 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Diseño de detalle de una máquina procesadora de aguacates para la elaboración de guacamole

Walter Hernández Acosta
Leonardo Castañeda Medina

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Electromecánico

Asesor(es)
Jorge Andrés Sierra del Rio

Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM
Facultad de Ingenierías
Departamento Antioquia
Medellín, Colombia
2022

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

RESUMEN

En este proyecto realizamos un diseño para una despulpadora de aguacates con el fin de aprovechar la materia prima que no es empleada en la exportación, se realiza la selección de piezas y materiales entre proveedores disponibles en el mercado para su posible construcción. Gran parte de las piezas que conforman la maquina son comerciales lo que en cierta manera facilita su construcción.

Palabras clave:

Destoner: proceso de despulpado

Aguacate Hass: El aguacate Hass o palta Hass es una variedad de la fruta Persea americana, la cual fue originada a partir de una semilla de raza guatemalteca cultivada por el horticultor Rudolph Hass
Lenticela: Las lenticelas son los poros del tejido exterior de plantas que permiten el intercambio directo de gases entre tejidos internos de las plantas y la atmósfera.

Organoléptica: Que se percibe con los sentidos (untuosidad, aspereza, sabor, brillo, etc.), a diferencia de las propiedades químicas, microscópicas, etc.

Centrifugado: Aprovechar la fuerza centrífuga para secar ciertas sustancias o para separar los componentes de una masa o mezcla según sus distintas densidades.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios quien ha otorgado la vida, la fuerza y la voluntad para llegar hasta aquí.

En Segundo lugar, agradecemos a nuestras familias y todas las personas que han hecho parte de nuestro camino universitario de los que se ha aprendido muchas cosas principalmente el valor de la perseverancia.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ACRÓNIMOS

No hay acrónimos en este documento.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Generalidades	6
1.2 Planteamiento del problema	6
1.3 Objetivo General	7
1.4 Objetivos Específicos.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	8
3. METODOLOGÍA.....	12
3.1 Potencia requerida por transmitir para efectos de despulpado.....	14
3.2 Selección de motor.....	18
3.3 Selección motoreductor	19
3.4 Selección laminas acero inoxidable para tambor y estructura.....	20
3.5 Cálculos de especificaciones para el eje del tambor.....	22
3.6 Selección de rodamientos.....	24
3.7 Selección de brida lineal.....	25
3.8 Selección de Acople Araña	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	28
5.1 Recomendaciones	28
REFERENCIAS	29
ANEXOS.....	31

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

1. INTRODUCCIÓN

El campo colombiano históricamente se mantiene sesgado de la inversión gubernamental. Como ingenieros no es posible brindarle la inversión de capital que se merecen, pero es posible presentar una opción para tecnificar sus procesos que permita el aprovechamiento de la mayor cantidad de materia prima que en algunas ocasiones puede ser considerada como no aprovechable. Con ese propósito se mira con interés un mercado que en los últimos años presenta auge, el del aguacate; el cual tiene una relevancia importante en un país como Colombia y la necesidad de aprovechar la mayor cantidad de materia prima producida por la tierra reduciendo la huella de carbono que se ha convertido en un tema relevante en los últimos años.

1.1 Generalidades

En búsqueda de realizar aprovechamiento de la mayor cantidad materia prima producida en una cosecha, el aguacate descartado por ausencia de cumplimiento en sus propiedades organolépticas puede ser utilizado en otros procesos como por ejemplo en la producción de guacamole, cabe mencionar que el aguacate se rechaza en los campos por su tamaño en un 4% o con lenticela alrededor de 2.5% por incidentes evidenciados en el embalaje. Esto suma un 6.5% que es descartado por características estéticas mas no por sus condiciones organolépticas (Figura 1). Bajo estas condiciones es posible proponer como solución una máquina que procese en guacamole el material recuperable del que se ha rechazado.

1.2 Planteamiento del problema

En el procesamiento de aguacates para la fabricación de guacamole, existe un factor clave; que consiste en separar exitosamente la pulpa de su cascara y semilla sin ser contaminada por estas dos últimas. Examinando el estado del arte referente a este tema es casi inexistente la automatización de esta operación en muchas empresas productoras de guacamole. Esto se evidencia en las maquinarias ofrecidas en el mercado y que utilizan gran cantidad de personal durante el proceso de deshuesado o “DESTONER”.

Al realizar una investigación sobre equipos y maquinas en el mercado que se encargan de realizar el procesamiento del aguacate como por ejemplo pelado y remoción de la semilla, llama la atención una máquina eslovaca de la línea FRUIT & VEGETABLE PROCESSING

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

MACHINES y la referencia es FRUIT DESTONER, que realiza la extracción de la pulpa de diferentes frutas y verduras. La máquina está compuesta por un tambor troquelado con paletas en su interior, al que se le ingresa la materia prima y este se encarga de separar los materiales aprovechables y los no aprovechables con el proceso de centrifugado.

1.3 Objetivo General

Diseñar una máquina para procesar el aguacate para convertirlo en guacamole, centrando principalmente en su pelado y en la remoción de su semilla.

1.4 Objetivos Específicos

- Establecer los parámetros fundamentales que inciden en el procesamiento de aguacate para la fabricación de guacamole.
- Diseñar y seleccionar los diferentes componentes mecánicos que integran la máquina que pueda cumplir con las funciones de pelado y separado de la pulpa.
- Realizar el control lógico automatizado de las diferentes secciones de la línea de procesamiento de guacamole.
- Validar mediante un prototipo virtual el correcto funcionamiento de la máquina.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

2. MARCO TEÓRICO

Colombia es uno de los países más afortunados por contar con una ubicación geográfica ideal para una amplia diversidad de cultivos. En los últimos años el aguacate se ha convertido en un producto muy apetecido a nivel culinario, desde jugos hasta complejos platos de la alta cocina. En base a esto se evidencia que Colombia posee un gran potencial de mercado con este producto en auge, tanto a nivel nacional como internacional.

En el 2015 el cultivo de aguacate tipo Hass se incrementó en Colombia de 205000 toneladas producidas en 2011 hasta llegar a unas 332000 toneladas en el 2015 (Cifras de Agronet, Consejo Nacional del Aguacate, CORPOHASS).

Gran parte de la producción de aguacate en Antioquia está dividida en aguacate criollo con 25200 toneladas y aguacate Hass con 41600 toneladas producidas en 2017. Siendo el municipio de Urrao con mayor número de hectáreas dedicadas al cultivo de aguacate con 1171 en 2017.

A nivel mundial la cultura de alimentos sanos se ha inculcado en un nuevo consumidor consciente, que apetece las grasas sanas que se encuentran en los aguacates. Según la revista portafolio en su sección de economía de septiembre 11 de 2019 recalca: “En los primeros siete meses de 2019 las exportaciones a Estados Unidos suman US\$2,6 millones, un aumento del 1.230% al comparar las ventas en el mismo período de 2018.”

