

DISEÑO DE UN EQUIPO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE HIGUERILLA

ALEX FERNANDO SAPUYES MUÑOZ



Universidad
del Cauca

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
POPAYÁN
2019**

DISEÑO DE UN EQUIPO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE HIGUERILLA

ALEX FERNANDO SAPUYES MUÑOZ

Director
M.Sc. DEYANIRA MUÑOZ MUÑOZ

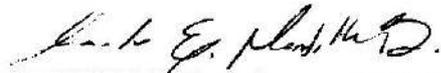
**Trabajo de grado en la modalidad de actividad proyectual para optar al título de
ingeniero agroindustrial**

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
POPAYÁN
2019

Nota de aceptación:

Los directores y los jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio

M.sc. Deyanira Muñoz Muñoz
Director



Ing. Camilo Elías Montilla Buitrago
Presidente Jurado



M.sc. Jorge Luis Sánchez Ortega
Jurado

Popayán, 5 Septiembre de 2019

DEDICATORIA

La presente actividad proyectual la dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador, el que me dio la fuerza para continuar y no desfallecer en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, Gerardo y Nury, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer en estas líneas la ayuda que muchas personas y colegas me han prestado durante el proceso de la actividad proyectual y redacción de este trabajo. En primer lugar, quisiera agradecer a mis padres que me han ayudado y apoyado en todo mi producto, a mi director, M.sc Deyanira Muñoz Muñoz, por haberme orientado en todos los momentos que necesité de sus consejos.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	11
1. MARCO REFERENCIAL	12
1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE HIGUERILLA	12
1.1.1 Características y rendimientos de la semilla	13
1.1.2 Características del aceite de ricino	15
1.2 TECNOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE	15
1.2.1 Proceso de extracción	16
1.2.2 Pretratamientos de las semillas	16
1.2.3 Extracción por prensado en caliente	17
1.2.4 Extracción por prensado en frío	17
1.2.5 Extracción por solvente	18
1.2.6 Obtención, refinado y aplicaciones del aceite de ricino	18
1.3 EL DISEÑO	19
1.4 PARÁMETROS DEL DISEÑO	20
1.5 ANÁLISIS DE COSTOS	21
1.5.1 Tipos de estimación de costos	21
1.5.2 Clasificación de los costos	22
2. METODOLOGÍA	23
2.1 IDENTIFICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN MECÁNICA	23

2.1.1 Identificación de procedimientos previos a la extracción	23
2.1.2 Determinación de variables, rangos y tecnologías existentes	23
2.2 DISEÑO DEL EQUIPO	23
2.2.1 Definición de la metodología para el diseño	24
2.2.2 Programas de diseño	24
2.2.3 Diagramas de proceso y planos del diseño	25
2.3 ANÁLISIS DE COSTOS	25
2.4 ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE DISEÑO	25
3. RESULTADOS	26
3.1 PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN	26
3.1.1 Procedimientos preliminares y de operación	26
3.1.2 Variables, rangos y tecnologías de operación	27
3.2 DISEÑO DEL EQUIPO	30
3.2.1 Especificaciones del equipo de extracción	30
3.2.2 Diagramas de proceso y balance de materia	32
3.2.3 Planos del equipo	35
3.3 COSTOS DEL EQUIPO	38
3.4 PROPUESTA DEL DISEÑO PROYECTUAL	38
4. CONCLUSIONES	40
5. RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXOS	48

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Taxonomía de la planta <i>Ricinus Communis</i>	12
Cuadro 2. Generalidades de la higuera	13
Cuadro 3. Características de la semilla	14
Cuadro 4. Variables en extracción	20
Cuadro 5. Características físico químicas de Higuera	26
Cuadro 6. Producción y contenido de aceite de variedades de higuera	27
Cuadro 7. Operaciones preliminares de adecuación de semillas	28
Cuadro 8. Tecnología de extracción por prensado hidráulico	29
Cuadro 9. Especificaciones de la prensa hidráulica	30
Cuadro 10. Especificaciones proyectuales de la prensa	32
Cuadro 11. Balance de masa para un flujo de entrada máximo y mínimo	33
Cuadro 12. Costo de la prensa hidráulica	38
Cuadro 13. Especificaciones del equipo	38

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Lasos de control	34
Figura 2. Diagrama de bloques del proceso de extracción	34
Figura 3. Esfuerzos del chasis	35
Figura 4. Esfuerzos del cilindro	35
Figura 5. Plano del riel	36
Figura 6. Plano del cilindro de extracción	36
Figura 7. Plano del chasis	37
Figura 8. Plano del equipo ensamblado	37

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Clasificación genérica para el diseño de un equipo	48
Anexo B. Licencia de uso del programa Inventor Professional 2018	51
Anexo C. Ecuaciones aplicadas y cálculos preliminares	52
Anexo D. Diagrama electrohidráulico de la prensa.	65
Anexo E. Ecuaciones programadas de los balances de masa en hoja de cálculo Excel 2019	67
Anexo F. Cotizaciones de materiales y partes de la prensa.	68
Anexo G. Tecnologías existentes	71
Anexo H. Estudios e investigaciones realizadas en extracción de aceite y diseño de equipos	74
Anexo I. Esfuerzos unitarios para el acero y propiedades del acero inoxidable 304	77
Anexo J. Manual del usuario	79

RESUMEN

Colombia es un importador de aceite de ricino, y la demanda interna y externa es alta, por la potencialidad de 400 aplicaciones que tiene. El cultivo ha tomado interés en las partes rural y semi urbanas de Colombia, se estiman 1000 hectáreas sembradas con mayor aceptación en Antioquia y en Boyacá. En el sector rural los pequeños productores no disponen de equipos automatizados sino artesanales de bajo rendimiento. En esta actividad proyectual se aplicó el método de diseño de equipos, balances de materia y diseño mecánico e hidráulico. Se proyectó una prensa hidráulica semiautomática para pequeños productores de higuera con las siguientes especificaciones y características: presión máxima de funcionamiento de 68.95 MPa, capacidad máxima de carga 62.5 kg, electroválvula con retorno por muelle para el control del pistón, motor de 1.7 Hp, alimentación eléctrica de 110-120 V, peso del equipo 31.3 kg, dimensiones 2017x1050x1576 mm (LxAxH). Este equipo garantiza mayor productividad y competitividad para las zonas rurales donde se construya.

Palabras claves: Prensa, Ricino, Procesos, Productores, Prensado.

ABSTRACT

Colombia is an importer of castor oil, and the internal and external demand is high, due to the potential of 400 applications it has. The crop has taken interest in the rural and semi-urban parts of Colombia, 1,000 hectares planted with greater acceptance in Antioquia and Boyacá are estimated. In the rural sector, small producers do not have automated equipment but low-performance artisanal equipment. In this project activity the method of equipment design, material balances and mechanical and hydraulic design was applied. A semi-automatic hydraulic press was designed for small fig producers with the following specifications and characteristics: maximum operating pressure of 68.95 MPa, maximum load capacity 62.5 kg, solenoid valve with spring return for piston control, 1.7 Hp engine, power supply 110-120 V electric, equipment weight 31.3 kg, dimensions 2017x1050x1576 mm (LxWxH). This team guarantees greater productivity and competitiveness for the rural areas where it is built.

Keywords: Press, Castor, Processes, Producers, Pressing.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos inmemoriales se ha registrado la extracción de aceites (Cornejo y otros, 2012), muchos progresos fueron producidos en los equipos de prensado en los siglos XVII y XVIII. El investigador Joseph Bromah obtuvo la primera patente inglés para una prensa hidráulica, a partir de estafue construida la prensa mecánica por V.D. Anderson en 1876 y en 1908 los expeller se construyeron y se usaron por primera vez para el prensado de la semilla de algodón y desde entonces son muy utilizados (Galarraga, 2015).

existendiversos métodos de extracción como microondas, partición trifásica, ultrasonido, mecánico y químico para hacer la separación del aceite de las semillas (Valencia y otros; 2017). Actualmente los más utilizados a escala laboratorio y a escala industrialson los mecánicos realizados por prensadoen frio o en calientey el químico con solventes (Cefla, 2015).

Los principales productores mundiales son India, China y Brasil.Recientemente, el particular interés del cultivo de la higuerrilla ha aumentado, especialmente en países latinoamericanos como Chile, México, Perú, Colombia y Ecuador gracias al potencial agrario de estos países para su producción (Finkeros, 2012).

El cultivo de la higuerrilla ha tomado importancia en Colombia, en la actualidad existen iniciativas empresariales y cultivos experimentales en regiones: Casanare, Arauca, Vichada, Huila, Tolima y Magdalena (Portafolio, 2006). Actualmente en Colombia se estima1000hectáreas sembradascon mayor aceptación en Antioquia y en Boyacá (El Tiempo, 2007).Los rendimientos medios en Colombia de semilla son aproximadamente de 900 kg/ha -1000 kg/ha bajo riego y de 300 a 400 kg/ha sin humedad adecuada (Cabrales y otros, 2014; Contexto ganadero, 2016; Finkeros, 2012).

La búsqueda de nuevas fuentes de energía por los agricultores, ha hecho que la semilla de higuerrilla tome importancia para la producción de aceite de ricino. Pero los bajos rendimientos, la cantidad de impurezas y el empleo de equipos artesanales, no ha permitido desarrollar productos competitivos para la industria farmacéutica, cosmética y bioenergíadesde las pequeñas comunidades, a pesar que la literatura reporta más de 400 aplicaciones (Cornejo y otros; 2012; Córdoba, 2012).

En este trabajo de actividad proyectualsediseñó un equipo deextracción de aceite de Higuerrilla a escala pilotopara la producción de biodiesel, se investigó las variables y rangos de operación más importantes, y se elaborólos planos, instrumentación, instructivos de operación y costeo global del equipo de extracción.

Cuadro 2. Generalidades de la higuera

Características	Descripción
Altura	Arbusto perenne de porte erecto y altura variable de 2 a 4 metros, dependiendo de la variedad.
Raíces	Sistema de raíces de tipo pivotante, está provisto de una raíz principal que profundiza mucho, y raicillas secundarias que presentan un crecimiento más horizontal.
Tallos y ramas	Los tallos se van ahuecando a medida que la planta envejece, su color varía desde el verde hasta el caoba, además se encuentran cubiertos por una capa de cera que les da un tono azulado.
Hojas	Alternas, lobuladas y de diferentes tamaños y diámetros, lo que produce gran diversidad de tipos dentro de la especie. La nerviación del limbo es palmeada y los ápices de los lóbulos agudos. En la base del pecíolo aparecen glándulas nectíferas, las que se hallan también en la parte inferior de la hoja, en su inserción con el pecíolo.
Inflorescencia	<p>Racimo, también llamado espiga o candela que puede llegar a los 75 cm de largo. Cada planta tiene flores de los dos sexos, con las flores masculinas en la parte inferior y las femeninas en la superior del racimo.</p> <p>Las flores masculinas están compuestas por 5 sépalos y numerosos estambres ramificados de color amarillo claro casi blanco, sobre todo en su extremidad, confiriéndole a las flores un aspecto espumoso. Las flores femeninas constan de un cáliz caduco que circunda completamente al ovario, que es trilobular; el estilo es corto y termina en tres estilos bifidos.</p> <p>En cada racimo el porcentaje de flores femeninas resulta muy variable. Es preferible que haya un número elevado de flores femeninas, pues esto supone un mayor número de frutos.</p>
Frutos	Pueden ser dehiscentes (si se abren cuando están maduros) o indehiscentes (si no se abren), y tener o no espinas. Cada fruto contiene tres semillas lisas, brillantes y de tamaño variable (5 y 20 mm según la variedad), de color blanco, gris rojo o castaño y con estrías más o menos oscuras; son tóxicas por la presencia de ricina y ricinina. El contenido de aceite es mayor en las semillas medianas y pequeñas (45%).
Fecundación	Forma cruzada, con el viento como principal agente portador del polen.

Fuente: Peña H. y otros, 2006.

1.1.1 Características y rendimientos de la semilla. Varían en color, forma, tamaño, proporción de testa y la presencia o ausencia de carúncula, la forma es oval aplastada, redondeadas en un extremo y en el otro con un abultamiento llamado carúncula. Tiene superficie brillante y lisa, presenta color variable que suele ser gris con manchas rojizas y parduzcas. El tamaño de la semilla varía de 0.5 a 1.5 cm de largo; la cubierta exterior es

dura y quebradiza y otra interior muy fina de color blanquecino, confunciones de protección. Las características de las semillas se especifican en el cuadro 3.

Cuadro 3. Características de la semilla

Característica		Descripción
Forma		Ovaladas, redondeadas o esféricas
Dimensiones	Longitud	0,8 a 3 cm
	Ancho	0,5 a 1,5 cm
	Espesor	0,4 a 1,0 cm
Capas protectoras	Dos	Testa y fina capa envolviendo el albumen
Composición	Epicarpio	25 a 35%
	Endospermo	65 a 75%
	Agua	5,5%
	Aceite crudo	48,6%
	Proteína cruda	17,9%
	Fibra bruta	12,5%
	Cenizas	2,5%
	Carbohidratos	13%
Carúncula		Con o sin carúncula
Peso de 100 semillas		10 a 100 g
Fuerza de ruptura		Vertical 240 N; horizontal 240 N
Producto		Aceite de ricino
Contenido de aceite		35 a 55%
Rendimientos de aceite		200 a 2750 kg/ha

Fuente: Cabrales y otros, 2014. Perea y otros, 2011.

La semilla tiene un embrión pequeño con dos cotiledones delgados y el albumen es blando, compacto y aceitoso. Contiene toxinas que son ricina (albúmina) y la ricenina (alcaloide), el contenido de aceite depende la cantidad del tegumento, aspecto y de la carúncula. Contiene alrededor de un 45 % de aceite, de este el 55 % es ácido ricinoleico. (Rico y otros, 2011)

Adherido al embrión y en la parte externa de la semilla se encuentra la carúncula, ecológicamente conocida como elaiosoma, estructura rica en lípidos, proteínas, almidones y vitaminas. Esta atrae hormigas, que mejoran su dispersión por varios metros a partir de la planta madre, diferentes investigaciones reportan que la carúncula tiene un papel importante en la germinación, en condiciones de baja disponibilidad de agua en el suelo.

El principal producto de la higuerrilla es el aceite extraído de sus semillas, conocido como aceite de ricino o castor oil. Este es una materia prima importante para la industria química, con innumerables aplicaciones, desde su uso en pinturas, cosméticos, polímeros y lubricantes hasta la obtención de biodiesel (Cabrales y otros. 2014).

El rendimiento de las semillas varía de acuerdo a la variedad de higuera, la altura de siembra, pluviosidad, control de enfermedades de la planta y otros parámetros. En regiones tropicales se alcanzan rendimientos promedio de 1.400 Kg/ha de grano limpio. El contenido de aceite oscila entre 35 y 55% según variedades y el estado de madurez, además de otros factores (Peña y otros, 2006).

Los rendimientos medios de semilla oscilan de 900 a 1000 kg/ha bajo riego, y 300 a 400 kg/ha sin humedad adecuada. Algunas variedades de polinización libre mejoradas en Brasil y Estados Unidos producen 1.300 kg/ha, con rendimientos excepcionales de hasta 5.000 kg/ha. Los rendimientos medios de la India son de 560 kg/ha. (Cabrales y otros, 2014).

1.1.2 Características del aceite de ricino. Este es viscoso, de color amarillo pálido, no volátil, tiene un sabor blando, muy utilizado como purgante, presenta un olor característico que difiere del aceite crudo y puede causar náuseas después de saborearlo. En comparación con otros aceites vegetales, tiene buena durabilidad y no se rancia a menos que se someta a calor excesivo. Contiene del 84 al 90 % de ácido ricinoleico y el resto pueden ser ácidos grasos como el oleico, linoleico, esteárico y palmítico (Cabrales y otros, 2014).

El aceite obtenido del primer prensado en frío es para uso medicinal y se clasifica como tipo 1, en términos cuantitativos, hay un mayor uso en la fabricación sobre todo como lubricante, debido a su alcance para permitir la quema sin dejar residuos o la pérdida de viscosidad, superando a los derivados del petróleo, ideal, por lo tanto, para los motores de alta revolución, pinturas, barnices, cosméticos y jabones.

El obtenido mediante prensado posterior o por extracción con disolventes se clasifica como tipo 2, generalmente se usa en la fabricación de cosméticos y artículos de tocador, por su considerable contenido de hidroxiácidos, cuyos productos son sintetizados por medio de las reacciones en el grupo hidroxilo (Cabrales y otros, 2014).

1.2 TECNOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE

Existen diferentes pretratamientos de las semillas para optimizar los procesos de extracción de aceite, como la reducción de tamaño y por presión, permitiendo la separación de la fase líquida y sólida, los rendimientos se mejoran con aplicación de solvente a la fase sólida. Generalmente la extracción se hace en frío, en caliente y por solvente en los cuales están presentes efectos de transferencia de masa en el cual el solvente inunda los poros de la intra partícula y disuelve el aceite. El incremento de temperatura en la micela incrementa la velocidad de transferencia. El producto crudo puede refinarse y ser aplicados en la industria farmacéutica, cosmetológica industrial y en la preparación de biocombustibles.

1.2.1 Procesos de extracción. El prensado es la separación de líquido de un sistema de dos fases(sólido-líquido) mediante presión. Este proceso permite que el líquido escape al mismo tiempo que el sólido queda retenido entre las superficies de compresión. La separación final del aceite de la fase acuosa y de otras sustancias se hacen por centrifugación (Acosta, 2011).

El método consiste en la extracción de aceite de mayor calidad por prensado, con el que se obtiene del 70% al 75% de los aceites de la semilla y luego para obtener más aceites, la pasta que no se puede prensar se le añaden disolventes orgánicos con los cuales se elaboran aceites refinados (Medicina y psicología, 2019).

1.2.2 Pretratamientos de las semillas. Las semillas oleaginosas, al llegar a la industria contienen sustancias extrañas, tierra o barro, piedras, elementos metálicos y cuerpos diversos. Todos estos elementos extraños deben separarse antes que la semilla pase a ser procesada, ya que pueden originar grandes daños en las instalaciones del proceso, para evitar esto se deben aplicar pretratamientos a las semillas como limpieza, descascarillado y cocción (Cabrales y otros, 2014).

En la limpieza se retiran las impurezas o materia extraña, se puede realizar mecánicamente, mediante zarandas o cribas y neumáticamente por aspiradores industriales, que extraen y retiran materiales y polvo. El descascarillado de la semilla se realiza con el fin de romper la envoltura externa, recuperar la fibra y almendra y así facilitar el proceso de extracción por solventes.

Mientras que, en la trituración o molienda, la reducción de tamaño de partícula aumenta el área lateral de la misma, facilita el traspaso del solvente a la partícula debido a que sus células se encuentran más abiertas. En ambos se utiliza el molino de cilindro estriado.

Se ha determinado que la extracción, ya sea por prensado o por solvente, se realiza más rápidamente cuando la semilla se somete a una disminución de tamaño de partícula, aumentando el área lateral de la misma. La trituración o molienda facilita el traspaso del solvente a la partícula, ya que sus células se encuentran más abiertas. El equipo más utilizado es el molino de cilindro estriado.

El acondicionamiento del grano partido a través del uso del calor previo al laminado tiene como propósito otorgarle condiciones de plasticidad, facilitando su procesamiento, el laminado consiste en someter las partículas a la acción del molino laminador, con la finalidad de producir la rotura fibrilar y facilitar la liberación del aceite contenido en las celdillas, durante el proceso de extracción. Otro pretratamiento aplicado a la semilla para la extracción de aceite es usar vapor de agua recalentado que por el efecto de elevación

de la temperatura hace que las gólicas pequeñas se unan entre ellas y originen gotas grandes que pueden salir fácilmente de la masa de la semilla.

El aumento de temperatura también origina la desnaturalización de las proteínas con la rotura de la emulsión provocando la separación del aceite de la masa de la semilla, también se rompen las paredes celulares como resultado de la hidratación de las células haciendo que la extracción sea más fácil (Cabrales y otros, 2014).

1.2.3 Extracción por prensado en caliente. En la mayoría de los molinos aceiteros la extracción por prensado en caliente se realiza con prensas de tornillo, como paso previo a la extracción con solventes o directamente como proceso en sí. Estas prensas constan un compartimiento internode diámetro constante (cilíndrico), el cual aloja un tornillo a lo largo de él, para mantener la presión como compensación de la reducción de volumen causada por la pérdida del aceite extraído (Ixtaina, 2010).

