente se repite el proceso varias veces, para determinar el tiempo promedio que se gasta una persona para despulpar esta cantidad de fruta. Se concluyó que el tiempo es de 3 minutos y 20 segundos aproximadamente, por lo tanto a partir de este dato se puede determinar que para despulpar una tonelada de mandarina en 8 horas se requiere de la mano de obra de 7 personas.

Determinando la cantidad de personas requeridas para realizar el proceso y la cantidad de mandarinas, restaría por promediar las áreas de la máquina, tomando como punto de referencia una máquina de lavado papas ya existente en la central mayorista de Antioquia.

Para un tambor de lavado de 65 cm de diámetro por 300 cm de longitud es decir $0,94 \text{ m}^3$ se pueden lavar 24 toneladas de papa por turno de 8 horas, considerando que la papa proviene directamente de la tierra y su grado de suciedad es mayor que el de la mandarina, suponiéndose que la mandarina tiene un grado de suciedad más bajo, aproximadamente de un 30 % y por lo tanto se lava más fácilmente.

Se diseñó un tambor de 27,2 cm de diámetro y 55 cm de longitud es decir 0.0319 m^3 para lavar 1 tonelada de mandarina por turno de 8 horas, debido a que las dimensiones son tan pequeñas no es viable construirlo. Por esta razón se plantea un supuesto, el cual consiste en asumir un tamaño de tanque en donde las mandarinas puedan moverse libremente para que por fricción se laven. Se encontraron unas dimensiones de 40 cm de diámetro por 55 cm de longitud es decir 0.069 m^3 . Con estas nuevas dimensiones replanteadas se realizó un cálculo y se estimó que se podía lavar 2,16 toneladas de mandarina por turno.

Por lo anterior se concluyó que fabricar una máquina para una tonelada por turno no es viable, para esto se montaría un proceso artesanal ayudado de algunas herramientas o sistemas simples de picado y lavado. Dado que el tamaño del tanque de lavado de la maquina sería muy pequeño y de esta manera la mandarina obstruiría el tambor de lavado.

La máquina diseñada se creó con una capacidad productiva de 2,16 toneladas por turno de 8 horas, contando con un sistema de variador de velocidad. Donde según los fabricantes de lavadoras de papas se recomienda una velocidad de

rotación del tambor de 10 rpm. Contando así los requerimientos básicos de productividad.

3.1 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS

3.1.1 Sistemas principales. Es cada una de las etapas en las cuales se dividió la máquina y el proceso, lo cual se realizó para facilitar la comprensión y ejecución del proceso de ensamblaje de la máquina

Sistema de lavado: tambor rotativo sumergido en agua, como se observa en la Figura 4. Donde el proceso de lavado se realiza por frotación de las mandarinas.

Funciones principales:

- Cerrar la compuerta de salida de la materia prima.
- Alimentar el tambor hasta la mitad aproximadamente con las mandarinas
- Finalmente la compuerta de salida facilita el desplazamiento de las mandarinas lavadas al proceso de enjuague.

Dimensiones y características del tambor:

Diámetro: 40 cm	40 cm
Longitud: 60 cm	60 cm
Material: Acero inoxidable.	Acero inoxidable.
Capacidad de lavado: 270,7 kilos por hora.	270,7 kilos por hora.
Velocidad de giro: 10 rpm, es variable	10 rpm, es variable

Sistema de enjuague: posterior al lavado se procede a enjuagar el material con agua filtrada con el propósito de dejar la materia prima en condiciones óptimas de limpieza. En la figura 4 se esquematiza el diseño.

Características principales:

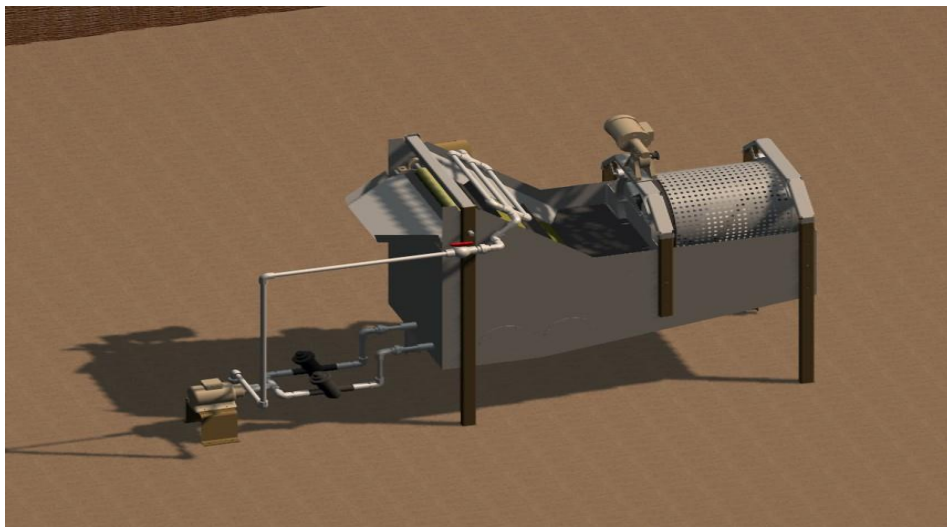
- Bomba de agua de $\frac{1}{2}$ hp.
- Filtro de agua para tubería de $\frac{3}{4}$ ‘
- Para efecto de aspersion se usa tubería de $\frac{3}{4}$ ” con perforaciones de 2 mm.

Sistema de salida: banda transportadora que se encarga de mover las mandarinas lavadas desde el tambor de lavado hasta la banda de despulpado. En la figura 4 se observa al lado izquierdo de la imagen los escalones de salida.

Características principales:

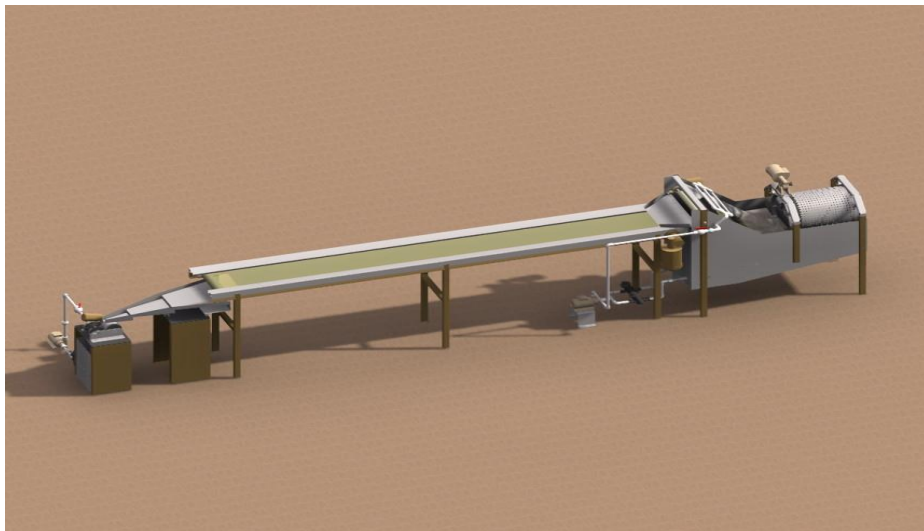
- Banda de poliuretano de 2 mm.
- Escalones anclados a la banda para que las mandarinas se desplacen con más facilidad.

Figura 4. Sistema de lavado, enjuague y salida.



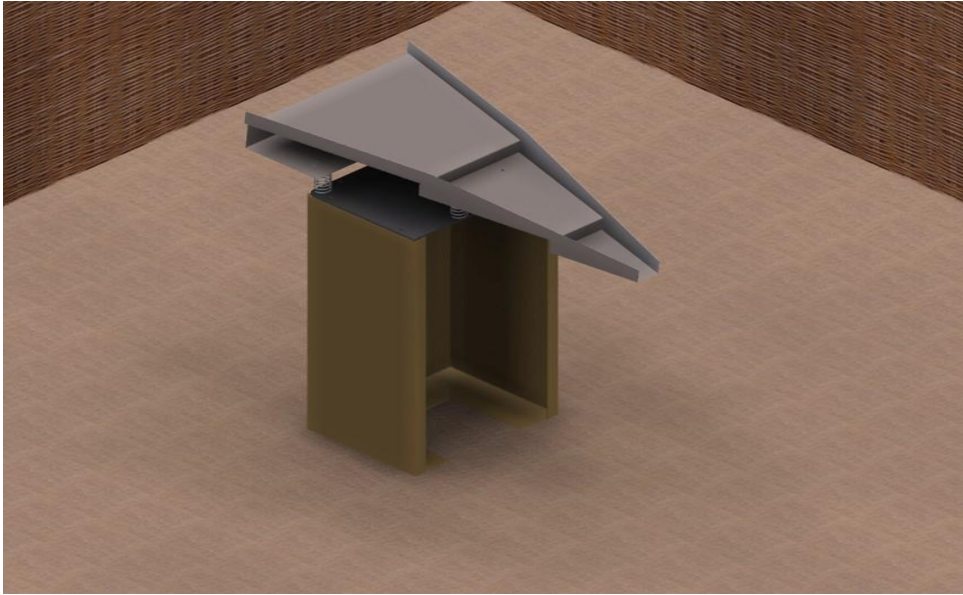
Sistema de despulpado: banda transportadora de 3,6 m de longitud por 0,4 m de ancho. Esta es independiente al resto de sistemas de modo que se pueda poner en línea o en caso de no contar con buen espacio longitudinal se puede rotar 90°. La velocidad es variable de acuerdo a la producción requerida y el personal disponible.

Figura 5. Sistema de despulpado.