Colombia es un país que siempre ha tenido un gran potencial en cuanto a la agricultura se refiere y a pesar de que actualmente no se esté aprovechando al máximo, en un futuro no muy distante requerirá sacarle provecho a la enorme riqueza que posee nuestro país, por ello En pro de nuestras capacidades como ingenieros electromecánicos se busca proponer un diseño de automatización para la explotación de este valioso recurso, específicamente la producción de guacamole con calidad de exportación.

A veces es difícil saber la calidad de la pulpa, basado en los aspectos cosméticos externos de la fruta. Muchas veces incumpliendo requisitos de exportación se descarta desde los campos solamente por su apariencia, pero mayormente por su tamaño, haciéndolos candidatos para convertir en guacamole.

En la actualidad existe una variedad de máquinas que remueven la semilla del aguacate, pero su proceso no está directamente relacionado al guacamole sino más bien al proceso de despulpado, algunas de estas máquinas traen consigo cuchillas o elementos de revolución que realizan la tarea principal, pero tienen variaciones de construcción muy diferenciadas, que dependen de las necesidades del usuario.

Las diferencias más dominantes se encuentran mejor descritas en la tabla 1.

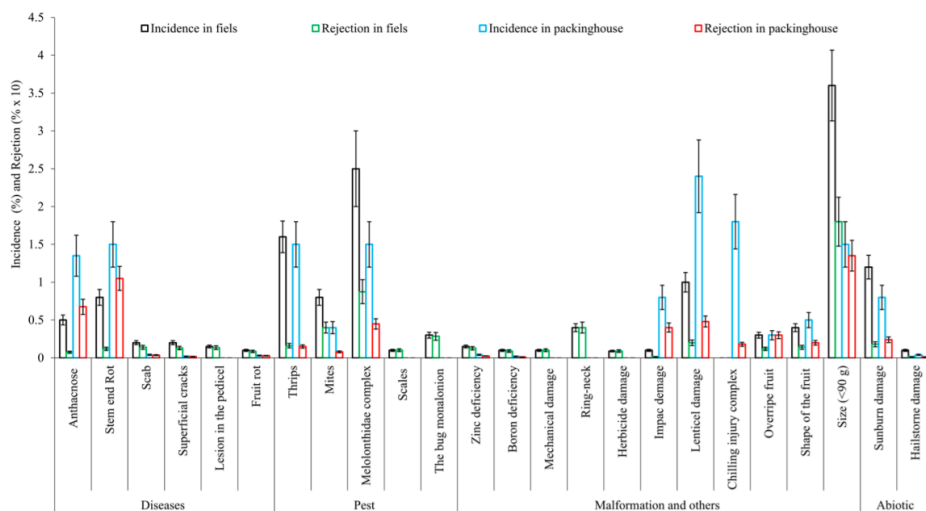
Con los diseños actuales se ha evidenciado que rescatando las diferentes características más eficientes de las máquinas descritas en la tabla 1. Se ha optado por el uso de una cuchilla que corte el aguacate en cruz y facilite el proceso de centrifugado un uso menor de revoluciones y por ende un golpe de ariete menor.

Las características más eficientes de las máquinas investigadas son la del “AVOCADO CUTTING AND SPLITTING DEVICE” y su separación de cuchillas, aunque está requiere realizarle una optimización en la posibilidad de realizar un segundo corte a 90 grados del primero y la “FRUIT DESTONER” que mediante revolución realizan la tarea fundamental de separación de la pulpa y las semillas.

Cabe resaltar que estos equipos tienen un alto consumo energético, es por ello que de ser posible se busca implementar el uso de motores eléctricos de alta eficiencia.

Agronomy 2020, 10, 8

8 of 13



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Figura 1. Estadística a 2020 de 136 plantaciones en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío, Valle y Tolima. (Ramírez-Gil, 2019)

Para realizar guacamole primero se debe seleccionar el aguacate, debe estar libre hongos y áreas excesivamente maduras que afectan la calidad y el sabor del producto, posteriormente se parte el aguacate por el medio para remover la semilla y se separa la pulpa de la cascara, cuando el aguacate está maduro, la cascara es muy fácil de remover al punto que en diferentes países donde esta fruta es parte de la gastronomía, la separación se hace empleando una cuchara.

Cuando la pulpa ha sido totalmente separada de la cascara y la semilla se procede a tritularlo, en donde la textura final va desde una apariencia semiconsistente donde la pulpa se encuentra parcialmente triturada, hasta una apariencia totalmente consistente de apariencia totalmente líquida.

Por último, se añade sal, aceite de oliva y un ingrediente que proporcione acidez que en muchas ocasiones puede ser limón.

Algunos guacamoles tradicionales se les adicionan tomate y cebolla, pero debido a contenido de fructosa y glucosa que poseen inician un proceso acelerado de maduración y descomposición por lo tanto no serán incluidos en el proceso de producción.

Se realiza una consulta acerca de maquinarias que realizaran funciones similares al Guacamole:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

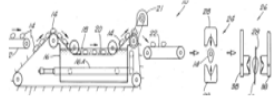
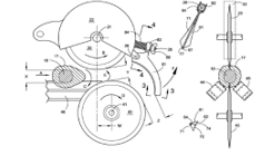


Nombre	Características	Capacidad/velocidad	Enlace de referencia	Funcionamiento	Figura
METHOD FOR REMOVING SKINS FROM AVOCALDOS	Temperatura de operación en el pozo de aceite: 275-400 F -Banda Transportadora -Cuchilla de corte y separador de piel. -Banda	Aprox: 1 Aguacate por minuto o 15 gr/s Aprox	US4600593A	El aguacate es sumergido en aceite a 400 F durante 15 segundos para ablandar la pulpa y posteriormente extraerla con unas cuchillas	
AVOCADO CUTTING AND SPLITTING DEVICE	transportadora V -Cuchilla de corte -únicamente realiza el corte y la división en dos del aguacate	//sin definir por el diseñador//	US201403113 07A1	El aguacate pasa por una cinta transportadora en V y es dirigido a un disco que lo secciona, posteriormente unas guías se encargan de separar las dos caras del aguacate.	
FRUIT DESTONER	peso: 60 kg potencia: 1,1 kW Voltaje (V): 230/400 V	200-500 kg/h	Desconocido	Las palas del rotor especialmente alineadas arrojan el aguacate contra las paredes internas del tamiz mientras los residuos permanecen en la cámara del rotor.	
AVOCADO PITTER	Potencia: 2.5kW	Capacidad: 280 frutas por minute Modelo: 30-AVC	Desconocido	Un sistema de rieles especiales posiciona y orienta las frutas vertical e individualmente. Dos cuchillos arriba y abajo cortan la fruta luego expulsa la semilla, dividiendo la fruta en dos mitades.	