El diámetro de la salida de la torta, y el diseño del tornillo determina la presión dentro del tipo de expeller. Se pueden alcanzar presiones de hasta 300 MPay temperaturas de hasta 170°C. En un pre-prensado se alcanzan 3 a 4 MPade presión y temperatura alrededor de 95°C. Mientras que en prensado directo se alcanzan presiones de 40 MPay temperaturas de 115 °C a125°C (Ixtaina, 2010).

Los parámetros que influyen en un proceso de prensado en caliente son el contenido de humedad de la semilla, la capacidad de la prensa y la potencia aplicada. El aceite obtenido debe ser posteriormente purificado mediante el uso de separadores, filtros y decantadores. La torta debe ser desintegrada mediante trituradores para la posterior utilización de la harina ya sea en la extracción con solventes o para posteriores usos (Ixtaina, 2010).

El aceite obtenido del proceso de prensado en caliente debe continuar a una operación de refinado que garantice las características deseadas por los consumidores, como sabor y olor suaves, aspecto limpio, color claro, estabilidad frente a la oxidación e idoneidad para freír. Los dos principales sistemas de refinado son el alcalino y el físico (arrastre de vapor, neutralización destilativa), que se emplean para extraer los ácidos grasos libres (FAO y OMS, 1997).

1.2.4 Extracción por prensado en frío. En este proceso la materia prima no se somete a calentamiento previo o durante la extracción, permite la retención de una mayor cantidad de compuestosfotoquímicos de interés como algunos antioxidantes naturales. La prensa utilizada comúnmente es la de tornillo helicoidal que aplica una presión de molienda a las semillas. Otro tipo de prensa es la que aplica presión directamente sobre las semillas ubicadas en un barril con orificios a los costados permitiendo el escurrimiento del aceite (Monteza y otros, 2016).

El proceso inicia con la maceración y el batido de la pulpa hasta lograr una consistencia homogénea. Generalmente se somete a la acción de prensas hidráulicas y se hace pasar a través de una serie de centrifugas. Algunos productores han adicionado durante la molienda o maceración una mezcla de enzimas conocidas comercialmente como oleazas para mejorar la extracción del aceite. El prensado también se utiliza como una etapa previa a la extracción con solventes, para facilitar la acción y disminuir la cantidad necesaria del mismo (Acosta, 2011).

Las semillas, con cáscara incluida, pasan por una prensa de baja presión cuya temperatura se mantiene por debajo de los 40 °C. El operador de la prensa debe controlar y ajustar cuidadosamente la velocidad, la presión y la temperatura. Mantener una prensa fría no es tarea fácil debido al calor que generan las semillas al ser aplastadas. El mecanismo de presión está formado por varias secciones y se puede acortar o alargar según el tipo de semillas que pasen por la prensa (92 elementos, 2018).

La extracción por prensado en caliente se diferencia del prensado en frío porque la pasta se calienta por encima de los 40°C antes de ser exprimida, de esta forma se obtiene más aceite, pero se destruye una parte importante de vitaminas y fitoesteroles que conforman el aceite (92 Elementos, 2018).

1.2.5 Extracción por solvente. Es un método de obtención de aceite crudo a partir de semillas oleaginosas secas y molidas. Se requiere que la materia prima tenga buena área de contacto al mezclarla con el solvente. Estos generalmente son orgánicos como alcohol, cloroformo y hexano. Esta tecnología consta de cuatro funciones principales: extracción, remoción del solvente del aceite, destilación y recuperación del solvente, siendo el n-hexano el más comúnmente empleado (Yate, 2013).

El extractor es la parte más importante de una extracción por solvente ya que es allí donde se produce el desaceitado del material entrante con la inundación con solvente de los poros intra-partícula, cuya composición queda establecida por el equilibrio logrado con el aceite contenido en el sólido. Este difunde y es transportado hacia la salida del lecho por la corriente global. El lavado o arrastre del aceite desde su superficie y el tipo de contacto son factores importantes en la eficiencia de esta operación (Yate, 2013).

Generalmente en este proceso se realiza reducción del tamaño de partícula con el propósito de reducir la distancia que necesita la micela para difundirse en los cuerpos de aceite. Así mismo, al aumentar la temperatura de la micela se incrementa la velocidad de transferencia a través de la pared celular. Al finalizar la extracción, el solvente se destila de la micela y se recupera para su recirculación (Yate, 2013).

1.2.6 Obtención, refinado y aplicaciones del aceite de ricino. En la extracción del aceite, las semillas son en su mayoría limpiadas y ordenadas por máquina. La obtención

del aceite se realiza por uno de los siguientes tres métodos: prensado, pre-prensado y solvente. El proceso de extracción escogido depende de la cantidad de aceite en la semilla, del aceite y proteína desnaturalizada que puede permanecer en la torta, de los recursos económicos disponibles y de las restricciones impuestas por las leyes ambientales (Cabrales, 2014).

El aceite de higuera (ricino) es uno de los productos de mayor importancia a nivel mundial, debido a las muchas aplicaciones que incluyen usos en medicina, cosméticos, tintas, jabones, desinfectantes, lubricantes, barnices y esmaltes, poliuretanos, nylon, fluidos funcionales, materia base para biocombustibles y una amplia gama de otros productos (Cabrales, 2014).

El Biodiesel es un combustible que se obtiene por la reacción de transesterificación de un triglicérido con un alcohol. Producido a partir de materias de base renovables para motores diésel como aceites vegetales y/o grasas animales. Los aceites vegetales usados para este proceso se caracterizan por presentar un alto contenido de ácidos grasos (90 a 98% de triglicéridos), estos preferiblemente del tipo insaturado, lo cual permite una eficiente reacción de transesterificación (Córdoba, 2012).

Los aspectos más importantes en la calidad del biodiesel, según las especificaciones de la Unión Europea, son gravedad específica, viscosidad e índice de iodo; las cuales deben ser del orden de 0,86 – 0,90 (g.e.); 3,5 a 5,5 mm² s⁻¹ (visc.) y máximo 120 de índice de iodo. El biodiesel posee las mismas propiedades del combustible diésel empleado como combustible para automóviles, camiones, buses y puede ser mezclado en cualquier proporción con el diésel obtenido de la refinación del petróleo (Córdoba, 2012; Tejada y otros, 2013).

1.3 EL DISEÑO

En el diseño de procesos y equipos los fundamentos principales son criterios, definición, metodología, método, proceso, variables, equipos auxiliares, procedimientos, materiales y elementos que influyen en una determinada función (ICSID, 2005).

La definición está catalogada como una actividad creativa, cuyas directrices establecen las múltiples facetas y cualidades de los objetos, procesos, servicios y sistemas a lo largo de todos sus ciclos de vida. Por lo tanto, el diseño es un factor primordial de la innovación humana de las tecnologías y un factor crucial del intercambio cultural y económico.

La disciplina se ocupa de que los productos, servicios y sistemas sean concebidos con herramientas, métodos y sistemas propios de la organización industrial, no solo por la producción en serie, así, el diseño es una actividad que se relaciona con un amplio

espectro de profesiones cuyos productos, servicios, gráficos, interiores, y arquitecturas tienen su participación (ICSID, 2005).

Para poder diseñar se plantea una Metodología, la cual “organiza” el proceso de diseño y fundamenta el empleo de métodos que pueden ser convencionales y normales como el dibujo, funciona como una guía para ordenar y reflexionar sobre el proceso. Determina la secuencia de las acciones (cuando), el contenido (qué), y los procedimientos específicos (cómo). Por lo tanto, es una serie de transformaciones que le ocurren a un objeto, hasta que alcanza un nuevo estado donde el producto adquiere las características deseadas (Nacif, s.f).

Las variables de diseño se pueden establecer por un modelo matemático que consiste en una serie de relaciones que se establecen para cada equipo que forma parte del sistema. El modelo consiste de una combinación de expresiones de balance de cantidad de movimiento, balance de materia, balance de energía, ecuaciones de diseño y especificaciones de algunas variables particulares. (Jimenez, 2003).

La última fase del diseño son los equipos auxiliares, esta es crítica y a la hora de diseñar estos sistemas hay que tener en cuenta las condiciones de la planta industrial. No es lo mismo en una planta pequeña que en una planta grande (Ulrich y otros, 2004).

1.4 PARÁMETROS DEL DISEÑO

El diseño de un equipo requiere definir la presión de trabajo, la temperatura, velocidad de flujo y composición del material, que permitan solucionar los problemas con la construcción de un dispositivo que realice la operación requerida. Entre los parámetros más importantes son (Cuadro 4) la capacidad del equipo, la caída de presión, costos, facilidad de operación y eficacia de las etapas (Marcilla, 1998).

En la capacidad es importante conocer los datos de equilibrio, número de etapas de contacto para producir una determinada separación. Las dimensiones físicas del equipo como funciones de la hidrodinámica y del tiempo de cada etapa y los parámetros estructurales.

Cuadro 4. Variables en extracción

Investigaciones	Resultado
Diseño y construcción de un prototipo para la extracción continua de aceite de la semilla Sacha Inchi con un proceso de prensado en frío. Realizado por: Gutierrez, Saá y Vinuesa, 2017.	Recomiendan mantener una temperatura que no supere los 50 °C para hacer una extracción por prensado en frío para obtener rendimientos entre el 30 % - 43% de aceite

Continuación del cuadro 4.

<p>Rendimiento de la extracción por prensado en frío y refinación física del aceite de la almendra del fruto de la palma Corozo (<i>Acrocomia Aculeata</i>). Realizado por: Hernandez y Mieres, 2005.</p>	<p>Determinaron que a presiones de 8.000 y 10.000 psi, se mejora hasta en un 52% la eficiencia del proceso de prensado en frio utilizando un tiempo de extracción de 30 minutos</p>
<p>Obtención de aceite de la nuez (<i>Caryodendron Orinocense</i>) originaria del departamento del Caquetá en la planta piloto de la universidad de la Salle. Realizado por: Cisneros & Diaz, 2006.</p>	<p>Determinaron que a presiones de 8.000 y 10.000 psi, se mejora hasta en un 52% la eficiencia del proceso de prensado en frio utilizando un tiempo de extracción de 30 minutos</p>
<p>Análisis de los factores relevantes en la extracción mecánica de aceite de <i>Jatropha Curcas</i>, cultivadas en la subregion occidental de Antioquia (Colombia). Realizado por: Betancour, 2014.</p>	<p>Para obtener aceite a partir de granos de <i>Jatropha curcas</i>, se requieren presiones en un rango de 290 psi – 2175 psi y temperaturas menores a 60 °C</p>
<p>Diseño de una planta para la extracción del aceite vegetal comestible de las semillas de chía (<i>Salvia Hispanica L.</i>) mediante prensado. Realizado por: Cefla, 2015.</p>	<p>Realizaron extracción con prensa expeller utilizando temperaturas de 40 °C y 64 °C y un diámetro de boquilla de 0.01 m y 0.014 m, concluyendo que el mayor rendimiento obtenido fue de 28% a temperatura de 64 °C y diámetro de 0.01m.</p>

1.5 ANÁLISIS DE COSTOS

La evaluación económica de un proyecto constituye un balance de las ventajas y desventajas de asignar al proyecto analizado los recursos necesarios para su realización. Por tanto, es importante estimar los costos de producción, administración, ventas y financieros.

1.5.1 Tipos de estimación de costos. Existen tres tipos que dependen básicamente de la etapa de desarrollo en la que se encuentre el proyecto, la primera de ellas es la estimación aproximada, esta se utiliza para conocer el costo antes de decidir emprender o construir un proyecto. Usualmente están basadas en una variable representativa de la capacidad o medida física de diseño tales como el área o el volumen, la desventaja y riesgo por considerar es que no siempre el costo varía en forma lineal, y podría comportarse en forma logarítmica, exponencial e inclusive inversamente proporcional a la variable analizada.

La segunda estimación denominada preliminar y está basada en el diseño conceptual del proyecto en la etapa en que la tecnología básica del diseño es conocida y el último es el definitivo, donde el alcance del trabajo está claramente definido igual que el diseño de forma que las características esenciales son identificables (López y otros, 2012).

1.5.2 Clasificación de los costos. Los costos pueden ser clasificados como de producción, de administración, de venta y financieros. Los de producción, son todos aquellos propios del proceso y se realizan mediante estudio técnico que considera materias primas, mano de obra, envases, de energía eléctrica, agua, combustibles, control de calidad, mantenimiento, depreciaciones de los equipos, insumos para el personal (López y otros, 2012).

Los costos de administración son generados de la función administrativa en la empresa y representan el sueldo de un gerente o del personal administrativo. Incluyen todos aquellos costos de los departamentos que se encuentran por fuera de las áreas de producción y venta.

Los costos de venta son los relacionados con el departamento de ventas, es decir, todo aquello que es necesario gastar para que el producto llegue a un intermediario o consumidor final y finalmente los costos financieros se refieren a pagarlos capitales obtenidos en préstamos. Algunas veces estos costos se incluyen en los administrativos (López y otros, 2012).

2. METODOLOGÍA

2.1 IDENTIFICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN MECÁNICA

Se identificaron las tecnologías previas de la extracción según las variedades y características de la materia prima, las variables y rangos de operación, para este diseño proyectual se tomó como referente la semilla de higuera.

2.1.1 Identificación de procedimientos previos a la extracción. Mediante revisión bibliográfica, reportadas en diferentes investigaciones se obtuvo las características de las semillas de la planta de higuera. También información respecto a tratamientos preliminares de los procesos de extracción y diseño de equipo respecto a las especificaciones comerciales y reportadas en la literatura, para semillas oleaginosas como la higuera y se completó con otros estudios de Sachainchi, Soja, Maní y Girasol. Lo anterior con el fin de establecer los rendimientos y calidad en un equipo de extracción.

Para estimar la posible capacidad de procesamiento del equipo según el tipo de material, se tomó como base las semillas de higuera, considerando su potencial y la producción por hectárea por aprovechamiento integral. Se revisaron las características de variedades botánicas más comunes de higuera en Colombia y otras provenientes de otros países, junto con las variedades nativas de la región.

2.1.2 Determinación de variables, rangos y tecnologías existentes. Se consideraron las variables involucradas en los métodos de extracción en frío, caliente o combinados y se seleccionaron las de mayor influencia, junto con los rangos de operación recomendados para cada una de las variables. Con lo anterior se establecieron las condiciones de operaciones del equipo de extracción.

Se revisaron los tipos de tecnologías existentes enfocadas para extracción mecánica usados en diferentes semillas oleaginosas, avances, equipos, ventajas, desventajas, requerimientos de servicios (energía, agua, gas y otros), sistemas de control, sistemas de desagüe y alcantarillado, disposición de residuos, requerimientos de espacio, localización, suelo, facilidad de operación, disponibilidad de materiales de fabricación y en el mercado, con lo cual se seleccionó la tecnología más apropiada para la extracción de aceite de higuera para pequeños productores.

2.2 DISEÑO DEL EQUIPO

En el diseño del equipo se consideraron las metodologías y programas de diseño más sencillos que garanticen un proceso económico.

2.2.1 Definición de la metodología para el diseño del equipo. Se consultó diferentes metodologías y se seleccionó la metodología planteada por Ulrich K, s.f. que propone la clasificación genérica para el diseño de un equipo de proceso (Anexo A). Se garantizó la lógica del ensamble y de todas las partes del sistema como equipos auxiliares, servicios requeridos, instalaciones en general, la facilidad de manejo, mantenimiento, acondicionamiento para el uso de otras posibles materias primas.

2.2.2 Programas de diseño. De la revisión de los programas de simulación como el superpro Designer, AutoCAD, Fab Marker, Fluid SIM-H e Inventor Professional (Autodesk) creados para hacer el diseño de procesos, equipos y tecnologías de construcción de prototipos, se tomaron los parámetros de entrada de mayor relevancia para proyectar el equipo de extracción. Además, se consideraron otras variables como las condiciones de operación recomendadas para las tecnologías de extracción, los rangos de operación, las ventajas, los requerimientos de servicios, los sistemas de control.

De los rangos de operación establecidos para el equipo de extracción, se redefinieron los valores de diseño para garantizar el buen funcionamiento del equipo. Por lo tanto, solo para las variables de temperatura, presión, tiempo de prensado, eficiencia y humedad se tomó un valor promedio con una desviación de ± 5 puntos para cada una. Se seleccionó el programa Inventor Professional 2018 (Autodesk) para diseñar las partes mecánicas de la prensa hidráulica y simular los esfuerzos soportados (ver anexo B).

Con el programa Fluid SIM-H de versión libre se realizó el diseño de la parte hidráulica del equipo; debido a que estos permiten simular el funcionamiento del equipo con la mínima cantidad de datos respecto a condiciones de operación, capacidad de la cámara de extracción; volumen, diámetro, longitud y espesor del cilindro de extracción; diámetro, longitud, espesor y velocidad de desplazamiento del pistón; resistencias a la presión del cilindro, el chasis y el pistón; dimensiones y resistencia de las vigas de soporte; esfuerzos de la base, potencia del sistema hidráulico y fuerza del motor.

El valor de diseño para la capacidad se redefinió al valor más bajo posible teniendo en cuenta la cantidad (kg/año) más alta producida en una hectárea y el número de hectáreas (2 a 5 ha) que puede proporcionar la cantidad a procesar. Las especificaciones referidas al diseño mecánico se determinaron mediante cálculos matemáticos y el uso del programa seleccionado.

Con las especificaciones estándares y comerciales que cumplen con los requerimientos establecidos para el diseño y ensamble del equipo se seleccionó el material y partes existentes en el mercado. Lo anterior garantiza que el diseño proyectual sea genérico. Las ecuaciones aplicadas y los cálculos preliminares de los parámetros de entrada requeridos por el simulador Inventor Professional 2018 (Autodesk) en el diseño mecánico, se reportan en el anexo C.

Se calculó la capacidad máxima y mínima; volumen, diámetro, longitud y área del cilindro de extracción; área, presión y fuerza requerida por el cilindro hidráulico; área y presión ejercida sobre el pistón; velocidad de salida del vástago; caudal y potencia de la bomba y la presión para una potencia de 1 Hp. Así como el tiempo y tasa de retorno de la inversión.

2.2.3 Diagramas de proceso y planos de diseño. Con el programa de diseño Inventor Professional 2018 (Autodesk) se generaron los dibujos con las respectivas dimensiones de cada una de las partes y del equipo completo. También se calculó los esfuerzos soportados de todo el sistema. Con el programa Fluid SIM-H se hizo el diagrama electrohidráulico de la prensa (Anexo D).

El diagrama de proceso se realizó con base a las operaciones preliminares para la adecuación de la materia prima y el equipo de extracción. Se realizaron los balances de masa teóricos, considerando los flujos mínimos y máximos de alimentación recomendados, las características de la materia prima de entrada y el porcentaje de aceite extraído y retenido. Los cálculos se estimaron programando las ecuaciones de balance en hoja de cálculo Excel 2019 (Anexo E). Se hicieron los diagramas PID para los sistemas de control de las variables y los instructivos de operación del equipo.

2.3 ANÁLISIS DE COSTOS

Se tomaron los costos cotizados por los fabricantes (Anexo F) y distribuidores comerciales en el ámbito nacional de cada uno de los materiales, partes, mano de obra, servicios y equipos auxiliares con los cuales se estimó el costo total y la inversión para la construcción de la prensa hidráulica.

2.4 ELABORACIÓN DE PROPUESTA DE DISEÑO

El diseño proyectual de la prensa hidráulica consta de una ficha técnica e instructivo de operación. En la ficha se especifican las características generales del material, las técnicas del sistema hidráulico, la capacidad máxima de diseño y los requerimientos de entrada de potencia.

3. RESULTADOS

3.1 PROCEDIMIENTOS DE EXTRACCIÓN

Presentan las características de las semillas, las producciones y contenidos de aceite de diferentes variedades de higuera, las operaciones preliminares que garantizan las condiciones adecuadas para la extracción, las variables con sus rangos y las características de las tecnologías de extracción.

3.1.1 Procedimientos preliminares y de operación. En el cuadro 5 se especifican las características de interés en este diseño, seleccionadas de las características físico químicas reportadas por la literatura, se tomaron los valores promedios de humedad y contenido de aceite para el flujo de entrada al equipo de extracción.

