

**DISEÑO DE UNA PRENSA TIPO EXPPELLER PARA EL PROCESO DE
EXTRACCIÓN DE ACEITE A PARTIR DE SEMILLAS OLEAGINOSAS,
MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE INGENIERÍA INVERSA**

ANDERSON YADILTHON ARCE GUZMÁN

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2015**

**DISEÑO DE UNA PRENSA TIPO EXPPELLER PARA EL PROCESO DE
EXTRACCIÓN DE ACEITE A PARTIR DE SEMILLAS OLEAGINOSAS,
MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE INGENIERÍA INVERSA**

ANDERSON YADILTHON ARCE GUZMÁN

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

ASESOR

JULIO CÉSAR BETANCOURT PRISCO

COASESOR

LUIS SANTIAGO PARÍS LONDOÑO

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN**

2015

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	8
2. JUSTIFICACIÓN.....	9
2.1 Impacto académico	9
2.2 Impacto socio-económico.....	9
3. ALCANCE DEL PROYECTO	11
4. OBJETIVOS	12
4.1 Objetivo general	12
4.2 Objetivos específicos	12
5. MARCO TEÓRICO	13
5.1 Sacha inchi.....	13
5.2 Higuierilla	15
5.3 procesos para la extracción de aceite	16
5.3.1 Extracción con agua	16
5.3.2 Extracción con enzimas	17
5.3.3 Extracción con solventes	17
5.3.4 Extracción mecánica.....	18
5.3.5 Prensa tipo Ram	20
5.3.6 Prensa tipo Expeller.....	21
5.4 Ingeniería inversa.....	22
5.4.1 Ventajas de la ingeniería inversa	25
5.4.2 Usos generales de la ingeniería inversa	25

5.4.3 Consejos al momento de realizar la ingeniería inversa de un objeto	26
5.5 Proceso del costeo de un proyecto	26
6. DESARROLLO INGENIERIA INVERSA	28
6.1 Toma de datos y geometría de la prensa	28
6.2 Modelación 3D prensa actual	32
6.3 Generación de ideas para el mejoramiento de la prensa	35
6.4 Modelación 3D, planos de taller y ensamble del nuevo diseño	36
7. PROCESO DE COSTEO DEL NUEVO DISEÑO	40
8. CONCLUSIONES	48
9. TRABAJO A FUTURO	49
10. BIBLIOGRAFÍA	50

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Nombres de piezas que componen la prensa	29
Tabla 2 Selección de proveedor y procesos que se realizan a los diferentes componentes	44
Tabla 3 Discriminación costos prensa actual	45
Tabla 4 Discriminación costos prensa nuevo diseño.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Planta (izq) y semillas de sachu inchi (der)	14
Figura 2 Planta (izq) y semillas de higuera (der).....	15
Figura 3 Extracción con Soxhlet	18
Figura 4 Prensa Ram.....	21
Figura 5 Esquema de prensa tipo Expeller	21
Figura 6 Prensa armada sin tornillo	30
Figura 7 Ensamble tornillo en prensa	30
Figura 8 Toma de medidas con Flexómetro	30
Figura 9 Desensamble de discos del barrel	31
Figura 10 Barrel desensamblado	31
Figura 11 Medición calibre de lámina	31
Figura 12 Medición pasó tornillo	32
Figura 13 Medición de diámetro.....	32
Figura 14 Vista en isométrico ensamble prensa	33
Figura 15 Vista en elevación ensamble prensa.....	33
Figura 16 Vista en planta ensamble prensa	33
Figura 17 Vista en isométrico tornillo sin fin	34
Figura 18 Vista en isométrico barrel completo	34
Figura 19 Vista frontal barrel completo	34
Figura 20 Vista en isométrico detalle interno de barrel	35
Figura 21 Vista en isométrico tolva de alimentación	35
Figura 22 Vista en isométrico ensamble completo nuevo diseño de prensa	37
Figura 23 Vista en elevación ensamble completo nuevo diseño de prensa	37
Figura 24 Vista en planta ensamble completo nuevo diseño de prensa.....	37
Figura 25 Vista en elevación ensamble nuevo diseño de prensa.....	38
Figura 26 Vista en isométrico detalle cierre clamp	38
Figura 27 Vista en elevación detalle cierre clamp	38

Figura 28 Vista en isométrico modificación chasis prensa39

Figura 29 Vista en elevación detalle sistema antivibratorio y autonivelante39

Figura 30 Porcentaje costos prensa actual45

Figura 31 Porcentaje costos prensa nuevo diseño46

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto se encuentra enmarcado en una investigación que se realizó al interior de la universidad EAFIT llamada “Investigación técnico social de las oleaginosas promisorias Higuera y Sacha Inchi con miras a su desarrollo agroindustrial en el Bajo Cauca Antioqueño”. En el cual se realizó el diseño y costeo de una prensa tipo expeller para el proceso de extracción de aceite a partir de dichas semillas mediante la metodología de ingeniería inversa con la intención de maximizar la extracción de aceite.

Para adquirir el conocimiento de este tipo de prensas se investigó los diferentes métodos de extracción de aceite de semillas oleaginosas, como lo son la extracción por medio del agua, la extracción química (enzimas y solventes) y la extracción mecánica (prensa tipo Ram y Expeller). Adicionalmente se profundizó en el estudio de prensas tipo Expeller que se usan para la producción de aceites y se adaptaron los conocimientos útiles al nuevo diseño. Posteriormente se realizó el levantamiento de información de un modelo físico de una prensa Expeller que fue importada desde el Brasil y que se encuentra en la universidad EAFIT, tomando como referencia estos datos se generó un modelo 3D el cual fue objeto de rediseño, con el fin de facilitar la extracción de aceite mediante el pretratamiento efectuado a las semillas (aumento de temperatura) para así obtener mayor cantidad de aceite extraído.

Finalmente se entregaron los planos del nuevo diseño, y con ellos se investigó el costo de fabricación de esta prensa en el valle del Aburrá con diferentes proveedores, buscando minimizar el costo de adquisición de este equipo en esta región, además de obtener una garantía, respaldo y mantenimiento rápidamente en el momento que se requiera.

2. JUSTIFICACIÓN

Se tiene una prensa mecánica continua de tornillo (Expeller) de origen brasileño, a esta se busca mejorarle el porcentaje de aceite extraído, por lo que una manera para maximizar la capacidad de extracción es necesario precalentar las semillas oleaginosas, además es posible que se minimice el desgaste del equipo.

Se pretende por medio de la investigación y la aplicación de conceptos aprendidos a través de la formación universitaria, llevar a cabo el rediseño de este equipo; pasando primero por la obtención de datos del modelo físico y la generación de ideas para mejorar el diseño, posteriormente realizar la nueva propuesta del equipo cumpliendo con la premisa de obtener una mayor cantidad de aceite extraído, evaluar su posible fabricación e investigar el costo de adquisición del mismo fabricado en Antioquia, además en el proceso obtener el conocimiento de este tipo de equipos.

2.1 Impacto académico

En la realización de este proyecto se aplicaran conceptos aprendidos a lo largo de las asignaturas, tales como: diseño mecánico, dibujo técnico, diseño de máquinas, costos, procesos de manufactura, materiales y transferencia de calor. Además se podrán profundizar y adquirir nuevos conocimientos de las asignaturas antes mencionadas puesto que son las que más alto impacto presentan en este proyecto, permitiendo así encontrar una solución más coherente y adecuada para generar los cambios en el diseño de la prensa.

2.2 Impacto socio-económico

Al variar:

- ✓ Especificaciones de acabados de materia prima (inoxidable 304: 2B, tipo1).
- ✓ Procesos de fabricación de piezas o elementos.
- ✓ La inclusión de un sistema de calentamiento de los granos.
- ✓ Especificaciones de materiales que sean más comerciales o estándar en el valle de Aburra.
- ✓ Fabricación de piezas o elementos por medio de diferentes proveedores.

Implicaría:

- ✓ Un impacto en la reducción de los costos, dado que para las empresas algunos procesos pueden ser más económicos que en otras, el tipo de acabado de materia prima influye drásticamente en el precio de esta, porque si el acero inoxidable es de acabado 2B en lugar de tipo1 el costo incrementa y puede llegar a duplicarse, algunos materiales puede ser que se encuentren de manera más comercial que otros, por lo que se puede ofrecer una opción más económica para empresas de manufactura de aceite en el costo de adquisición de la prensa.
- ✓ Adquisición de conocimiento para la región, puesto que para un proyecto de este tipo, requiere que sea explicado al proveedor local lo que se pretende realizar, además de que este proyecto de grado es público y cualquier persona podría consultarlo.
- ✓ Se generaría empleo para la producción de estos equipos en el valle de Aburra.
- ✓ Mayor cantidad de aceite extraído de los granos de las semillas al incluir un sistema de calentamiento y posiblemente generar menos desgaste en los elementos de la prensa.

3. ALCANCE DEL PROYECTO

En este proyecto se pretende rediseñar y costear una prensa de grano agroindustrial contemplando los siguientes ítems:

- I. Proponer un sistema de calentamiento, que sea acoplable fácilmente, ya sea en el tambor de extracción o en la tolva de alimentación de la prensa, además que este sistema tenga la opción de desmontarse en el momento en que no se necesite.
- II. Mejora del modelo actual de prensa, generando así facilidad de accionamiento y mantenimiento por parte del operario, rediseño de algunos componentes para que la adquisición de estas en el valle del aburra sea viable, teniendo en cuenta las condiciones específicas para el procesamiento de semillas de sachá e higuierilla.
- III. Ingeniería de detalle del viejo y el nuevo diseño de la prensa (planos, modelo 3D).
- IV. Análisis de costos de fabricación teniendo en cuenta los diferentes proveedores locales.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Desarrollar, a partir de un modelo físico de una prensa tipo Expeller y mediante la metodología de ingeniería inversa, el diseño de detalle 3D mejorado y el costeo de una prensa del mismo tipo fabricada en Antioquia.