Tabla 1. Referencia visual de máquinas existentes mencionadas: a) (CTI FOOD, 2021) b) (Foodtechprocess, 2021) c) (Moore, 2007) d) (Swisher, 2004)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3. METODOLOGÍA

Preliminarmente cabe mencionar que los parámetros para clasificar el guacamole deben poseer una textura uniforme esto se ve reflejado en sus características organolépticas que se evidencian en el color y el olor no deseado y la viscosidad del producto es homogénea en su totalidad. Enumerando estos parámetros cabe mencionar (Ramírez-Gil, 2019):

- Enfermedades (pestes o plagas)
- Malformaciones y otros (tamaño, lesión durante su desarrollo, daño por impacto en su embalaje y lenticela)
- Abióticos (daño por el sol o por nevadas)

Luego de obtener los parámetros fundamentales para la producción de guacamole, se realizará el diseño y automatización de una máquina para la ejecución del DESTONER en el proceso de producción de guacamole.

El diseño será elaborado en Autodesk Fusion 360°, un software CAD que permitirá hacer la modelación 3D de dicha máquina. Todas las herramientas requeridas están en el marco computacional y no implica la realización física de la máquina para hacer guacamole.

Frente al funcionamiento relacionado al control de encendido y apagado de la máquina es posible que se realice un esquema eléctrico de funcionamiento puesto que la relación de velocidad está delimitada por el motoreductor.

Finalmente se realizará una recopilación de toda la información obtenida, esto incluye los diseños y las respectivas validaciones con los softwares que fueron previamente mencionados.

A través de un diagrama de bloques realizamos la descripción del funcionamiento de la máquina propuesta:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

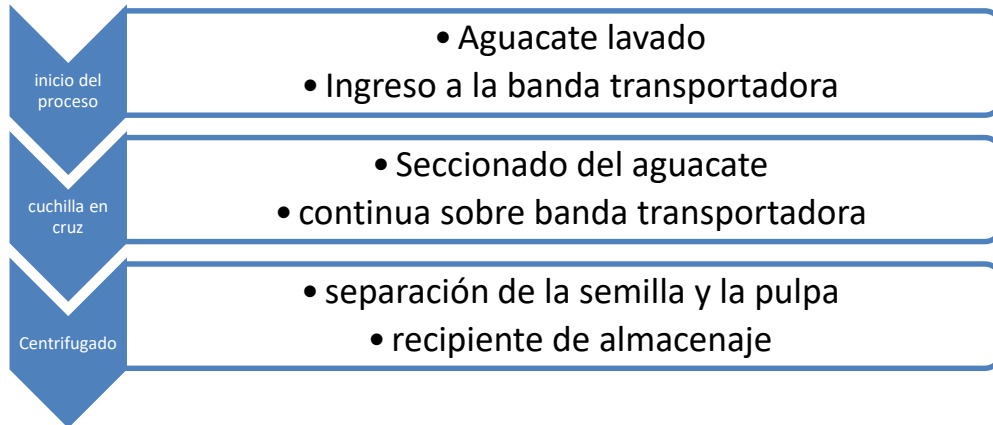


Tabla 2. Diagrama de bloques de la máquina despulpadora.

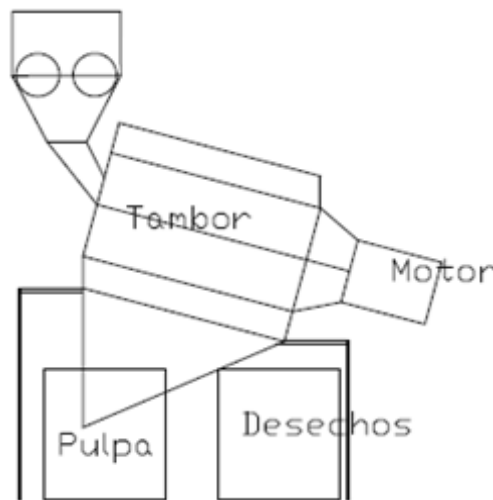


Figura 2. Esquema proyectado para la maquina despulpadora de aguacates.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3.1 Potencia requerida por transmitir para efectos de despulpado.

Se puede vislumbrar para propósitos de cálculo una carga que ocupara un espacio de 0.25 m de radio y 1 m de profundidad.

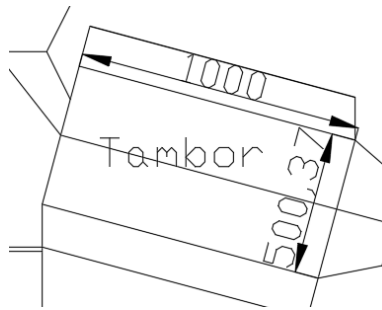


Figura 3. Medidas para el tambor de centrifugado

$$V = \pi (0.25 \text{ m})^2 \times 1 \text{ m} = 0.2 \text{ m}^3$$

Con este volumen y la información obtenida sobre las dimensiones diametrales del aguacate oscila entre 0.05 a 0.06 m ($5.23 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ a $9.05 \times 10^{-3} \text{ m}^4$) y un peso entre 0.2 a 0.4 kg (Interempresas Media, 2022).

$$\text{Volumen promedio} = \frac{5.23 \times 10^{-4} \text{ m}^3 + 9.05 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{2} = 7.14 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ Ecuación 1}$$

$$\text{Numero estimado de aguacates en la maquina} = \frac{0.2 \text{ m}^3}{7.14 \times 10^{-4} \text{ m}^3} \approx 280 \text{ aguacates}$$

Para su peso multiplicamos este número estimado por la masa promedio, tomándolo a media carga y permitir el centrifugado.

$$\text{Masa en carga centrifuga} = 280 \times \left(\frac{0.2 \text{ kg} + 0.4 \text{ kg}}{2} \right) = 42 \text{ kg}$$

Con este estimativo de 25 kg, que se pondrán a centrifugar se inicia los cálculos para selección de diseño. Se procede a calcular la masa aproximada para el tambor que agrega esfuerzo sobre el motor a la hora de centrifugar.