Cuadro 5. Características físico químicas de Higuera.

Semillas			
		Reportados	Promedio
Fase liquido	Humedad (%)	4.1, 4.49, 5.07, 5.5, 5.64, 5.75, 5, 6.35	5.3
	Contenido de aceite (%)	35, 42, 45, 48.6, 50, 51.52, 64.84.	48
Fase solida	Epicarpio (testa) (%)	25-35	
	Endospermo (%)	65-75	
	Fibra (%)	12; 4.31; 21.5	12
	Cenizas (%)	2,5; 3.82; 2.24; 3.41	3.4
	Carbohidratos (%)	13; 6.18; 12.1; 29.63	15.3
	Proteína (%)	17.9; 28.48; 12.61; 16.02	16
	Fuerza de ruptura (N)	Vertical 240; horizontal 240	240
Aceite crudo			
otras	Densidad a 15 °C (g/cm ³)	0,9573	
	Índice de acidez	4 max	
	Índice de yodo	81-91	
	Índice de saponificación	176-187	
	Gravedad específica 25/25 °C	0,945-0,965	
	Gravedad específica 15,5/ 15,5 °C	0,958-0,968	
	Índice de refracción 40 °C	1,466-1,473	
	Índice de refracción 25 °C	1,473-1,477	
	Viscosidad cinemática a 45 °C (mm ² /s)	239,39	

Fuente: Armendáriz, 2012. Cabrales y otros, 2014. Cornejo M y otros, 2012. Goytia J y otros, 2011. Perea F y otros, 2011. Vasco L y otros, 2017.

En el cuadro 6 se presentan las variedades cultivadas en Colombia, algunas traídas de otros países y otras nativas. Su producción de semillas por hectárea y contenido de aceite.

Cuadro 6. Producción y contenido de aceite de variedades de higuierilla

Variedad	Producción	Rendimiento
Ecuatoriana blanca	3,5 ton/ha	48 %
Ecuatoriana negra	2,6 ton/ha	52%
Nordestina	1,4 ton/ha	48%
Paraguazu	1.4 ton/ha	47%
Blanca jaspeada (ecuador)	3,5 ton/ha	31,7%
Negra (ecuador)	2,6 ton/ha	33,7%
Semilla del valle del cauca	1,9 ton/ha	32,1%
Violeta (Manizales)	0,73 ton/ha	36,7%
Nordestina BRS 149 (brasileira)	2,2 ton/ha	47%
Semilla de montería	1,8 ton/ha	43%
Semilla de córdoba	1,8 ton/ha	43%
Semilla de ciénaga de oro	2 ton/ha	43%
HR 171 (colbio)	4,5 ton/ha	49%
RC-09 (colbio)	4,3 ton/ha	47 a 49%
Promedio	2.445 ton/ha	43,08%

Fuente: Guerrón y otros, 2004. Ramírez, 2017. Hurtado y otros, 2013.

Para garantizar las condiciones adecuadas de la semilla de higuierilla a la entrada del proceso mediante los pretratamientos preliminares, en el cuadro 7 se especifican las operaciones unitarias, equipos y los valores de las variables involucradas. En la operación de limpieza y desgrane, la trilladora es el equipo más apropiado porque separa simultáneamente la capsula tricarpelar, impurezas (tierra, piedras, hojas, ramas y elementos metálicos) y semilla, sin embargo; también se puede hacer de forma manual mediante golpeteo en costales sobre una superficie rígida.

La operación de descascarado se escogió un molino de cilindros estriados para retirar el epicarpio, dejar libre la almendra con el albumen y mejorar el proceso de extracción. En la molienda, un molino de martillos para aumentar el área superficial en el prensado y para el secado los secaderos artificiales para retirar la humedad de la semilla de forma más rápida, también se puede hacer exponiendo las semillas al sol.

3.1.2 Variables, rangos y tecnologías existentes. En el anexo G se reporta la información de datos relevantes de los equipos existentes en extracción respecto a requerimientos de servicios, disponibilidad de materiales, facilidad de operación, sistemas de control, variables y rangos de operación. Reportadas en manuales, prototipos comerciales, estudios en extracción e información de equipos diseñados.

Cuadro 7. Operaciones preliminares de adecuación de semillas

Operación preliminar	Condiciones y equipos usados	Equipos y Valores seleccionados	Fuente.
Limpieza y desgrane	Manual. Mecánica con aspiradores neumáticos, ventiladores, zarandas o cribas, trilladoras.	Trilladora. Valor: N.R	Cabrales y otros, 2014. Cerretani y otros, cap 6. Cisneros y otros, 2006. Rico y otros, 2011. Cerretani y otros, Cap 6.
Descascarado	Forma manual por el método de impacto o el método de pisoteado. Forma mecánica con abanicos o con molino de cilindros estriado.	Molino de cilindros estriado valor: N.R	Cabrales y otros, 2014. Cisneros y otros, 2006. Cruz P y otros, 2012.
Molienda	Clasificación con tamices (3, 4, 7 y 8 mm). Formar fragmentos (2 a 3 mm) con molino de rodillo de piedra, de martillos (3 a 8 mm), de discos metálicos, de carnes de 7,5 hp.	Molino de martillos. 2-8 mm	Cisneros y otros, 2006. Cerretani y otros, Cap 6. Cornejo M, 2012.
Secado	12-16h en secaderos artificiales. A 60 °C por 19 h. A 40 °C exponiendo al sol. Al sol o temperatura ambiente	Secaderos artificiales Menos de 60°C por 15 h	Cabrales y otros, 2014. Castañeda y otros, 2017. Guerrón y otros, 2009. Rico y otros, 2011. Mata I, 2011. Cisneros y otros, 2006. Cornejo M, 2012.
Humedad	10 a 12 % 11 a 13 %	11%	Armendáris, 2012. Rico y otros, 2011. Grasso F, 2013.
Calentamiento	60-80 °C por 2 h. 75 °C por 30 min. A 50 °C Max. Temperatura ambiente.	70-75 °C por 1h	Castañeda y otros, 2017. Cornejo y otros, 2012. Ramírez, 2017

En el cuadro 8 se resume la tecnología de extracción seleccionada. Los rangos de temperatura (T) y rendimiento (R) mínimos y máximos fueron tomados de acuerdo a los datos seleccionados del anexo H.

Cuadro 8. Tecnología de extracción por prensado hidráulico

Requerimientos	Temperatura (°C) y Rendimiento (%)	(T:080 a 60; R:27.34 a 25.83), (T:65; R:40.63 a 49.61),(T:75; R:32 a 36), (T:18; R:19.6713 a 36.1078).
	Tiempo de prensado (min):	(10 a 20), (20 a 50), (60).
	Capacidad (kg/h)	2; 3; 4; 6; 8; 11; 12; 15; 35; 50; 55; 80; 120; 150; 180; 200.
	Presión (MPa):	(3,45 (500Psi) a 4.14 (600Psi)), (5.52 (800Psi) a 6.89 (1000Psi)), (13.34 a 17.34), (40.52 (400atm)), (40 a 50), (40 a 55), (55), (68.63 (700 kg/cm ²)),
	Humedad (%)	(4.1 a 5.9), (4.49 a 5.75), (5.07 a 6.35), (5.17), (10 a 12), (7 a 20),
	Eficiencia del prensado (%):	(60 a 65), (80 a 90)
	motor con control eléctrico con potencia requerida (KW):	(1.5; 2; 3; 4; 40.75; 41.5; 4.82 (6.47Hp); 2.76 (3.7Hp); (5.59 (7.5Hp).
	Materiales	acero inoxidable 301, 304, 304L, 321, 347. Aceros inoxidables austeníticos, 16 a 25% Cr, 7 a 20% Ni, mejor resistencia a la corrosión, recocidos, resistencia a la atracción 559 a 759 MPa, resistencia a la fluencia 241 a 290 MPa, % elongación de 45 a 60. Aplicaciones: equipamiento químico procesado de alimentos, vasijas de presión, vagones cisternas.
Otros requerimientos	Control de presión, temperatura y velocidad de extracción. Maceramamiento previo, batido, molienda previa. Disponibilidad de la semilla: 4500 kg/ha Operaciones previas. Prensas mecánicas o hidráulicas. Cilindro de extracción. Pistón Opción de material: hierro con recubrimiento de cromo y níquel	
Ventajas	Construcción sencilla, bajos costos de operación, aceites con propiedades inalteradas y es un proceso libre de químicos. Funciona para diferentes semillas. No requiere calentamiento previo. Obtienen mayor cantidad de compuestos fotoquímicos.	

Continuación de cuadro 8.

Inconvenientes	Método discontinuo y capacidad limitada. Difícil control de la temperatura. Formación de emulsiones y alto contenido de impurezas. Queda Aceite en la torta (7-15%) Remueve cerca del 45% del aceite de la semilla. puede alterar las propiedades físicas, químicas y grado de pureza.
----------------	---

Fuente: Monteza y otros, 2016. Acosta, 2011. Tejada, 2015. Cornejo y otros, 2012. Córdoba O, 2012. Carrión L, 2008. Nolasco E, 2015. Smith, 1998.

3.2 DISEÑO DEL EQUIPO

Presenta los parámetros definidos para el diseño y las especificaciones mecánicas del equipo junto con los planos, los diagramas de proceso y los balances de masa para la extracción del aceite.

3.2.1 Especificaciones del equipo de extracción. Los detalles establecidos para el equipo de extracción, de acuerdo al tipo de proceso genérico, las tecnologías de prensas hidráulicas, materiales de construcción (Anexo I) y los requerimientos de servicios auxiliares se reportan en el cuadro 9. mientras los resultados de los cálculos preliminares, parámetros de entrada y los generados por el simulador Inventor Professional 2018 se resumen en el cuadro 10.

Cuadro 9. Especificaciones de la prensa hidráulica

Característica	Rangos de operación	Datos para el diseño
Temperatura (°C)	18 a 90	54 ± 5
Capacidad (Kg/h)	2 a 200	3.1 a 7.8 (25 a 62.5Kg/día)
Tiempo de prensado (min)	10 a 60	35 ± 5
Presión (MPa)	3.45 a 68.63	36 ± 5
Humedad requerida (%)	4.1 a 20	12 ± 5
Rendimiento (%)	18.76 a 47	≤ 47
Potencia requerida (KW)	1.5 a 41.5	21.5 ± 5
Eficiencia (%)	60 a 90	75 ± 5
Materia prima	Higuerilla	Higuerilla
Tipo de material	Acero inoxidable 304 / 321	Acero inoxidable 304 / 321
servicios auxiliares		
Bomba eléctrica		
Electro válvula con retorno por muelle, válvula estranguladora		
Cilindro de doble efecto		

Continuación del cuadro 9

Mangueras hidráulicas de alta presión
Manómetros de presión hidráulica
Conexión eléctrica de 110-220v
Tablero de control

Fuente: Monteza y otros, 2016. Acosta, 2011. Tejada, 2015. Cornejo y otros, 2012. Córdoba O, 2012. Carrión L, 2008. Nolasco E, 2015. Smith, 1998.

Cuadro10. Especificaciones proyectuales de la prensa

Cálculos preliminares		
Capacidad mínima (kg/día)		25
Capacidad máxima (Kg/día)		62.5
Volumen del cilindro de extracción (Lts)		116
diámetro del cilindro de extracción (mm)		500
Longitud del cilindro de extracción (mm)		600
Área del cilindro de extracción (cm ²)		0.196
Fuerza requerida por el cilindro hidráulico (N)		66747.71
Área del pistón (m ²)		0.00712
Presión ejercida sobre el pistón (MPa)		9
Velocidad de salida del vástago (cm/seg)		1.457
Caudal de la bomba (gpm)		0.03
Potencia de la bomba (Hp)		0.02
Presión para una potencia de 1 Hp (MPa)		14
Parámetros de entrada		
Propiedades del acero inoxidable 304	Módulo de Young (N)	2.1x10 ¹¹
	Relación de poisson	0.31
	Densidad (kg/m ³)	8000
	Expansión térmica (Kdeg)	1.17x10 ⁻⁵
	Fuerza de rendimiento (Nm ²)	2.06x10 ⁸
Riel electro soldado	Perfil rectangular (mm)	120x60
	Perfil cuadrado (mm)	90x90
	longitud (mm)	1600
Cilindro de extracción	Diámetro externo (mm)	530
	Diámetro interno (mm)	500
	Altura (mm)	600

Continuación del cuadro 10.

Base recolectora	Diámetro externo (mm)	700
	Diámetro interno (mm)	661.9
	Altura (mm)	69.05
Chasis	Altura total (mm)	1538
	Altura a la base del cilindro hidráulico (mm)	800
	Espesor base superior e inferior (mm)	19.05
	Diámetro vigas de soporte (mm)	76.2
	Dimensiones base superior LxA (mm)	1050x700
Parámetros de salida		
Cilindro mallado	Estrés máximo de von mises (Nm^2)	7.15×10^5
	Error local máximo estimado (J)	0.000903
chasis	Estrés máximo de von mises (Nm^2)	9×10^7
	Error local máximo estimado (J)	14

3.2.2 Diagramas de proceso y balance de materia. Los cálculos para los balances de masa y composicional para el flujo mínimo y máximo de operación y se resumen en el cuadro 11. El diagrama de flujo que involucra las etapas preliminares requeridas para la operación de extracción de la higuera con los respectivos balances y con los sistemas de control solo para las variables del equipo de extracción en las figuras 1 y 2.

Cuadro 11. Balance de masa para un flujo de entrada máximo y mínimo

Materiales		Flujos (kg/día)			Rendimiento teórico (%)	Rendimiento esperado (%)
	%	M1	M2	M3		
Flujo máximo		62,50	29,80	32,70		
Aceite	X ₁	30,00			92,37	69,28
Material inerte total	Y ₁	32,50				

Continuación del cuadro 11.

Proteína	16		10,00	0,64	9,36		
Fibra cruda	12		7,50	0,48	7,02		
Cenizas	3,4		2,13	0,14	1,99		
Humedad	5,3		3,31	0,21	3,10		
Carbohidrato	15,3		9,56	0,61	8,95		
Aceite en el aceite extraído		X ₂		27,71			
Material inerte en el aceite extraído		Y ₂		2,09			
Aceite en la torta		X ₃			2,29		
Material inerte en la torta		Y ₃			30,41		
Flujo mínimo		%	M1	M2	M3		
			25,00	11,92	13,08		
Aceite		X ₁	30,00			92,37	69,28
Material inerte total		Y ₁	32,50				
Proteína	16		4,00	0,26	3,74		
Fibra cruda	12		3,00	0,19	2,81		
Cenizas	3,4		0,85	0,05	0,80		
Humedad	5,3		1,33	0,09	1,24		
Carbohidrato	15,3		3,83	0,25	3,58		
Aceite en el aceite extraído		X ₂		11,08			
Material inerte en el aceite extraído		Y ₂		0,83			
Aceite en la torta		X ₃			0,92		
Material inerte en la torta		Y ₃			12,17		
<p>M1: Cantidad máxima de semilla a la entrada (kg/día); M2: Cantidad de aceite extraído; M3: Cantidad de torta; X1: Composición del aceite en la higuera; X2: Composición de aceite del aceite extraído; X3: Composición de aceite residual en la torta; Y1: Composición de material inerte en la higuera; Y1.1: Composición de proteína; Y1.2: Composición de fibra bruta; Y1.3: Composición de cenizas; Y1.4: Composición de humedad; Y1.5: Composición de carbohidratos; Y2: Composición de material inerte en el aceite extraído; Y3: Composición de material inerte en la torta.</p> <p>El rendimiento esperado se calculó con el rendimiento teórico y el valor especificado para rendimiento del cuadro 9.</p>							

Figura 1. Lasos de control

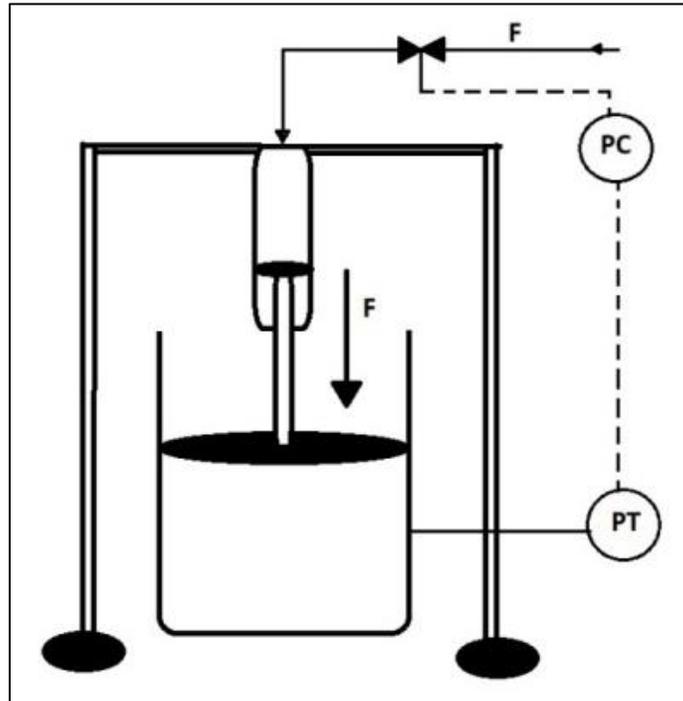
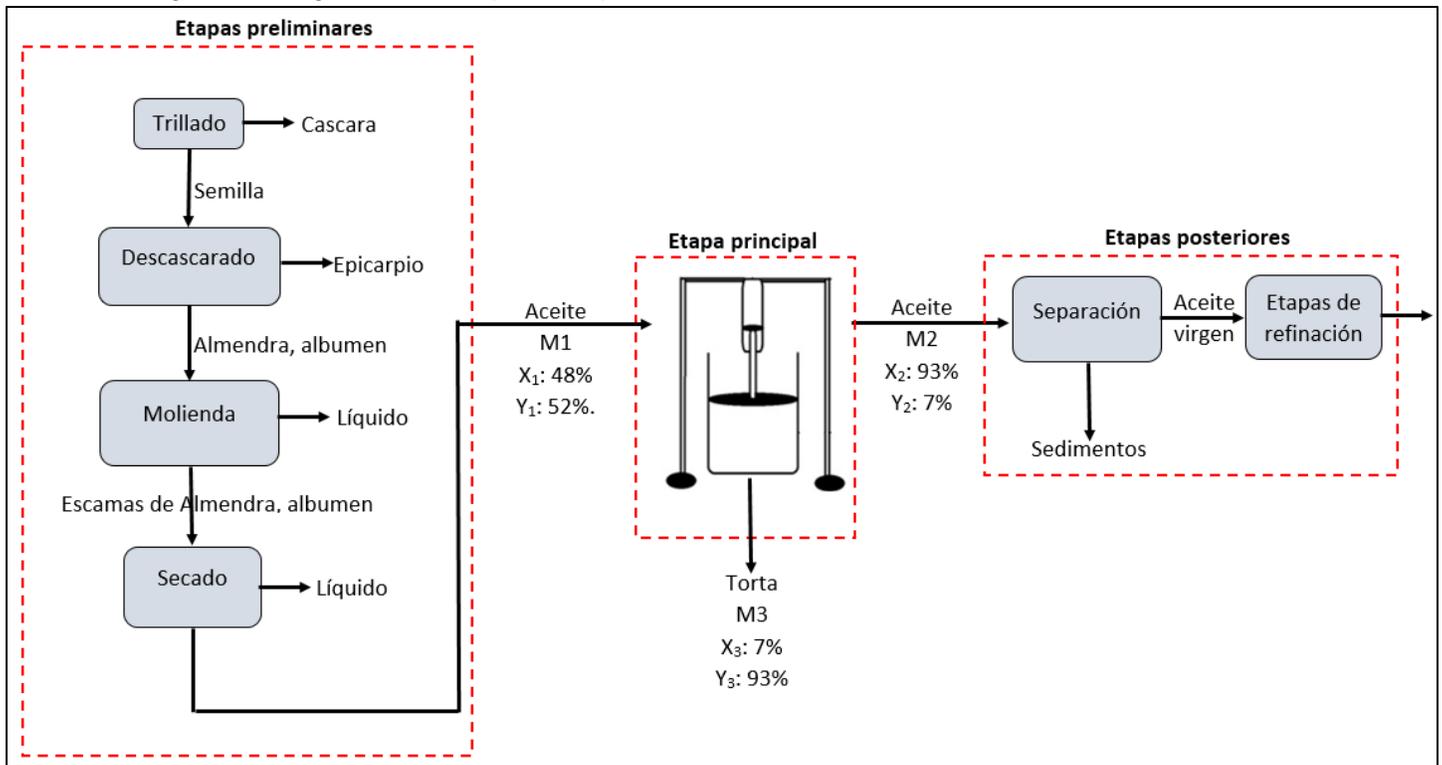


Figura 2. Diagrama de bloques del proceso de extracción



3.2.3 Planos del equipo. Los esfuerzos de los materiales, las dimensiones finales, las configuraciones y las formas geométricas, obtenidas con los balances, ecuaciones aplicadas y parámetros de entrada al simulador Inventor Professional 2018 (Autodesk) se presentan en las figuras 3, 4, 5, 6, y 7. El ensamble del equipo con sus respectivas especificaciones se reporta en la figura 8.