4.2 Objetivos específicos

Etapa 1 (investigación)

- i. Realizar la toma de dimensiones y geometría del diseño actual del equipo.
- ii. Establecer los fundamentos para desarrollar coherentemente el proyecto a través de la investigación, recopilación e interpretación de la información encontrada.
- iii. Plantear soluciones desde el punto de vista de ingeniería para una prensa tipo *Expeller* para mejorar el rendimiento medido en cantidad de aceite extraído.

Etapa 2 (desarrollo)

- i. Generar un modelo CAD 3D, planos de ensamble y planos de taller del nuevo diseño que contemple el tipo de necesidades a cumplir que exige el proyecto.
- ii. Investigar que costo tendría fabricar este nuevo diseño del equipo a nivel local.

5. MARCO TEÓRICO

Las semillas oleaginosas son aquellas que poseen en su interior cierto tipo de aceites y grasas monoinsaturadas y poliinsaturadas que carecen de colesterol y son beneficiosas para la salud. Algunas semillas oleaginosas son las siguientes: ajonjolí, girasol, nueces, almendras, cacahuates, linaza, calabaza, sacha inchi, canola, higuera, entre otras.

Hace tiempo se pensaba que su consumo era malo para la salud porque hacían subir de peso, pero hoy en día se ha descubierto que traen beneficios a la salud si se consumen en dosis moderadas (40 gramos equivalentes a cucharadas al día recomendada por la administración de alimentos y medicinas), puesto que contienen tres elementos claves para nuestra nutrición como lo son: hidratos de carbono, proteínas y grasa monoinsaturada y un poco poliinsaturada, además estas al contener aceite omega 3 que en conjunto con la grasa monoinsaturada, promueven la salud del corazón. (ALTONIVEL, 2012)

A continuación se exponen lo que son las semillas de sacha inchi e Higuera, puesto que son las semillas de interés para el proceso de extracción de aceite en este proyecto.

5.1 SACHA INCHI

Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.), se conoce también en Perú como Maní del Inca, Maní del Monte o Yuchi (Egg, 1999), es una planta perteneciente a la familia Euphorbiaceae (HAMAKER, y otros, 1992). El lugar donde más se puede encontrar esta planta es en las laderas orientales de los andes en el norte de Perú y en la región amazónica, crece en altitudes entre los 200 y 1500msnm. Los nativos peruanos, han utilizado el aceite proveniente de sus semillas, para la preparación de diferentes tipos de bebidas y comidas. (Follegatti-Romero, Piantino, Grimaldi, & Cabral, 2009) (Guillén,

Ruiz, Cabo, Chirinos, & Pascual, 2003) Puesto que su consumo tiene unos beneficios nutricionales muy altos.



Figura 1 Planta (izq) y semillas de sacha inchi (der)

(sachainchioil, 2015) (Granados , 2012)

La semilla de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) es una gran fuente de proteína y ácidos grasos no saturados que ofrecen múltiples beneficios al consumo humano. Contiene aproximadamente 48% de contenido de aceite y 27% de contenido proteínico, el cual es rico en cisteína, tirosina, treonina y triptófano (Guillén, Ruiz, Cabo, Chirinos, & Pascual, 2003) Las semillas de Sacha inchi poseen una composición única de contenido de ácido grasos no saturados (cerca del 85% de poliinsaturación), estos aceites esenciales de omega 6 y omega 3 ofrecen beneficios importantes nutricionales y para la salud, ya que proveen protección contra enfermedades cardiovasculares (Guillén, Ruiz, Cabo, Chirinos, & Pascual, 2003) la artritis reumatoide, el cáncer y, posiblemente, la gravedad de infecciones virales. (Fernandes & Venkatraman, 1993)

En Colombia, *Plukenetia volubilis* L. se encuentra en estado silvestre en diferentes lugares de la Orino-Amazonía y en el Pacífico donde crece a altitudes entre 100 y 1500m. Esta crece fácilmente en altitudes bajas sobre el nivel del mar, y temperaturas relativamente altas, (45°C). Capaz de soportar precipitaciones de 1600 mm (Mejía Rivera, 2008) de lluvias y se estima una producción anual de 3200 Kg/ha (Triana, 2014)

Aunque el cultivo de Sacha Inchi ha estado en peligro de extinción, existen actualmente diversos proyectos en curso, desarrollados por universidades, industrias e instituciones

para su avance, debido a que es considerada como semilla promisoría en la industria alimenticia y el uso farmacéutico.

5.2 HIGUERILLA

La higuierilla (*Ricinus communis* L.), también conocido como planta de aceite de castor, es una especie perteneciente a la familia Euphorbiaceae (Ross, 2005). Es un árbol o arbusto de zonas tropicales y subtropicales. Esta se recomienda ser cultivada a altitudes que no sobrepasen los 1500msnm con suelos fértiles, no alcalinos, ni salinos y drenados para que su desempeño sea el más óptimo. Capaz de soportar precipitaciones de 200 a 4290 mm de lluvias anuales, y temperaturas entre los 7 y los 27.8 °C. Un buen crecimiento se lleva a altas temperaturas, esta tolera las sequías y es muy vulnerable a las heladas lo que la lleva a la muerte (Perea-Flores, y otros, 2011).



Figura 2 Planta (izq) y semillas de higuierilla (der)

(Garces S, 2010); (Belov, 2005)

La higuierilla tiene un contenido de aceite, que va desde el 35% al 55% de aceite por masa, lo cual hace que se considere como una fuente importante de aceite (Chen, He, Liao, & McKeon, 2004). El aceite de higuierilla o aceite de castor como se le conoce comúnmente, tiene diferentes usos, puesto que presenta concentraciones de hasta un 90% de aceite ricinoleico, el cual se usa en productos como, barnices, pinturas, polímeros sintéticos (tipo nylon), fungicidas, medicamentos cosméticos, fluidos hidráulicos y lubricantes de alta calidad (Perea-Flores, y otros, 2011), además sirve

como aditivo para la producción de biocombustible, puesto que ayuda a reducir las emisiones de azufre. (Perea-Flores, y otros, 2011).

5.3 PROCESOS PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE

El arte de la extracción de aceite es muy antiguo, a través del tiempo los aceites provenientes de semillas oleaginosas de distintas clases han tenido diferentes usos y aplicaciones, también se han creado diversos métodos para la extracción del mismo, sin embargo un paso básico para esta extracción es la trituración de la semilla. (Putten, y otros, 2010). Actualmente la extracción de aceite para los diferentes tipos de semillas sin importar las características específicas de estas se lleva a cabo con equipos genéricos.

En general, la extracción mecánica por medio de prensas tipo Ram o Expeller y la extracción con solventes como el hexano y la bencina, son los métodos que predominan actualmente. Por medio de la extracción mecánica de aceite se logran porcentajes de entre el 90% y el 95%, (Putten, y otros, 2010) mientras que en la extracción con solventes porcentajes cercanos al 99%. (Ofori-Boateng, Keat Teong, & JitKang, 2012)

Además de los métodos expuestos en este documento, existen otros tales como: extracción con microondas, por partición trifásica, por ultrasonido, con solventes verdes o la combinación de algunos métodos, entre otros. (Nazir, y otros, 2009)

5.3.1 Extracción con agua

La extracción con agua (*Aqueous Oil Extraction*, AOE), es un método en el cual se procede a retirar la cáscara del albumen cuidadosamente, posteriormente se procede a extraer el aceite realizando una solución a cierta temperatura del albumen y agua destilada que se agita constantemente un tiempo y una velocidad de rotación específica

(aproximadamente 100 rpm), al final se realiza un centrifugado que separa el aceite del agua. (Nazir, y otros, 2009).

5.3.2 Extracción con enzimas

Este proceso es muy similar a la extracción de aceite con agua, solo que a la solución, después de regular el PH, se la agregan una mezcla enzimas como la lipasa, celulosa, ultra SP-L, promozima. (Nazir, y otros, 2009).

Cabe anotar que mediante este método, usando enzimas acuosas y bajo unas condiciones de operación optimas, algunos autores afirman que se puede extraer hasta el 75% del aceite presente en la semilla. (Tambunan, Situmorang, Silip, Joelianingsih, & Araki, 2012). Hoy en día algunas industrias utilizan este método para la extracción de aceite mediante el uso de digestores. (Ofori-Boateng, Keat Teong, & JitKang, 2012)

5.3.3 Extracción con solventes

Se define como el acto de separar una mezcla con un líquido solvente debido a la diferencia de solubilidad, dejando el resto de esta intacta. (EPA, 1996)

Normalmente, este proceso se lleva a cabo con un equipo *Soxhlet* como el que se muestra en la ilustración 3, y solventes como hexano, bencina, acetona, tolueno, etanol, entre otros (Giraldo, Velásquez Jiménez, & Cuartas Zapata, 2010). De estudios realizados se evidencia que el hexano como solvente es el que mayor eficiencia de extracción produce, con un valor cercano al 99% (Tambunan, Situmorang, Silip, Joelianingsih, & Araki, 2012). Aun así es un proceso que requiere un tiempo demasiado elevado con respecto a la extracción mecánica, además de generar compuestos orgánicos volátiles y problemas de salud a quienes realizan este proceso (Ofori-Boateng, Keat Teong, & JitKang, 2012). Además este proceso es complicado ejecutarlo a pequeña escala, puesto que se usan equipos y productos químicos especializados que en Colombia presentan restricciones legales para conseguirlos.

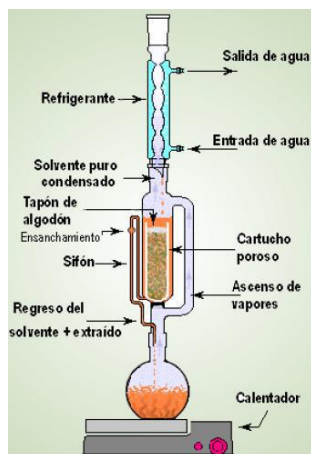


Figura 3 Extracción con Soxhlet
(procesosbio, 2012)

5.3.4 Extracción mecánica

La extracción mecánica de aceite es un proceso que se conoce hace varios siglos, hoy en día se realiza a través de máquinas con diferentes aplicaciones tecnológicas, en las que el propósito es aplicar una presión sobre las semillas oleaginosas para extraer su aceite. La selección del tipo de máquina a usar depende de, los costos, la producción que se desea, la calidad del aceite a extraer, entre otros. (Putten, y otros, 2010).