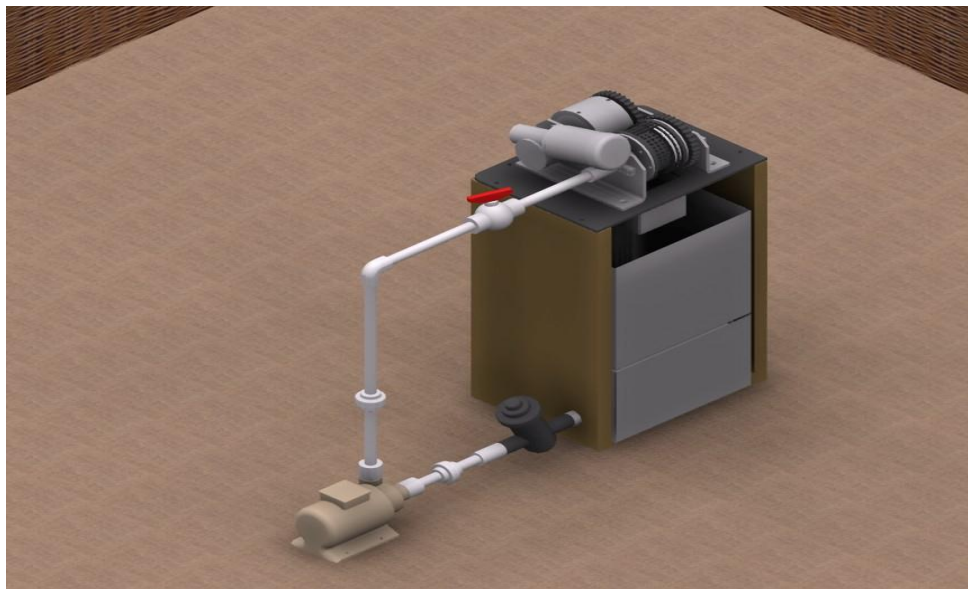
Sistema de separación: encargado de separar las cáscaras de mandarina por medio de vibraciones antes de llegar a los rodillos de picado de modo, que no queden sobrepuestas unas con otras, ya que serían maceradas y esto no sería lo correcto, por lo tanto no serían aptas para un proceso de fermentación. Las vibraciones son producidas por un vibrador neumático. La figura 6 muestra una vista del proceso de separación.

Figura 6. Sistema de separación.



Sistema de picado: pica la cáscara de la mandarina en hojuelas de 10 x 10 mm.

Figura 7. Sistema de picado



Sistemas auxiliares:

Sistema eléctrico: proporciona la energía para poner en marcha la máquina y a su vez proporciona el control de todo el sistema. Consta de cuatro variadores y una protección eléctrica para el tambor de agua.
Compresor de aire: Es el encargado de accionar el vibrador neumático.
Bomba de agua de ½ hp: Encargada de suministrar el agua para los aspersores de lavado.
Bomba de agua de ½ hp: Encargada de suministrar el agua para los botadores de la parte de picado.

3.1.2 Partes de cada sistema. Conformación estructural y detallada de cada uno de los sistemas principales que hace parte de la máquina.

- **Sistema de lavado.**

Compuertas: consta una compuerta de entrada, la cual se encuentra sumergida en el agua y otra compuerta de salida, esta es giratoria y tiene graduación para permitir el flujo de salida de las frutas.

Tornillo de avance: tiene dos entradas para provocar una mayor agitación y hacer avanzar las mandarinas hacia la salida con bajas revoluciones, ya que estas son sus dos funciones principales. El material del tornillo debe ser polimérico para no maltratar el material.

Guías: cumplen con dos funciones, la primera es apoyar las ruedas para que el tambor gire sobre estas y la segunda sirve para que el tambor no se desplace de manera longitudinal.

Sprocket: es la rueda dentada que se encarga de la transmisión de potencia por medio de cadenas.

Potencia: esta proviene de un motor reductor de 1/3 hp y la transmisión es por medio de acople tipo araña.

Desagüe: consta de dos compuertas que se abren por medio de cuatro tornillos, adicionalmente cuenta con una válvula manual de modo que rápidamente se puede vaciar el tanque y llenarlo con agua limpia. Las compuertas sirven para hacer un lavado manual a la parte interna del tanque.

- **Sistema de enjuague.**

Aspersores: son los encargados de expulsar hilos de agua para que el material pueda ser enjuagado. Están conformados por tubería de PVC de 3/4", perforadas cada centímetro. Se usaran estos dado que los comerciales presentan atascamiento.

Suministro: motobomba centrifuga de 1/2 hp encargada de transportar el agua sucia desde el tanque de lavado hasta los aspersores de enjuague, pasando por el sistema de filtros.

Filtros: sistema encargado de filtrar el agua que se encuentra depositada en el tanque de lavado que posteriormente es empleada en el sistema de enjuague.

- **Sistema de salida.**

Banda transportadora: Es la encargada de transportar el material desde la salida del tambor hasta la banda de despulpado, con una inclinación de 45 grados. La velocidad de avance es graduable por medio de un variador de velocidad.

Potencia: esta proviene de un motor reductor de 1/3 hp y una transmisión por medio de acople tipo araña.

- **Sistema de despulpado.**

Potencia: esta proviene de un motor reductor de ½ hp y una transmisión por cadena suministrada a la banda transportadora.

- **Sistema de separación.**

El apilamiento de la cáscara al entrar a los rodillos hace que se macera y obstruya el paso. Para evitar que esto ocurra se debe aplicar vibración en la bandeja de recolección de la cascara, la cual está montada en un sistema de resortes de una mesa, donde la vibración es generada por vibrador neumático, para generar el avance del material la mesa se inclina 5 grados aproximadamente.

- **Sistema de picado.**

Rodillos: sistema de dos rodillos uno frente al otro donde el primero actúa como sujetador y el otro como cortador.

Cuchillas: se trabaja con dos tipos, las primeras son de regleta y las segundas son de anillo.

Abrazaderas: encargadas de posicionar las cuchillas al cilindro estructural.

Cilindro estructural: en el que se montan los anillos y las abrazaderas. Éste genera la estructura del rodillo de corte.

Botadores: son los encargados de no permitir que las cuchillas se desafilen con el material particulado. Este sistema consiste en un tubo ubicado en la parte interna del rodillo que soporta las cuchillas, a su vez está conectado a una fuente de agua

a presión y posee perforaciones que actúan como aspersores, de modo tal que cuando el rodillo pasa, los aspersores soplan y el material es expulsado.

- **Sistema eléctrico.**

El sistema eléctrico está conformado por un tablero de control que maneja todos los parámetros de la máquina de forma independiente y varios motores que se encargan de cada uno de los procesos. A continuación se indicara los motores empleados en el suministro de energía en los sistemas de funcionamiento de la máquina.

Motor 1: controla la rotación de tambor de lavado, ya que la velocidad de éste se maneja según capacidad de lavado, las condiciones y cantidad de mandarinas. En la Tabla 3 se muestra el modelo de cálculo para la correcta selección del motor empleado para poner en marcha el sistema de tambor de lavado.

Tabla 3. Selección del motor.

SELECCIÓN DEL MOTOR PARA EL LAVADO				
Datos	Formula	Cantidad	Unidades	Otras unidades
Velocidad piñón	W_p	13,08	rad/seg	125 rpm
Masa del tambor	m	70	Kg	
Radio sproket	R_s	0,224	mt	
Radio tambor	R_t	0,22	mt	
Velocidad tambor	W_t	2,61	Rad/seg	25 rpm
Aceleración angular	α	13,05	Rad/seg ²	25 rpm/0.25seg

Cálculos	Formula	Cantidad	Unidades	1/4 hp es comercial
Inercia	$I=(m \cdot R_t^2)/2$	1,694	Kg*mt ²	
Torque tambor	$T_t=I \cdot \alpha$	22,107	N*m	
Fuerza	$F=T_t/R_s$	98,691	Kg	
Potencia teórica	$P=T_t \cdot W_t$	57,698	Vatios	
Potencia + factor 0.85	$P_f=P \cdot 1.15$	66,353	Vatios	
Potencia + factor de seguridad 2.5	$P_s=P_f \cdot 2.5$	165,883	Vatios	

Motor 2: controla el avance de la banda salida, manejando la velocidad adecuada de recolección del sistema de salida del tambor de lavado para evitar apilamientos de las mandarinas.

Motor 3: controla el avance de la banda de despulpado dado que la velocidad es importante para permitir el proceso manual.

Motor 4: controla la velocidad de los rodillos de picado la velocidad de estos ésta predeterminada por el flujo de cáscara y por la capacidad de picado.

Motor 5: genera la potencia para la motobomba que abastece los aspersores del sistema de enjuague.

Motor 6: genera la potencia para el compresor de aire que abastece el rodillo de picado.

4. DISEÑO DETALLADO DE LOS SISTEMAS

El hacer cada sistema independiente facilita el transporte del equipo y permite configuraciones distintas en caso de no contar con suficiente espacio, además de aumentar fácilmente la capacidad productiva de la máquina

4.1 Sistema de lavado (ver plano 2.28)

Tambor: (ver plano 2.30) lámina calibre 14 perforada, en acero inoxidable 316 grado alimentos con el objeto que no se corroa con el agua o la materia prima, la

perforaciones permiten el paso de basura que se lavó de la mandarina y a su vez frutas de tamaño muy pequeño que no son útiles para el proceso.

Compuerta: (ver plano 2.52) circunferencia de acero inoxidable 316 ubicada a la salida del tambor de salida, posicionada por medio de un resorte que se obtiene comercialmente y pasador central o trinquete. Las características de resistencia y fatiga del sistema de trinquete no son críticas dado que solo no está diseñado para soportar cargas grandes de mandarina.