Figura 3. Esfuerzos del chasis

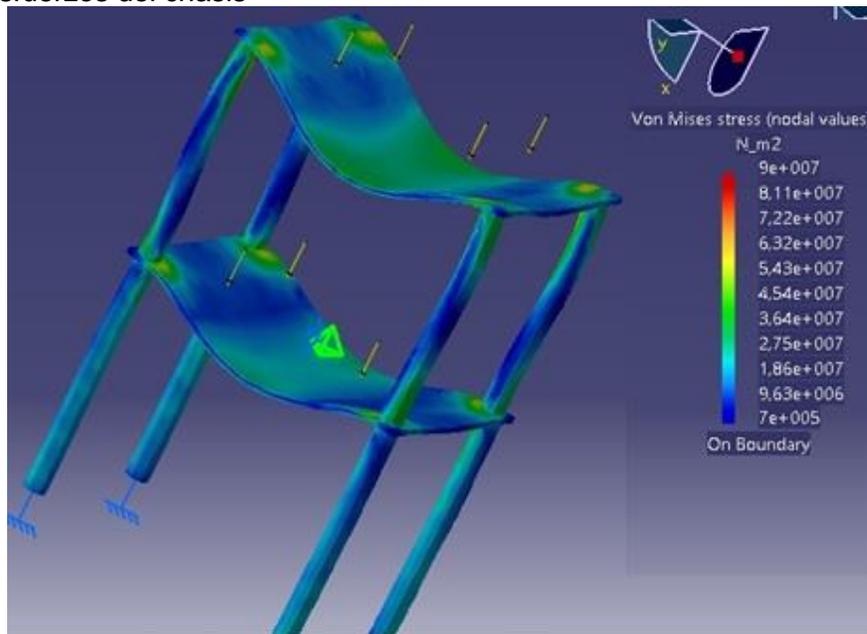


Figura 4. Esfuerzos del cilindro

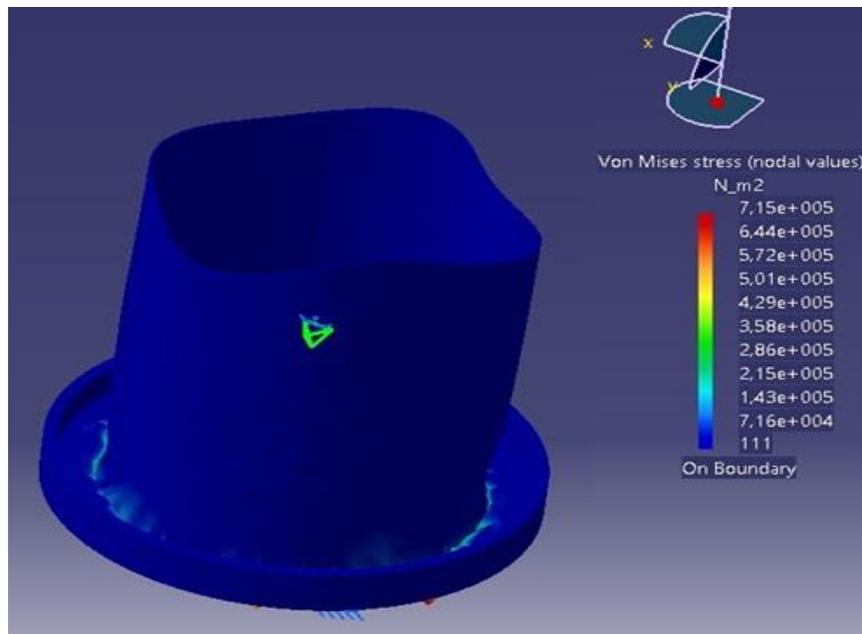


Figura 5. Plano del riel

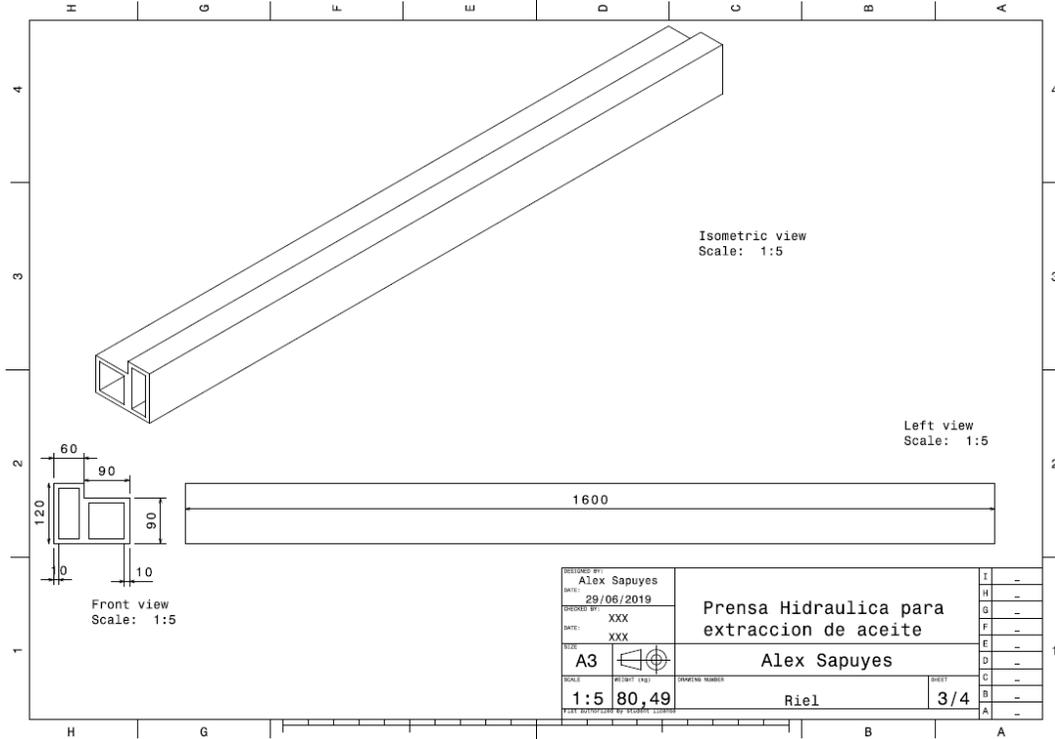
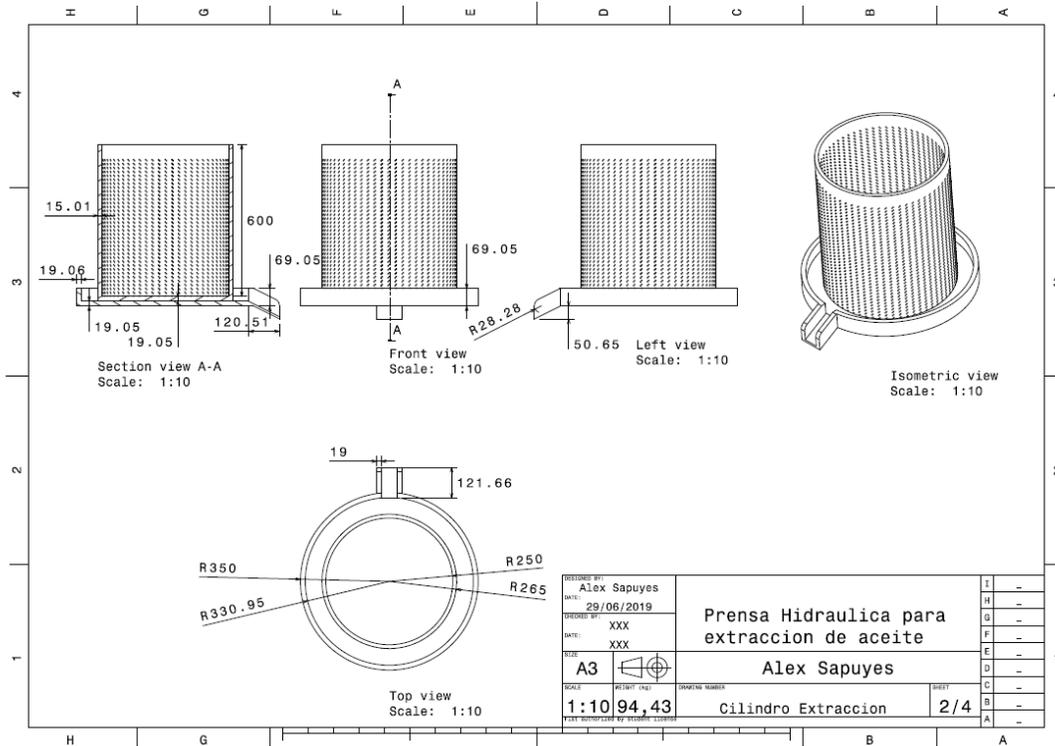


Figura 6. Plano del cilindro de extracción



3.3 COSTO DEL EQUIPO

Los costos respecto a los materiales, partes, mano de obra, servicios auxiliares, reportados en las cotizaciones realizadas, se estima el costo de inversión para una posible construcción y operación del equipo se resumen en el cuadro 12.

Cuadro 12. Costo de la presa hidráulica

Concepto	Descripción	Costo (\$)
Materias primas	Laminas, soportes, tubos	3 645 000
Sistema hidráulico	Cilindro, mangueras, manómetros, válvulas, bomba eléctrica	47 684 120
Sistema eléctrico	Cables, conectores, pulsadores, relevos cofres metálicos.	397 460
Construcción	Soldadura, mano de obra	2 500 000

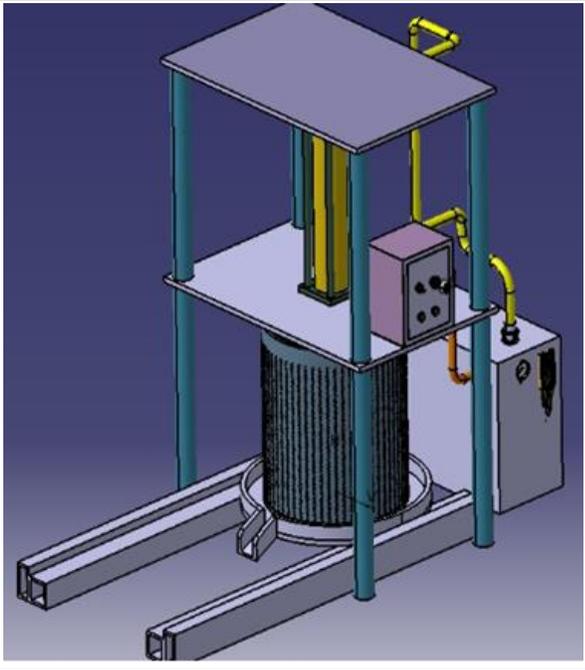
3.4 PROPUESTA DEL DISEÑO PROYECTUAL DEL EQUIPO

Las características y técnicas del sistema hidráulico, la capacidad máxima de diseño y los requerimientos entrada de potencia, La forma y configuración del equipo ensamblado en tres dimensiones para la prensa hidráulica quedan estipuladas en la ficha técnica (cuadro 13). El instructivo de operación se reporta en el anexo J.

Cuadro 13. Especificaciones del equipo

FICHA TECNICA DE PRENSA HIDRAULICA					
REALIZADO POR:	Alex Sapuyes Muñoz			Fecha:	
MAQUINA-EQUIPO	Prensa hidráulica para extracción de aceite				
FABRICANTE	Alex Sapuyes				
CARACTERISTICAS GENERALES					
Material	Peso	Altura (H)	Ancho (A)	Largo (L)	
Acero Inoxidable 304	426,58 Kg	1576 mm	1050 mm	2017 mm	

Continuación cuadro 13.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS						
Bomba Eléctrica						
Marca	Enerpac	Modelo	ZU4708RB	Peso	31,3 Kg	
Capacidad de deposito		2 gal	Control	Semiautomático		
Tamaño del motor		1,7 hp-60Hz				
Presión Máxima de Funcionamiento		68.95 MPa				
Voltaje	115V					
Válvula de alivio						
Rango de ajuste	13.79-68.95 MPa					
Consumo	1,25 Kw					
Electroválvula						
4/3 vías con retorno por muelle						
Cilindro doble efecto						
Marca	Enerpac					
Modelo	RR5020					
Capacidad Máxima	62.5 kg					
Carrera	51 cm					
Costo (\$)	54 226 460					

4. CONCLUSIONES

En esta actividad proyectual, los rangos de las variables para el funcionamiento de la prensa hidráulica obtenidos, mediante metodología de diseño son: temperatura 18 a 90 °C, carga del material a procesar 2 a 200 kg/h, tiempo de prensado 10 a 60 min y presión 3.45 a 68.63 MPa.

El buen funcionamiento del equipo y rendimiento de la prensa hidráulica diseñada depende, de la adecuación y características iniciales de las semillas de higuera, por lo cual se debe garantizar pretratamientos de limpieza, descascarado, reducción de tamaño, secado y una humedad inicial en el material de por lo menos 10 a 13%.

Las especificaciones y características finales de prensa hidráulica diseñada son: presión máxima de funcionamiento de 68.95 MPa, capacidad máxima de carga 62.5 kg, electroválvula con retorno por muelle para el control del pistón, motor de 1.7 Hp, alimentación eléctrica de 110-120 V, peso del equipo 31.3 kg, dimensiones de 2017x1050x1576 mm (LxAxH) y control semiautomático.

El equipo proyectado es aplicable para toda comunidad, especialmente para pequeños productores de higuera (2 a 5 ha), para extracción de aceite de las semillas y otras con características similares. El costo total de construcción estimado es de \$ 52 226 460.

5. RECOMENDACIONES

En la operación del equipo, por seguridad industrial se deben revisar la conexión del polo a tierra, la alimentación de corriente eléctrica (100-120 V) y la caja de control semiautomática (puertas bien cerradas), cumplir con las otras recomendaciones dadas en el manual del usuario.

Cumplir con las normas de seguridad industrial cuando el equipo esté en funcionamiento, los operarios deben tomar distancia de por lo menos 1 m, de forma que no entre en contacto directo con ningún objeto del equipo.

Para evitar pérdidas de presión y mal funcionamiento de la unidad de extracción, antes del arranque se debe verificar el nivel de aceite de la bomba sea el especificado por el manual y además ausencia de fugas.

Una rutina de mantenimiento a realizar después de la operación del equipo es la limpieza de las partes en contacto con el aceite extraído, para evitar acumulación de suciedad y el desgaste del equipo. También es recomendable elaborar un programa de mantenimiento para garantizar la durabilidad y el funcionamiento a mayor tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA MORENO, Martha Cecilia. Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aguacate utilizando tratamiento enzimático. Bogotá. 2011. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

ARMEDARIZ VELAZQUEZ, Jaime. Caracterización fenotípica y molecular de genotipos de Higuierilla (*Ricinus Communis* L.) para la producción de biodiesel. 2012. Universidad de nuevo león. Facultad de Agronomía.

BEAUFIT, Fred W. Análisis estructural. Bogotá. Editorial Prentice/hallinternacional.

BELTRÁN GARCÍA, Rosas Fortunato. Diseño de una prensa hidráulica con capacidad de 50t para el montaje y desmontaje de rodamientos del eje final del reductor hidráulico del tornamesa de la excavadora cat 330 cl en la empresa Monte Carmelo s.a. Trujillo. 2015. Escuela académico profesional de ingeniería mecánica. Facultad de ingeniería.

BUDYNAS, Richard G y KEITH NISBETT, J. Diseño en ingeniería mecánica de shigley. Octava edición. México. McGraw-Hill/Interamericanaeditores, S.A. de C.V. ISBN-13:978-0-07-312193-2

CABRALES, Roberto; MARRUGÓN, José y ABRIL, Jorge. Rendimientos en semilla y calidad de los aceites del cultivo de Higuierilla (*Ricinus Communis* L.) en el valle del Sinú, departamento de Córdoba. Montería. Fondo editorial – universidad de Córdoba. 2014. ISBN: 978^958-9244-67-8.

CARVAJAL, Miguel, *et al.* Diseño, construcción e implementación de una prensa hidráulica de 25 toneladas, con accesorio para remoción de pines de cadena de tren de rodaje; para la empresa proyectos mecánicos KBM el rastro. Latacunga. 2014. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica.

CASTAÑEDA LOPEZ, Kelly Johana. CONTRERAS MONTEJO, Tatiana Lizeth y MEDINA ARROYAVE, José David. Diseño del proceso de extracción de aceite de Higuierilla en la Palma (Cundinamarca). Medellín. S.f. Universidad EAFIT

CEFLA MIRANDA, Klever Octavio. Diseño de una planta para la extracción del aceite vegetal comestible de las semillas de Chía (*Salvia Hispánica* L.) mediante prensado. Quito.

2015. Escuela politécnica nacional. Facultad de ingeniería química y agroindustria.

CERRETANI, Lorenzo. GOMEZ CARAVACA, Ana María y BENDINI, Alessandra. Aspectos tecnológicos de la producción de aceite de oliva. S.f. Capítulo 6.

CISNEROS, Diana y DIAZ, Andrea. Obtención de aceite de la nuez *Caryodendron Orinocense* originaria del departamento del Caquetá en la planta piloto de la universidad de la Salle. Bogotá. 2006. Universidad de la Salle. Facultad de ingeniería de alimentos.

CÓRDOBA GAONA, Oscar de Jesús. Comportamiento ecofisiológico de variedades de higuera (*Ricinus Communis L.*) para la producción sostenible de aceite y biodiesel en diferentes agroecosistemas colombianos. Medellín. 2012. Universidad Nacional.

CORNEJO MARTINEZ, María Félix y ESTRADA URBANO, Obdulia. Caracterización de aceite de higuera (*Ricinus Communis*) de dos variedades silvestres para la producción de biodiesel en la región del Valle de Mezquital, Hidalgo. Chihuahua. 2012. Centro de investigación en materiales avanzados, s.c.

CONTEXTO GANADERO. Higuera, alternativa de rentabilidad para los productores del país. Contextoganadero.com. Febrero de 2019. Obtenido de <http://www.contextoganadero.com/regiones/higuera-alternativa-derentabilidad-para-los-productores-del-pais>.

CRUZ MEZA, Pedro, *et al.* Determinación de las propiedades físico mecánicas para el descascarado de las cápsulas de la higuera (*Ricinus Communis L.*). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Número 4. México. Nov-Dic 2012.

FINKEROS. El cultivo de la higuera. abc.finkeros.com. febrero de 2019. Obtenido de <http://abc.finkeros.com/cultivo-de-higuera/>.

GALARRAGA RIVERA, Yeyxon Omar. Diseño de una prensa de tornillo tipo expeller para la extracción de aceite vegetal virgen de la semilla de maíz, para uso comestible. Pereira. 2015. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de ingeniería mecánica.

GOYTIA JIMÉNEZ, María Antonieta. GALLEGOS GOYTIA, Carlos Horacio y NÚÑEZCOLÍN, Carlos Alberto. Relación entre variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de Higuera (*Ricinus Communis L.*) de Chiapas. México. 2011. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Preparatoria Agrícola.

GRASSO, Florencia verónica. Diseño del proceso: Pretratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna. 2013. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química.

GUERRÓN ELVIRA, Juan José y MENESES CALDAS, Carlos Andrés. Evaluación agronómica de tres variedades de Higuierilla (*Ricinus Communis*) en las condiciones del corregimiento de la Rejoya, municipio de Popayán. Popayán. 2009. Universidad del Cauca. Faculta de Ciencias Agropecuarias.