La densidad para el acero inox 430 es de 125.26 kg/m^3 (materials, 2022), espesor de lámina en 1.9 mm (Wesco, 2022).

$$\text{Perimetro} = 2\pi r \times h = 2\pi(0.25 \text{ m} \times 1 \text{ m}) = 1.57 \text{ m}^2$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

$$Volumen\ lámina = Perimetro \times espesor = 1.57\ m^2 \times 0.019\ m \approx 0.03\ m^3$$

$$Masa\ en\ carga\ centrifuga\ por\ tambor = Volumen\ lámina \times densidad$$

$$= 0.03\ m^3 \times 125.26\ \frac{kg}{m^3} = 3.7\ kg$$

Sumando estas masas se obtiene 46 kg en total a centrifugar, o 451 N. un torque de 112.8 Nm

Se procede a tomar en consideración el movimiento angular:

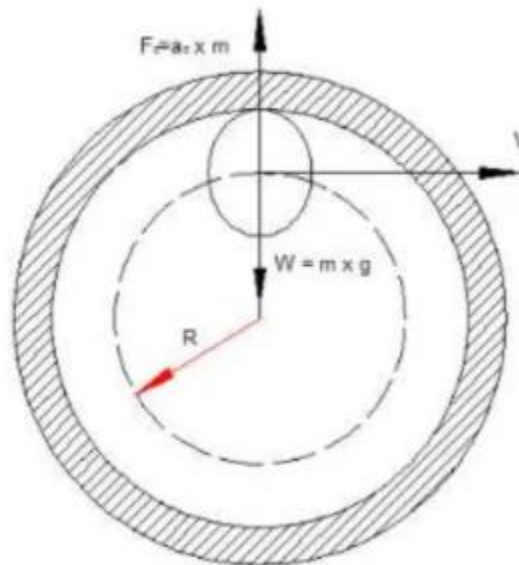


Figura 4. Imagen referencia para cálculos fuerza centrifuga (Nonexistenfaith, 2022)

$$Fuerza\ centrifuga = m \times a_c = \frac{mv^2}{R} \text{ Ecuación 2}$$

$$Fuerza\ centrifuga = [N]$$

$$m = masa[kg]$$

$$a_c = aceleracion\ centrifuga \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$R = radio\ de\ trayectoria [m]$$

$$V = velocidad\ lineal \left[\frac{m}{s} \right] = 2\pi FR$$

$$F = frecuencia\ de\ rotación [rpm]$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Remplazando:

$$mg = \frac{mv^2}{R} = \frac{m(2\pi FR)^2}{R}$$

$$g = 4\pi^2 F^2 R$$

Teniendo el valor de gravedad

$$F = \sqrt{\frac{9.81 \frac{m}{s^2}}{4\pi^2 (0.25 m)}} = 0.996 \text{ rev/s} \times \frac{60 s}{m} = 59.82 \text{ rpm}$$

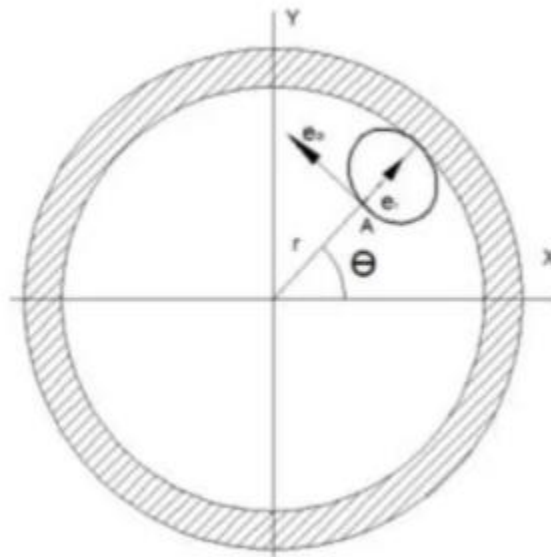


Figura 5. Imagen referencia para cálculos fuerza en coordenadas polares (Nonexistenfaith, 2022)

$$\frac{dr}{dt} e_r + r\omega e_\theta = v_0 e_r + r\omega_0 e_\theta$$

$$a_r = \frac{d^2 r}{dt^2} - r\omega^2 = -r\omega_0^2$$

$$a_\theta = r\alpha + 2\frac{dr}{dt}\omega = 2v_0\omega$$

$$F_c = ma_c = -mr\omega_0^2$$

$$M = \text{masa}[kg]$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

$R = \text{radio}[m]$

$\omega_0 = \text{velocidad angular del rotor [rpm]}$

$$F_c + F_e = mg$$

$$F_c = ma_c \quad \text{y} \quad a_c = -r\omega^2$$

Sustituyendo y despejando ω :

$$\omega = \sqrt{\frac{mg - F_e}{-mr}}$$

$$m = 0.3 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_e = 30 \text{ N}$$

$$r = 0.25 \text{ m}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{0.3 \text{ kg} \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) - 30 \text{ N}}{-0.3 \text{ kg} \times 0.25 \text{ m}}} = 18.99 \frac{\text{rad}}{s} = 181,34 \text{ rpm}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3.2 Selección de motor.

$$P = T\omega = 112.8 \text{ Nm} \left(18.99 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) = 2142 \text{ W} \rightarrow 2.87 \text{ Hp}$$

Factor de servicio

$$F.S = 1.4$$

Potencia de diseño

$$P_{diseño} = P_{nominal} \times FS = 2.87 \text{ HP} \times 1.4 = 4.018 \text{ HP}$$

Relación de Velocidad

$$R = \frac{\omega_e}{\omega_s} = \frac{\omega_{I, nom}}{\omega_{II}} = \frac{1735 \text{ rpm}}{181 \text{ rpm}} = 9.6$$

Se selecciona un motor con ventilador totalmente cerrado (TEFC), IP 55 clase II grupo G (harina, almidón o polvo de grano) de 4 hp y 1735 rpm.

Potencia		Referencia del motor	Tamaño constructivo	Rated Speed	Eficiencia 100%	Factor de potencia	Corriente nominal			Torque nominal	Datos de arranque			Peso IM B3
kW	HP						220V A	380V A	440V A		Nm	Corriente de arranque x In	Torque de arranque x Tn	
Datos eléctricos motores Serie 1LE0141 IE2 4 Polos 1800 rpm														
0,55	0,75	1LE0141-0DB26-4AA4	80M	1720	75,5	0,77	2,55	1,46	1,26	3,1	6	2	2,7	14,5
0,75	1	1LE0141-0DB36-4AA4	80M	1705	78,0	0,78	3,2	1,86	1,61	4,2	6	2	2,7	15,5
1,1	1,5	1LE0141-0EB06-4AA4	90S	1730	84,0	0,79	4,4	2,55	2,2	6,1	6	2	2,7	22
1,5	2	1LE0141-0EB46-4AA4	90L	1720	84,0	0,81	5,8	3,35	2,9	8,3	6	2,6	2,7	25
2,2	3	1LE0141-0EB86-4AA4	90L	1740	87,5	0,79	8,5	4,9	4,25	12,1	7,5	2,6	3	28
3	4	1LE0141-1AB56-4AA4	100L	1735	87,5	0,83	10,8	6,2	5,4	16,5	7,5	2,5	3	45
3,7	5	1LE0141-1AB86-4AA4	100L	1720	87,5	0,83	13,5	7,8	6,7	20,5	7,5	2,5	3	45

Tabla 3. Catalogo para selección de motor marca SIEMENS.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3.3 Selección motoreductor

Motoreductor de eje coaxial con factor de servicio de 1.1 e índice de reducción de 9.46.