Resorte para trinquete:

Diámetro exterior: 8,75 mm.
Alambre: calibre 16.
Paso: 6 hilos por pulgada.
Material: AISI 302 Inoxidable.
Constante: $K= 100 \text{ Kg*s}^2$.
Dirección de enrollado: derecha.
Longitud total: 15 mm.

Pistas: (ver plano 2.3) son sujetadas al tambor de lavado, las caras de las pistas se colocan en sentido opuesto con el objeto de que sirvan como tope y puedan asegurar los rodillos para no permitir que el tambor se desplace.

Aleta: (ver plano 2.1) ubicada a la salida del tambor con el objeto de impulsa la mandarina hacia delante.

Sprocket: (ver plano 2.46) material empleado acero inoxidable, se posiciona por medio de tornillos del tipo paraguas de modo que la cabeza no dañe las mandarinas, estos e hace con el fin de que se pueda quitar y remplazar por otro en caso de desgaste. Para la selección de estos se tuvo en cuenta:

Relación de transmisión 1:9
Velocidad del piñón más rápido: 125 rpm
Potencia: 0,25hp
Tipo de cadena ANSI 35. paso de 3/8" ver anexo 1
Número de dientes n sprocket pequeño 16 dientes a 125 rpm y 0.25 hp ver anexo 3
Diámetro piñón: $d=P/\sin(180/N)$
Diámetro piñón pequeño $d=0.375/\sin(180/16)$ $d=1,92"$ 48,76mm
Número de dientes piñón pequeño $n=180/\text{seno}^{-1}(P/d)$ $n=16$
Diámetro del piñón grande 441 mm o $D=17,36"$
Número de dientes del piñón grande $N=145$
Distancia entre centros C: 345 mm o 13,5826" aproximadamente
Longitud de la cadena L en pasos: $L=2*C+((N+n)/2)+((N+n)^2/(4*\pi^2*C))$ al sustituir valores se tiene $L=153,009$ pasos, se ponen 154 pasos de modo que no haya necesidad de emplear junta tipo estribo #12 de un paso, la cadena puede quedar destensionada dado que el tambor no está fijo sino montado en ruedas.
Lubricación tipo A aceite con brocha manual.

Tanque. (ver plano 2.30) fabricado en acero inoxidable, está dividido en dos partes cada una cuenta con una compuerta de desagüe. La primera parte del tanque es el depósito los lodos y materiales pesados obtenidos del lavado de las mandarinas y la segunda parte es el depósito agua. El agua de esta etapa pasa por dos filtros, para luego dar el último lavado en el sistema de enjuague.

Se evaluaron unos parámetros para el diseño del tambor de lavado y la selección adecuada del motor cumpliendo con el modelo de cálculo mencionado en el ítem 3.1.2 en la descripción de otros sistemas, estos parámetros fueron seleccionados teniendo en cuenta los siguientes criterios.

- Masa: la masa o cantidad de mandarina con la que se carga el tambor es de 20 kg aproximadamente, sin incluir la fricción con los rodillos de apoyo, la fricción del agua y los movimientos que generan las mandarinas se frotan entre ellas por lo tanto se hace una aproximación del peso y se sobredimensiona hasta los 70 kg.
- Velocidad del tambor: la velocidad promedio es de 13 rpm pero esto varía según la suciedad de la mandarina, por tanto el sistema debe funcionar a un máximo de 25 rpm.
- Aceleración angular del tambor: el sistema cuenta con una aceleración de 13.05 rad/seg^2 , es decir que deberá alcanzar su punto óptimo de operación en $1/5$ de segundo.
- Factor de seguridad: asegura que en caso de una mayor fricción, un impacto, una frenada repentina por partículas en los rodillos y otros factores deben ser cubiertos.

Aplicando los anteriores criterios de diseño, se tiene que para el correcto funcionamiento de la transmisión de cadena, se requiere de un motor con una potencia de 165.8 w, valor que se aproxima a un motor reductor de 1/4 hp que se consigue comercialmente. La transmisión se hace por medio de un acople tipo araña referencia L050, con capacidad nominal de transmitir torque de $\frac{1}{2}$ hp.

Se selecciona un motor reductor porque el medio en el que se desempeñará está sometido a cargas severas de ambiente de trabajo ácido y contaminado, en caso de instalar un motor sin las condiciones adecuadas, este se recalentaría por las

cargas de impacto y por los altos torques de respuesta inmediata. Esta selección de motor aplica para el sistema de lavado, de salida y despulpado.

4.2 Sistema de enjuague. (Ver plano 2.29) Se emplean perforaciones en tubería de PVC de $\frac{3}{4}$ " , de este modo se realiza el enjuague de la mandarina, sin ser un problema que los hilos de agua no salgan a presión, ya que en esta etapa solo se quiere retirar restos de agua sucia del proceso anterior.

Aspersores: (ver plano 2.29) tubos de PVC de diámetro de $\frac{3}{4}$ ", donde cada tubo contiene 40 perforaciones de 2 mm de diámetro a una separación de 10 mm una de la otra.

Bomba: bomba de agua de $\frac{1}{2}$ hp. La cual toma agua del sistema de lavado y posteriormente es filtrada, se seleccionó una bomba centrífuga de 1/2 hp, con 20 metros de altura máxima, caudal de 10 galones por minuto, carga y descarga de $\frac{1}{2}$ pulgada y una presión de 20 libras.

Filtros: encargan de filtrar el agua proveniente del tanque de lavado.

4.3 Sistema de salida. (ver plano 2.28)

Selección del Motor: en la Tabla 4 se muestra el modelo de cálculo para la correcta selección del motor reductor sinfín corona empleado para el sistema de transmisión.

Tabla 4. Transmisión de cadena banda salida

Datos	Fórmula	Cantidad	Unidades
Velocidad lineal	V	1	m / seg
Velocidad del rodillo	$W=V/r$	40	rad / seg
Masa a transportar	m	10	kg
Radio rodillo	r	0,025	M
Fuerza en banda	Formula	98	N

Dato calculado			
Torque en rodillo	$T=F*r$	2,45	Nm
Potencia	$P=T*W$	98	w
Potencia + factor 0.85	$Pf=P*1.15$	112,7	w
Potencia + Factor de seguridad 1.7	$Ps=Pf*1.7$	191,59	w

Los parámetros de diseño son seleccionados teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Masa a transportar: cantidad de mandarinas que debe transportar la cual debe tener un peso de aproximadamente de 5 kg, sumándole a esto factores como la inclinación de la banda que es de 45° aproximadamente, la tensión de la banda que genera una alta fricción con los rodillos, además se debe incluir el peso de la banda y los rodillos y es razones como estas que el peso de la banda se incrementa en 10 kg.
- Velocidad lineal de la banda: esta velocidad se definió con base a la velocidad lineal de una máquina lavadora de papas ya existente, de modo que se acomodara al sistema de lavado de mandarinas. La velocidad aplicada es de un metro por segundo y ésta debe ser también la velocidad de la banda de despulpado.

- Factor de seguridad: asegura el funcionamiento continuo en caso de fricciones altas, frenos repentinos y otros factores que no se incluyen en el modelo de cálculo de torque.

Luego de aplicar los anteriores criterios de diseño, se tiene que para el correcto funcionamiento, se requiere de un motor sinfín corona con una potencia de 191 w que se aproxima a 1/4 hp. La transmisión se hace por medio de un acople tipo araña referencia L050 con una capacidad nominal de transmitir torque de ½ hp.

Selección de chumaceras: hacen parte de la entrada de la banda, conociéndose como chumaceras especiales. Es porque en todo momento están inmersas en agua, razón por la cual se seleccionan selladas de acero inoxidable. Las chumaceras de la parte superior pueden ser chumaceras simples dado que estas no están inmersas en agua.

Selección de la banda: Banda sintética holandesa de 2 mm, con una longitud total de 1762 mm y un ancho de 400 mm a la cual se le ensamblan escalones plásticos, ya sea por medio de tornillos o vulcanizando. Los escalones cumplen la función de recoger las mandarinas a la salida del tambor, para enviarlas a la salida del tanque.

Sistema tensor: (ver plano 2.30) tornillo tensor con el objeto de darle a la banda la tensión necesaria para mantenerla en correcta posición.

Cálculos: Se debe calcular el eje de los rodillos, además de los ejes de las ruedas que soportan el tambor de lavado. El eje rodillos de la banda es el que se acopla al motor.

- Diámetro eje 10 mm
- Torque 5 Nm, este dato es empleando el motor de ¼ HP
- $C = 0,005$ m radio del eje
- $\tau_{\text{Maximo}}=120$ Mpa esfuerzo máximo a torsión
- $J=1/2*\pi*C^4$ momento polar de inercia

Con los datos anteriores se calcula el esfuerzo al que está sometido el eje $T*C/J\tau=24$ Mpa, que es menor que τ máximo.

Para el Buje de ruedas tomamos un eje de 10 mm de diámetro.