Existen variables relacionadas que afectan de manera directa el porcentaje de extracción de aceite, como los parámetros de operación, el diseño del equipo, y los pretratamientos que se le efectúan a las semillas. (Putten, y otros, 2010).

Actualmente las maquinas que se utilizan para la extracción de aceite son las prensas tipo *Ram* o *Expeller*. Las tipo *Ram* constan de un cilindro y un pistón en las que se aumenta la presión hasta extraer el aceite; y las tipo *Expeller* se conforman con un tornillo y una camisa, en las que a medida que avanza el tornillo las semillas llegan a un restricción en la que aumenta la presión y provoca la salida del aceite. (Putten, y otros, 2010).

En las prensas tipo *Expeller* el porcentaje de extracción y la calidad del aceite varía de acuerdo a diferentes aspectos como: la velocidad de rotación a la que trabaja el tornillo, la geometría de este y la camisa, el contenido de cáscaras, contenido de humedad y temperatura de entrada a la máquina de las semillas, entre otras. (Putten, y otros, 2010).

Parámetros que afectan la calidad del aceite:

- ✓ El alto contenido de humedad de los granos provoca un aumento en la formación de ácidos grasos libres. (Putten, y otros, 2010)
- ✓ Si la temperatura de las semillas sobrepasa cierto límite, ocurre un aumento en la formación de fósforo, y si este es muy alto se debe realizar un proceso de neutralización. Pero también para extraer mayor cantidad de aceite se debe tener una temperatura mayor a la del ambiente, la cual se puede controlar por medio de resistencias que precalienten las semillas y la fricción generada al interior de la camisa de la prensa (Putten, y otros, 2010)
- ✓ Un alto contenido de cáscaras, conlleva al aumento de presión, fricción y temperatura en la prensa lo que genera una demanda mayor de energía para el funcionamiento del equipo, disminuye la calidad del aceite y el porcentaje de extracción, además de generar impurezas como partículas sólidas. (Bamgboye & Adebayo, 2012)

Parámetros que afectan la cantidad de aceite extraído:

- ✓ La capacidad de procesamiento del equipo, entendida como la cantidad de grano procesada por unidad de tiempo. Si se aumenta este parámetro, sin variar los parámetros que afectan la calidad del aceite, claramente se puede evidenciar una menor tasa de extracción, esto se debe a que hay una reducción en el tiempo de prensado del equipo, en las prensas tipo expeller se puede controlar con las rpm de operación y la geometría de la máquina. (Putten, y otros, 2010).

- ✓ La presión que provoca la salida del aceite, este parámetro varía de acuerdo a las condiciones de las semillas, como: el tipo de semillas, la cantidad de cáscara, la humedad que contienen y la temperatura a la que se realice la extracción, si la presión de operación es alta, se espera una mayor cantidad de aceite extraído, sin embargo aumenta las impurezas como las partículas sólidas. (Putten, y otros, 2010)

5.3.5 Prensa tipo Ram

Las prensas tipo *Ram* suelen ser de bajas capacidades, generalmente manuales y realizan producción por pequeñas cantidades, además el proceso se realiza por baches. Están compuestas básicamente por un pistón y una camisa que sirven para prensar las semillas y extraer el aceite. Normalmente estas prensas se usan en zonas rurales debido a que generalmente no se necesita energía eléctrica para su operación; la extracción de aceite con estas no es la óptima puesto que el prensado se realiza en frío o con temperaturas inferiores a los 60°C y depende de la presión que ejerza el operario en ella. (Putten, y otros, 2010).



Figura 4 Prensa Ram

(The Schumacher Centre for Technology and Development, 2008)

5.3.6 Prensa tipo Expeller

En términos generales, este tipo de prensas funcionan de manera continua y generan alta presión que extraen el aceite en un solo paso. El proceso se realiza de la siguiente manera:

Las semillas son introducidas en una tolva, El tornillo sin fin o husillo, gira dentro de una camisa, el cual transporta y muele las semillas reduciendo el espacio libre entre estas hasta la boquilla o cabezal, lugar donde se estrangulan y se ejerce la máxima presión, lo cual provoca la salida del aceite que fluirá por el espacio entre el husillo y la camisa hasta encontrar las ranuras de salida. (Putten, y otros, 2010)

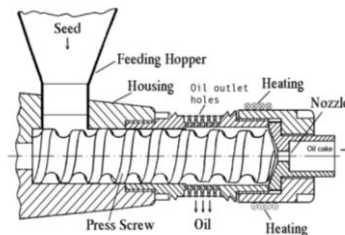


Figura 5 Esquema de prensa tipo Expeller

(Ferchau, 2000)

Los tipos de prensas *Expeller* más comunes son las de tipo cilindro agujereado y tipo filtro. Las de tipo cilindro agujereado consisten básicamente en que el aceite fluye a través de unos agujeros que están presentes en una parte de la camisa antes de la zona de calentamiento o entre dos zonas de calentamiento. Por lo general se usan para producción de hasta 200 Kg/h de grano. A estas se le puede adaptar zonas de calentamiento si así lo requiere el proceso, además de poderse adaptar a diferentes tipos de semillas al cambiar la velocidad de rotación de operación y el diámetro de la boquilla. (Putten, y otros, 2010)

Las prensas tipo filtro, tienen un filtro para la salida del aceite en toda la longitud de la camisa. El filtro consiste en una jaula cilíndrica compuesta de barras horizontales o anillos verticales dispuestos a manera de dejar pequeños espacios entre ellos, el espaciamiento puede ser fijo o ajustable. El diámetro del tornillo se hace más grande conforme va alcanzando la salida, para que así se incremente la presión a medida que la semilla avanza dentro de la camisa. Estos pueden fabricarse de una sola pieza, con cambios de sección teniendo como propósito crear varias etapas de compresión. También se puede fabricar en sub-secciones con diferentes tamaños y formas, con el propósito de dar una mayor flexibilidad al equipo. Este tipo de prensas tiene una capacidad de producción que va desde los 15 kg/h hasta las 10 ton/h de grano. (Putten, y otros, 2010)

5.4 INGENIERÍA INVERSA

La ingeniería inversa es una técnica que se basa en el análisis y la recreación del diseño de un producto partiendo de objetos físicos con el fin de copiarlo o mejorarlo.

Dicho de otra manera consiste en desensamblar los objetos, estudiar y analizar sus piezas, mecanismos y las funciones que los diferentes elementos realizan en el interior del objeto, lo anterior con el propósito de obtener conocimientos que ayuden al desarrollo del nuevo diseño que se desea realizar. (Valenzuela, Urrutia, & Moya)

También se conoce como ingeniería inversa el proceso de duplicación de un componente, subconjunto, o un producto ya existente, sin la ayuda de dibujos, documentación, o modelo 3D de la computadora. (DRM Associates, 2010)

La ingeniería inversa se puede ver como el proceso de análisis de un sistema para:

- ✓ Identificar los componentes del sistema y sus interrelaciones
- ✓ Crear representaciones del sistema en otra forma o un mayor nivel de detalle
- ✓ Crear la representación física de ese sistema

La ingeniería inversa es muy común en campos tan diversos como la ingeniería de software, entretenimiento, automotriz, productos de consumo, los microchips, los productos químicos, la electrónica y los diseños mecánicos. Por ejemplo, cuando una nueva máquina viene al mercado, fabricantes competidores pueden comprar una máquina y desmontarlo para aprender cómo se construye y cómo funciona. Una empresa química puede utilizar la ingeniería inversa para derrotar a una patente sobre el proceso de fabricación de un competidor. En ingeniería civil, diseño de puentes y edificios se copian de los éxitos del pasado por lo que habrá menos posibilidades de una falla catastrófica. En la ingeniería de software, buen código fuente es a menudo una variación de otro código de buena fuente. (DRM Associates, 2010)

Otra razón para la ingeniería inversa es comprimir los tiempos de desarrollo de productos. En el mercado global altamente competitivo, los fabricantes están buscando constantemente nuevas formas de acortar los plazos de entrega al mercado de un nuevo producto. El rápido desarrollo de productos (RPD) se refiere a las tecnologías y técnicas de reciente desarrollo que ayudan a los fabricantes y diseñadores en el cumplimiento de las exigencias de reducción del tiempo de desarrollo de productos. Por ejemplo, las empresas de moldeo por inyección deben reducir el desgaste de la herramienta y los tiempos muertos de desarrollo. Mediante el uso de ingeniería inversa,

un producto o modelo tridimensional se pueden capturar con rapidez en forma digital, remodelarlo, y exportarlo para el prototipado rápido. (DRM Associates, 2010)

Las siguientes son razones para la ingeniería inversa de una pieza o producto:

- ✓ El fabricante original de un producto ya no produce un producto
- ✓ No existe documentación adecuada del diseño original
- ✓ El fabricante original ya no existe, pero un cliente necesita el producto
- ✓ La documentación de diseño original se ha perdido o nunca existió
- ✓ Algunas de las características de un producto deben ser rediseñados. Por ejemplo, el desgaste excesivo podría indicar que este elemento debe mejorarse.
- ✓ Analizar las características de productos competidores
- ✓ Explorar nuevos diseños para mejorar el rendimiento y las características del producto
- ✓ El modelo CAD original no es suficiente para soportar modificaciones o los métodos de fabricación actuales
- ✓ El proveedor original no puede proporcionar piezas adicionales
- ✓ Los fabricantes de equipos originales no quieren o no pueden suministrar piezas de repuesto.