GUTIÉRREZ SUQUILLO, Nelson Ramiro. SAÁ AREVALO, Irene Alexandra y VINUEZA LOZADA, Alexy Fabián. Diseño y construcción de un prototipo para la extracción continua de aceite de la semilla sacha Inchi con un proceso de prensado en frío. Quito. 2017. Universidad tecnológica Equinoccial.

HANSEN, Asmus Thomas. Manual del ingeniero técnico. Motores y maquinas. vol III. Ediciones urmo. s.f.

HURTADO SALAZAR, Alejandro, *et al.* Evaluación de cuatro variedades de Higuierillo (*Ricinus communis* L.) para la producción y rendimiento de aceite en Colombia. 2013. Vicosá. Universidad Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.

ICSID. Definiciones del diseño. 2005

IXTAINA, Vanesa. Caracterización de la semilla y el aceite de Chía (*Salvia Hispánica* L.). obtenido mediante distintos procesos. Buenos Aires. 2010. Universidad Nacional de la Plata. Faculta de Ingeniería.

JENSEN, C.H. Dibujo y diseño de ingeniería. México. McGraw-Hill/Interamericanaeditores, S.A. de C.V. 2000. ISBN: 968-6046-77-1

JIMÉNEZ GUTIÉRREZ, Alberto. Diseño de procesos en Ingeniería Química III. México DF. Reverté S.A. 2003. ISBN: 968-6708-51-0.

LOMBEIDA LINCANGO, Nelson Alfredo. Diseño de un reactor tipo batch para la obtención de biodiesel a partir de aceite de ricino (*Ricinus Communis*). Quito. 2015. Escuela politécnica nacional. Facultad de ingeniería química y agroindustria.

LÓPEZ ESPITIA, Hugo y MALDONADO ALFARO, Luis. Desarrollo de una herramienta computacional para la evaluación de costos de equipos de procesos industriales. Cartagena de Indias. 2012. Universidad de Cartagena. Facultad de Ingeniería.

MARCILLA GOMIS, Antonio. Introducción a las operaciones de separación. 1998.

MATA RODRIGUEZ, Iván Saúl y RODRIGUEZ GONZALES, Julio Cesar. Diseño de máquina extractora de aceite de semilla de Tempate. Antiguo Cuscatlán. 2011. Universidad centro americana José Simeón Cañas. Facultad de ingeniería y arquitectura.

MEDICINA Y PSICOLOGIA-ENCICLOPEDIA DE LA SALUD. Definición de aceite: extracción. Medypsi. Febrero de 2019. Obtenido de [encyclopediasalud.com](http://www.encyclopediasalud.com/): <http://www.encyclopediasalud.com-/definiciones/aceite-extraccion>.

MÉNDEZ HURTARTE, Luis Byron. Diseño e implementación de una prensa hidráulica para la extracción de aceites fijos, en el laboratorio de investigaciones de extractos vegetales (liexve) del centro de investigaciones de la facultad de ingeniería de la universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 2012. Universidad de san Carlos de Guatemala. Facultad de ingeniería.

MONTEZA ALMEYDA, Sheyla Sussety y SAMAMÉ BARBOZA Juan Neyll. Extracción, caracterización y determinación del tiempo de vida útil, del aceite de semilla de zapote (*Matisia Cordata*, Bonpl). Pimentel. 2016. Universidad Señor de Sipán. Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. Escuela Académico Profesional De Ingeniería Agroindustrial Y Comercio Exterior.

MUÑOZ VINUEZA, Ronald Giancarlo y PAZ MORA, Rodolfo. Construcción de una prensa hidráulica manual de 200 toneladas. 2000.

NACIF, Nora E. Métodos del diseño. Universidad nacional de San Juan. Facultad de arquitectura, urbanismo y diseño.

NOLASCO GUZMAN, Emerson David. Evaluación de cuatro métodos de extracción de aceite de la semilla de piñón (*Jatropha curcas*) var. Cabo Verde y cuantificación de sus ésteres de forbol. Honduras. 2015. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Grasas y aceites de la nutrición humana. Roma. FAO y OMS. 1997. Capítulo 5.

PEÑA HERRERA, Diana Marcela y MEDINA NIÑO, Pilar. Guía ambiental para el cultivo de la Higuerilla en el corredor central del departamento de Boyacá. Bogotá. 2006. Universidad de la SALLE. Facultad de ingeniería ambiental y sanitaria.

PEREA FLORÉZ, María de Jesús, *et al.* Técnicas de microscopía y análisis de imágenes para la evaluación de algunas propiedades químicas y físicas y características morfológicas de las semillas de la planta de aceite de ricino (*Ricinus communis*). México. 2011. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional.

PEREDO, L; GARCÍA, P Y LOPEZ, A. Aceites esenciales: Métodos de extracción. San Andrés Cholula. 2009. Universidad de las Américas. Departamento de ingeniería química y alimentos.

RAMÍREZ HERNÁNDEZ, Isabel cristina. Potencial de uso de la torta de higuerilla (*Ricinus Communis*) como suplemento alimenticio para la producción bovina. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Medellín. 2017.

RICO PONCE, Héctor Rómulo, *et al.* Guía para cultivar Higuerilla (*Ricinus Communis* L.) en Michoacán. México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2011.

RODRIGUEZ ARIA, Daniel Eduardo y DUQUE NIETO, Juan Sebastián. Plan de negocios para el cultivo de Higuerilla, estudio de caso municipio de Balboa (Risaralda). Pereira. 2010. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de ciencias ambientales.

SÁNCHEZ S, María I. CASTAÑEDA S, Román D y CASTAÑEDA S, Marlon J. Usos y potencialidad de la Higuerilla (*Ricinus communis*) en sistemas agroforestales en Colombia. Ibagué. 2014. Universidad del Tolima.

SÁNCHEZ MEDINA, iris Adriana y HUERTAS GRECO, Karina. Obtención y caracterización de biodiesel a partir de aceite de semillas de *Ricinus Communis*. (higuerilla) modificadas genéticamente y cultivadas en el eje cafetero. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de tecnología.

SMITH, Willian F. Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales, tercera edición. 1998. Pag 467

TEJADA TOVAR, Candelaria, *et al.* Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. 2013. Universidad de Caldas.

ULRICH T, Karl Y EPPINGER, Steven D. Diseño y desarrollo de productos. Quinta edición. México. McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V. 2004. ISBN: 978-607-15-0944-4

ULRICH T, Karl. Diseño de procesos económicos para ingeniería química. S.f.

VALENCIA ESCOBAR, Cristhian Gonzalo y GONZÁLEZ REYES, Esteban Alejandro. Diseño de sistema experimental para la extracción de aceite de semillas Oleaginosas (semillas de piñón). Guayaquil. 2017. Escuela superior politécnica del litoral.

VASCO LEAL, José F, *et al.* Relación entre la composición química de la semilla y la calidad de aceite de doce accesiones de *Ricinus communis L.* Querétaro 2017. Universidad Autónoma de Querétaro.

YATE SEGURA, Andrea Viviana. Evaluación del proceso de extracción del aceite de *Jatropha Curcas L.* Para la producción de Biodiésel. Bogotá. 2013. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

92 ELEMENTOS. Como es elaborado el proceso de los aceites de extracción en frío. En línea. Noviembre de 2018. Disponible en 92elementsoils.blogspot.com.co. <http://92elementsoils.blogspot.com.co/2015-/08/como-es-el-proceso-de-los-aceites-de.html>.

Tipo específico del equipo	Tipo genérico del equipo															
	Servicios auxiliares	Transportadores	Quebradores molinos, trituradores	Impulsores y máquinas de recuperación de energía	Evaporadores y vacuadores	Hornos	Transportadores de gas, compresores y extractores	Equipo de contacto sólido de gas	Intercambiadores de calor	Mezcladores	Recipientes de proceso	Bombas	Reactores	Separadores	Equipo de tamizado	Recipientes de almacenamiento
Colectores de polvo																
Economizadores																
Eyectores																
Precipitadores electrostáticos						113	178				235				242	
Plantas de generación de electricidad	75														251	
Subestaciones eléctricas	75															
Elevadores		79														
Máquinas			95													
Evaporadores				104												
Extractores						128										
Expansores			98													
Extractores																
Extrusores																
Ventiladores															248	
Alimentadores		78				128										269
Filtros																
Quemadores	75															
Floculadores																260
Molinos de energía de fluido			90													256
Lechos fluidizados																
Fraccionadores						152										
Recolectores de humo										202		241				
Hornos										225						
Transportadores de gas y compresores					120											
Generadores eléctricos	75					128										
Generadores de vapor	75															
Trituradoras					122											
Separadores de arena		81														
Intercambiadores de calor													259			
Calentadores									162	162						
Receptores					124											
Humidificadores																
Incineradores	75															275
Equipos interiores					126					215						
Intercambiadores de iones										222						
Chorros (eyectores)										217						
Marmitas					113											
Hornos secadores							178			205	235					
Amasadoras							143									
Tambores separadores										200						
Equipo de percolación										225					252	
Rompedores de terrones										222						
Molinos		81														
Mezcladores		81														
Motores																266
Mazas trituradoras			93							180						
Hornos		88								201						
Torres empacadas					127											
Granuladoras (peletizadoras)										218	241					
																270

Tabla 4-1. (Continuación).

Tipo específico del equipo	Tipo genérico del equipo															
	Servicios auxiliares	Transportadores	Quebradoras, molinos, trituradores	Impulsadores y máquinas de recuperación de energía	Evaporadores y vaporizadores	Hornos	Transportadores de gas, compresores y extractores	Equipo de contacto sólido-gas	Intercambiadores de calor	Meccladores	Recipientes de proceso	Bombas	Reactores	Separadores	Equipo de aumento de tamaño	Recipientes de almacenamiento
Columnas de platos										217						
Precipitadores electrostáticos																
Pre calentadores															251	
Prensas							178								265	267
Recipientes a presión										208						277
Torres atomizadoras										203						
Recipientes de proceso											236					
Molinos		78														
Pulverizadores			81						201							
Bombas																
Purificadores											227					
Reactores															242	
Rehervidores					104			178		203		236				
Sistemas de refrigeración	75															
Calcinadores																
Hornos rotatorios							143									
Cribas							148									
Transportadores de tornillo		78													265	
Depuradores											215					
Separadores																
Sedimentadores															242	
Sistemas de tratamiento de drenaje															252	
Desfibrador	75															
Tamizadores			81													
Tamizadores																
Silos															265	
Chimeneas	75															275
Generadores de vapor	75															
Destiladores					122			178								
Cedazos										212						
Torres de destilación																
Sobrecalentadores								179		215					265	
Sifones																
Tanques											235					273
Tableteadora																
Calentadores de líquido térmico	75					124										267
Termosifones									178							
Espesadores									179							
Charolas															256	
Turbinas				95							221					
Bombas de vacío							142									
Vaporizadores					106				178							
Ventiladores											205					
Recipientes																
Lavadoras																273
Plantas de tratamiento de agua	75									206						
										215						

Anexo B. Licencia de uso del programa Inventor Professional 2018

De: Autodesk Education Community <studentcommunity@autodesk.com>

Enviado: lunes, 1 de julio de 2019 6:46 p. m.

Para: Alex Fernando Sapuyes

Asunto: Detalles de licencia de Autodesk

GUARDE E IMPRIMA ESTE MENSAJE DE CORREO ELECTRÓNICO. ES SU REGISTRO DE DERECHOS DE LICENCIA PARA QUE PUEDA UTILIZAR EL SOFTWARE DE AUTODESK.



Comunidad Educativa de Autodesk

Estimado/a Alex Fernando Sapuyes:

Información de licencia del producto del beneficiario:

Producto:	Inventor Professional 2018
Tipo de licencia:	educativa autónoma
Tipo de acceso:	un solo usuario
Uso autorizado:	instalación en un máximo de 2 dispositivos personales*
Clave de producto:	797J1
Número de serie:	901-42084140
Período:	3 años
Beneficiario:	Alex Fernando Sapuyes

**Puede que su cuenta de Autodesk muestre este derecho de uso como 1 puesto. Durante la instalación, introduzca esta clave de producto y este número de serie. La primera vez que inicie el producto, se le pedirá que active la licencia. Esta fecha marca el inicio del período de tres años.*

Manual de introducción:

[Recursos de educación para estudiantes y educadores](#)
[Autodesk Design Academy](#)

Gracias,
El equipo de educación de Autodesk

TÉRMINOS Y CONDICIONES DE LICENCIA DE AUTODESK

Este mensaje de correo electrónico de Autodesk se ha redactado únicamente para confirmar el número y el tipo de licencias del producto de software de Autodesk específico identificado arriba ("Software") con licencia del cliente. El hecho de que el cliente reciba este mensaje de correo electrónico no le da derecho a recibir soportes que contengan la documentación o el código objeto del Software. El cliente debe adquirir legalmente el paquete de Software, que incluye los soportes que contienen el código objeto del Software. El uso del Software por parte del cliente se rige por el acuerdo de licencia de software de Autodesk aplicable incluido en el Software o incorporado al mismo. Los términos de dicho acuerdo de licencia de software de Autodesk se incorporan a este documento como referencia.

En el caso de que el cliente cambie el número de licencias del Software indicado en la sección Número de serie, este mensaje de correo quedará automáticamente invalidado. El cliente puede solicitar un mensaje de correo electrónico que refleje dicho cambio.

Autodesk no se hace responsable en caso de que este mensaje de correo electrónico indique de forma incorrecta la cantidad máxima de dispositivos o usuarios simultáneos autorizados de cliente. Si la cantidad máxima de dispositivos o usuarios simultáneos autorizados del cliente se indica de forma incorrecta en este mensaje de correo electrónico, el cliente informará por escrito a Autodesk y, quedando sujeto a la confirmación por parte de Autodesk, tal como Autodesk considere razonable, Autodesk enviará un mensaje de correo electrónico modificado al cliente en el que se indicará la cantidad máxima de dispositivos o usuarios simultáneos autorizados. Este mensaje de correo electrónico quedará automáticamente invalidado en caso de que el acuerdo de licencia de software finalice por algún motivo.

CUALQUIER ALTERACIÓN EN ESTE MENSAJE DE CORREO ELECTRÓNICO DE AUTODESK INVALIDARÁ CON EFECTO INMEDIATO TANTO EL MENSAJE EN SÍ COMO LAS LICENCIAS DE SOFTWARE CONFIRMADAS EN EL MISMO.

Anexo C. Ecuaciones aplicadas y cálculos preliminares

C.1. Ecuaciones del diseño mecánico

Termino	Símbolo	Ecuación	Termino
presión	P (pa)	$p = \frac{F}{A}$	<i>F = Fuerza</i> <i>A = Area</i>
	t (pa)	$t = \frac{F}{A}$	
Esfuerzo en flexión	$\sigma(N/m^2)$	$\sigma_x = \frac{My}{I}$ $\sigma = \frac{F}{A}$	<i>M = vector del momento</i> <i>y = Distancia desde el eje neutro</i> <i>I = Segundo momento de area alrededor del eje z</i>
Segundo momento de área alrededor del eje z	I	$I = \int y^2 dA$	
Esfuerzo máximo en flexión	$\sigma_{Max}(N/m^2)$	$\sigma_{Max} = \frac{Mc}{I}$	<i>c = magnitud maxima de y</i>
		$\sigma_{Max} = \frac{M}{Z}$	<i>Z = modulo de sección</i>
Rigidez del material	K	$K = \frac{F}{\delta} = \frac{3EI}{l^3}$	<i>F = Carga en el extremo</i> <i>δ = Deflexión</i> <i>E = Modulo de young</i> <i>l = Longitud</i>
Segundo momento de área de una sección transversal	I	$I = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{A^2}{4\pi}$	<i>D = Diametro de la sección transversal</i> <i>A = Area de la sección transversal</i>

Fuente: Jensen, 2000. Hansen, s.f. Beaufait, s.f. Budynas y otros, s.f.

C.2. Ecuaciones para el cálculo de resistencia de materiales

Termino	Símbolo y unidades	Ecuación
carga	P (pa)	$P = AxS$
Área	A(m ²)	$A = \frac{P}{S}$
esfuerzo	S ((N/m ²))	$S = \frac{P}{A}$
Resistencia final	Su	$Su = SxFS$

Continuación de ecuaciones para el cálculo de resistencia de materiales

Factor de seguridad	FS	$FS = \frac{Su}{S}$
Deformación unitaria	Du	$Du = \frac{Dt}{L} = \frac{S}{E}$
Deformación total	Dt	$Dt = DuxL$
Módulo de elasticidad	E	$E = \frac{S}{Du}$
Longitud de las partes en deformación	L (m)	$L = \frac{Dt}{Du}$

Fuente: Jensen, 2000. Hansen, s.f. Beaufait, s.f. Budynas y otros, s.f.

C.3. Ecuaciones para el cálculo de las dimensiones de la prensa

Término	Símbolo	Ecuación
Área de un cilindro	A_C (cm ²)	$A_C = \pi r^2$
Volumen de un cilindro	V_C (cm ³)	$V_C = \pi r^2 h$
caudal	Q (cm ³ /seg)	$Q = AxVel$
velocidad	Vel (cm/seg)	$Vel = \frac{X}{t}$

Fuente: Jensen, 2000. Hansen, s.f. Beaufait, s.f. Budynas y otros, s.f.

C.4 Cálculos preliminares de los parámetros de entrada al simulador. Los preliminares permitieron establecer las dimensiones generales del cilindro de extracción, la fuerza y presión necesaria para comprimir las semillas dentro de él, junto con los requerimientos de caudal y potencia de la bomba, longitud y velocidad de salida del vástago, con estos se logró establecer la velocidad, fuerzas y presiones ejercidas por el pistón.

De acuerdo a estos valores preliminares, al modelo base del equipo, el material de construcción (acero inoxidable 304) y sus propiedades especificadas se tomaron las partes comerciales estándares que cumplieran con los requerimientos calculados, de estas partes se tomaron los datos de sus dimensiones como espesores, longitudes y para ingresarlos al simulador y evaluar el comportamiento de las partes al obtener los esfuerzos máximos soportados.

Capacidad

Se tomó en cuenta 30 días laborales al mes y la producción anual de semillas por hectárea cultivada.

$$\text{producción para 2 ha} = 4500 \frac{\text{kg}}{\text{ha} \times \text{año}} \times 2 \text{ ha} = 9000 \text{ kg/año}$$

$$\text{Capacidad mínima} = \frac{9000 \text{ kg/año}}{12 \text{ mes/año}} = 750 \text{ kg/mes}$$

$$\text{Capacidad mínima} = \frac{750 \text{ kg/mes}}{30 \text{ día/mes}} = 25 \text{ kg/día} \approx 1 \text{ bulo}$$

$$\text{producción para 5 ha} = 4500 \frac{\text{kg}}{\text{ha} \times \text{año}} \times 5 \text{ ha} = 22\,500 \text{ kg/año}$$

$$\text{Capacidad máxima} = \frac{22\,500 \text{ kg/año}}{12 \text{ mes/año}} = 1\,875 \text{ kg/mes}$$

$$\text{Capacidad máxima} = \frac{1\,875 \text{ kg/mes}}{30 \text{ día/mes}} = 62.5 \text{ kg/día} \approx 2.5 \text{ bulo}$$

Volumen requerido por el cilindro de extracción.

se relacionó la masa de la capacidad máxima y la densidad aparente de las semillas para determinar el volumen.