- Diámetro eje 10 mm
- P: carga sobre el eje son 70 kg pero debido a cargas de impacto se sobre dimensiona por 3 de modo que la carga es de 1158 N
- $\tau_{\text{máximo}}=145$ Mpa [27] esfuerzo máximo a cortante
- $A= \pi*r^2$ área transversal= 79×10^{-6} m²

Con lo anterior, se calcula el esfuerzo al que está sometido el eje $\delta=F/A$ $\delta=26$ Mpa que es menor que $\delta_{\text{máximo}}$

4.4 Sistema de despulpado. (Ver plano 1.11)

Selección del motor: en la Tabla 5 se muestra el modelo de cálculo para la correcta selección del motor reductor empleado para poner la banda por la cual se desplazaran las mandarinas

Tabla 5. Transmisión banda de despulpado

Datos	Formula	Cantidad	Unidades
Velocidad lineal	V	1	m / seg
Velocidad del rodillo	$W=V/r$	26,667	rad / seg
Masa a transportar	m	40	kg
Radio rodillo	r	0,038	m
Fuerza en banda	Formula	392	N

Dato calculado			
Torque en rodillo	$T=F*r$	14,7	Nm
Potencia	$P=T*W$	392	w
Potencia + factor 0.85	$Pf=P*1.15$	451	w
Potencia + Factor de seguridad 1.5	$Ps=Pf*1.5$	676	w

Al igual que en el ítem anterior no se parte de la inercia del sistema, sino directamente de suponer las fuerzas asociadas al sistema para luego continuar con el proceso de diseño. Los parámetros de diseño son seleccionados teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Masa a transportar: es la cantidad de mandarina que debe transportar calculándose un peso de aproximadamente 21,32 kg, ya que si partimos del supuesto que la banda de salida transportaría 5 kg en 80 cm de longitud y la banda de despulpado tiene una longitud de 3,41 m, es decir 4,26 veces más larga, de este modo transportaría mas cantidad de mandarinas. A esta cantidad se le deben adicionar factores como la tensión de la banda que genera una alta fricción con los rodillos, el apoyo de las personas sobre la

banda, además se debe incluir el mismo peso de la banda y los rodillos de modo que el peso de la banda se aumenta a 40 kg.

- Velocidad lineal de la banda: se definió con base en la velocidad lineal de una máquina lavadora de papas ya existente, acoplándose así al sistema de lavado de mandarinas, donde la velocidad es de 1 m / seg siendo igual a la velocidad de la banda de salida.
- Factor de seguridad: factor que asegura el funcionamiento continuo en caso de fricciones altas, frenos repentinos por partículas en los rodillos y otros factores que no se incluyen en el cálculo de torque.
- Rodillos: (ver plano 1.17) fabricados en tubería negra, ya que es económica y se consigue comercialmente.
- Selección de chumaceras: es dimensionada a partir del diámetro de los rodillos y para más comodidad se instalan tensores, empleándose chumaceras de pedestal de 20 mm.
- Selección de la banda: banda corrugada con película de caucho inferior, para evitar el movimiento continuo de las mandarinas. La banda tiene una longitud total de 6,9 m y un ancho de 0,4 m
- Sistema de tensión: (ver plano 1.15) sistema de tornillo tensor para darle a la banda la tensión necesaria para mantenerla en correcta posición.

Cálculos: El eje rodillo impulsado es el eje que acopla el motor con el rodillo impulsor del sistema de la banda.

- Diámetro eje 18 mm

- Torque 28,8 Nm este dato es empleando el motor de 1 HP
- $C = 0,009$ m radio del eje
- δ máximo=120 Mpa
- $J=1/2*\pi*C^4$ momento polar de inercia

Con los datos anteriores se calcula es esfuerzo al que está sometido el eje $T*C/J=\delta$ [27] $\delta=25$ MPa que es menor que δ máximo. De lo anterior se concluyó que el eje no falla al torcerlo, ya que el esfuerzo producido por el sistema es menor que el esfuerzo que puede soportar el material antes de pasar su límite de fluencia.

4.5 Sistema de separado. (Ver plano 4.4) Sistema conformado por una bandeja montada sobre resortes que generan vibración por medio de un vibrador neumático haciendo que las cáscaras de mandarina agrupadas se separen y avancen hacia los rodillos de picado. Este sistema lo conforman:

Cajón: (ver plano 4.3) fabricada en lámina cold rolled calibre 18 doblada y ensamblada con tornillos.

Mesa vibratoria: (ver plano 4.6) lámina de acero inoxidable doblada calibre 16.

Resortes: las características se describen a continuación y se observa en la imagen del resorte empleado en la figura 8.

- Diámetro exterior: 30,5 mm
- Alambre: calibre 12
- Paso: dos hilos por pulgada
- Material: SAE 1070
- Constante: $K= 100$ kg*s²
- Dirección de enrollado: derecha
- Longitud total: 80 mm

- Este resorte se consigue comercialmente como P#6865. (fabricante central de resortes)

Figura 8. Resorte P#6865. Resorte calibre 12 de 10 cm de largo y 9 espiras en acero templado.



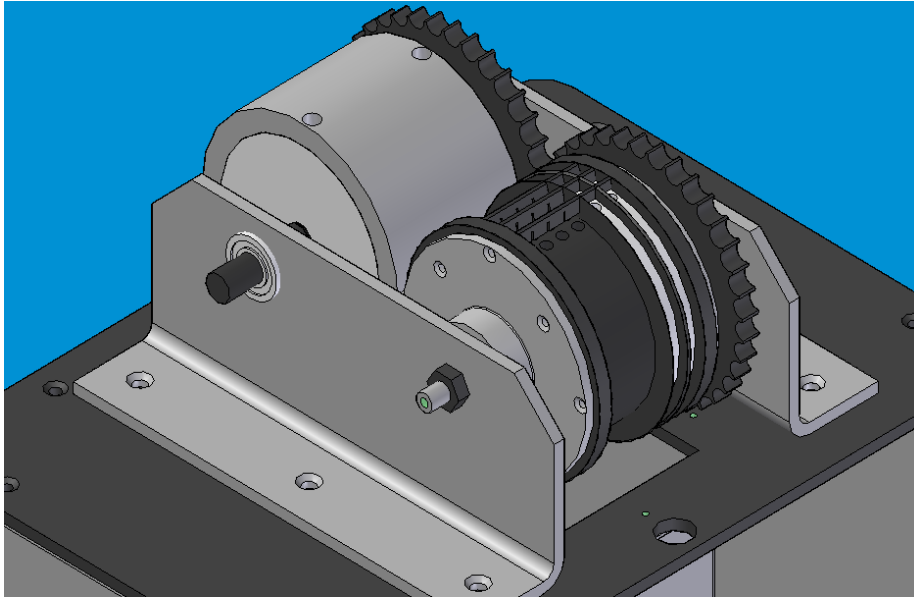
Vibrador neumático: sistema libre de mantenimiento y seguro, además es graduable para sintonizarlo con el flujo de masa procesada como se indica en la figura 9. Comercialmente se consigue de 150 ciclos por minuto y 5 kg de masa.

Figura 9. Vibrador neumático.



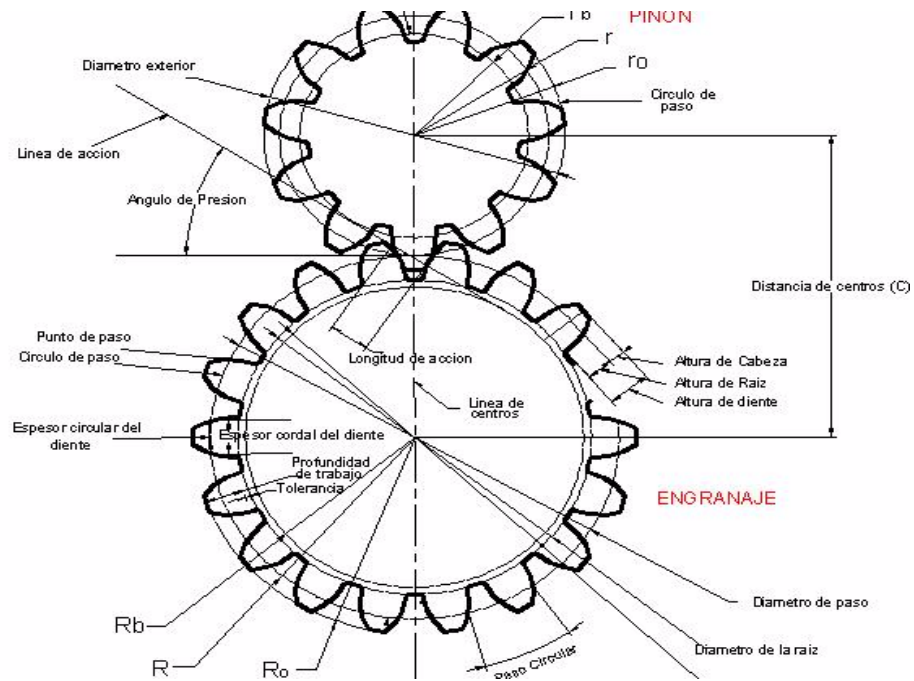
4.6 Sistema de picado. (Ver plano 3.13) Consta de dos rodillos, uno de nailon que actúa como sujetador y el otro como rodillo de corte, el segundo posee cuchillas de dos tipos diferentes, las primeras son anillos circulares y otras son cuchillas lineales o regletas, estos rodillos rotan de manera sincrónica por medio de un par de engranajes. En la figura 10 se indica el sistema de rodillos.

Figura 10. Sistema de picado.



- **Abrazaderas:** fabricadas en acero inoxidable, ya que hacen parte del sistema de corte.
- **Cilindro estructural:** (ver plano 3.3) base sobre la cual se monta todo el sistema de corte.
- **Engranajes:** (ver plano 3.15 y 3.16) encargados de transmitir la velocidad del sistema, fueron fabricados en pralon ya que es un material fácil de maquinar y además es auto lubricado. En la Figura 11 se observa el diseño empleado.