- ✓ Actualización de los materiales obsoletos o procesos de fabricación con tecnologías anticuadas por tecnologías más actuales, menos costosas. (DRM Associates, 2010)

5.4.1 Ventajas de la ingeniería inversa

- ✓ En primer lugar genera un acercamiento al objeto y/o sistemas que no se conocen al detalle.
- ✓ Analizar la tecnología usada en la manufactura del objeto, y deducir si se usaron tecnologías convencionales o nuevas, incluso ver si es posible hacerlo con otros métodos.
- ✓ Detectar posibles fallas de diseño y tomar las medidas necesarias para no replicarlas en el nuevo objeto.
- ✓ Saber que nuevos materiales usar, que sean económicos y den mejores prestaciones al objeto para ahorrar tiempo y dinero en futuros mantenimientos o recambio de partes.
- ✓ Averiguar cuántas etapas o partes se usaron en el desarrollo del objeto y ver si es posible minimizarlas. (Valenzuela, Urrutia, & Moya)

5.4.2 Usos generales de la ingeniería inversa

- ✓ Esta suele ser usada por las empresas, en la investigación de productos de empresas rivales para analizar si estas copian las patentes de sus productos.
- ✓ También por parte de las empresas rivales para realizar una copia mejorada del producto, procurando no usar patentes existentes.

- ✓ Normalmente, la ingeniería inversa se usa en el área militar, generando copias de las tecnologías usadas por otros países, y así evitarse la tarea de comprar planos, ni detalles para la fabricación.

5.4.3 Consejos al momento de realizar la ingeniería inversa de un objeto

- ✓ Trabajar ordenadamente.
- ✓ Tomar notas de los pasos de desensamble para posteriormente ensamblar el objeto nuevamente.
- ✓ Tomar notas de los conceptos o tecnologías analizadas o descubiertas.
- ✓ Proceder al desensamble del objeto en una superficie limpia, despejada de otros objetos y ordenada, para evitar la pérdida de piezas u orden de las mismas al momento de ensamblar
- ✓ Llevar registro en video del desensamble de las partes del objeto,
- ✓ El lugar de trabajo debe ser tranquilo y sin distracciones para trabajar con una mayor concentración. (Valenzuela, Urrutia, & Moya)

5.5 PROCESO DEL COSTEO DE UN PROYECTO

El costeo del proyecto es el proceso de analizar un proyecto con los componentes de una actividad de negocios para poder descubrir cuál es el costo de todos sus elementos. El costeo es unir costos específicos a las variables apropiadas en la actividad y no es lo mismo que calcular un estimado. La estimación es la proyección de costos utilizando datos disponibles. Estos dos cálculos son la base de la mayoría de las decisiones fundadoras de proyectos que los negocios hacen, así que el proceso de costeo es frecuentemente vital para la estrategia. (Lacoma, 2013).

Un método de costeo común es identificar los costos como:

- ✓ Mano de obra directa: Es la suma de los costos de las horas hombre requeridas para realizar el proyecto.
- ✓ Materiales directos: Es la suma del valor de los materiales que componen el equipo, son evidentes en el producto y fáciles de identificar; cabe anotar que se debe prever que hay desperdicios por los diferentes procesos a los que se sometan.
- ✓ Materiales indirectos: Son materiales consumibles, o que se usan en poca cantidad, que se requieren para la ejecución del proyecto.
- ✓ Costos indirectos de fabricación: Normalmente es la suma de los costos de los servicios como agua, luz, teléfono, internet, arrendamiento, transporte, ayudas mecánicas (montacargas, PH) que se requieren para el desarrollo del proyecto.
- ✓ Imprevistos: Normalmente se calcula con un porcentaje del 5% a 10% de la suma de los materiales directos.
- ✓ AIU: Son los costos de administración, impuestos y utilidad que se le adjudican al proyecto. Normalmente es un porcentaje de la suma de todos los costos anteriores.

Realizar la suma de todos los costos anteriormente descritos y así obtener la información del costo total que el proyecto tendrá. (Lacoma, 2013).

6. DESARROLLO INGENIERIA INVERSA

6.1 TOMA DE DATOS Y GEOMETRÍA DE LA PRENSA

El proceso que se llevó a cabo para la toma de dimensiones y geometría de la prensa tipo *Expeller* que se encuentra en la universidad EAFIT fue el siguiente:

Se procedió a tomar fotos de la prensa ensamblada, posteriormente se realizó el desensamble ordenadamente teniendo en cuenta el orden de desensamble y posición que ocupan los diferentes elementos en la prensa, se tomaron fotos a cada una de las piezas que componen la prensa, se le asignó un nombre adecuado a cada una de estas y posteriormente se adquirieron las dimensiones y geometrías y especificaciones de materiales de las diferentes piezas. Luego se ensamblo la prensa y se dejó ordenadamente en el sitio donde originalmente se encontraba.

Los elementos usados para la toma de dimensiones y geometrías fueron el calibrador pie de rey, micrómetro, flexometro, galgas de radios, goniómetro, transportador y escuadra.

Los nombres que se le asignaron a las piezas que componen la prensa y el material del que están hechas cada una de estas son los que aparecerán en la siguiente tabla:

ITEM	NOMBRE DE LA PIEZA	MATERIAL
1	PLATINA ANCLAJE PRENSA	INOXIDABLE 304
2	PARTE SUPERIOR TOLVA	INOXIDABLE 304
3	PARTE INFERIOR TOLVA	INOXIDABLE 304
4	CANAL GUIA PARA LAMINA CIERRE DE TOLVA	INOXIDABLE 304
5	CUÑERO TORNILLO	INOXIDABLE 304
6	AGARRADERA GUARDA	INOXIDABLE 304
7	DISCO DE BARREL	INOXIDABLE 420, TEMPLADO A 45 RWC
8	EJE ENSAMBLE BARREL	INOXIDABLE 304
9	EJE ESTRUCTURAL	INOXIDABLE 304

10	GUIA LAMINA DESCARGA 1	INOXIDABLE 304
11	GUIA LAMINA DESCARGA 2	INOXIDABLE 304
12	LAMINA 2 CUNETETA DESCARGA 2 MESA	INOXIDABLE 304
13	LAMINA ACOUPLE TOLVA 1	INOXIDABLE 304
14	LAMINA ACOUPLE TOLVA 2	INOXIDABLE 304
15	PLACA ESTRUCTURAL POSTERIOR	INOXIDABLE 304
16	PLACA ESTRUCTURAL	INOXIDABLE 304
17	LAMINA CIERRE TOLVA	INOXIDABLE 304
18	LAMINA CUNETETA DESCARGA 2 MESA	INOXIDABLE 304
19	LAMINA DESCARGA 2 MESA	INOXIDABLE 304
20	LAMINA DESCARGA MESA	INOXIDABLE 304
21	LAMINA MESA	INOXIDABLE 304
22	PARTE 1 GUARDA 1	INOXIDABLE 304
23	PARTE 1 GUARDA 2	INOXIDABLE 304
24	PARTE 2 GUARDA 1	INOXIDABLE 304
25	PARTE 2 GUARDA 1	INOXIDABLE 304
26	PATA MESA PRENSA	INOXIDABLE 304, PTS DE 50x50x1,9 mm
27	MATERIAL PLACA PRESION	INOXIDABLE 420, TEMPLADO A 45 RWC
28	REBORDE REJILLA	INOXIDABLE 304
29	SEPARADOR 0.1 MM	INOXIDABLE 304
30	SEPARADOR 0.4 MM	INOXIDABLE 304
31	SEPARADOR RODAMIENTO INOXIDABLE	INOXIDABLE 304
32	SOPORTE BARREL	INOXIDABLE 304
33	TAPA CANAL LAMINA CIERRE TOLVA	INOXIDABLE 304
34	TOPE INOX	INOXIDABLE 304
35	TORNILLO CONTROL DE PRESION	INOXIDABLE 304
36	TUERCA TORNILLO CONTROL DE PRESION	INOXIDABLE 304
37	TORNILLO DE ENSAMBLE	INOXIDABLE 304
38	TORNILLO SIN FIN	INOXIDABLE 420, TEMPLADO A 45 RWC
39	TORNILLERIA INOXIDABLE	INOXIDABLE 304
40	MOTORREDUCTOR	COMERCIAL

Tabla 1 Nombres de piezas que componen la prensa

En las imágenes que se muestran a continuación se ilustra el proceso que se llevó a cabo para la medición de algunas piezas de la prensa.



Figura 6 Prensa armada sin tornillo



Figura 7 Ensamble tornillo en prensa



Figura 8 Toma de medidas con Flexómetro

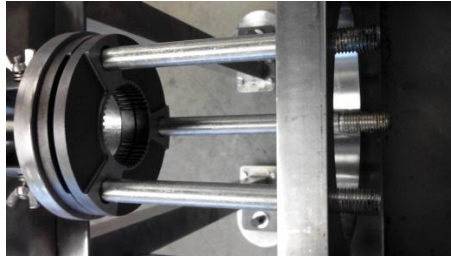


Figura 9 Desensamble de discos del barrel



Figura 10 Barrel desensablado



Figura 11 Medición calibre de lámina



Figura 12 Medición pasó tornillo



Figura 13 Medición de diámetro

6.2 MODELACIÓN 3D PRENSA ACTUAL

Después de obtener todas las dimensiones, geometrías, y materiales de las diferentes piezas de las que está compuesta la prensa se procedió por medio del software CAD, INVENTOR versión 2014 de AUTODESK, generar las diferentes piezas virtualmente asignándole las propiedades de los materiales de los que están compuestas y el ensamble de estas para así obtener el modelo 3D, posteriormente se analizó que mejoras se podrían lograr. A continuación se exponen algunas fotos del modelo 3D generado.