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_S	Índice de reducción i_{tot}	Referencia	Código (n.º polos)	Peso ^{a)} kg
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹						
3,0 (50 Hz) 3,6 (60 Hz)	Z.38-LA100LB4							
	256	307	112	1,5	5,55	2KJ1102 - FM13 - B1		35
	298	358	96	1,7	4,77 ★	2KJ1102 - FM13 - A1		35
	E.128-LA100LB4							
	140	168	205	2,7	10,14 ★	2KJ1006 - FM13 - T1		119
	151	181	190	3,1	9,40	2KJ1006 - FM13 - S1		119
	159	191	180	3,5	8,94 ★	2KJ1006 - FM13 - R1		119
	170	204	168	4,2	8,35	2KJ1006 - FM13 - Q1		119
	E.88-LA100LB4							
	137	164	208	1,1	10,33 ★	2KJ1004 - FM13 - S1		61
	150	180	191	1,1	9,46	2KJ1004 - FM13 - R1		61
	169	203	170	1,4	8,42 ★	2KJ1004 - FM13 - Q1		61

Tabla 4. Catalogo para selección de motoreductor marca SIEMENS.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3.4 Selección laminas acero inoxidable para tambor y estructura.

Para el tambor se necesita una lámina perforada de acero inoxidable 304 calibre 2 mm y de 6 mm de diámetro para el hueco.



Figura 6. Imagen referencia suministrada por el proveedor (mallas, 2022).

Para la estructura se selecciona una lámina de acero inoxidable 304 calibre 1.9 mm.

Para el acople flexible de 28 mm a 28 mm Calibre L78xD55 Flexible Acoplador Junta para Servo escalonado motor de 30 dólares la unidad.

Para el tambor se necesita 2 unidades del BF16 Perno en Hub con 1610 taper lock Bush de 28 mm de apertura a 75 dólares la unidad.

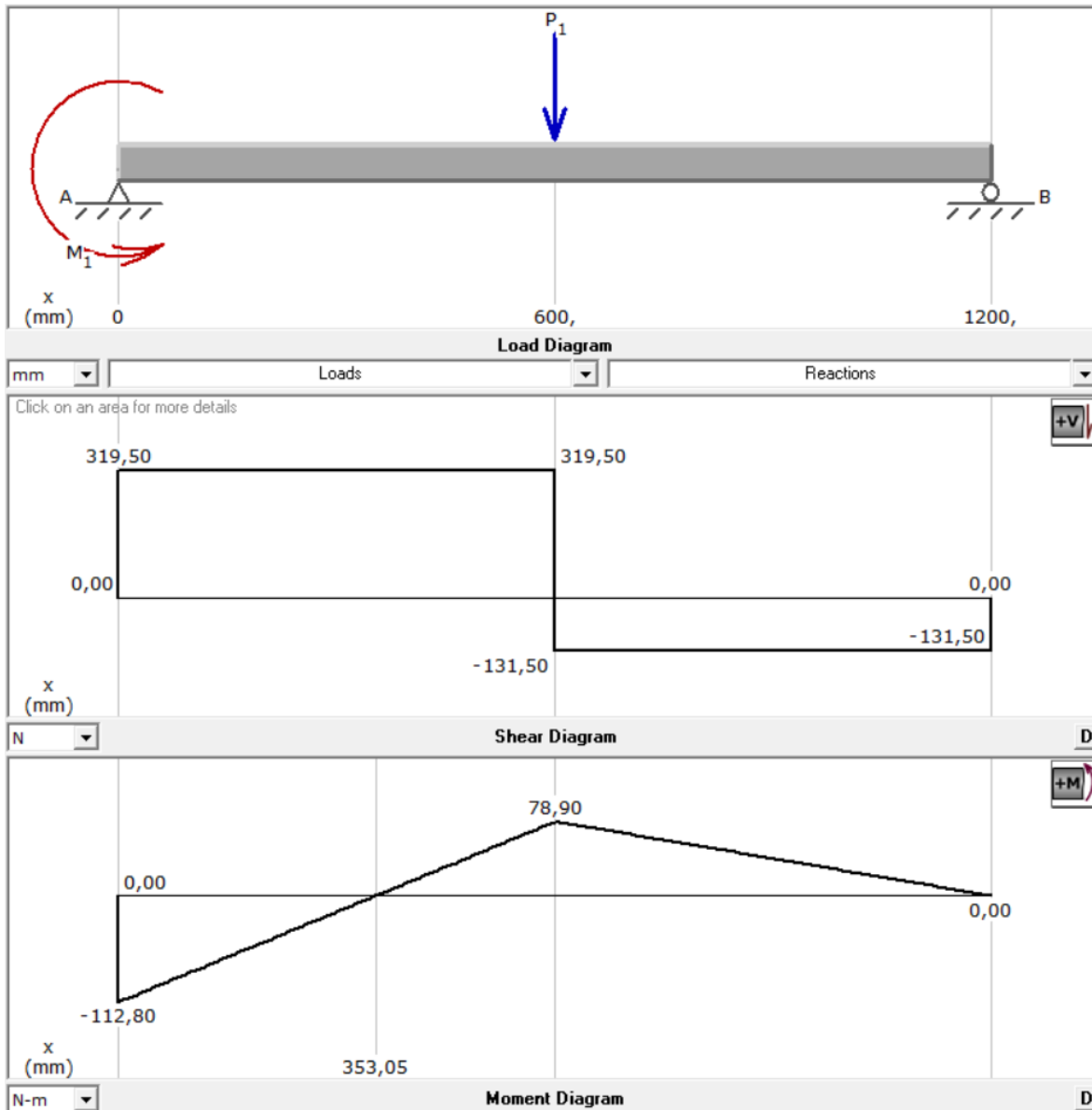


Figura7. Imagen resultados programa...(2022).

Los resultados arrojados por el programa muestran:

$M_1 = 112.8 \text{ Nm}$ (Fuerza cortante).

$P_1 = 451 \text{ N}$

$A_y = 319.5 \text{ N}$

$B_y = 131.5 \text{ N}$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3.5 Cálculos de especificaciones para el eje del tambor.

Ecuación de Resistencia a la fatiga corregida

$$S'_n = S_n(C_m)(C_{st})(C_r)(C_s)$$

$$S_n = 0.5 S_u = 1.227 \frac{x10^9 N}{m^2} = 6.135x10^8 N/m^2$$

$$C_m = 1.0 \text{ wrought steel}$$

$$C_{st} = 0.8 \text{ axial}$$

$$C_r = 0.9 \text{ reliability factor}$$

$$C_s \rightarrow \phi_{[pulg]} = 4.72 \sqrt[4]{\frac{4 \text{ HP}}{181}} = 1.82 \text{ in}$$