Figura 11. Engranajes



Características empleadas en el sistema de engranaje:

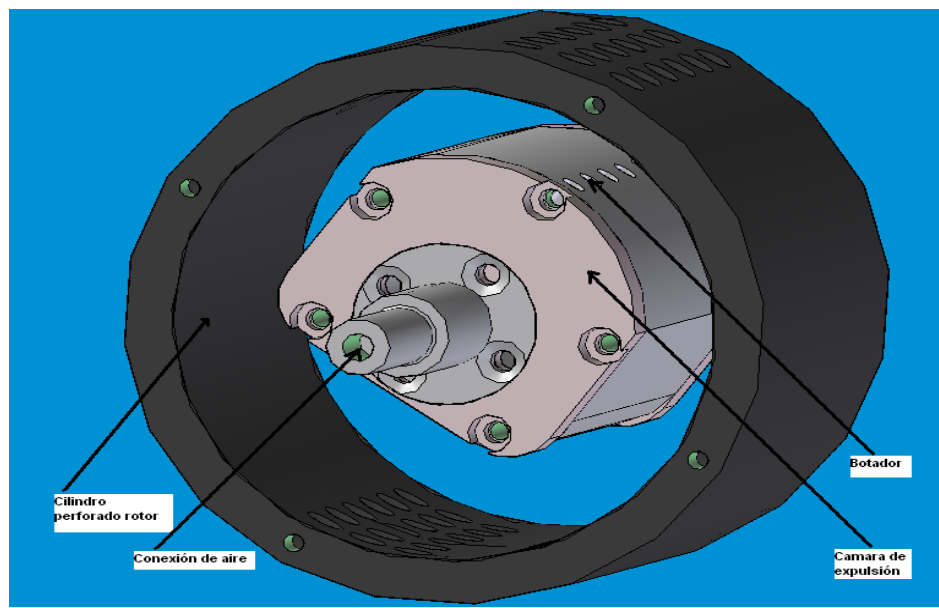
- Paso diametral Pd: 6 dientes por pulgada
- Angulo de presión: 20 grados
- Perfil: profundidad completa
- Numero de dientes del piñón N: 31
- Relación de transmisión R 1:1
- Numero de dientes del engranaje Ng: R*31
- Geometría del piñón indicada en la Tabla 6

Tabla 6. Geometría del piñón

Calculo de engranaje				
Termino		Ecuación	Valor	Unidades
Paso diametral	Pd		6,00	Dientes/pulgada
Numero de dientes	N		31,00	
Diámetro de paso	Dp	$Dp=N/Pd$	131,23	Milímetros
Espesor del diente	F	$F=2,36/Pd$	9,99	Milímetros
Altura de diente	Ht	$Ht=2,25/Pd$	9,53	Milímetros
Diámetro exterior	De	$De=Dp+2*F$	139,70	Milímetros
Altura de la cabeza	Hc	$Hc=De/2-Dp/2$	4,23	Milímetros
Altura de la raíz	Hr	$Hr=Ht-Hc$	5,29	Milímetros

- **Tensor:** (ver plano 3.29) Encargado de posicionar el rodillo cortador de modo que este quede tocando el rodillo sujetador. Tiene un recorrido máximo el cual es igual a la altura de la raíz del diente del piñón $Hr=5,29$ si se hace una separación entre los piñones mayor a esta medida la transmisión. También presenta un radio máximo que se resta al sujetador
- **Botadores:** encargado de girar todo el sistema de modo que retira la cascara en cada corte, realizándolo por medio de un chorro de agua producido en la cámara de expulsión. En la figura 12 se observa el sistema.

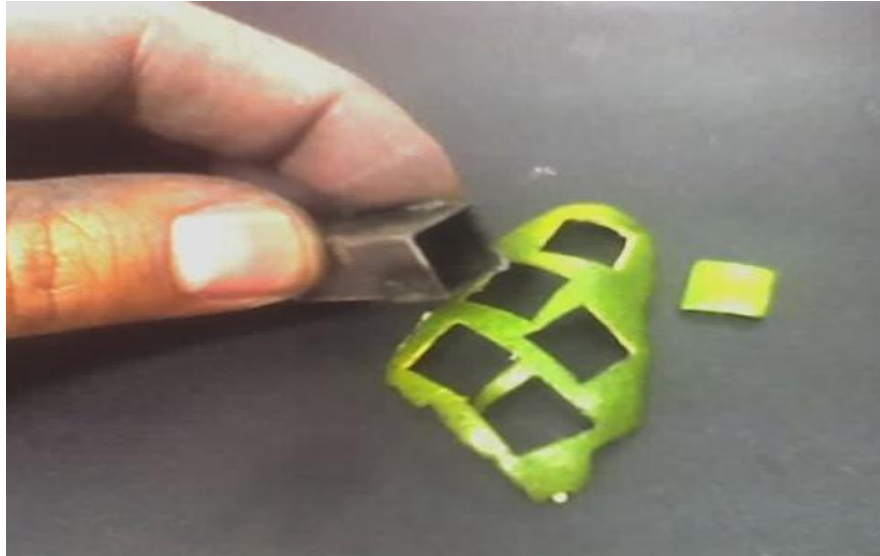
Figura 12. Sistema interno de botadores



- **Cuchillas:** (ver plano 3.6 y 3.7) fabricadas en acero inoxidable 306 ya que el contacto continuo con el agua y la cáscara de mandarina pueden corroerlas.

El modelo de cálculo experimental empleado para el corte de la cascara de mandarina se elaboró realizando una réplica de una de las cavidades de corte de 10 mm^2 como se observa en la figura 13.

Figura 13. Prototipo de cuchilla para botador



Con la réplica se realizaron diferentes ensayos para estandarizar el método adecuado para la expulsión de las cascaras del sistema. El primero consistió en realizar tres cortes en la cáscara de modo que quedara taponada para luego suministrarle aire y determinar la presión requerida para expulsarlas determinando así que se requiere una presión de 15 Libras.

Se realizó el mismo ensayo, haciéndose un cambio de la presión de aire por presión de agua, los resultados de fuerza requerida son menores y el agua hace un sello entre las piezas de silicona creando así un gran inconveniente ya que se requeriría de un sistema de tuberías, de modo que se optó por una bomba centrífuga como fuente de potencia para la expulsión de las cascaras. Los datos técnicos de la bomba son: bomba 1/2 hp, 20 metros de altura máxima, caudal de 10 galones por minuto, carga y descarga de 1/2 pulgada y presión de 20 Libras.

4.7 Otros sistemas

- **Sistema eléctrico y de control.**

Variadores: Cada motor cuenta con un variador vectorial de velocidad, este tipo de variador es ideal porque se encarga de variar la velocidad de giro del motor sin que haya altas pérdidas en su torque.

La velocidad de cada una de los sistemas del proceso se debe controlar dado que la velocidad de lavado depende del grado de suciedad de la materia prima y siendo este un proceso en línea toda la maquina debe estar sincronizada de modo haya acumulación en ninguno de los sistemas.

Elementos principales del sistema eléctrico y de control

- Variador de velocidad para motor de 1/4 hp trifásico encargado de girar el tambor.
- Variador de velocidad para motor de 1/4 hp trifásico encargado del movimiento de la banda de salida.
- Variador de velocidad para motor de 1 hp trifásico encargado del movimiento de la banda de despulpado.
- Variador de velocidad para motor de 1/6 hp trifásico encargado del movimiento del rodillo de picado.
- Motor de 1/2 hp trifásico para bomba de agua en sistema de lavado.
- Motor de 1/2 hp trifásico para bomba de agua en sistema de picado.

5. CONDICIONES DE MANEJO Y USO DE LA MÁQUINA

5.1 Puesta en marcha. Para el correcto funcionamiento de la máquina se debe sintonizar los siguientes parámetros:

- Motor para tambor de lavado; sintonizar variador a 125 rpm.
- Motor para banda de salida; sintonizar variador a 382 rpm.
- Motor para banda de despulpado; sintonizar variador a 255 rpm.
- Motor para sistema de picado; sintonizarlo de acuerdo al suministro de cáscara mandarina.
- Encender el motor de la bomba de agua para lavado.
- Encender compresor de aire y regular presión a 100 psi.
- Encender bomba de agua para el sistema de picado.
- Alimentar el tambor de lavado con mandarinas.

5.2 Plan de mantenimiento preventivo. Luego de un turno continuo de 8 horas diarias realizar mensualmente el siguiente mantenimiento preventivo:

- Revisar si hay chumaceras y rodamientos reventados o corroídos.
- Revisar si hay desgaste o poca tensión en la cadena del tambor de lavado.
- Ajustar toda la tornillería.

Después de cada turno de trabajo de 8 horas realizar el siguiente chequeo:

- Buscar fugas de agua en el sistema de tubería.
- Limpiar los filtros de agua.
- Afilar o cambiar chuchillas de corte en caso de que estén amelladas o picadas.
- Ajustar resortes de la mesa de separación.
- Chequeo de corte de los rodillos, ajustar el tensor o rectificar el sufridor.
- Revisar la banda de lavado y de salida.
- Revisar que no estén tapados los tubos de aspersion de agua.

6. CONCLUSIONES

El costo total en materiales, insumos y pagos a terceros para la construcción de la máquina procesadora de mandarina con una capacidad instalada de 2,16 toneladas de mandarina por turno de 8 horas es de \$29,511,900 (veintinueve millones quinientos once mil novecientos pesos M.L)

Mecánicamente la máquina es viable y se puede construir a un costo razonable dando una productividad mayor a la esperada, ya que en un inicio se esperaba que por un turno de 8 horas trabajar con una tonelada de mandarina.

La máquina es versátil dado que es un equipo modular el cual se puede instalar en lugares con poco espacio a demás es de fácil instalación, es de bajo consumo energético (1624 w) y requiere de poco mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA

ARCE, A. Propanediols for separation of citrus oil: liquid–liquid equilibria of limonene + linalool + (1, 2-propanediol or 1, 3-propanediol). 2003. *Fluid Phase Equilibria*; 211 : 129–140.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. 2004. *International Journal of Food Microbiology*; 94: 223– 253.

CHEN, H. Pharmacokinetics of *d*-limonene in the rat by GC–MS assay. 1998 *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*;17: 631–640.