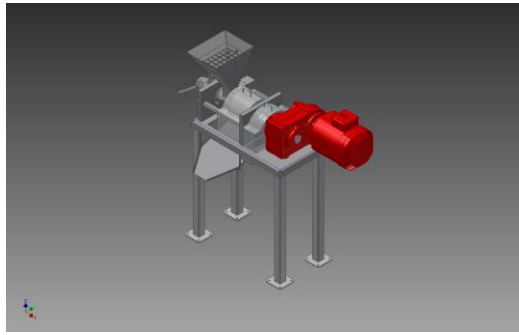


Figura 14 Vista en isométrico ensamble prensa

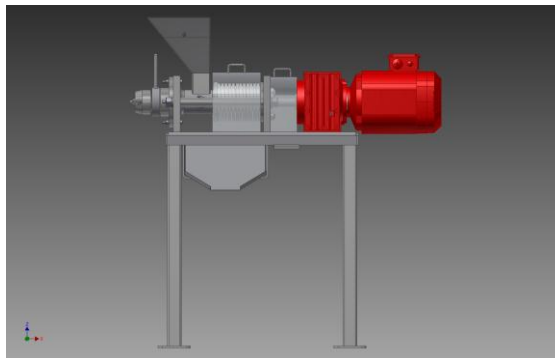


Figura 15 Vista en elevación ensamble prensa

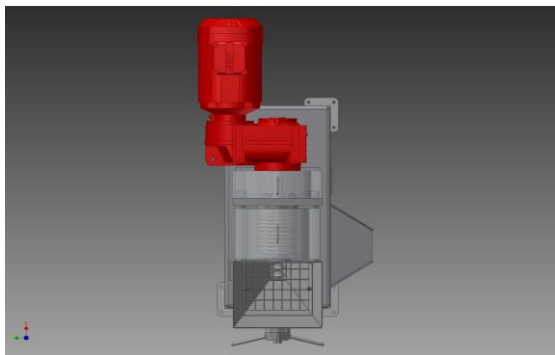


Figura 16 Vista en planta ensamble prensa

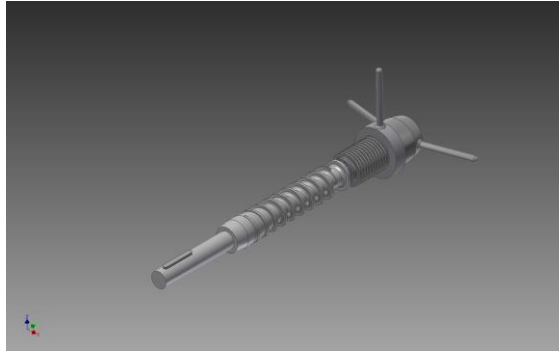


Figura 17 Vista en isométrico tornillo sin fin

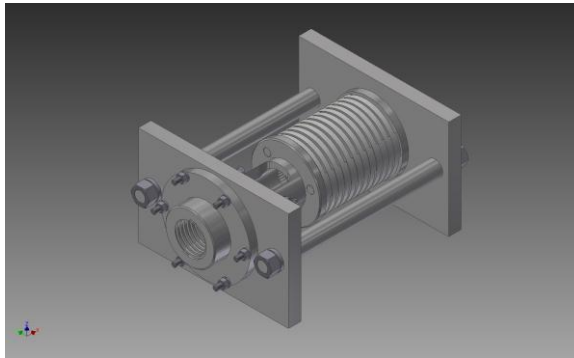


Figura 18 Vista en isométrico barrel completo

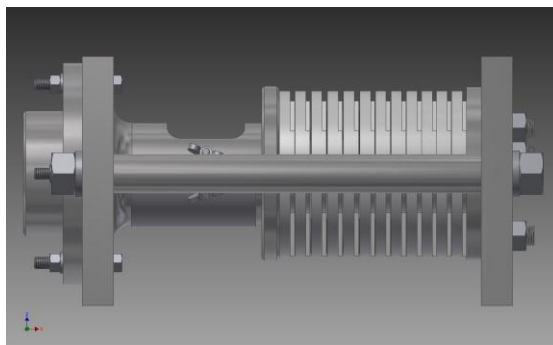


Figura 19 Vista frontal barrel completo

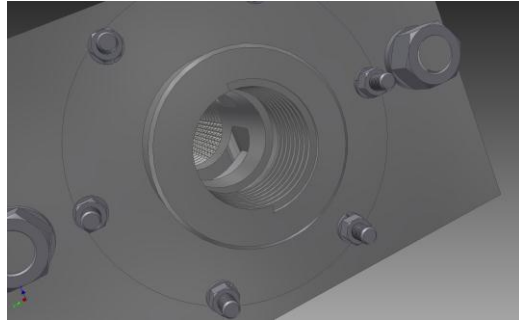


Figura 20 Vista en isométrico detalle interno de barrel

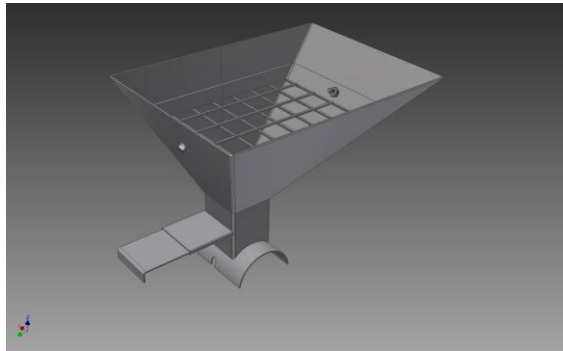


Figura 21 Vista en isométrico tolva de alimentación

6.3 GENERACIÓN DE IDEAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRENSA

Al tener claro de que piezas está compuesta la prensa y comprender su funcionamiento, se hicieron diferentes debates alrededor de posibles mejoras en el diseño de esta, y se llegó a las siguientes conclusiones:

El sistema de anclaje de la tolva de alimentación a la prensa es demasiado engorroso de efectuar, por lo que se decidió cambiar el sistema de tornillos a sistema de cierre clamps que son más fáciles de montar y desmontar.

Los granos deben de estar en un rango de temperatura de 65 a 75°C para que mejore la cantidad de aceite a extraer en el caso de las semillas de higuera, además de disminuir la viscosidad y aumentar la fluidez; se hicieron dos propuestas para el calentamiento de estos, el primero consistía en adecuar un sistema de calentamiento a la prensa, y el segundo construir sistema de calentamiento independiente, con resistencias y transporte de las semillas con un tornillo sin fin a la tolva de alimentación de la prensa. Después de discutir ampliamente el tema, finalmente se llegó a la conclusión de la segunda propuesta puesto que al discutir con mi asesor de grado y el proveedor del sistema de calentamiento (en este caso ovelma) era mejor un sistema independiente ya que no debía ser modificada la camisa de la prensa, ni realizar un montaje engorroso, además de que este sistema es de menor costo (aproximadamente 12 millones de pesos) comparado con la primera propuesta que tiene un costo estimado de 22 millones de pesos.

Se tiene que el sistema de anclaje es demasiado simple, no contaba con un sistema de amortiguación ni de auto-nivelación; por lo que se decide implementar el sistema de auto-nivelación y soportes antivibratorios al nuevo diseño, el sistema antivibratorio consiste en cauchos de 80 mm de diámetro exterior y 50 mm de altura para la absorción de vibraciones, y para la auto-nivelación se emplean espárragos de diámetro 1" que se regulan por medio de tuercas y contratueras.

6.4 MODELACIÓN 3D, PLANOS DE TALLER Y ENSAMBLE DEL NUEVO DISEÑO

Luego generar el modelo 3D por medio del software inventor y teniendo en cuenta que se pueden modificar las dimensiones y geometrías (paramétrico) se procedió a diseñar los cambios propuestos en la generación de ideas.

A continuación se muestran algunas imágenes del diseño final.