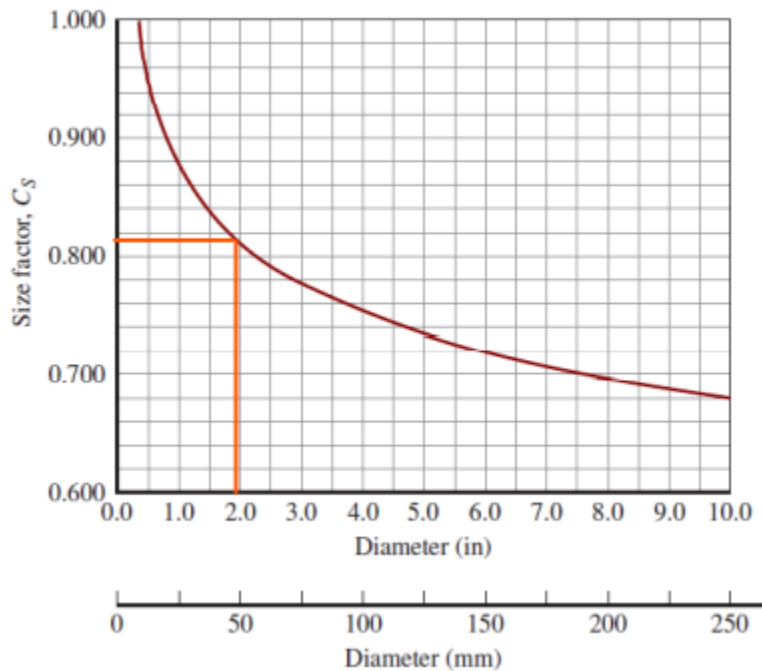


Figura 8. Diagrama diámetro vs factor...(2022).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

$$C_s = 0.818$$

Esfuerzo de fluencia del Acero 304: $2.35 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

$$S'_n = 2.35 \times 10^8 \text{ N/m}^2 (1)(0.8)(0.9)(0.818) = 1.384056 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

Ecuación de diseño diámetro del eje

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left[\frac{K_t M}{S'_n} \right]^2 + \frac{3}{2} \left[\frac{T}{S_y} \right]^2} \right]^{1/3}$$

$K_t = 2.5$ chaflan agudo – Concentracion de esfuerzos

$S'_n =$ Valor de resistencia a la fatiga del material seleccionado

$T =$ Torque al que se ve sometido el eje

$S_y =$ Esfuerzo de fluencia

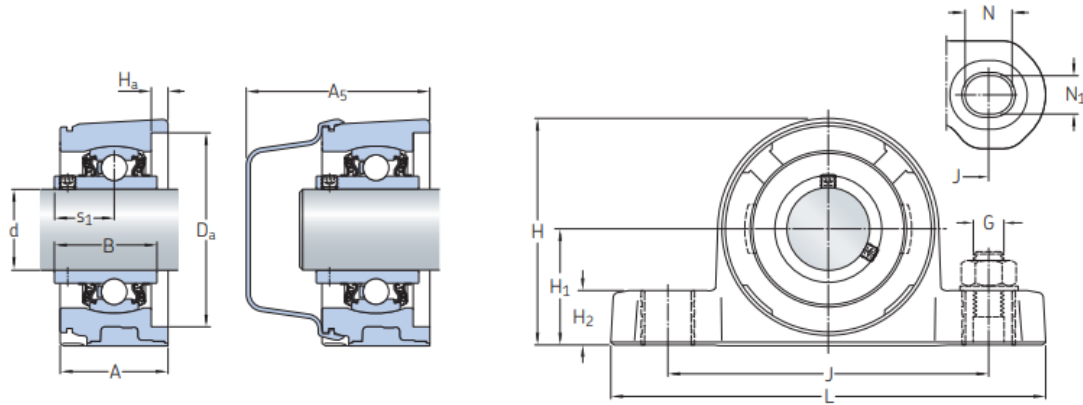
$N = 1.4$ factor de seguridad

Con las propiedades del acero 304, que se especializa en esfuerzos dinámicos altos. Para su aplicación en la industria alimenticia sería necesaria la adhesión de una película cromada.

$$D = \left[\frac{32(1.4)}{\pi} \sqrt{\left[\frac{2.5 (112.8 \text{ N*m})}{1.38 \times 10^8 \text{ N/m}^2} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{(191 \text{ N*m})}{2.35 \times 10^8 \text{ N/m}^2} \right]^2} \right]^{1/3} = 0.021 \text{ m}$$

Para el diámetro del eje se fabrica con un juego de 3 décimas de milímetro, quedando para trabajar el eje con 25.1 mm

3.6 Selección de rodamientos.



P2BC (soporte de material compuesto)

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidad límite con tolerancia de eje h6	Masa	Designaciones	Tapa lateral asociada
d	H ₁	J	C	C ₀	P _u			Unidad de rodamientos	
pulg./mm			lbf/kN		lbf/kN	r. p. m.	lb/kg	-	
3/4 19,05	1.311	3.74	2 430	1 470	62.9	5 000	0.62	P2BC 012-TPSS	ECB 504
	33,3	95	10,8	6,55	0,28		0,28		
	1.311	3.74	2 860	1 470	62.9	5 000	0.62	P2BC 012-TPZM	ECB 504
	33,3	95	12,7	6,55	0,28		0,28		
	1.311	3.8	2 430	1 470	62.9	5 000	1.45	P2BSS 012-YTPSS	ECW 204
	33,3	96,5	10,8	6,55	0,28		0,66		
15/16 23,813	1.437	4.13	3 150	1 750	75.3	4 300	0.79	P2BC 015-TPZM	ECB 505
	36,5	105	14	7,8	0,335		0,36		
1 25,4	1.437	4.13	2 680	1 750	75.3	4 300	0.75	P2BC 100-TPSS	ECB 505
	36,5	105	11,9	7,8	0,335		0,34		
	1.437	4.13	3 150	1 750	75.3	4 300	0.75	P2BC 100-TPZM	ECB 505
	36,5	105	14	7,8	0,335		0,34		
	1.437	4.02	2 680	1 750	75.3	4 300	1.85	P2BSS 100-YTPSS	ECW 205
	36,5	102	11,9	7,8	0,335		0,85		

Tabla 5. Catalogo selección chumacera de puente en acero inoxidable (SKF, 2022)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3.7 Selección de brida lineal.

Esta pieza debe ser mecanizada, el material de construcción debe ser acero inoxidable 304 y sus dimensiones están especificadas en el diseño.