Densidad aparente = 538 kg/m³ ± 11 (Perea M y otros, 2011)

$$\text{volumen requerido por el cilindro} = \frac{62,5 \text{ kg}}{538 \text{ kg/m}^3} = \mathbf{0.116 \text{ m}^3}$$

$$\text{Volumen requerido en cm}^3 = 0.116 \text{ m}^3 \times \frac{(100 \text{ cm})^3}{1 \text{ m}^3} = \mathbf{116\,000 \text{ cm}^3}$$

Diámetro del cilindro extracción

Altura definida para el cilindro = 60 cm

Volumen del cilindro (V_c) = 116 000 cm³

De $V_c = \pi r^2 h$ se obtiene $r^2 = \frac{V_c}{\pi h}$

$$r^2 = \frac{116000 \text{ cm}^3}{\pi \times 60 \text{ cm}} = \mathbf{615,399 \text{ cm}^2}$$

$$\sqrt{r^2} = \sqrt{615.399 \text{ cm}^2}$$

$$r = 24.80 \text{ cm} \quad \mathbf{r \approx 25 \text{ cm}}$$

Diametro de la circunferencia del cilindro = $2r$

$$\text{diametro} = 2 \times 25 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$$

Área de la circunferencia del cilindro de extracción (A_c).

$$r \text{ en m} \approx 25 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0.25 \text{ m}$$

Del área de una circunferencia $A_c = \pi r^2$ se obtiene

$$A_c = \pi \times (0.25 \text{ m})^2 = 0.196 \text{ m}^2$$

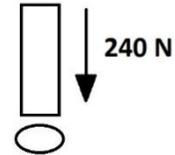
Fuerza y presión requerida para romper las semillas.

Fuerza de ruptura de una semilla = 240 N (Perea y otros, 2011)

Diámetro de la semilla \approx 3 cm (Perea y otros, 2011)

$$\text{diametro de la semilla en metros} = 3 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0.03 \text{ m}$$

$$\text{Del } r = \frac{D}{2} \text{ se obtiene } r \text{ de la semilla} = \frac{0.03 \text{ m}}{2} = 0.015 \text{ m}$$



Área promedio de una sola semilla (A_s)

(asumiendo la forma cilíndrica en la geometría de la semilla)

$$A_s = \pi(0.015 \text{ m})^2 = 0.000706 \text{ m}^2$$

Presión para una semilla

$$P = \frac{240 \text{ N}}{0.000706 \text{ m}^2} = 339943.34 \text{ Pa}$$

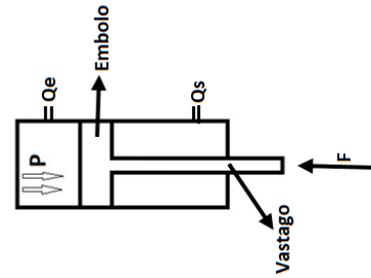
Fuerza requerida por el cilindro hidráulico para aplicar al área de la semilla ocupada en la cámara del cilindro de extracción.

$$F = P A_c = 339943.34 \text{ Pa} \times 0.1963 \text{ m}^2 = 66747.71 \text{ N}$$

La fuerza se reparte en sentido vertical, por lo tanto, la fuerza aplicada a la primera capa de semillas es la misma aplicada al resto de semillas.

Fuerza en kg

$$F(Kg) = \frac{66747.71 N}{9.8 \frac{m}{seg^2}} = 6810.99 kg = 6.8 ton$$



Diámetro del pistón (D_v)

Se tomo un diámetro de 9.52 cm especificado y recomendado en la ficha técnica del cilindro de doble efecto marca Enerpac modelo RR-5020.

$$D_v \text{ en metros} = 9.52 \text{ cm} \times \frac{1 m}{100 \text{ cm}} = 0.0952 m$$

Área dela circunferencia del embolo (A_e)

$$r \text{ del embolo} = \frac{D_v}{2} = \frac{0.0952 m}{2} = 0.0476 m$$

$$A_e = \pi(0.0476m)^2 = 0.00712 m^2$$

Presión ejercida por el pistón (P_{empuje})

$$P = \frac{F}{A_e} = \frac{66747.71 N}{0.00712 m^2} = 9\ 374\ 678.37 Pa \approx 9 Mpa$$

Se tomo una Longitud de carrera (L_c) de 51 cm especificado en la ficha técnica del cilindro de doble efecto marca Enerpac modelo RR-5020

Tiempo de prensado (t_p) especificado en el cuadro 9 =35 min

Velocidad de salida del vástago (V_v)

$$V_v = \frac{L_c}{t_p} = \frac{51 \text{ cm}}{35 \text{ min}} = 1.457 \text{ cm/min}$$

Caudal de la bomba

$$Q = A_e \vec{v} = 0.00712 m^2 \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 m} \right)^2 \times \left(1.457 \frac{\text{cm}}{\text{min}} \right) = 103.71 \text{ cm}^3 / \text{min} = 0.03 \text{ gpm}$$

potencia de la bomba (Hp)

De $Hp = \frac{gpm \times presión (psi)}{1714}$ se obtiene

$$presión \text{ en } Psi = 9\,374\,678.37 \text{ pa} \times \frac{1 \text{ Kpa}}{1000 \text{ pa}} \times \frac{1 \text{ Psi}}{6,894757 \text{ Kpa}} = 1\,359,68 \text{ Psi} \approx 1360 \text{ Psi}$$

$$Hp = \frac{0.03 \text{ gpm} \times 1360 \text{ psi}}{1714} = 0.02 \text{ Hp}$$

Según las cotizaciones realizadas en el mercado se encuentran motores con un mínimo de potencia de 1 Hp y un caudal mínimo de 0.08 gpm para una bomba.

Presión en psi para un motor de 1 Hp y una bomba de 0.8 gpm

$$P = \frac{Hp \times 1714}{gpm} = \frac{1 \text{ Hp} \times 1714}{0.8 \text{ gpm}} = 2142.5 \text{ psi} = 14772017.5 \text{ pa} \approx 14 \text{ Mpa}$$

Cilindro hidráulico a utilizar

Longitud del cilindro (L_c)=51 Cm

Diámetro de pistón (D_p)=95.2 mm

Diámetro del embolo (D_e)=79.5 mm

RETORNO DE LA INVERSIÓN

Costo unitario del equipo: \$ 54 226 460.

Precio de venta (asumiendo un incremento del 30% del costo unitario:

\$ 70 494 398.

Producción de aceite día (tomando la capacidad mínima).

De una extracción de 25 kg/día de semillas se obtienen 11.92 kg/día de aceite.

$$volumen \text{ del } aceite = \frac{11.92 \text{ kg/día}}{0.9573 \text{ kg/Lts}} = 12.45 \text{ Lts/día}$$

Asumiendo un 15 % de impurezas durante el proceso se tiene:

$$\text{Aceite libre de impurezas} = 12.45 \text{ Lts/día} - \left(12.45 \frac{\text{Lts}}{\text{día}} \times 15\%\right) = 10.6 \text{ Lts/día}$$

El precio promedio actual en el mercado de 1 Lts de aceite de ricino virgen es de \$ 100 000. (Consulta internet, 2019)

$$\text{ingreso por venta en 1 dia} = 10.6 \frac{\text{Lts}}{\text{día}} \times 100\,000 \frac{\$}{\text{Lts}} = 1\,060\,000 \text{ \$/día}$$

$$\text{ingreso por venta en 1 mes (25 dias laborales)} = 1\,060\,000 \frac{\$}{\text{día}} \times 25 \text{ dia} = \text{\$ } \mathbf{26\,500\,000}$$

Gastos de operación.

El precio promedio actual de 1 kg de semilla de higuera es de \$ 4 000. (Consulta internet, 2019)

$$\text{costo de las semillas} = 25 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} \times \$ 4\,000 = 100\,000 \text{ \$/día}$$

$$\begin{aligned} \text{costo de las semillas para 1 mes (25 dias laborales)} &= 100\,000 \frac{\$}{\text{día}} \times 25 \text{ día} \\ &= \text{\$ } \mathbf{2\,500\,000} \end{aligned}$$

Costo de materiales

$$\text{costo de materiales (envases)} = 500 \frac{\$}{\text{Ltsxdía}} \times 11 \text{ Lts} = 5\,500 \text{ \$/día}$$

$$\text{costo de materiales (envases) para 1 mes} = 5\,500 \frac{\$}{\text{día}} \times 25 \text{ día} = \text{\$ } \mathbf{137\,500}$$

$$\text{total gastos de operacion} = \$ 2\,500\,000 + \$ 137\,500 = \text{\$ } \mathbf{2\,637\,000}$$

Nomina

(asumiendo el empleo de 2 obreros)

Costo Mano de obra de un obrero por día= 40 000 \\$/día

Costo Mano de obra de 2 obreros para 30 días=2 x 40 000 \$/día x 30 día

= \$2 400 000.

Gastos generales día= 20 000 \$/día

Gastos generales para 1 mes= 20 000 \$/día x 25 día= \$ 500 000

Se asume que la reserva para el pago de deuda de la maquinaria es un 25 % de los ingresos.

reserva para el pago de deuda dia = \$ 26 500 000 x 25% = \$ 6 625 000

FLUJOS DE CAJA PARA 8 MESES DE 25 DIAS LABORALES

A partir del primer periodo se asume un aumento del 10% en las ventas y en los gastos de operación en cada periodo siguiente, la reserva para el pago de la deuda en cada ciclo es el 25 % de los ingresos totales.

Se asumen unas ventas de contado del 70 % y una cartera a clientes del 30 %.

El Saldo final se obtiene a partir de $S. final = saldo inicial + ingresos - egresos$

A partir de estos planteamientos se pronosticaron los siguientes flujos de caja futuros con hoja de cálculo **Microsoft Excel**.

FLUJO DE CAJA MES 1 (DÍA 1 A 25)			
INGRESOS		EGRESOS	
Ventas de contado	\$18.550.000	Pago a proveedores	-
Cobro a clientes (30 % de los ingresos totales)	\$7.950.000	Gastos de operación	\$ 2.637.000
Aportes de socios	\$ -	Nomina empleados	\$2.400.000
Otros	\$ -	Gastos generales	\$ 500.000
xxx	xxx	Pago deuda de equipo	\$ 6.625.000
xxx	xxx	xxx	xxx
Total ingresos	\$ 26.500.000	Total egresos	\$ 12.162.000
Saldo inicial		-	
Saldo final		\$ 14.338.000	

FLUJO DE CAJA MES 2 (DÍA 25 A 50)			
INGRESOS		EGRESOS	
Ventas de contado	\$ 20.405.000	Pago a proveedores	-
Cobro a clientes	\$ 8.745.000	Gastos de operación	\$ 2.900.700
Aportes de socios	-	Nomina empleados	\$ 2.400.000
Otros	-	Gastos generales	\$ 500.000
xxx	xxx	Pago deuda de equipo	\$ 7.287.500
xxx	xxx	xxx	xxx
Total ingresos	\$ 29.150.000	Total egresos	\$ 13.088.200
Saldo inicial		\$ 14.338.000	
Saldo final		\$ 30.399.800	

FLUJO DE CAJA MES 3 (DÍA 50 A 75)			
INGRESOS		EGRESOS	
Ventas de contado	\$ 22.445.500	Pago a proveedores	-
Cobro a clientes	\$ 9.619.500	Gastos de operación	\$ 3.190.770
Aportes de socios	-	Nomina empleados	\$ 2.400.000
Otros	-	Gastos generales	\$ 500.000
xxx	xxx	Pago deuda de equipo	\$ 8.016.250
xxx	xxx	xxx	xxx
Total ingresos	\$ 32.065.000	Total egresos	\$ 14.107.020
Saldo inicial		\$ 30.399.800	
Saldo final		\$ 48.357.780	

FLUJO DE CAJA MES 4 (DÍA 75 A 100)			
INGRESOS		EGRESOS	
Ventas de contado	\$ 24.690.050	Pago a proveedores	-
Cobro a clientes	\$ 10.581.450	Gastos de operación	\$ 3.509.847
Aportes de socios	-	Nomina empleados	\$ 2.400.000
Otros	-	Gastos generales	\$ 500.000
xxx	xxx	Pago deuda de equipo	\$ 8.817.875
xxx	xxx	xxx	xxx
Total ingresos	\$ 35.271.500	Total egresos	\$ 15.227.722
Saldo inicial		\$ 48.357.780	
Saldo final		\$ 68.401.558	

FLUJO DE CAJA MES 5 (DÍA 100 A 125)			
INGRESOS		EGRESOS	
Ventas de contado	\$ 27.159.055	Pago a proveedores	-
Cobro a clientes	\$ 11.639.595	Gastos de operación	\$ 3.860.832
Aportes de socios	-	Nomina empleados	\$ 2.400.000
Otros	-	Gastos generales	\$ 500.000
xxx	xxx	Pago deuda de equipo	\$ 9.699.663
xxx	xxx	xxx	xxx
Total ingresos	\$ 38.798.650	Total egresos	\$16.460.494
Saldo inicial		\$ 68.401.558	
Saldo final		\$ 90.739.714	

FLUJO DE CAJA MES 6 (DÍA 126 A 150)			
INGRESOS		EGRESOS	
Ventas de contado	\$ 29.874.961	Pago a proveedores	\$ -
Cobro a clientes	\$ 12.803.555	Gastos de operación	\$ 3.860.832
Aportes de socios	-	Nomina empleados	\$ 2.400.000
Otros	-	Gastos generales	\$ 500.000
xxx	xxx	Pago deuda de equipo	\$ 10.669.629
xxx	xxx	xxx	xxx
Total ingresos	\$ 42.678.515	Total egresos	\$17.430.460
Saldo inicial		\$ 90.739.714	
Saldo final		\$ 115.987.768	

FLUJO DE CAJA MES 7 (DÍA 151 A 175)			
INGRESOS		EGRESOS	
Ventas de contado	\$ 32.862.457	Pago a proveedores	-
Cobro a clientes	\$ 14.083.910	Gastos de operación	\$4.246.915
Aportes de socios	-	Nomina empleados	\$2.400.000
Otros	-	Gastos generales	\$500.000
Xxx	xxx	Pago deuda de equipo	\$ 11.736.592
Xxx	xxx	xxx	xxx
Total ingresos	\$46.946.367	Total egresos	\$18.883.506
Saldo inicial		\$ 115.987.768	
Saldo final		\$ 144.050.628	

FLUJO DE CAJA MES 8 (DÍA 171 A 200)			
INGRESOS		EGRESOS	
Ventas de contado	\$36.148.702	Pago a proveedores	-
Cobro a clientes	\$ 15.492.301	Gastos de operación	\$ 4.671.606
Aportes de socios	-	Nomina empleados	\$ 2.400.000
Otros	-	Gastos generales	\$ 500.000
xxx	xxx	Pago deuda de equipo	\$ 7.641.890
xxx	xxx	xxx	xxx
Total ingresos	\$51.641.003	Total egresos	\$ 15.213.496
Saldo inicial		\$144.050.628	
Saldo final		\$ 180.478.135	

Flujo general de Ingresos, inversiones y pago de deudas.

PERIODO	INGRESOS	INVERSIONES	PAGO DEUDA DE EQUIPO
0	-	\$70.494.398	
1	\$ 26.500.000		\$ 6.625.000
2	\$ 29.150.000		\$ 7.287.500
3	\$ 32.065.000		\$ 8.016.250
4	\$ 35.271.500		\$ 8.817.875
5	\$ 38.798.650		\$ 9.699.663
6	\$ 42.678.515		\$ 10.669.629
7	\$ 46.946.367		\$ 11.736.592
8	\$ 51.641.003		\$ 7.641.890
TOTAL	\$ 303.051.035	\$70.494.398	\$ 70.494.398

VALOR ACTUAL NETO (VAN).

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FN}{(1+i)^j} - I_0$$

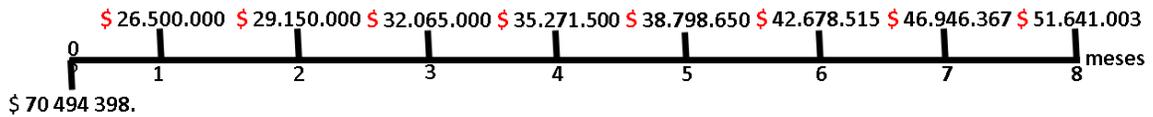
Donde

FN: flujo neto de ingresos en el periodo X

n: periodos de tiempo

i: tasa interna de retorno (TIR)

I_0 : inversión en el periodo cero.



TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

$$TIR \text{ Aprox} = \left(\frac{\sum \text{ingresos}}{\sum \text{inversiones}} - 1 \right) \div n$$

$$TIR \text{ Aprox} = \left(\frac{\$ 303\,051\,035}{\$ 70\,474\,398} - 1 \right) \div 8 \approx 0.4124 \text{ (41,24 \%)}$$

La TIR correcta debe hacer que la VAN = 0. Aplicando el método de Prueba y error con $i=0.42$ se tiene:

$$0 = \frac{\$ 26\,500\,000}{(1 + 0.42)} + \frac{\$ 29\,150\,000}{(1 + 0.42)^2} + \frac{\$ 32\,065\,000}{(1 + 0.42)^3} + \frac{\$ 35\,721\,500}{(1 + 0.42)^4} + \frac{\$ 38\,798\,650}{(1 + 0.42)^5} + \frac{\$ 42\,678\,515}{(1 + 0.42)^6} + \frac{\$ 46\,946\,367}{(1 + 0.42)^7} + \frac{\$ 51\,641\,003}{(1 + 0.42)^8} - \$ 70\,494\,398$$

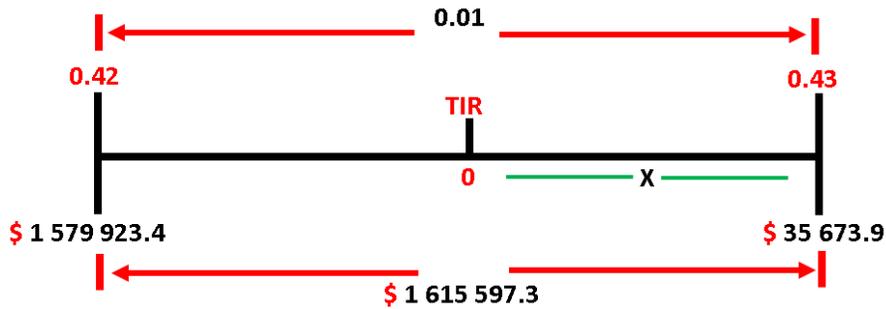
$0 = \$ 1\,579\,923.4$ la VAN > 0 por lo tanto la TIR debe ser > 0,42

Con $i=0.43$ se tiene:

$$0 = \frac{\$ 26\,500\,000}{(1 + 0.43)} + \frac{\$ 29\,150\,000}{(1 + 0.43)^2} + \frac{\$ 32\,065\,000}{(1 + 0.43)^3} + \frac{\$ 35\,721\,500}{(1 + 0.43)^4} + \frac{\$ 38\,798\,650}{(1 + 0.43)^5} + \frac{\$ 42\,678\,515}{(1 + 0.43)^6} + \frac{\$ 46\,946\,367}{(1 + 0.43)^7} + \frac{\$ 51\,641\,003}{(1 + 0.43)^8} - \$ 70\,494\,398$$

$0 = -\$ 35\,673.9$ la VAN < 0 por lo tanto TIR debe estar entre 0.42 y 0.43

Aplicando el método de interpolación se plantea:



$$\begin{array}{l} 0.01 \longrightarrow \$ 1\,615\,597.3 \\ X \longleftarrow \$ 35\,673.9 \end{array}$$

$$X = \frac{0.01 \times \$35\,673.9}{\$1\,615\,597.3} = 0,00022$$

$$\text{TIR} = 0.43 - 0.00022 = \mathbf{0,429779}$$

$$\text{TIR} = \mathbf{42.98\%}$$

Tiempo de retorno de la inversión

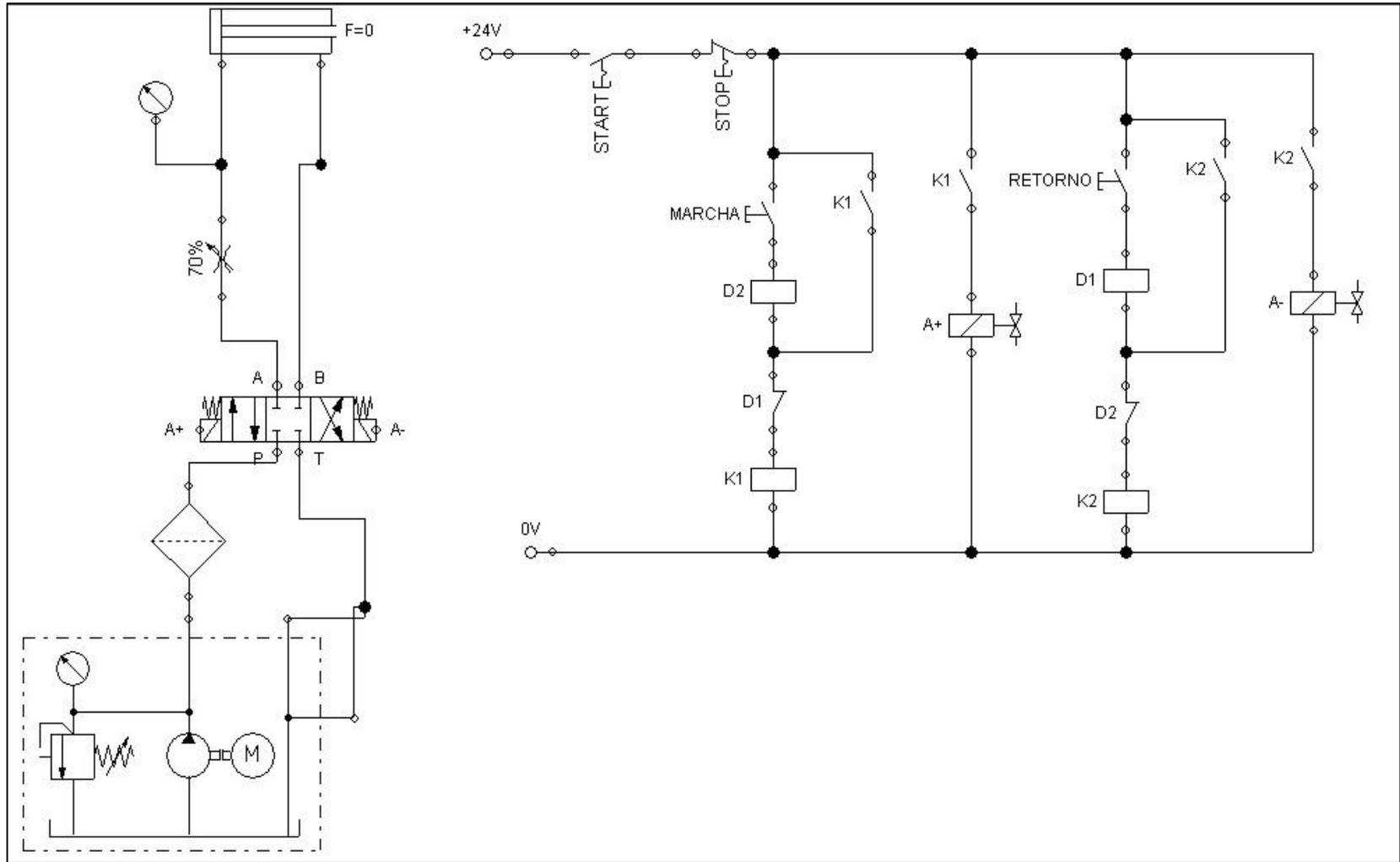
En el flujo de caja general se estima que en el mes 8 se recupera la totalidad de la inversión realizada por concepto de compra de equipo.