DÍAZ, C. Caracterización del aceite esencial en la corteza del limón swinglea (*swinglea glutinosa*) por CG/EM. 2005. *Temas agrarios*;10:22-28.

GIL, E. Evaluación a escala de planta piloto del proceso industrial para la obtención de aceite esencial de cardamomo, bajo la filosofía "cero emisiones" grupo de investigación procesos ambientales y biotecnológicos.-GIPAB. Medellín, 2005.

KANG, H. Studies on the development of functional powder from citrus peel: *Bioresource Technology*; 97: 614–620. 2006.

KARGI, F y SHULER M. *Bioprocess Engineering, Basic concepts*. USA. 1992. Prentice hall PTR, 262-263.

LOTA, M. Chemical variability of peel and leaf essential oils of mandarins from *Citrus reticulata* Blanco. 2000. *Biochemical Systematics and Ecology*; 28: 61-78.

MADHAVAN, K. Process optimization for antifungal chitinase production by *Trichoderma harzianum*. 2004. Process Biochemistry; 39:1583–1590.

MARTINEZ, J. Actividad antibacteriana del aceite esencial de mandarina. 2003 Rev. Fac. Agron;8:502-512.

MIHÁLY, M. Oxidized citrus oil (*R*-limonene): A frequent skin sensitizer in Europe. 2002. Am acad dermatol; 47: 709-714.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL OBSERVATORIO AGROCADENAS COLOMBIA. La cadena de cítricos en Colombia [En línea] <http://www.agrocadenas.gov.co/> (Consultada 4 de Agosto de 2006).

MONTIEL, A. et, al. Effect of water activity on invertase production in solid state fermentation by improved diploid strains of *Aspergillus niger*. 2004 Process Biochemistry; 39:2085- 2090.

MORAES, A. Effects of the essential oil from *Citrus aurantium* L. in experimental anxiety models in mice.2006. Life Sciences; 78: 1720 – 1725.

PINEDA, L. et, al. XVI Muestra de Ingeniería Internacional “Ingeniar”. Presentación: Evaluación de la extracción biológica de aceite esencial de cáscara de mandarina empleando *Trichoderma harzianum*. Septiembre 2006. ISBN: 978-958-696-574-3.

RAYBAUDI, M. Uso de agentes antimicrobianos para la conservación de frutas frescas y frescas cortadas. 2006. Proyecto XI. 22 Desarrollo de tecnologías para la conservación de vegetales frescos cortados;5: 15-21.

RINCÓN, A. Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. 2005. [En línea] www.nutricionemexico.org.mx/alan/2005_3_12.pdf (Consultada 15 de agosto de 2006).

SHIMADA, T. Isolation and characterization of a new d-limonene synthase gene with a different expression pattern in *Citrus unshiu* Marc. *Scientia Horticulturae*; 105: 507–512. 2005.

SRIVASTAVA, S. Synthesis and characterization of copolymers of limonene with styrene initiated by azobisisobutyronitrile. 2004. *European Polymer Journal* vol. 40: 2235–2240.

TIRADO, B. Comparative study of Colombian citrus oils by high-resolution gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry *Journal of Chromatography A*; 697: 501-513. 1995.

VALENCIA, L. et, al. Sexto Simposio Latinoamericano de Biodeterioro y Biodegradación. Aprovechamiento de las cáscaras de mandarina para la extracción biológica del d-limoneno. Bogotá. 2007.

ZIAUR, R. Citrus peel extract A natural source of antioxidant. 2006. *Food Chemistry*; 99: 250-254

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de cálculo

SELECCIÓN DEL MOTOR PARA EL LAVADO				
Datos	Formula	Cantidad	Unidades	Comercial
Velocidad piñón	W_p	13,080	rad/seg	150 rpm
Masa del tambor	m	70,000	Kg	\$ 750.000
Radio sproket	R_s	0,235	mt	Trifásico
Radio tambor	R_t	0,220	mt	
Velocidad tambor	W_t	2,610	Rad/seg	
Aceleración angular	α	13,050	Rad/seg ²	
Inercia	$I=(m \cdot R_t^2)/2$	1,694	Kg*mt ²	1/4 hp
Torque tambor	$T_t=I \cdot \alpha$	22,107	N*m	
Fuerza	$F=T_t/R_s$	94,071	Kg	
Potencia teórica	$P=T_t \cdot W_t$	57,698	Vatios	
Potencia + factor 0.85	$P_f=P \cdot 1.15$	66,353	Vatios	
Potencia + factor de seguridad 2.5	$P_s=P_f \cdot 2.5$	165,883	Vatios	

TRANSMISION DE BANDA SALIDA				
Datos	Formula	Cantidad	Unidades	Comercial
Velocidad lineal	V	1,000	m/seg	245 rpm
Velocidad del rodillo	$W=V/r$	40,000	rad/seg	\$ 650.000
Masa a transportar	m	10,000	Kg	Trifásico
Radio rodillo	r	0,025	mt	
Fuerza en banda	Formula	98,000	N	
Torque en rodillo	$T=F \cdot r$	2,450	Nm	1/4 hp
Potencia	$P=T \cdot W$	98,000	Vatios	
Potencia + factor 0.85	$P_f=P \cdot 1.15$	112,700	Vatios	
Potencia + Factor de seguridad 1.7	$P_s=P_f \cdot 1.7$	191,590	Vatios	

TRANSMISION BANDA PELADO				
Datos	Formula	Cantidad	Unidades	Comercial
Velocidad lineal	V	1,000	m/seg	245 rpm
Velocidad del rodillo	$W=V/r$	26,667	rad/seg	\$ 850.000
Masa a transportar	m	40,000	Kg	Trifásico
Radio rodillo	r	0,038	mt	
Fuerza en banda	Formula	392,000	N	
Torque en rodillo	$T=F \cdot r$	14,700	Nm	1 hp
Potencia	$P=T \cdot W$	392,000	Vatios	
Potencia + factor 0.85	$P_f=P \cdot 1.15$	450,800	Vatios	
Potencia + Factor de seguridad 1.5	$P_s=P_f \cdot 1.5$	676,200	Vatios	

Calculo de engranaje				
Termino		Ecuación	Valor	Unidades
Paso diametral	Pd		6,00	Dientes/pulgada
Numero de dientes	N		31,00	
Diámetro de paso	Dp	$Dp=N/Pd$	131,23	Milímetros
Espesor del diente	F	$F=2,36/Pd$	9,99	Milímetros
Altura de diente	Ht	$Ht=2,25/Pd$	9,53	Milímetros
Diámetro exterior	De	$De=Dp+2*Dp/N$	139,70	Milímetros
Altura de la cabeza	Hc	$Hc=De/2-Dp/2$	4,23	Milímetros
Altura de la raíz	Hr	$Hr=Ht-Hc$	5,29	Milímetros

Anexo 2. Presupuesto y lista de partes (realizado en el año 2008)

Sistema de lavado: materiales, estructura y ensamble tienen un costo total de \$13,397,700.

Sistema de pelado: materiales, estructura y ensamble tienen un costo total de \$4,702,000.

Sistema de separado: materiales, estructura y ensamble tienen un costo total de \$1,690,000.

Sistema de picado: materiales, estructura y ensamble tienen un costo total de \$ 9,722,200.

Elemento de maquina	Especificación técnica	Canti	Costo unidad \$	Costo total \$	Proveedor
Aleta de avance	inoxidable 316 de 1/8"	1	\$ 60.000	\$ 60.000	Dismecatronica Tel: 311 6495872
Anillo para tope tambor	inoxidable 316 de 1/8"	2	\$ 200.000	\$ 400.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Aros de tope tambor	inoxidable 316 de 1/8"	2	\$ 200.000	\$ 400.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Base chumacera derecha inox	inoxidable 316 de 1/8"	1	\$ 30.000	\$ 30.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Base chumacera derecha inox superior	inoxidable 316 de 1/8"	1	\$ 30.000	\$ 30.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Base chumacera izquierda inox	inoxidable 316 de 1/8"	1	\$ 30.000	\$ 30.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Base chumacera izquierda inox superior	inoxidable 316 de 1/8"	1	\$ 30.000	\$ 30.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Base motor tambor	Lamina cold roller de 1/4"	1	\$ 30.000	\$ 30.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Base motor un cuarto	Lamina cold roller de 1/4"	1	\$ 30.000	\$ 30.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Buje para vigas la vado	Acero 1020	22	\$ 5.000	\$ 110.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Buje ruedas	Inoxidable 316 de 1/2"	4	\$ 15.000	\$ 60.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Buje ruedas inferior	Inoxidable 316 de 1/2"	4	\$ 15.000	\$ 60.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Canoa lavado picado	Lamina inoxidable 316 calibre 16	1	\$ 70.000	\$ 70.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Columna banda lavado	inoxidable 316 de 1/8"	2	\$ 100.000	\$ 200.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Columna banda lavado del medio	inoxidable 316 de 1/8"	2	\$ 80.000	\$ 160.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Columna banda lavado delantera	inoxidable 316 de 1/8"	2	\$ 100.000	\$ 200.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Cuna trinquete	Inoxidable 316	1	\$ 10.000	\$ 10.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Eje de tapa tambor	Inoxidable 316	1	\$ 15.000	\$ 15.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Eje rodillo lavado	Varilla de inoxidable	2	\$ 40.000	\$ 80.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Eje rodillo lavado superior	Varilla de inoxidable	1	\$ 40.000	\$ 40.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Eje tractor rodillo lavado	Varilla de inoxidable	1	\$ 60.000	\$ 60.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Estructura para ruedas atrás	inoxidable 316 de 1/8"	1	\$ 200.000	\$ 200.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Estructura para ruedas adelante	inoxidable 316 de 1/8"	1	\$ 200.000	\$ 200.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Lamina filtro	Lamina inoxidable 316 calibre 18 Lamina inox 316 perforada de 20mm calibre	1	\$ 70.000	\$ 70.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Lamina filtro perforada	18	1	\$ 70.000	\$ 70.000	Icolmalla SA Tel: 381 36 78
Lamina lateral	Inoxidable 316 calibre 16	2	\$ 80.000	\$ 160.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Lamina tanque	Lamina en inoxidable 316 calibre 14	1	\$ 600.000	\$ 600.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Lamina tanque lateral desagüe	Lamina en inoxidable 316 calibre 14	1	\$ 300.000	\$ 300.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Lamina tanque lateral izquierdo	Lamina en inoxidable 316 calibre 14	1	\$ 300.000	\$ 300.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Pasador para trinquete	inoxidable 316	1	\$ 70.000	\$ 70.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Piñón de D77,8	35A16-ss	1	\$ 50.000	\$ 50.000	Los Restrepo Tel: 235 28 28
Rodillo lavado	Tubo inoxidable de 2 pulgadas	2	\$ 250.000	\$ 500.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Rueda	Prolon	8	\$ 10.000	\$ 80.000	Carboplas Tel: 288 44 68
Soporte ruedas	inoxidable 316 de 1/8"	16	\$ 15.000	\$ 240.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Esproket tambor D420	35A145-ss	1	\$ 491.000	\$ 491.000	Los Restrepo Tel: 235 28 28
Tambor perforado	Lamina inox 316 perforada de 20mm calibre	1	\$ 300.000	\$ 300.000	Icolmallas S.A Tel: 381 36 78
Tapa desagüe	18	1	\$ 300.000	\$ 300.000	Icolmallas S.A Tel: 381 36 78
Tapa fija tambor	Lamina en inoxidable 316 de 1/8"	2	\$ 50.000	\$ 100.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Tapa media tambor	Lamina de inoxidable 316 calibre 14	1	\$ 150.000	\$ 150.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Tapa media tambor izquierda	Lamina en inoxidable 316 de 1/8"	1	\$ 70.000	\$ 70.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Tapa media tambor izquierda	Lamina en inoxidable 316 de 1/8"	1	\$ 70.000	\$ 70.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11