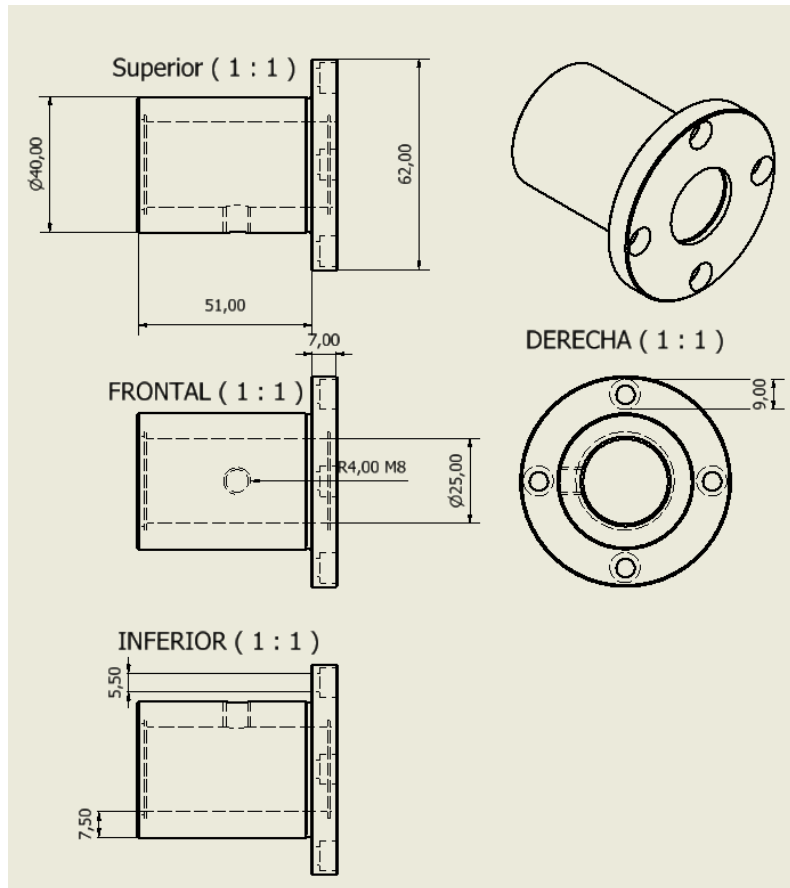


Figura 9. Acotación de la pieza, brida para el tambor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3.8 Selección de Acople Araña

Procedimiento de cálculo:

1. Calcule el “Torque Nominal” [Tn] para la aplicación con la siguiente fórmula:

$$lb * in = T_n = \frac{HP * 63025}{RPM}$$

2. Determine el “Factor de Servicio” [Fs] apropiado para su aplicación.
3. Calcule el “torque de diseño” [Td] requerido multiplicando el “torque nominal” obtenido en el punto 1 por el factor de servicio encontrado en el punto anterior:

$$T_d = T_n * F_s$$

$$1. lb * in = T_n = \frac{HP * 63025}{RPM}$$

$$lb * in = T_n = \frac{4 * 63025}{181} = 1392.82 lb * in$$

$$2. F_s = 1.4$$

$$3. T_n * F_s$$

$$1392.82 * 1.4 = 1949.95 lb * in$$



INTERFLEX No.	Dimensiones mm				Torque nominal (Tn) lb-in	Torque de diseño (Tn) lb-in	Hueco máximo manzana escalonada	Hueco máximo manzana liza	RPM Máximas permisibles
	L	A	B	M					
GE14	34	30	30	23	66	133	-	16	19.000
GE19	64	40	30	39	89	177	19	24	14.000
GE24	76	55	40	46	310	620	24	32	10.600
GE28	88	65	50	56	841	1.682	28	38	8.500
GE38	111	78	66	66	1.682	3.363	38	45	7.100
GE42	123	94	75	73	2.345	4.691	42	55	6.000
GE48	137	104	85	81	2.744	5.487	48	60	5.600
GE55	156	118	98	92	3.319	6.638	55	70	4.750
GE65	180	134	115	115	3.761	7.523	65	75	4.250
GE75	205	160	135	120	8.629	17.257	75	90	3.550
GE90	240	200	160	140	21.240	42.480	90	100	2.800

Figura 9. Acotación de la pieza, brida para el tambor. (Intermec, 2022)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una de las principales razones que llevó al diseño de la máquina es el impacto mundial que tiene Colombia en las exportaciones de aguacate que se ve reflejado en la comparación del 2020 con años anteriores.

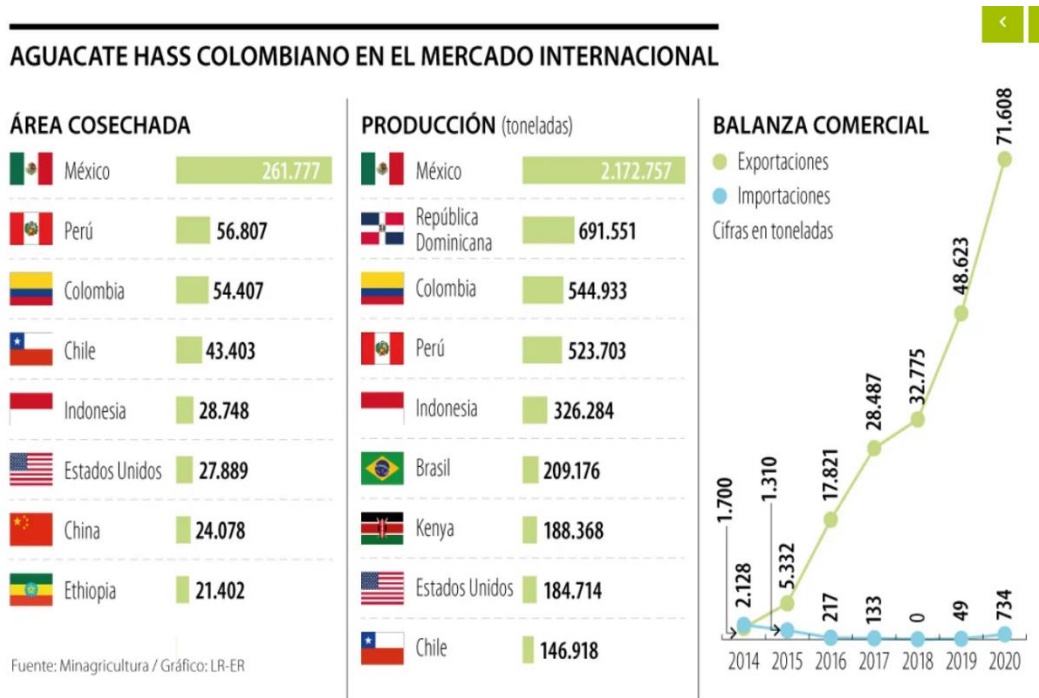


Figura 10. Crecimiento anual para el mercado del aguacate. (agronegocios, 2021)

Colombia ocupa el tercer lugar de exportación de aguacate en el año 2020 lo que significa que impacta considerablemente su economía y es parte del Core de negocio en el tema de exportaciones de alimentos.

“Con una producción de 150.000 toneladas por año en los municipios de Antioquia, caldas Risaralda y valle del cauca son los principales productores de aguacate Hass Y con la vigilancia del Instituto colombiano de agricultura se han generado alrededor de 54.000 empleos directos en el primer semestre del año 2022”, (agronegocios, 2022). Haciendo referencia a la figura 1. se conoce que no todo el aguacate producido es seleccionado como apto para exportar. Este proyecto busca aprovechar esa materia prima restante que puede tener otra finalidad al ser despulpada.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Uno de las mayores limitantes fue realizar el pelado de la fruta debido a su forma específica, la razón fundamental se debe a la búsqueda de separar la pulpa de la semilla; tras distintos análisis y consulta detallada, decidimos emplear el centrifugado como parte del proceso de pelado, ya que la cascara no posee ningún tipo de beneficio y la forma en como es separada de la pulpa no afecta en el proceso y en la calidad del producto final obtenido.