Retorno Sobre la Inversión (ROI)

$$\text{ROI} = \frac{\text{ingresos de ventas} - \text{costo de la inversión}}{\text{costo de la inversión}}$$

$$\text{ROI} = \frac{\$ 303.051.035 - \$ 70\,494\,398}{\$ 70\,494\,398} = 3.298 \text{ (329 \%)}$$

Anexo D, Diagrama electrohidráulico de la prensa.



Elementos del sistema hidráulico

Marca	Denominación del componente	Cant.
1	Grupo Motriz	1
2	Filtro	1
3	Válvula de 3/2 vías con accionamiento eléctrico y retorno por muelle	1
4	Válvula Anti retorno Estranguladora	1
5	Manómetro	2
6	Cilindro Doble Efecto	1

Elementos del Sistema Eléctrico

MARCA	Denominación del componente
	Fuente de tensión
	Fuente de tensión
MARCHA	Pulsador (obturador)
K1	Obturador
K1	Obturador
A+	Solenoides de válvula
K1	Relé
RETORNO	Pulsador (obturador)
K2	Obturador
K2	Relé
K2	Obturador
A-	Solenoides de válvula
D1	Franqueador
D1	Relé
D2	Franqueador
D2	Relé
START	Interruptor (obturador)
STOP	Interruptor (franqueador)

Anexo E. Ecuaciones programadas de los balances de masa en hoja de cálculo Excel 2019.

ECUACIONES GENERALES	ECUACIONES MATERIAL INERTE EN EL ACEITE EXTRAIDO	ECUACIONES MATERIAL INERTE EN EL LA TORTA
$M1=M2+M3$	$M2*(Y2*Y1.1)/Y1$	$M3*(Y3*Y1.1)/Y1$
$M2=M1-M3$	$M2*(Y2*Y1.2)/Y2$	$M3*(Y3*Y1.2)/Y2$
$M3=M1(X1-X2)/(X3-X2)$	$M2*(Y2*Y1.3)/Y3$	$M3*(Y3*Y1.3)/Y3$
	$M2*(Y2*Y1.4)/Y4$	$M3*(Y3*Y1.4)/Y4$
	$M2*(Y2*Y1.5)/Y5$	$M3*(Y3*Y1.5)/Y5$

Anexo F. Cotizaciones de materiales y partes de la prensa.

F.1. Sistema hidráulico

						
Soluciones en Potencia						
FECHA	junio 27, 2019	CLIENTE:	Alex Fernando Sapuyes	CONTACTO:		
COTIZACION No.	H06-27-302	TELEFONO:	3125044399	CARGO:		
H & I INGENIERO:	David Camargo	DIRECCION:		CELULAR:	2	
SOLICITUD CLIENTE:		CIUDAD Y PAIS:	Pitalito	E-MAIL:	alexsapuyes@unicauca.edu.co	
Item	Mfg.	REFERENCIA	DESCRIPCION	Qty	P.U. USD\$	Total USD\$
1	Enerpac	ZU4408MB	Pump, Elec. Universal, VM43 STD 115V 8L Manual	1	\$ 4.890,27	\$ 4.890,27
2	Enerpac	GA-3	Gauge Adaptor	1	\$ 83,88	\$ 83,88
3	Enerpac	G2535L	2-1/2" Gauge, 0-10,000 PSI	1	\$ 128,91	\$ 128,91
4	Enerpac	HC-7203	3' Hose, w/ CH-604, 3/8" NPTF, .25" I.D.	2	\$ 144,58	\$ 289,15
5	Enerpac	RR-5020	50 Ton Cylinder, D/A	1	\$ 7.169,85	\$ 7.169,85
PESO TOTAL APROXIMADO EN LIBRAS: lbs				SUBTOTAL		\$ 12.562,06
CONDICIONES COMERCIALES: - La vigencia de la presente cotización es de 30 días. - Se encuentra en Dólares Americanos y será liquidada a la TRM del día de la Orden de Compra. - Entrega el lugar que ustedes nos indiquen en Pitalito. - Garantía de los Equipos: De acuerdo a las políticas de garantía de Enerpac. - Forma de Pago: 70% a la Orden de Compra, 30% contra entrega de la mercancía. - Tiempo de Entrega: De 3 a 4 semanas después de recibida su O.C.				IVA		\$ 2.386,79
				TOTAL CON IVA		\$ 14.948,85
INFORMACIÓN BANCARIA: -Banco Davivienda. Cuenta Corriente 009769998452. INH Technologies S A S -Banco BBVA. Cuenta Corriente 958000101. INH Technologies S A S -Banco ITAÚ: cuenta corriente No. 01800298-2. -Banco CITI BANK: cuenta corriente No. 1008238525						
INH TECHNOLOGIES S A S NIT:830.039.405-1 Bogotá, D.C., Colombia., Carrera 70 A 107-06. Tel: 7036879 Ext 107 Cel: 318 8163684 E-mail: dcamargo@inh.com.co						

F.2. Cilindro de extracción y chasis

Adjunto lo solicitado:

LAMINA PERFORADA
ACERINOX 304
HUECO 3mm.
LAMINA 1.00M. X 2.00M.

CALIBRE 1mm.
\$ 437.000 incluido i.v.a.

CALIBRE 1.5mm.
\$ 648.000 incluido i.v.a.

CALIBRE 2.0mm.
\$ 820.000 incluido i.v.a.

CALIBRE 3mm.
\$ 1.785.000 incluido i.v.a

Lamina $\frac{3}{4}$
\$1.500.000 incluido iva

Tubo 3" 6mts
\$360.000 incluido i.v.a.

PAGO DE CONTADO

ENTREGA 2 DIAS (verificando inventario)

MATERIAL PUESTO EN BOGOTÁ, FUERA PODEMOS COORDINAR FLETES AL COBRO.

SOMOS AUTO-RETENEDORES.
Cordialmente.



Carlos Mutis
COLMALLAS S.A.
Cel. 315 333 9128
Web Page: www.colmallas.com
E-Mail: mgcolsa@colmallas.com
PBX (1) 360 8211
Calle 12 N. 37-53
Bogotá - Colombia.

F.3. Materiales eléctricos



COTIZACION			
DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR/UNIT	VALOR TOTAL
MULETILLA DE 2 POSICIONES 22MM NA	1	12.000	12.000
MULETILLA DE 2 POSICIONES 22MM NC	1	12.000	12.000
PULSADOR VERDE 22MM	2	8.000	16.000
RELEVO DE 8 PINES 110V RELPOLL CON BASE	4	38.000	152.000
RELEVO DE 8 PINES 110V ECONOMICO CON BASE	4	18.000	72.000
COFRE METALICO 30X25X20	1	70.000	70.000
			0
			0
			0
FORMA DE PAGO: CONTADO			0
			0
			0
			0
		SUBTOTAL	334.000
		IVA 19%	63.460
		TOTAL	397.460

Anexo G. Tecnologías existentes.

Nombre del equipo	Componentes, Dimensiones y especificaciones	Parámetros o variables	Equipos Comerciales	Aplicaciones	Parámetros seleccionados	Tecnología	Fabricante	Comercializadora	Costo (US)
Mini máquina de prensa de aceite Manual Mod:DH-32TB	gato hidráulico. material: acero inoxidable 304. cámara extracción: D=100 mm, profun: 180 mm. Control: manual. Dimensión (L*W*H):500*300*700 mm	Cap: 3kg/h. presión: 32 Ton. Alimentación: 0,75 kg/12 min. voltage:220 v. Peso: 70 kg		Coco, aguacate, Oliva, etc.	capacidad. Presión. Alimentación	presado en frío y en caliente	Dezhou Daohang Machinery Co.,Ltd..	empresa de trading ALIBABA, 2019	500
Máquina de presado en frío de aceite automático. Modelo: DH-80	Sistema hidráulico. material: acero inoxidable. Control: automático. Dimensión (L*W*H):95*60*120 mm	Cap: 15kg/h. voltage:220V. Alimentación: 2.5 kg/10 min		Palma, Acovado, nuez de karité, maní, Oliva, etc.	Capacidad. Alimentación	Presado en frío	Dezhou Daohang Machinery Co.,Ltd..	empresa de trading ALIBABA, 2019	2050
Prensa hidráulica prensa de aceite de oliva Mod:KXY-OPH06	gato hidráulico. material: acero inoxidable. cámara extracción: D=100 mm, profun: 180 mm. Control: manual. Dimensión (L*W*H):85*60*110 cm	Cap: 6 kg/h. presión: N.R voltage:220V. Potencia:1.5 Kw. Peso:100 kg.		Oliva, coco, sésamo, colza, linaza, girasoles, etc.	capacidad. Presión. Potencia	presado en frío y en caliente	Nanchang kay Xin Yue Technologies Cp., Ltd.	empresa de trading ALIBABA, 2019	500
Prensa semiautomática y manual de aceite hidráulico. Modelos: HDC-50T, HDC-80T y HDC-100T	Sistema hidráulico. material: acero inoxidable. cámara extracción: Di=170 mm, De: 180 mm. Control: manual y semiautomático. Dimensión (L*W*H):300*200*700 mm	Cap: 50 kg/h. presión: 50 Ton, 80 ton y 100 ton . voltage:220V, 380V y 440V. Peso: 160; 180; 200 kg		sésamo de manteca de cacao	capacidad. Presión. Potencia	presado en frío y en caliente	Wuhan HDC Technology Co., Ltd.	empresa de trading ALIBABA, 2019	1000
Prensa de aceite hidráulica eléctrica grande. Modelos: 6YZ-150, 6YZ-180, 6YZ-220, 6YZ-260, 6YZ-320.	sistema hidráulico. caja de distribución. Manómetro. Base y pilares. control: automático. Motor eléctrico. Cámara de extracción. Material: acero inoxidable. calentador con control de temperatura Dimensión (L*W*H):400*500*850 mm; 500*650*1050 mm; 600*850*1360 mm; 650*900*1450 mm; 800*1100*1550 mm.	Cap: 2; 4; 8; 11; 15 kg/h. presión: 55 Mpa. Temperatura: 70-100 °C Potencia:40,75 a 41,5 Kw.		Coco, aguacate, Oliva, etc.	capacidad. Presión. Potencia. Temperatura.	presado en frío y en caliente	Wuhan HDC Technology Co., Ltd.	empresa de trading ALIBABA, 2019	1000 a 1200

<p>prensa hidráulica de aceite. Modelos: QYZ-500, QYZ -410 y 6LY-260.</p>	<p>Base. pistón. cilindro. columnas. regazo eléctrico. bomba de aceite. cilindros hidráulicos. Diámetro de alimentación: 500, 410, 230 mm dispositivos automáticos de control de temperatura.</p>	<p>Presión: 40, 45, 55 Mpa. Presión nominal: 300, 120, 190 ton. cap: 200, 80, 50 kg/h peso: 2800; 1500; 850 kg</p>		<p>sésamo, soja, maní, lino, nuez, semillas de té, almendra.</p>	<p>presión. Capacidad.</p>	<p>Prensado en frío y en caliente</p>	<p>Gashili</p>	<p>empresa de trading ALIBABA, 2019</p>	<p>1500-5000</p>
<p>Prensa hidráulica automática para la extracción de aceite. Modelos: GXHP40/250 y GXHP50/280</p>	<p>automática. sistema hidráulico. Control eléctrico y de presión. canasto: Di=440 mm. h=700 mm. Cilindro hidráulico: Di=280 mm. De=350 mm Dimensión (L*W*H): 2160x710x2350 mm.</p>	<p>Presión: 40-50 Mpa. Cap: 120-150; 150-180 kg/h. Potencia: 3-4 Kw</p>		<p>avocado, oliva, cacao, higuera, coco, etc.</p>	<p>presión. Capacidad. Potencia.</p>	<p>prensado en frío</p>	<p>GLOBAL EXTENT S.R.L.</p>	<p>GLOBAL EXTENT S.R.L. 2019</p>	<p>N.R</p>
<p>Prensa de aceite hidráulica eléctrica pequeña. Modelos: HDCE-80T, HDCE-1000T</p>	<p>Sistema hidráulico. material: acero inoxidable. cámara extracción: Di=170 mm, De: 180 mm. Dimensión (L*W*H): 500*200*700 mm. Control: automático. manómetro. motor eléctrico</p>	<p>Cap: 50 kg/h . Potencia: 1,5-2 Kw. Voltaje: 220-380V.</p>		<p>Coco, aguacate, Oliva, etc.</p>	<p>capacidad. Presión.</p>	<p>Prensado en frío y en caliente</p>	<p>Wuhan HDC Technology Co., Ltd.</p>	<p>empresa de trading ALIBABA, 2019</p>	<p>1001 a 1200</p>
<p>Mini máquina de la prensa de aceite. Modelo: DH-80TB</p>	<p>Sistema hidráulico. material: acero inoxidable. Control: automático. Dimensión (L*W*H): 600*320*720 mm</p>	<p>Presión: 50 Mpa. Alimentación: 3 kg/15min. Cap: 12 kg/h. Peso: 190 kg</p>		<p>Soja, Oliva, Palma</p>	<p>capacidad. Presión. Alimentación.</p>	<p>N.R</p>	<p>Shisang Machinery</p>	<p>empresa de trading ALIBABA, 2019</p>	<p>300-600</p>
<p>Prensa de aceite de ricino WYOH-180</p>	<p>sistema Hidráulica. Control de presión. Control de temperatura.</p>	<p>Presión: 55 Mpa. Potencia: 1,5-3kw. Temperatura: 70-100 °C Cap: 4-12 kg/h.</p>	<p>N.R</p>	<p>Coco, aguacate, Oliva, etc.</p>	<p>presión. Potencia. Temperatura. Capacidad.</p>	<p>prensado en frío y en caliente</p>	<p>XUCHANG CHIKE TRADE CO. LT</p>	<p>empresa de trading ALIBABA, 2019</p>	<p>2500</p>

prensa fría de aceite GN-86	Sistema continuo. panel de control. Tolva de alimentación. Jaula de apretar. Eje en espiral. Filtro de aceite al vacío. Calentador eléctrico. Cubierta de seguridad.	potencia:5,5 Kw. Cap:100-110 kg/h. vel. gira del eje espiral:42 rpm.		girasol, oliva, palma, cacao, higuerilla	presión. Capacidad. Velocidad. Potencia.	prensado en frio	SHGOLSEN	empresa de trading ALIBABA, 2019	2000-15000
Máquina de extracción de aceite YZYX-90	Motor eléctrico. Base en acero al carbono. Tornillo sin fin. Tolva de alimentación.	vel. gira del eje espiral:32- 42 rpm. Potencia:5,5 kW. Cap: 125 kg/h. presión alta		Mostaza, soja, maní, girasol, sésamo, colza,	presión. Capacidad. Velocidad. Potencia.	prensado en frio y en caliente	squeeze lop	empresa de trading ALIBABA, 2019	960-1500
Prensa de aceite YZYX140-8GX	control automático. Material: acero al carbono. Dimensión (L*W*H):2150*820*1370mm	Cap: 373-458 kg/h. potencia: 22 Kw. vel. gira del eje espiral:30-40 rpm. Voltaje: 380 V.		girasol, maní soya, etc.	Capacidad. Velocidad. Potencia.	prensado en frio y en caliente	Mianyang Guangxin Machinery.	empresa de trading ALIBABA, 2019	3800
prensa hidráulica de aceite marca UT MAQUINA modelo YBYJ	Sistema hidráulico. Motor eléctrico. Cámara de compresión con agujeros. Plato compresor. Medidor de presión. Control eléctrico	capacidad: 35-55 Kg/h. presión nominal:50,80,100 ton. Potencia:1,5Kw.	N.R	sésamo, maní, colza	capacidad. Presión. Potencia.	prensado en frio y en caliente	GONGYI UT MACHINER Y TRADE CO.,LTD	empresa de trading ALIBABA, 2019	1700-4360
prensa hidráulica GXHP50/80	Sistema hidráulico. Canasto. Cilindro pistón. Control manual o automático. Motor eléctrico	capacidad: 150-180 kg/h. Presión trabajo:50 Mpa. Potencia del motor:4Kw. Diámetro interno:28 cm. Diámetro externo:35 cm. Diámetro interno canasto:44 cm. Diámetro externo canasto:70 cm. Recorrido cilindro:72 cm	N.R	avocado, oliva, higuerilla, coco. Etc.	capacidad. Presión. Potencia	prensado en frio	GLOBAL EXTENT S.R.L.	GLOBAL EXTENT S.R.L. 2019	N.R

Anexo H. Estudios e investigaciones realizadas en extracción de aceite y diseño de equipos