Tapa rodillo lavado	Inoxidable 316	4	\$ 30.000	\$ 120.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Tapa rotativa tambor	Lamina de inoxidable 316 calibre 14	1	\$ 200.000	\$ 200.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Tensor	Inoxidable 316	2	\$ 50.000	\$ 100.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Viga lavado	inoxidable 316 de 1/8"	1	\$ 100.000	\$ 100.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Viga lavado ruedas inferior	inoxidable 316 de 1/8"	2	\$ 100.000	\$ 200.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Base para bomba de agua	Lamina de 1/4" acero cold rolled	1	\$ 35.000	\$ 35.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Resorte para trinquete	K=100 Kg/seg ²	1	\$ 10.000	\$ 10.000	Central de resortes Tel: 351 35 68
Motor reductor	Sinfin corona Trifásico 1/3Hp @ 150 rpm out	1	\$ 750.000	\$ 750.000	Giravan Tel: 252 84 52
Arandelas para ruedas	Inoxidable 316 de 1/2"	16	\$ 3.000	\$ 48.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Empaque plástico compuerta desagüe	Empaque de caucho	2	\$ 5.000	\$ 10.000	Los Restrepo Tel: 235 28 28
Banda de salida	Banda holandesa sintética de 2mmX40cm	1	\$ 146.000	\$ 146.000	LUFELO Tel: 285 36 91
Chumaceras	Chumacera sellada de pedestal de 20mm inox	4	\$ 35.000	\$ 140.000	LUFELO Tel: 285 36 91
Moto reductor	Trifásico 1/4Hp @ 245 rpm out	1	\$ 750.000	\$ 750.000	Giravan Tel: 252 84 52
Tuvo de 3/4	Tuvo de 3/4 para agua RDE 21 de 200 Libras	1	\$ 7.000	\$ 7.000	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Válvula de bola de 1 y 1/2"	Válvula de bola de 1 y 1/2"	1	\$ 6.000	\$ 6.000	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Adaptador macho de pulgada	Adaptador macho de pulgada	1	\$ 1.200	\$ 1.200	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Reducción pulgada a 3/4"	Reducción pulgada a 3/4"	2	\$ 1.200	\$ 2.400	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Tapón de 3/4"	Tapón de 3/4"	1	\$ 500	\$ 500	Riegos y cercas Tel:285 03 43
T de 3/4"	T de 3/4"	1	\$ 600	\$ 600	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Válvula de bola de 3/4"	Válvula de bola de 3/4"	1	\$ 4.500	\$ 4.500	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Adaptador macho de 3/4"	Adaptador macho de 3/4"	2	\$ 1.000	\$ 2.000	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Crus de 3/4"	Crus de 3/4"	2	\$ 1.500	\$ 3.000	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Adaptador hembra de 3/4	Adaptador hembra de 3/4	6	\$ 1.000	\$ 6.000	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Universal de 3/4"	Universal de 3/4"	3	\$ 2.000	\$ 6.000	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Codo para tubo de 3/4"	Codo para tubo de 3/4"	17	\$ 500	\$ 8.500	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Filtro de agua	Filtro de discos para tubería de tres cuartos	2	\$ 40.000	\$ 80.000	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Bomba de agua	Bomba de agua de 1/2 hp	1	\$ 500.000	\$ 500.000	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Motor reductor	Sinfin corona Trifásico 1/3Hp @ 150 rpm out	1	\$ 750.000	\$ 750.000	Giravan Tel: 252 84 52
Cubierta de plástico	Neopreno de 1/8"	1	\$ 65.000	\$ 65.000	Cuchos Malaca Tel: 511 37 17
Variador de velocidad	Variador vectorial para 1/2 hp	1	\$ 450.000	\$ 450.000	Giravan Tel: 252 84 52
Espiral plástica	Tatch-A-cleat model L	3	\$ 20.000	\$ 60.000	Los Restrepo Tel: 235 28 28
Escalones	Tatch-A-cleat model L	4	\$ 20.000	\$ 80.000	Los Restrepo Tel: 235 28 28
Variador de velocidad	Variador vectorial para 1/2 hp	1	\$ 450.000	\$ 450.000	Giravan Tel: 252 84 52
Ensamble			\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Cadena paso 35 1,5 metros de larga	Cadena de inoxidable paso 35-1ss	2	\$ 90.000	\$ 180.000	Los Restrepo Tel: 235 28 28

TOTAL LAVADO

\$ 13.397.700

Base para motor reductor	Lamina cold rolled de 1/4"	1	\$ 80.000	\$ 80.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Columna banda	Lamina cold rolled de 1/4"	6	\$ 100.000	\$ 600.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Cubierta lateral	Inoxidable 316 calibre 18	1	\$ 150.000	\$ 150.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Cubierta lateral derecha	Inoxidable 316 calibre 18	1	\$ 150.000	\$ 150.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Cubierta lateral izquierda	Inoxidable 316 calibre 18	1	\$ 150.000	\$ 150.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Cubierta lateral lado motor	Inoxidable 316 calibre 18	1	\$ 150.000	\$ 150.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Eje rodillo impulsado	Varilla 1020	3	\$ 40.000	\$ 120.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Eje rodillo impulsor de 10	Varilla 1020	1	\$ 40.000	\$ 40.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Lamina base	Lamina de inoxidable 316 calibre 14	2	\$ 100.000	\$ 200.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Rodillo tensor	Varilla acero 1020 calibrado de 20mm	3	\$ 20.000	\$ 60.000	ferroindustrial S.A Tel: 331 99 00
Tapa tubo rodillo	Acero 1020	4	\$ 30.000	\$ 120.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Tensor	Acero 1020	2	\$ 30.000	\$ 60.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Travesaño	Lamina cold rolled de 1/4"	3	\$ 40.000	\$ 120.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Tubo rodillo	Rodillos de tubería negra comercial de 3"	2	\$ 100.000	\$ 200.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Viga lateral derecha	Lamina cold rolled de 1/4"	1	\$ 100.000	\$ 100.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Viga lateral izquierda	Lamina cold rolled de 1/4"	1	\$ 100.000	\$ 100.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Banda de pelado a \$62.000 el metro	Corrugada película caucho inferior X 40 ancho	7	\$ 68.000	\$ 476.000	Los Restrepo Tel: 235 28 28
Caja para variadores	Caja de lamina de 50x60x25 cm	1	\$ 356.000	\$ 356.000	Tabuco Ltda. Tel: 371 81 95
Chumaceras	Chumacera de pedestal de 20mm	10	\$ 10.000	\$ 100.000	Los Restrepo Tel: 235 28 28
Ensamble			\$ 1.500.000	\$ 1.500.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Moto reductor	Trifásico 1Hp @ 245 rpm out	1	\$ 850.000	\$ 850.000	Giravan Tel: 252 84 52

TOTAL PELADO

\$ 4.702.000

Base para vibrador	Acero AISI SAE 4140	1	\$ 40.000	\$ 40.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
Lateral de mesa	Inoxidable 316 calibre 18	2	\$ 70.000	\$ 140.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Mesa vibratoria	Inoxidable 316 calibre 18	1	\$ 150.000	\$ 150.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Plancha	Lamina cold rolled de 1/4"	1	\$ 100.000	\$ 100.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Cajón	Lamina cold rolled calibre 16	1	\$ 200.000	\$ 200.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
Resortes	P#6865	4	\$ 10.000	\$ 40.000	Central de resortes Tel: 351 35 68
Válvula reguladora de caudal	Válvula reguladora de caudal de 1/4"	1	\$ 40.000	\$ 40.000	Admitec Ltda. Tel: 301 16 16