Se establece información sobre los mayores productores de aguacate en el país y el aprovechamiento de la materia prima para la producción del guacamole, ya que el valor del aguacate seleccionado para exportación no es el mismo que el de los aguacates descartados por diferentes factores en sus propiedades organolépticas.

Se realizan los anexos de todas las piezas y partes requeridas para el ensamble de la máquina propuesta y finalmente se plantea un prototipo en formato Computer Aided Design (CAD).

5.1 Recomendaciones

A pesar que el elemento de despulpado de la máquina es el corazón de la misma, no se tuvo presente temas tan sencillos como la forma en la que se añade la materia prima a dicha máquina y esto generó gran cantidad de correcciones y puntos muertos donde fue necesario rediseñar y replantear varias ideas cuando muchas de estas ya habían sido implementadas.

Para un desarrollo a trabajo futuro puede implementarse la automatización del ingreso de materia a procesar, esto podría incluir un vibrador o un accionamiento electromecánico que pueda agregar la materia prima al tambor, sin la necesidad que el operario lo haga de forma manual.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

REFERENCIAS

- MIMSA. (18 de 09 de 2021). MIMSA maquinaria agroindustrial. Obtenido de <https://www.maquinariamimsa.com.mx/maquinas> [Último acceso: 18 09 2021]
- Tech, C. f. (18 de 09 de 2021). CTI FOOD TECH Made in Italy. Obtenido de <https://www.ctifoodtech.com/en/avocado-pitter-model-300-avc-2/> [Último acceso: 18 09 2021]
- Portafolio. (18 de 09 de 2021). Revista portafolio. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/exportaciones-de-aguacante-hass-a-ee-uu-marcan-un-nuevo-hito-533477> [Último acceso: 18 09 2021]
- Peruano. (25 de 09 de 2021). Instrumentación y control. Obtenido de MyAutomationClass.com: <https://instrumentacionycontrol.net/cap-2-2-sistemas-de-seguridades-parte-2/> [Último acceso: 18 09 2021]
- Aguacate, C. N. (12 de 02 de 2022). ORGANIZACIÓN DE CADENA PRODUCTIVA DEL AGUACATE. Obtenido de: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2015-1230%20Cifras%20Sectoriales.pdf> [Último acceso: 12 02 2022]
- Moore, R. E. (27 de 08 de 2007). Avocado cutting and splitting device. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US20090056519?q=avocado+machine> [Último acceso: 10 10 2021]
- Swisher, H. E. (09 de 07 de 2004). Method for removing skins from avocados. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US4600593?q=avocado+peeled> [Último acceso: 10 10 2021]
- Ramírez-Gil, J. G. (2019). Causes of Hass Avocado Fruit Rejection in Preharvest, Harvest, and Packinghouse: Economic Losses and Associated Variables. MDPI, 13
- Adela María Ceballos, S. M. (2013). EVALUACIÓN QUÍMICA DE LA FIBRA EN SEMILLA, PULPA Y CÁSCARA DE TRES VARIEDADES DE AGUACATE. *revista Bio Vol 11 No1_6_11_13*, 10.
- Apache. (05 de 04 de 2022). HOSE & BELTING CO. Obtenido de [https://www.apache-inc.com/CMS/WSCentral.nsf/weblinks/AHBD-97RS39/\\$File/AHBD-97RS39.pdf](https://www.apache-inc.com/CMS/WSCentral.nsf/weblinks/AHBD-97RS39/$File/AHBD-97RS39.pdf)
- Foodtechprocess. (25/09/2021 de Septiembre de 2021). Obtenido de <https://foodtechprocess.com/en/fruit-vegetable-processing-machines/255-fruit-destoner.html>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Interempresas Media, S. (16 de 03 de 2022). *Frutas & Hortalizas*. Obtenido de <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Aguacate.html#:~:text=El%20aguacate%20es%20un%20fruto,hasta%20%20kg%20de%20peso.>

LMSF. (29 de 04 de 2022). *LMSF*. Obtenido de <https://www.tuli-shop.com/lmsf-inox-bushing>

mallas, C. f. (21 de 04 de 2022). *Paloquemo, Bogotá-Colombia*. Obtenido de <https://www.anjeosymallas.com.co/producto/lamina-perforada-hueco-redondo-cal-2-00-mm/>

materials, A. (19 de 03 de 2022). Obtenido de <https://www.azom.com/properties.aspx?ArticleID=996>

Nonexistenfaith, n. (19 de 03 de 2022). Obtenido de <https://es.slideshare.net/Auroth18s/calculos-despulpadora-de-frutas>

SID. (2 de 04 de 2022). *Siegling transilon*. Obtenido de https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21_09-06-57105684.pdf

SKF. (29 de 04 de 2022). *SKF*. Obtenido de https://www.skf.com/binaries/pub42/Images/0901d1968094d2be-Food-line-catalogue---18157_2-ES_tcm_42-470954.pdf

Wesco. (19 de 03 de 2022). Obtenido de <https://www.wesco.com.co/default.asp?iID=GFLDDI>

agronegocios. (23 de 05 de 2021). Obtenido de <https://www.agronegocios.co/agricultura/colombia-es-tercero-en-el-mundo-en-produccion-y-area-cosechada-de-aguacate-hass-3142547>

agronegocios. (11 de 02 de 2022). Obtenido de <https://www.agronegocios.co/agricultura/en-2022-el-pais-ha-exportado-1-100-toneladas-de-aguacate-hass-a-estados-unidos-3301267>

https://www.intermec.com.co/pdf/acoples_interflex.pdf. (15 de Mayo de 2022). Obtenido de https://www.intermec.com.co/pdf/acoples_interflex.pdf.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

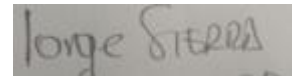
ANEXOS

Apéndice A: Ensamble Simulado	 Secuencia 02.mp4
Apéndice B: Tambor	 Tambor2.0 (2).pdf
Apéndice C: Base motor	 Pieza12.pdf
Apéndice D: Base tambor	 Pieza11.pdf
Apéndice E: Cubierta inferior	 Caparazon inferior2.pdf
Apéndice F: Embudo alimentación	 Pieza13.pdf
Apéndice G: Cubierta superior	 Tapa SuperiorX3.pdf
Apéndice H: Cuchillas	 Pieza14.pdf
Apéndice I: Eje	 Eje verdadero.pdf
Apéndice J: Plano eléctrico	 C&P2.pdf

FIRMA ESTUDIANTES



FIRMA ASESORES



FECHA ENTREGA: 8-06-2022