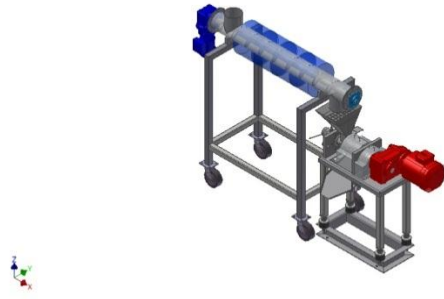


Figura 22 Vista en isométrico ensamble completo nuevo diseño de prensa

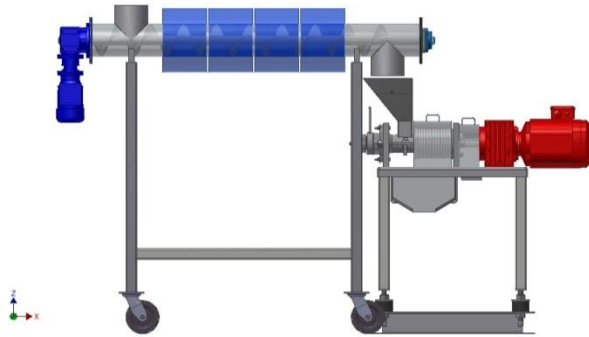


Figura 23 Vista en elevación ensamble completo nuevo diseño de prensa

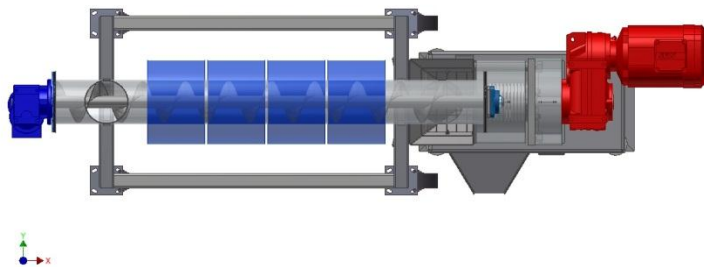


Figura 24 Vista en planta ensamble completo nuevo diseño de prensa

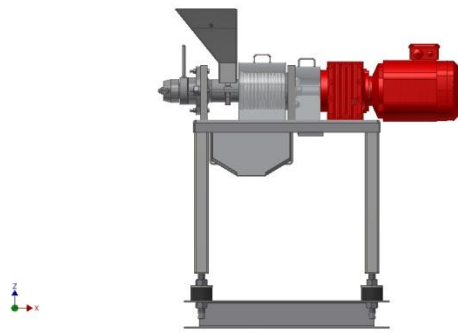


Figura 25 Vista en elevación ensamble nuevo diseño de prensa

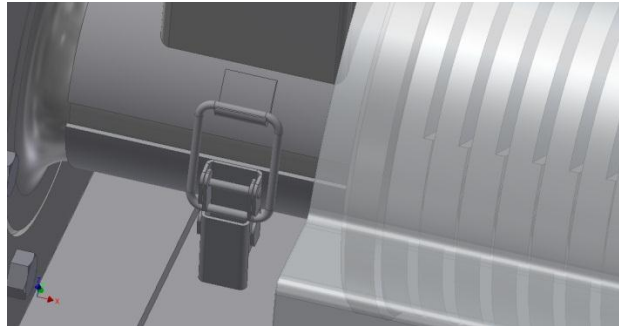


Figura 26 Vista en isométrico detalle cierre clamp

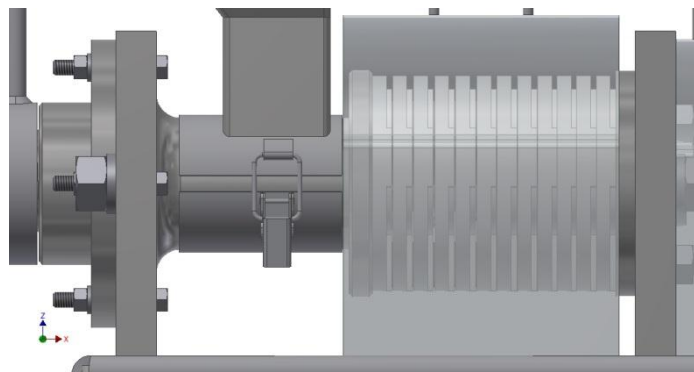


Figura 27 Vista en elevación detalle cierre clamp

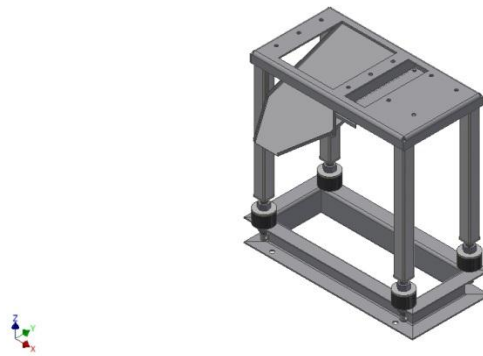


Figura 28 Vista en isométrico modificación chasis prensa



Figura 29 Vista en elevación detalle sistema antivibratorio y autonivelante

Se generaron los planos de taller y ensamble del nuevo diseño, estos debido a su formato de impresión se encuentran como anexos.

7. PROCESO DE COSTEO DEL NUEVO DISEÑO

Después de realizar todo el proceso de ingeniería inversa, se procedió a investigar que costo tendría la prensa actual y la prensa rediseñada con la inclusión del sistema de calentamiento de semillas fabricada localmente, con el fin de ver que impacto en los costos genera la inclusión del sistema de calentamiento; por lo que se tuvo que investigar que proveedores vendían los diferentes materiales, en qué formatos comercialmente estaban disponibles y los métodos de ensamble del equipo. Al final de esta investigación se seleccionaron empresas como: corteaceros, acinox, inversinox, empaquetaduras y empaques, ferroindustrial, las balineras, ovelma, soluind, cinco, templamos y proyectos dinámicos de ingeniería, entre otras.

A continuación se expondrá una breve descripción de los productos y servicios que ofrecen de cada una de estas empresas.

Corteaceros: Proveedor de acero inoxidable, en formatos de láminas en espesores que van desde los 0.9 mm hasta 50 mm, tubería SCH y sanitaria desde diámetro 3/8" hasta 10", tubería PTS que va desde 1" hasta 8" en diferentes combinaciones y espesores, servicio de corte laser y plasma HD, doblez, rolado, punzonado, troquelado, rolado de tubería, corte por cizalla. (Corteaceros, 2014)

Acinox: Proveedor de acero inoxidable, en formatos de láminas en espesores que van desde los 0.9 mm hasta 50 mm, tubería SCH y sanitaria desde diámetro 3/8" hasta 10", tubería PTS que va desde 1" hasta 8" en diferentes combinaciones y espesores, servicio de corte laser y plasma HD, doblez, rolado, punzonado, troquelado, rolado de tubería, corte por cizalla. (Acinox, 2014)

Inversinox: Proveedor de acero inoxidable, en formatos de láminas en espesores que van desde los 0.9 mm hasta 50 mm, tubería SCH y sanitaria desde diámetro 3/8" hasta

10", tubería PTS que va desde 1" hasta 8" en diferentes combinaciones y espesores, servicio de corte láser y plasma HD, doblez y rolado. (Inversinox, 2011)

Empaquetaduras y empaques: Empresa dedicada a la venta empaques industriales de asbesto, y empaques tipo alimento, cauchos, bandas transportadoras, plásticos de ingeniería, adhesivos y epóxicos, entre otros. (Empaquetaduras y empaques, 2011)

Ferroindustrial: Comercializadores y distribuidores de productos ferrosos y no ferrosos para el mercado nacional, acero, cobre, bronce, aluminio, acero inoxidable, en barras redondas y cuadradas macizas que van desde 3/8" hasta 8", laminas, platinas. Entre otros. (Ferroindustrial, 2014)

Las balineras: Empresa dedicada a la venta de todo tipo de rodamientos, chumaceras, de carácter industrial, automotriz o alimenticio, los lubricantes para estas, sistemas de transmisión de potencia sea por banda, cadena o piñones en diferentes tipos de materiales que sean adecuados para la industria requerida como el sector industrial, automotriz o alimenticio. (Almacén las balineras, 2013)

Ovelma: Empresa dedicada al diseño y la fabricación de elementos que tengan que ver con el control de la temperatura, sistemas de calefacción y enfriamiento, resistencias de diferentes capacidades, tamaños y formas. (Industrias ovelma, 2014)

Soluind: Taller de fabricaciones especiales, como piñones, rectificado, procesos de piezas en torno, fresadora, alexadora de modo convencional y CNC.

Cinco: Empresa dedicada a la venta de todo tipo de abrasivos, que son especiales para el acero, o el acero inoxidable, rodos, lijas, scotch bride, discos de corte y de pulido, equipos de soldadura multipropósito (MIG, TIG, REVESTIDA, FLUXCORE) y toda la herramienta relacionada con el pulimento de aceros y aceros inoxidables. (Cinco, 2015)

Templamos: Empresa dedicada al tratamiento térmico de materiales como temple, revenido (mitigación de tensiones en materiales), cementación, normalizado, enderezado y procesos químicos a materiales como es el caso de la nitruración. (Templamos, 2010)

Proyectos dinámicos de ingeniería: Empresa dedicada al diseño, fabricación, y montaje de estructuras metálicas, fabricaciones especiales de equipos dedicados al sector alimenticio como secadores, prensas, molinos, tanques, entre otros en acero inoxidable.

Con las empresas anteriormente descritas se logró un contacto con cada una de ellas para conocer qué elementos podrían ofrecer y que costo implicaría la adquisición de estos. Posteriormente se procedió a realizar una comparación de costos y elegir el menor costo al que se podía conseguir cada elemento para consignarlo en la plantilla de costeo del proyecto.

En la siguiente tabla se muestra que proveedor fue elegido para realizar las diferentes piezas y los procesos que se le aplican a cada una de ellas.

NOMENCLATURA PROCESOS			
L: CORTE POR LASER, D: DOBLEZ, M: MAQUINADO, T: TEMPLE, C: CORTE POR CIZALLA, CO: COMERCIAL, R: ROLADO			
ITEM	NOMBRE DE LA PIEZA	PROVEEDOR	PROCESO
1	PLATINA ANCLAJE PRENSA	CORTEACEROS	L
2	PARTE SUPERIOR TOLVA	CORTEACEROS	L,D
3	PARTE INFERIOR TOLVA	INOXIDABLE 304	L,D
4	CANAL GUIA LAMINA CIERRE DE TOLVA	ACINOX	L,D
5	CUÑERO TORNILLO	SOLUIND	M
6	AGARRADERA GUARDA	INOXIDABLE 304	D
7	DISCO DE BARREL	SOLUIND/TEMPLAMOS/FERROIND	M,T
8	EJE ENSAMBLE BARREL	SOLUIND	M
9	EJE ESTRUCTURAL	SOLUIND	M
10	GUIA LAMINA DESCARGA 1	ACINOX	L,D
11	GUIA LAMINA DESCARGA 2	ACINOX	L,D

12	LAMINA 2 CUNETA DESCARGA 2 MESA	CORTEACEROS	L,D
13	LAMINA ACOPLE TOLVA 1	ACINOX	L,D
14	LAMINA ACOPLE TOLVA 2	ACINOX	L,D
15	PLACA ESTRUCTURAL POSTERIOR	CORTEACEROS/PDI	L
16	PLACA ESTRUCTURAL	CORTEACEROS/PDI	L
17	LAMINA CIERRE TOLVA	ACINOX	L,D
18	LAMINA CUNETA DESCARGA 2 MESA	CORTEACEROS	L,D
19	LAMINA DESCARGA 2 MESA	CORTEACEROS	L,D
20	LAMINA DESCARGA MESA	CORTEACEROS	L,D
21	LAMINA MESA	ACINOX	L,D
22	PARTE 1 GUARDA 1	ACINOX	L,D
23	PARTE 1 GUARDA 2	ACINOX	L,D
24	PARTE 2 GUARDA 1	ACINOX	L,D
25	PARTE 2 GUARDA 1	ACINOX	L,D
26	PATA MESA PRENSA	INVERSINOX	CO
27	PLACA PRESION	SOLUIND/INVERSINOX	M,T
28	REBORDE REJILLA	CORTEACEROS	CO
29	SEPARADOR 0.1 MM	INVERSINOX/SOLUIND	M
30	SEPARADOR 0.4 MM	INVERSINOX/SOLUIND	M
31	SEPARADOR RODAMIENTO INOXIDABLE	SOLUIND	M
32	SOPORTE BARREL	CORTEACEROS	L
33	TAPA CANAL LAMINA CIERRE TOLVA	ACINOX	L,D
34	TOPE INOX	ACINOX	C
35	TORNILLO CONTROL DE PRESION	SOLUIND	M
36	TUERCA TORNILLO CONTROL DE PRESION	SOLUIND	M
37	TORNILLO DE ENSAMBLE	SOLUIND	M
38	TORNILLO SIN FIN	FERROIND/SOLUIND/TEMPLAMOS	M,T
39	TORNILLERIA INOXIDABLE	TORNILLOS Y CORTE	CO
40	RODAMIENTOS SKF 51205 Y 51206	LAS BALINERAS	CO
41	MOTORREDUCTOR PRENSA	TRAINCOL	CO
PIEZAS ADICIONALES PARA EL NUEVO DISEÑO DE LA PRENSA			
42	BRIDA TORNILLO SIN FIN	INVERSINOX	L
43	RUEDAS GIRATORIAS CON FRENO	LAS BALINERAS	CO
44	TAPA CUERPO TORNILLO 1	ACINOX	L
45	TAPA CUERPO TORNILLO 2	ACINOX	L
46	CHUMACERA UCG 206	LAS BALINERAS	CO
47	PLACA PORTA CHUMACERA	CORTEACEROS	L
48	EJE TORNILLO SIN FIN	INVERSINOX	CO
49	ENTR./SAL. CUERPO TORNILLO SIN FIN	CORTEACEROS	L,R