Ensamble			\$ 500.000	\$ 500.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72	
Vibrador	a 15.000 rpm 2 Kilos de impacto	1	\$ 480.000	\$ 480.000	Electro neumática Tel:260 80 53	
TOTAL SEPARADO			\$ 1.690.000			
Picado	Alma sufridor	Nylon \$122.000 de 4"x3 y 1/4"	1	\$ 50.000	\$ 50.000	Carboplas Tel: 288 86 59
	Cajón	Lamina cold rolled calibre 16	1	\$ 200.000	\$ 200.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
	Cilindro perforado	Duraluminio	1	\$ 500.000	\$ 500.000	Asteco S.A Tel: 444 01 22
	Cuchillas anillo	Fleje de Inox 316 calibre 18 corte con laser	5	\$ 100.000	\$ 500.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
	Cuchillas regleta	Fleje de Inox 316 calibre 18 corte con laser	36	\$ 50.000	\$ 1.800.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
	Eje derecho	Inoxidable 316	1	\$ 150.000	\$ 150.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
	Eje izquierdo	Inoxidable 316	1	\$ 150.000	\$ 150.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
	Eje sufridor	Inoxidable 316	1	\$ 150.000	\$ 150.000	Asteco S.A Tel: 444 01 22
	Piñón son 2	Prolon MA negro \$25.000 disco de 3"	2	\$ 200.000	\$ 400.000	Carboplas Tel: 288 86 59
	Pisador lateral regleta	Duraluminio	2	\$ 200.000	\$ 400.000	Asteco S.A Tel: 444 01 22
	Plancha	inoxidable 316 de 1/4"	1	\$ 300.000	\$ 300.000	Asteco S.A Tel: 444 01 22
	Separador perforado	Duraluminio	6	\$ 150.000	\$ 900.000	Asteco S.A Tel: 444 01 22
	Soportes laterales derecho	inoxidable 316 de 1/4"	1	\$ 300.000	\$ 300.000	Asteco S.A Tel: 444 01 22
	Soportes laterales izquierdo	inoxidable 316 de 1/4"	1	\$ 300.000	\$ 300.000	Asteco S.A Tel: 444 01 22
	Sufridor	Nylon	1	\$ 70.000	\$ 70.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
	Tanque agua	Lamina de inoxidable 316 calibre 16	1	\$ 150.000	\$ 150.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
	Tanque para cascara	Lamina de inoxidable 316 calibre 16	1	\$ 150.000	\$ 150.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
	Tapa lateral cilindro perforado	Duraluminio	2	\$ 250.000	\$ 500.000	Asteco S.A Tel: 444 01 22
	Tapa lateral U	Inoxidable 316	2	\$ 150.000	\$ 300.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
	Tapa U	Inoxidable 316	1	\$ 180.000	\$ 180.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
	Tensor	Inoxidable 316	2	\$ 20.000	\$ 40.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
	Tolva	Lamina de inoxidable 316 calibre 18	1	\$ 100.000	\$ 100.000	Laminas y cortes Tel: 265 77 11
	U	Inoxidable 316	1	\$ 200.000	\$ 200.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72
	Adaptador hembra 3 cuartos		2	\$ 1.000	\$ 2.000	Riegos y cercas Tel:285 03 43
	Adaptador macho pulgada		3	\$ 1.200	\$ 3.600	Riegos y cercas Tel:285 03 43
	Codo de 3 cuartos		1	\$ 500	\$ 500	Riegos y cercas Tel:285 03 43
Filtro de agua		1	\$ 40.000	\$ 40.000	Riegos y cercas Tel:285 03 43	
Reducción de 3/4 a media		1	\$ 1.200	\$ 1.200	Riegos y cercas Tel:285 03 43	
Reducción de pulgada a 3/4		2	\$ 1.200	\$ 2.400	Riegos y cercas Tel:285 03 43	
Tubería de 3/4	Tuvo de 3/4 para agua RDE 21 de 200 Libras	1	\$ 7.000	\$ 7.000	Riegos y cercas Tel:285 03 43	
Universal de 3/4		2	\$ 2.000	\$ 4.000	Riegos y cercas Tel:285 03 43	
Motor reductor	Trifásico 1/8Hp @ 245 rpm out	1	\$ 600.000	\$ 600.000	Giravan Tel: 444 84 52	
Rodamientos para rodillo cortador	Diámetro in 15 exter 32 espe 9 ref. 6002	2	\$ 7.000	\$ 14.000	Almacén rodamientos Tel: 262 34 11	
Retenedor	Diámetro in 15 exter 32 espe 9	2	\$ 1.500	\$ 3.000	Almacén rodamientos Tel: 262 34 11	
Bomba de agua de 1/2 hp	Bomba de agua de 1/2 hp	1	\$ 500.000	\$ 500.000	Riegos y cercas Tel:285 03 43	
Ensamble			\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	Dismecatronica Cel. 311649 58 72	
Válvula manual 3/4	Válvula de bola manual	1	\$ 4.500	\$ 4.500	Admitec Ltda. Tel: 301 16 16	
TOTAL PICADO			\$ 9.722.200			
TOTAL COSTO \$			\$ 29.511.900			

Anexo 3. Lista de planos

1. Sistema banda picado

- 1.1. Banda de plastilona
- 1.2. Base para motor
- 1.3. Columna banda
- 1.4. Cubierta lateral lado motor
- 1.5. Cubierta lateral
- 1.6. Cubierta lateral derecha
- 1.7. Cubierta lateral izquierda
- 1.8. Despiece banda
- 1.9. Eje rodillo impulsado
- 1.10. Eje rodillo impulsor de 10
- 1.11. Ensamble banda
- 1.12. Lamina base
- 1.13. Rodillo tensor
- 1.14. Tapa tubo rodillo
- 1.15. Tensor
- 1.16. Travesaño
- 1.17. Tubo rodillo
- 1.18. Viga lateral derecha
- 1.19. Viga lateral izquierda

2. Sistema de lavado

- 2.1. Aleta de avance
- 2.2. Anillo para tope tambor
- 2.3. Aros de tope tambor
- 2.4. Banda lavado
- 2.5. Base chumacera derecha inox superior
- 2.6. Base chumacera derecha inoxi
- 2.7. Base chumacera izquierda inox
- 2.8. Base chumacera izquierda inox superior
- 2.9. Base motor tambor
- 2.10. Base motor un cuarto
- 2.11. Buje para vigas lavado
- 2.12. Buje ruedas
- 2.13. Buje ruedas inferior
- 2.14. Canoa lavado picado
- 2.15. Columna banda lavado
- 2.16. Columna banda lavado del medio
- 2.17. Columna banda lavado delantera
- 2.18. Columna banda lavado derecha

- 2.19. Cubierta de plástico
- 2.20. Cuña trinquete
- 2.21. Despiece banda
- 2.22. Despiece tanque
- 2.23. Despiece tanque la vado
- 2.24. Eje de tapas tambor
- 2.25. Eje rodillo lavado
- 2.26. Eje rodillo lavado superior
- 2.27. Eje tractor rodillo lavado
- 2.28. Ensemble completo tanque lavado
- 2.29. Ensemble sistema aspersores
- 2.30. Ensemble tanque lavado
- 2.31. Escalones
- 2.32. Espiral tambor
- 2.33. Estructura para ruedas adelante
- 2.34. Estructura para ruedas atrás
- 2.35. Lamina filtro
- 2.36. Lamina filtro perforada
- 2.37. Lamina lateral
- 2.38. Lamina tanque
- 2.39. Lamina tanque lateral desagüe
- 2.40. Lamina tanque lateral izquierda
- 2.41. Pasador para trinquete
- 2.42. Piñón de D77,8
- 2.43. Rodillo lavado
- 2.44. Rueda
- 2.45. Soporte ruedas
- 2.46. Sproket tambor D420
- 2.47. Tambor perforado
- 2.48. Tapa desagüe
- 2.49. Tapa fija tambor
- 2.50. Tapa media tambor
- 2.51. Tapa rodillo lavado
- 2.52. Tapa rotativa tambor
- 2.53. Tapa rotativa tambor
- 2.54. Viga lavado
- 2.55. Viga lavado ruedas inferior

3. Sistema de picado

- 3.1. Alma sufridos
- 3.2. Cajón
- 3.3. Cilindro perforado
- 3.4. Conjunto caja U

- 3.5. Conjunto rodillo picado
- 3.6. Cuchilla anillo
- 3.7. Cuchilla regla
- 3.8. Despiece conjunto rodillo picado
- 3.9. Despiece eje expulsor picado
- 3.10. Eje derecho
- 3.11. Eje expulsor picado
- 3.12. Ensamble eje expulsor picado
- 3.13. Ensamble picado
- 3.14. Ensamble sufridor
- 3.15. Piñón picado
- 3.16. Piñón sufridor
- 3.17. Pisador lateral regleta
- 3.18. Plancha
- 3.19. Separador perforado
- 3.20. Sistema de tubería picado
- 3.21. Soporte lateral derecho
- 3.22. Soporte lateral izquierdo
- 3.23. Sufridor
- 3.24. Tanque
- 3.25. Tanque para cascara
- 3.26. Tapa lateral cilindro perforado
- 3.27. Tapa lateral U
- 3.28. Tapa U
- 3.29. Tensor
- 3.30. Tolva
- 3.31. U

4. Sistema vibrador

- 4.1. Plancha
- 4.2. Base para vibrador
- 4.3. Cajón
- 4.4. Ensamble vibrador
- 4.5. Lateral de mesa
- 4.6. Mesa vibratoria