ESTUDIO O INVESTIGACION	EQUIPOS UTILIZADO	PRETRATAMIENTOS DE LAS SEMILLAS			VARIABLES DE OPERACIÓN			TECNOLOGÍA	RENDIMIENTOS (%)	AUTOR
		OPERACIÓN	AQUIPO UTILIZADO	RANGO O RECOMENDACIÓN	VARIABLE	RANGO	PROMEDIO			
DISEÑO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE HIGUERRILLA EN LA PALMA (CUNDINAMARCA)	Cilindro con tapa inferior ambas de acero inoxidable con Cap de 1kg. Filtro de media velada. Dos placas metálicas de acero inoxidable. Cilindro de nylon. Prensa hidráulica	Secado	Horno	80 °C x 3 h. 60 °C x 19 h	Tiempo de prensado	10-20 min	15 min	Prensado mecánico	27,34 25,83	CASTAÑEDA K, CONTRERAS T, MEDINA J, 2017.
		Calentamiento	Horno	80 °C x 2h. 60 °C x 2h	Temperatura de las semillas	80-60 °C	70 °C			
		Limpieza	Criba	Eliminar elementos extraños	Presión	500 psi. 600 psi	550 psi			
RENDIMIENTOS EN SEMILLA Y CALIDAD DE LOS ACEITES DEL CULTIVO DE HIGUERILLA (Ricinus Communis L.) EN EL VALLE DEL SINÚ, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.	Prensa hidráulica. Pistón. Cilindro de extracción	Limpieza mecánica	N.R	N.R	Alimentación	500 g	500g	Prensado hidráulico	40,63 49,61	CABRALES R, MARRUGÓN J, ABRIL J, 2014.
		Descascarado	N.R	Molino de cilindros estriado	Presión ejercida	N.R	N.R			
		Molienda	N.R	N.R						
		Cocción	N.R	Vapor recalentado	Humedad	5,07 a 6,35	5,71			
		Calentamiento	N.R	65 °C						
CARACTERIZACIÓN DE ACEITE DE HIGUERILLA (Ricinus Communis) DE DOS VARIEDADES SILVESTRES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN LA REGIÓN DEL VALLE DE MEZQUITAL, HIDALGO	Prensa para quesos. Malla filtrante. Charola de plástico	Secado	No especifica	Solar	Tiempo de prensado	1 h	1 h	Combinación de prensado mecánico y solvente	32 y 36	CORNEJO M, URBANO O, 2012.
		Descascarado	Pinzas de disección	Manual	Presión ejercida	18 kg/9m2	18 kg/9m2 (2kg/m2)			
		Zarandeo	No especifica	No especificado	Temperatura de las semillas	75 °C	75 °C			
		Molienda	Molino de carnes BIRO de 7.5 hp	Totalmente triturada	Humedad de las semillas	4,1%; 5,9%	5%			
		Calentamiento	Recipiente de calentamiento	75 °C x 30 min						
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA EXTRACCIÓN CONTINUA DE ACEITE DE LA SEMILLA SACHA INCHI CON UN PROCESO DE PENSADO EN FRÍO	Prensa tipo expeller formada por un tornillo extrusor, un dado de presión, cámara de alimentación, tamiz y filtro. Motor req con 1,5 Hp de potencia	Determinación de la fuerza de ruptura con Penetro metro digital de frutas.	N.R	62 KgF	Temperatura de prensado	< 45 °C	45 °C	Prensado continuo	34	GUTIÉRREZ N, SAÀ I, VINUEZA A, 2017.
		Descascarado	Manual	N.R	Humedad relativa	50%	50%			
		Selección	Manual	N.R	Capacidad	4kg/h	4kg/h			
		Secado	No se hizo	Implementar un secador	Alimentación	20 kg	20 kg			
		Temperatura de las semillas	N.R	Ambiente 15 °C	Velocidad rotación del tornillo	20 y 80 rpm	80 rpm mejor			
			Viscosidad	N.R	N.R					

DISEÑO DE UNA PRENSA DE TORNILLO TIPO EXPELLER PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE VEGETAL VIRGEN DE LA SEMILLA DE MAÍZ, PARA USO COMESTIBLE	Prensa tipo expeler. Prensa hidráulica de 40 ton. Cilindro perforado. Motor req con 7,5 Hp de potencia.	Secado	PHYSIS Modelo DHS	80 °C por 1h	Presión mínima de extracción	13,87 Mpa (maíz). 13,34 Mpa (maní). 17,34 Mpa (P mínima de la prensa)	14,85 Mpa	Prensado hidráulico y continuo	45	GALARRAGAY, 2015.
					Capacidad	53,125 Kg/h	53,125 Kg/h			
					Potencia	6,47 Hp	6,47 Hp			
					Vel. De desplazamiento	0,01274 m/s	0,01274 m/s			
					Humedad	10 a 12 %	11%			
Capacidad de extracción de aceite	7,97 kg/h(maíz). 15,94 kg/h(maní).	11,95 kg/h								
OBTENCIÓN DE ACEITE DE LA NUEZ Caryodendron orinocense ORIGINARIA DEL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ EN LA PLANTA PILOTO DE LA UNIVERSIDAD DE LA SALLE	Prensa hidráulica. Tubo extractor con filtros.	Selección	N.R	Manual	Tiempo de prensado	20-50 min	35 min	Prensado hidráulico	19,6713 36,1078	CISNEROS D, DIAZ A, 2006.
		Limpieza	Criba	Retirar todas las impurezas	Temperatura	18 °C (ambiente).	18 °C			
		Descascarado	Martillo	Manual	Presión	800-1000 psi	900 psi			
		Molienda	Molino de martillo	3 a 8 mm	Diámetro de la partícula	3-8 mm	5,5 mm			
		Cocción	N.R	20 a 120 °C por 5 min	Alimentación	0,1 kg	0,1 kg			
					Humedad	5,17%	5,17%			
COMPORTAMIENTO ECOFISIOLÓGICO DE VARIEDADES DE HIGUERILLA (Ricinus Communis L.) PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE ACEITE Y BIODIESEL EN DIFERENTES AGROECOSISTEMAS	Expeller tipo M70 Oil	Secado	Estufa (Memmert tipo UL 80	50 °C	Temperatura de las semillas	Max 54 °C	54 °C	Prensado continuo en frío	39 a 47 % 82-90 % eficiencia de extracción del expeller	CÒRDOBA O, 2012.
		Descascarado	N.R	N.R	Alimentación	1 Kg	1 kg			
DISEÑO DE MÁQUINA EXTRACTORA DE ACEITE DE SEMILLA DE TEMPATE	Prensa de cilindro hueco	Limpieza	N.R	N.R	Cap o alimentación	35 kg/h	35 kg/h	Prensado mecánico	36,83	MATA I, RODRIGUEZ J, 2011.
					Temperatura	90 °C como restricción	90 °C			
		Secado	Solar	40 °C	Presión interna	10 Mpa	10 Mpa			
					Velocidad de extracción	10,5 kg/h	10,5 kg/h			
		Precalentado	N.R	No se recomienda	Humedad	N.R				
					Fuente de potencia	3,7 Hp	3,7 Hp			

ASPECTOS TECNOLÓGICOS DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITE DE OLIVA.	Prensas hidráulicas	Limpieza	ventilador, tamiz	Libre de cuerpos extraños	Presión	Hasta 400 atm	400 atm	Prensado hidráulico	60% de la fase líquida	CERRETANI L. GOMEZ A. BENDINI A.
		Molienda	Con molino de piedra, continuo, de martillo o de discos metálicos	2-3 mm	Tiempo de prensado	1h	1 h			
DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE VEGETAL COMESTIBLE DE LAS SEMILLAS DE CHÍA (Salvia Hispánica L.) MEDIANTE PRENSADO.	Prensa expeller marca Baldor	Limpieza	Tamizadora	Eliminar objetos no deseados	Humedad	7 a 10% 10 a 20 % (rango óptimo)	11,75%	Prensado continuo	18,76 a 24,80	CEFLA K, 2015.
		Secado	N.R	Solar	Temperatura	40 y 64 °C	52 °C			
		Triturado	Puede ser molino de martillo o rodillo	N.R	Diámetro de la boquilla	0,010 y 0,014 m	0,012 m			
		Tratamiento térmico	N.R	N.R	Presión	420 kg/cm ²	420 kg/cm ²			
DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRACTORA DE ACEITE DE SEMILLAS PARA LA ELABORACIÓN DE BIODIESEL	Máquina extrusora tipo expeller	N.R	N.R	N.R	Presión	35 a 40 Mpa	37,5 Mpa	Prensado continuo	46,86	CARRIÒN L, CASTRO V, 2008.
					Alimentación	80 kg/h	80 kg/h			
					Capacidad	80 a 100 kg/h	90 kg/h			
					Temperatura	80 °C	80 °C			
					Potencia del motor	7,5 Hp	7,5 Hp			
RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SEMILLA Y LA CALIDAD DE ACEITE DE DOCE ACCESIONES DE RICINUS COMMUNIS L.	Prensa hidráulica. cilindro en acero inoxidable. Embolo	N.R	N.R	N.R	Presión	700 KgF/cm ²	700 KgF/cm ²	Prensado hidráulico	N.R	VASCO J, HERNÁNDEZ I, MÉNDEZ S, VENTURA E, CUELLAR M, MOSQUERA J, 2017.
					Alimentación	0,4 kg	0,4 kg			
					Humedad	4,49 a 5,75 %	5,12%			

Anexo I. Esfuerzos unitarios para el acero y propiedades del acero inoxidable 304

I. 1. Esfuerzos unitarios para el acero

Designación del acero		Espesor (pul)	Límite de fluencia	Esfuerzo unitario permisible			
				tensión	compresión	flexión	corte
CSA G40.4	Acero medio estructural	todos	33	20	20	20	13.2
CSA G40.8		Hasta 5/8 inclusive	40	24.2	24.2	24.2	16
		Más de 5/8 hasta 1 incl	38	23	23	23	15.2
		Más de 1 hasta 1½ incl	36	22	22	22	14.2
		Más de 1½	De común acuerdo				
ASTM A373	Acero estructural para soldar	Hasta 4 inclusive	33	20	20	22	13
ASTM A7	Acero para puentes y edificios	todos	33	20	20	22	13
ASTM A36	Aceros estructurales	Hasta 4 inclusive	36	22	22	22	14.5
ASTM A 242	Acero estructural de aleación baja y de alta resistencia	Hasta 1/4 inclusive	50	30	30	33	20
		Más de 1/4 hasta 1½ incl	46	27.5	27.5	30.5	18.5
		Más de 1½ hasta 4 incl	42	25	25	28	17
ASTM A 440	Acero estructural de alta resistencia	Hasta 1/4 inclusive	50	30	30	33	20
		Más de 1/4 hasta 1½ incl	46	27.5	27.5	30.5	18.5
		Más de 1½ hasta 4 incl	42	25	25	28	17

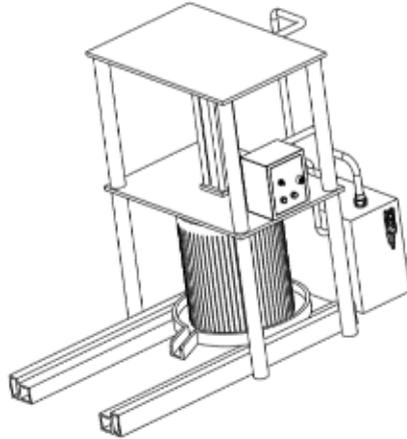
Continuación de Esfuerzos unitarios para el acero

ASTM A 441	Acero de alta resistencia y aleación baja de manganeso y vanadio	Hasta 1/4 inclusive	50	30	30	33	20
		Más de 1/4 hasta 1½ incl	46	27.5	27.5	30.5	18.5
		Más de 1½ hasta 4 incl	42	25	25	28	17

I.2. Propiedades del acero 304.

Propiedad	Valor
Módulo de Young (Nm ²)	2.1x10 ¹¹
Relación de poisson	0.31
Densidad (kg/m ³)	8000
Expansión térmica (Kdeg)	1.17x10 ⁻⁵
Fuerza de rendimiento(Nm ²)	2.06x10 ⁸

MANUAL DE USUARIO Prensa Hidráulica para Extracción de Aceite



Contenido

1. INTRODUCCIÓN
- 1.1 Instrucciones de seguridad
2. DESCRIPCIÓN
- 2.1 Características técnicas
3. INSTALACION
- 3.1 Obras previas
4. FUNCIONAMIENTO
- 4.1 Descripción
- 4.2 paro de emergencia
5. ENCENDIDO
- 5.1 Secuencia de encendido y apagado
6. MANTENIMIENTO GENERAL
7. SEGURIDAD
- 7.1 Precauciones generales
- 7.2 Seguridad personal

1. INTRODUCCION

Nuestra máquina semiautomática de prensado hidráulico tiene muchas ventajas: fácil de operar, alta tasa de prensado de aceite, poco desgaste de sus piezas y largo tiempo de servicio. La prensa tiene las siguientes características: uso amplio, máquina multiusos, puede exprimir higuera y otros tipos de productos como maní, lino, sésamo, colza, aceite de girasol, semilla de algodón, soja y otros.

El equipo asegura un de aceite puro y de calidad. El concepto es novedoso y electromecánico, el diseño es proyectual, la estructura es razonable, la operación es simple, la seguridad es estable y se utiliza el dispositivo totalmente semiautomatizado. Tarda solo unos minutos desde la alimentación hasta el producto terminado.

1.1 INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

ADVERTENCIA - LEER ANTES DE TRABAJAR CON ESTA MÁQUINA

Fallos en las observaciones de las siguientes instrucciones pueden ocasionar lesiones en el personal o daños en la máquina.

- No utilizar la máquina sin una toma de tierra apropiada para eliminar peligros de choque eléctrico.
- Las puertas de los armarios eléctricos deben estar cerradas y bloqueadas.
- Abrir las puertas supone exponerse a voltajes peligrosos.
- Cuando la máquina está siendo reparada la tensión debe estar desconectada.
- No poner jamás las manos u objetos sobre la máquina cuando esté en funcionamiento.
-

ES RESPONSABILIDAD DEL USUARIO EL ESTAR SEGURO DE QUE LA MAQUINARIA ESTÁ EN PERFECTAS CONDICIONES DE SEGURIDAD EN TODO MOMENTO Y QUE EL OPERARIO CUMPLA TODAS LAS NORMAS DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO APROPIADAS QUE SE INDICAN EN EL MANUAL.

2. DESCRIPCIÓN

2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

A continuación, se describen las características de los diferentes componentes de la máquina.

Dispone de una cajilla donde se guarda la unidad de control de la prensa hidráulica.

Dispone de un tanque donde se guarda el motor y la bomba.

Dispone de un manómetro donde se puede observar la presión entregada por el grupo hidráulico.

Dispone de una válvula estranguladora (reguladora de presión) en la cual podemos calibrar la presión que va a entregar el grupo hidráulico para el trabajo del cilindro.

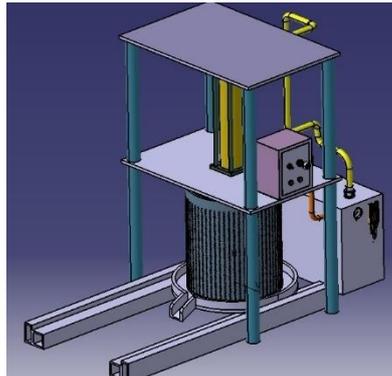


Figura 1. Prensa Hidráulica

Existe una botonera que permite el encendido y la selección de los movimientos de trabajo de la prensa hidráulica.

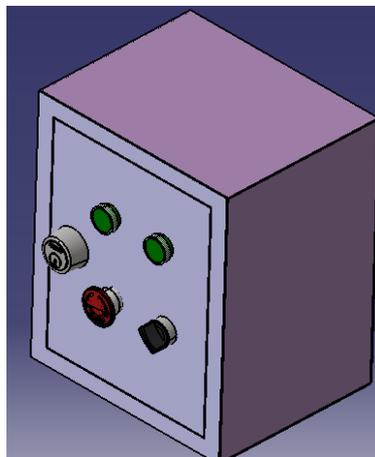


Figura 2. Cajilla

Las características generales de la prensa son:

Alimentación eléctrica 110-120VAC - 60Hz.

Motor eléctrico de 1.7hp

Cilindro hidráulico doble efecto

Capacidad del cilindro hidráulico de 50T

Carrera del cilindro de 51 cm

Presión de operación máxima para el cilindro es de 10000psi (68MPa)

Control de la bomba manual

Volumen utilizable de aceite de 2 gal.

3. INSTALACIÓN

3.1 OBRAS PREVIAS

Se debe disponer de una toma de corriente a 110 VAC con toma de tierra para el buen funcionamiento de la máquina.

Es aconsejable instalar la máquina en una sala con el suelo nivelado, donde no haya grandes diferencias de temperaturas y humedades, buena limpieza, ya que las malas condiciones ambientales pueden repercutir en el correcto funcionamiento y en la vida de la máquina.

4. FUNCIONAMIENTO

4.1 DESCRIPCIÓN

La prensa dispone de un interruptor ON/OFF (Interruptor de muletilla), un pulsador de paro de emergencia, dos pulsadores de posicionamiento (pulsadores verdes)

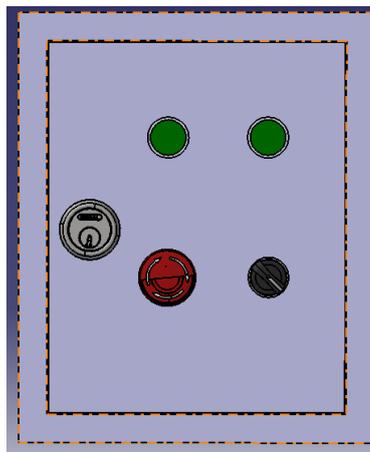


Figura 3. Tablero de Control.

La prensa opera en modo semiautomático.

4.2 PARO DE EMERGENCIA

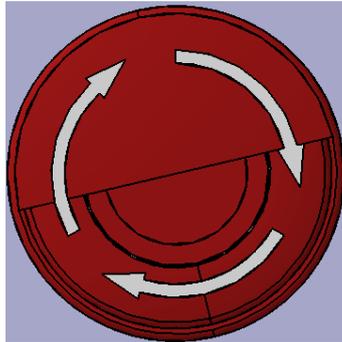


Figura 4. Pulsador de emergencia.

En caso de ser necesario detener la máquina de manera inmediata, la prensa cuenta con un pulsador de paro de emergencia el cual corta el suministro de aceite, de forma inmediata, dejando el cilindro en la posición en que este en ese momento. Para accionarlo basta con oprimirlo, para desactivarlo es necesario girarlo en el sentido que indican las flechas.

5. ENCENDIDO

Cada vez que el usuario desee trabajar con la prensa deberá seguir una secuencia de encendido y ejecutar la operación deseada.

5.1 SECUENCIA DE ENCENDIDO Y APAGADO

Para iniciar asegúrese de tener la maquina conectada a una red de 110V / 50-60Hz. En seguida siga las siguientes instrucciones.

1. Girar el interruptor por muletilla ON/OFF y dejarlo en posición ON.
2. Verificar que la bomba este en modo ON
3. Luego de haber trabajado con el equipo y desea apagarla cerciórese que la banda no esté en movimiento y accione el interruptor ON/OFF dejándolo en posición OFF. De igual forma dejar el interruptor de la bomba en OFF.

6. MANTENIMIENTO GENERAL

El mantenimiento general se refiere a una limpieza básica, revisión de niveles de aceite y a unas rutinas de trabajo con la finalidad de establecer unos hábitos generales para el buen funcionamiento de la prensa.

El operario de la prensa debe ser capaz de observar cambios en el funcionamiento de la prensa, siendo de gran ayuda para describir los fallos.

El mantenimiento general se traduce en:

1. Mantener la prensa limpia.
2. Controlar que el tablero eléctrico y de mando estén limpios y exentos de polvo, grasa o aceite.
3. Comprobar visualmente que los conectores eléctricos, y mangueras hidráulicas estén en buen estado, no presenten golpes, fugas u otros daños.

7. SEGURIDAD

7.1 PRECAUCIONES GENERALES DE SEGURIDAD

Las presentes precauciones de seguridad para esta prensa han sido preparadas para ayudar al operario y al personal de mantenimiento a la puesta en práctica de procedimientos de seguridad en el trabajo. El operario y el personal de mantenimiento deben leer y comprender completamente dichas precauciones antes de la puesta en marcha, puesta a punto, funcionamiento o realización de operaciones de mantenimiento en la máquina.

7.2 SEGURIDAD PERSONAL

Los propietarios de la prensa y su personal de operación, mantenimiento y servicio, deben ser conscientes de que los procedimientos diarios de seguridad son una parte vital de su trabajo. La prevención de accidentes debe ser uno de los principales objetivos de trabajo. Asegúrese que todos los que trabajan para, con o cerca de usted comprenden totalmente y, lo que es más importante, cumplan los siguientes procedimientos y precauciones de seguridad cuando operan con la banda o sus componentes por separado.

Deben evitarse distracciones que pueden dar lugar a situaciones peligrosas para aquellos que trabajan cerca de la prensa.

ATENCIÓN: Lea las precauciones de seguridad pertinentes antes de poner en marcha la máquina. El incumplimiento de las instrucciones de seguridad puede ser causa de lesiones a las personas y/o daños a los componentes de la máquina