50	HELICE TORNILLO SIN FIN	CORTEACEROS	L,D
51	MOTORREDUCTOR TORNILLO SIN FIN	TRAINCOL	CO
52	EMPAQUE BRIDA	EMPAQUETADURAS Y EMPAQUES	CO
53	RESISTENCIAS DE CALENTAMIENTO	OVELMA	CO
54	PATAS TORNILLO SIN FIN	INVERSINOX	CO
55	APOYO TORNILLO SIN FIN	ACINOX	L
56	DUCTO CUERPO TORNILLO SIN FIN	CORTEACEROS	L,R
57	CIERRE CLAMP	CIERRES INDUSTRIALES	CO

Tabla 2 Selección de proveedor y procesos que se realizan a los diferentes componentes

El proceso de ensamble y soldadura lo realizaría proyectos dinámicos de ingeniería (PDI), los demás proveedores entregarían las piezas con los procesos descritos en la tabla anterior, algunos elementos son comerciales, es decir que no requieren ningún proceso por parte del proveedor, solo se deben comprar para ensamblarlos luego en la prensa, mientras que otros requieren varios procesos y el paso por diferentes empresas como es el caso de las piezas de temple, o las de maquinado que en algunos casos es mejor colocarle el material a la empresa que realizara el maquinado puesto que sale más económico en comparación si dicha empresa colocara el material. También toda la lámina de acero inoxidable se solicitó cotizarla en acabado tipo 1, puesto que la que tiene acabado 2B cuesta el doble en algunas empresas y hasta 1.75 veces en otras.

La plantilla de costeo del proyecto considera los costos más importantes relevantes al proyecto, tales como: mano de obra directa, materiales directos, materiales indirectos (consumibles y abrasivos), CIF (costos indirectos de fabricación), depreciación de la herramienta, transporte y ayudas mecánicas, imprevistos y AIU (administración, impuestos y utilidad).

En las siguientes tablas e imágenes se muestran los costos de fabricación a nivel local de manera global para la prensa de dos maneras, la primera contemplando como está construida actualmente la prensa y la segunda aplicando los cambios de diseño y la inclusión del sistema de calentamiento de granos.

COSTOS PRENSA ACTUAL	VALOR
TOTAL MANO DE OBRA	6.692.000
TOTAL MATERIALES DIRECTOS	27.529.239
TOTAL MATERIALES INDIRECTOS	975.541
TOTAL CIF	1.537.500
DEPRECIACION DE LA HERRAMIENTA	602.876
TRANSPORTE Y AYUDAS MECANICAS	270.000
IMPREVISTOS	1.711.062
AIU	9.829.555
TOTAL COSTO PROYECTO	49.147.773

Tabla 3 Discriminación costos prensa actual

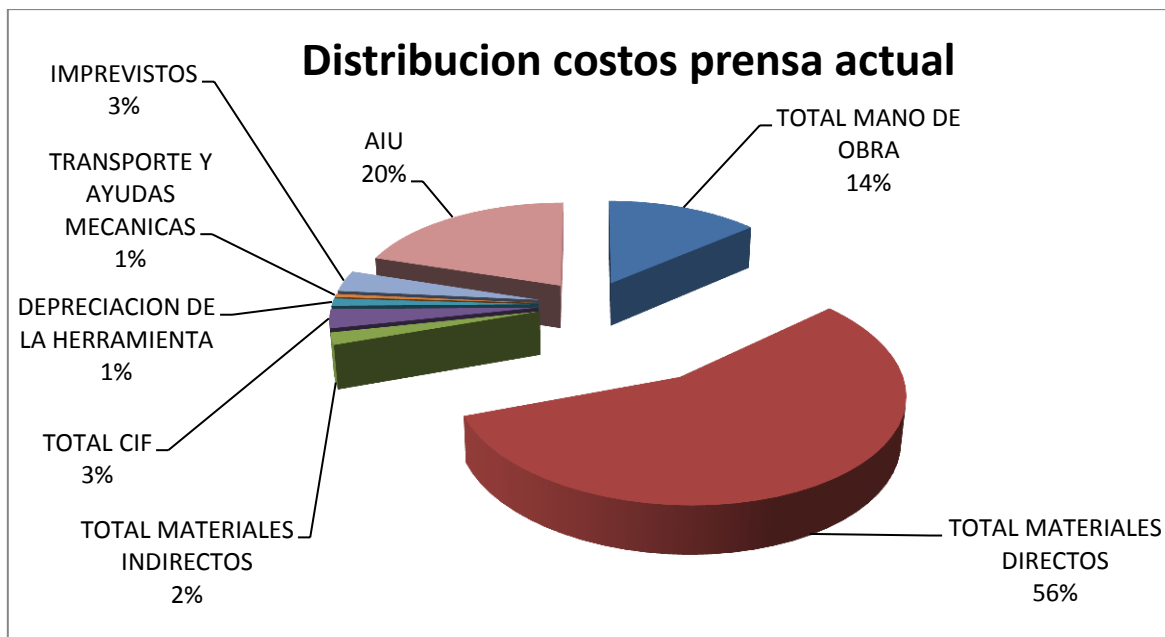


Figura 30 Porcentaje costos prensa actual

De la imagen anterior se puede concluir que el 53% del costo total de la prensa se genera con la compra de materiales directos y es un porcentaje muy alto, los materiales indirectos, CIF, depreciación de la herramienta, transporte, ayudas mecánicas e imprevistos suman apenas el 10% del costo que es relativamente poco, la mano de obra el 17% y el AIU el 20% que es normal en este tipo de proyectos.

COSTOS PRENSA NUEVO DISEÑO	VALOR
TOTAL MANO DE OBRA	9.157.750
TOTAL MATERIALES DIRECTOS	34.853.189
TOTAL MATERIALES INDIRECTOS	1.196.977
TOTAL CIF	1.537.500
DEPRECIACION DE LA HERRAMIENTA	1.006.986
TRANSPORTE Y AYUDAS MECANICAS	270.000
IMPREVISTOS	2.200.547
AIU	12.555.737
TOTAL COSTO PROYECTO	62.778.686

Tabla 4 Discriminación costos prensa nuevo diseño

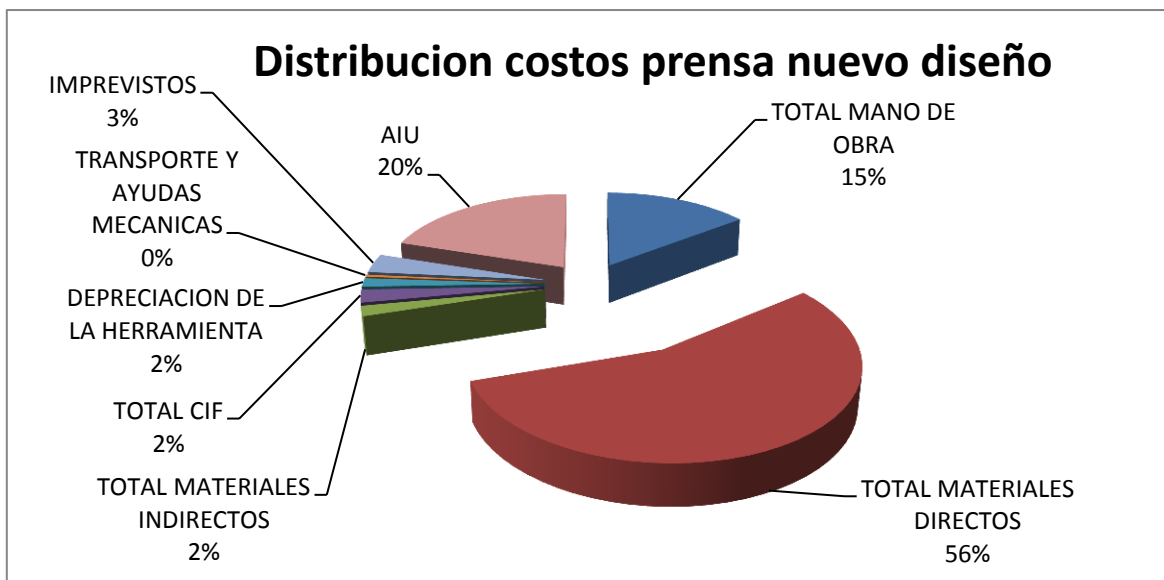


Figura 31 Porcentaje costos prensa nuevo diseño

De la imagen anterior se puede concluir que el 56% del costo total de la prensa se genera con la compra de materiales directos y es un porcentaje muy alto, los materiales indirectos, CIF, depreciación de la herramienta, transporte, ayudas mecánicas e imprevistos suman apenas el 9% del costo que es relativamente poco, la mano de obra el 15% y el AIU el 20% que es normal en este tipo de proyectos.

Comparando las figuras 30 y 31, podemos evidenciar que el porcentaje de participación de costos de materiales directos del nuevo diseño de la prensa se incrementó un 3% con respecto al diseño actual, el AIU se mantuvo estable con un valor del 20% y no hubo variación, el porcentaje de la suma de los materiales indirectos, CIF, depreciación de la herramienta, transporte, ayudas mecánicas e imprevistos se redujo 1% puesto que para la prensa actual sumaban el 10% del costo y para el nuevo diseño suman el 9%, mientras que la mano de obra se incrementó el 1% de participación en comparación con la prensa actual.

las platillas de costeos de la prensa actual y el nuevo diseño de esta con todos los costos discriminados de manera detallada, debido al tamaño de impresión que requiere para ser vista claramente, se adjunta como un anexo a este proyecto.

8. CONCLUSIONES

De las tablas 3 y 4 se puede concluir que el costo total de la prensa con el nuevo diseño se incrementó en \$13'630.913. Lo que quiere decir que la inclusión del sistema de calentamiento y las mejoras realizadas a la prensa representan un 27.73% más que el costo de la prensa actual.

La metodología de ingeniería inversa que se aplique a un modelo físico puede llevarnos a la obtención de un modelo CAD 3D y a partir de este se pueden plantear diferentes modificaciones a dicho modelo, en este caso específico se plantearon modificaciones que permitían cambiar condiciones del proceso como la temperatura de entrada de la semilla con lo que se logra mayor extracción de aceite al someterlas al proceso de prensado.

Existen diferentes métodos para la extracción de aceites de semillas oleaginosas, el proceso que puede llegar a dar un 99% de aceite contenido en la semilla es la extracción con solventes, mientras que por medio de prensas tipo *Expeller* este valor puede llegar al 90% o 95% si se realiza un pretratamiento de las semillas adecuado, lo cual es un porcentaje bastante alto.

Se desarrolló toda la etapa de ingeniería, diseño y costeo para el desarrollo de un sistema de precalentamiento de las semillas para mejorar el proceso de extracción de aceite y aumentar el rendimiento.

Se evidencio que los costos de materia prima varían de proveedor a proveedor, por lo que para realizar un proyecto y buscar el menor costo posible lo mejor es que se cotice con varios proveedores y elegir el menor costo que tengan cada uno de ellos.

9. TRABAJO A FUTURO

Se debe desarrollar o fabricar el sistema de calentamiento que se diseñó en este proyecto y por medio de experimentos obtener los datos de cuanto mejora el porcentaje de aceite extraído de las semillas usando este sistema, posteriormente evaluar la factibilidad de esta solución teniendo en cuenta los costos que esta modificación genera para luego comparar con el porcentaje de extracción de aceite que se aumenta y plantear en cuanto tiempo se libra la inversión al incluir este nuevo sistema.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Acinox. (2014). Recuperado el 30 de 04 de 2015, de <http://www.acinox.com.co/>
- Almacen las balineras. (2013). Recuperado el 30 de 04 de 2015, de <http://www.almacenlasbalineras.com/>
- ALTONIVEL. (22 de 03 de 2012). www.altonivel.com. Recuperado el 01 de 05 de 2015, de <http://www.altonivel.com.mx/15540-todo-sobre-las-oleaginosas.html>
- Bamgboye, A., & Adebayo, S. (2012). *Seed moisture dependent on physical and mechanical properties of Jatropha curcas*. *Journal of Agricultural Technology*, 8(1), 13–26.
- Belov, M. (13 de 12 de 2005). <http://www.chileflora.com/>. Recuperado el 03 de 04 de 2015, de <http://www.chileflora.com/Florachilena/FloraSpanish/HighResPages/SH0558.htm>
- Chen, G., He, X., Liao, L., & McKeon, T. (2004). *2S albumin gene expression in castor plant (Ricinus communis L.)*. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81(9), 867–872.
- Cinco. (2015). Recuperado el 30 de 04 de 2015, de <http://www.cincolda.com/>
- Corteaceros. (2014). Recuperado el 30 de 04 de 2015, de <http://www.corteaceros.com/>
- DRM Associates. (01 de 12 de 2010). <http://www.npd-solutions.com/>. Recuperado el 25 de 04 de 2015, de <http://www.npd-solutions.com/reoverview.html>
- Egg, A. B. (1999). *Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú (Vol. 5)*. CUzco, Perú.

- Empaquetaduras y empaques. (2011). Recuperado el 30 de 04 de 2015, de <http://www.empaquetadurasyempaques.com/>
- EPA. (15 de 04 de 1996). *www.epa.gov*. Recuperado el 01 de 05 de 2015, de <http://www.epa.gov/tio/download/remed/spansolv.pdf>
- Ferchau, E. (2000). Equipment for decentralised cold pressing of oil seeds. Denmark: Folkcenter for Renewable Energy.
- Fernandes, G., & Venkatraman, J. (1993). *Role of omega-3 fatty acids in health and disease. Nutrition Research, 13, 19–45.*
- Ferroindustrial. (2014). Recuperado el 30 de 04 de 2015, de <http://ferroindustrial.co/>
- Follegatti-Romero, L., Piantino, C., Grimaldi, R., & Cabral, F. (2009). *Supercritical CO2 extraction of omega-3 rich oil from Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) seeds. The Journal of Supercritical Fluids, 49(3), 323–329. doi:10.1016/j.supflu.2009.03.010.*
- Garces S, H. (Ed.). (06 de 04 de 2010). Recuperado el 03 de 04 de 2015, de <http://avc-aceitesverdescaucanos.blogspot.com/2010/04/semilla-de-higuerilla.html>
- Giraldo, H., Velásquez Jiménez, J., & Cuartas Zapata, P. (2010). *Extracción con solventes y purificación de aceite a partir de semillas de Jatropha curcas. Revista Investigaciones Aplicadas, 4(2), 77–86.*
- Granados , J. (26 de 05 de 2012). *proyectosachainchi*. Recuperado el 01 de 05 de 2015, de <http://proyectosachainchi.galeon.com/>
- Guillén, M., Ruiz, A., Cabo, N., Chirinos, R., & Pascual, G. (2003). *Characterization of sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) oil by FTIR spectroscopy and 1H NMR.*

Comparison with linseed oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 80(8), 755–762.

HAMAKER, B., VALLES, C., GILMAN, R., HARDMEIER, R., D. CLARK, GARCIA, H., y otros. (1992). *Amino Acid Fatty Acid Profiles of the Inca Peanut (Pluketenia volubilis). Cereal Chemistry, 69, 461–463.*

Industrias ovelma. (2014). Recuperado el 30 de 04 de 2015, de <http://www.industriasovelma.com/>

Inversinox. (2011). Recuperado el 30 de 04 de 2015, de <http://www.inversinoxcolombia.com/info.html>

Lacoma, T. (18 de 03 de 2013). *ehowenespanol*. (L. D. Alba, Editor) Recuperado el 01 de 05 de 2015, de www.ehowenespanol.com: http://www.ehowenespanol.com/proceso-del-costeo-proyecto-info_263162/

Mejía Rivera, O. (2008). *EL Recurso Hídrico en la Jurisdicción de CORANTIOQUIA 1995-2007*. Medellín.: (Oficina de asesores de comunicaciones (CORANTIOQUIA).

Nazir, N., Ramli, N., Mangunwidjaja, D., Hambali, E., Setyaningsih, D., Yuliani, D., y otros. (2009). *Extraction, transesterification and process control in biodiesel production from Jatropha curcas. European Journal of Lipid Science and Technology, 111(12), 1185–1200. doi:10.1002/ejlt.200800259.*

Ofori-Boateng, C., Keat Teong, L., & JitKang, L. (2012). *Comparative exergy analyses of Jatropha curcas oil extraction methods: Solvent and mechanical extraction processes. Energy Conversion and Management, 55, 164–171. doi:10.1016/j.enconman.2011.11.005.*

- Perea-Flores, M., Chanona-Pérez, J., Garibay-Febles, V., Calderón-Dominguez, G., Terrés-Rojas, E., Mendoza-Pérez, J., y otros. (2011). *Microscopy techniques and image analysis for evaluation of some chemical and physical properties and morphological features for seeds of the castor oil plant (Ricinus communis)*. *Industrial Crops and Products*, 34(1), 1057–1065. doi:10.1016/j.indcrop.2011.0.
- procesosbio (Ed.). (17 de 07 de 2012). *procesosbio.wikispaces.com/*. Recuperado el 03 de 04 de 2015, de <http://procesosbio.wikispaces.com/Extracci%C3%B3n+s%C3%B3lido-l%C3%ADquido>
- Putten, Eric, V., Ywe, J., Flemming, N., Jan de Jongh, Winfried, R., y otros. (2010). *The jatropha handbook: From cultivation to application*. FACT Foundation.
- Ross, I. A. (2005). *Medicinal Plants of the World (Vol. 3)*.
- sachainchioil. (16 de 04 de 2015). *www.sachainchioil.net*. Recuperado el 01 de 05 de 2015, de <http://www.sachainchioil.net/sacha-inch-oil-contains-one-of-the-highest-percentages-of-healthy-unsaturated-fatty-acids/#respond>
- Tambunan, A., Situmorang, J., Silip, J., Joelianingsih, A., & Araki, T. (2012). *Yield and physicochemical properties of mechanically extracted crude Jatropha curcas L oil*. *Biomass and Bioenergy*, 43, 12–17. doi:10.1016/j.biombioe.2012.04.004.
- Templamos. (2010). Recuperado el 30 de 04 de 2015, de <http://www.templamos.com/>
- The Schumacher Centre for Technology and Development. (2008). *Oil extraction*. Practical Action. United Kingdom.
- Triana, D. (2014). *Informe de visita 1 a la región del Bajo Cauca (Antioquia)*. Medellín, Colombia.

Valenzuela, J., Urrutia, V., & Moya, N. (s.f.). *ingenieria inversa*. Recuperado el 10 de 03 de 2015, de <http://ing-inv.blogspot.com/>: http://ing-inv.blogspot.com/p/ingenieria-inversa_13.html