



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE  
FILTRACIÓN PARA LAS BIOEMULSIONES  
PRODUCIDAS EN LA EMPRESA  
BIOINGRED TECH**

**Karen Vanesa Zuluaga Hernández**

**Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Agroindustrial  
El Carmen de Viboral, Colombia  
2021**



Mejoramiento del proceso de filtración para las bioemulsiones producidas en la empresa  
Bioingred Tech

Karen Vanesa Zuluaga Hernández

Informe de práctica como requisito para optar al título de:  
Ingeniera Agroindustrial

Asesores

Leonardo Eulise Miranda Ramos  
Ingeniero Químico MSc.

Luis Carlos Carrillo Hormaza  
Químico farmacéutico MSc. PhD.

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Agroindustrial  
El Carmen de Viboral, Colombia  
2021

## CONTENIDO

1	RESUMEN.....	5
2	INTRODUCCIÓN.....	5
3	OBJETIVOS .....	6
3.1	General .....	6
3.2	Específicos.....	6
4	MARCO TEÓRICO .....	6
4.1	Emulsiones micro y nano estructuradas .....	7
4.2	Mezclado.....	7
4.3	Emulsificación ultrasónica .....	8
4.4	Filtración .....	8
4.4.1	Medios filtrantes y ayudas de filtración .....	9
4.4.2	Tipos de equipos de filtración .....	9
4.4.3	Filtros de torta.....	10
4.4.4	Elección .....	13
5	METODOLOGÍA .....	15
6	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	16
6.1	Pruebas por gravedad MESH 40 y 80 .....	16
6.2	Datos de filtración de las BioEmulsion.....	17
6.3	Prueba Industrias Protón.....	18
6.4	Asesoría Donaldson Latin America .....	19
6.5	Pruebas Elementos Javi.....	19
6.5.1	Carcasa pequeña elemento MESH 250.....	20
6.5.2	Carcasa pequeña elemento MESH 60 y 250. Bioemulsión prefiltrada MESH 40.....	21
6.5.3	Carcasa grande elemento MESH 40.....	21
6.6	Diseño de la prensa extractora.....	23
6.7	Parámetros de selección de alternativas para el sistema de filtración .....	24
6.8	Matriz de decisión .....	24
7	CONCLUSIONES .....	25
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26
9	ANEXOS .....	27

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mecanismos de filtración: a) filtro de torta; b) filtro clarificador; c) filtro de flujo transversal .....	10
Figura 2 Filtro prensa .....	11
Figura 3 Filtro de tambor rotatorio a presión .....	12
Figura 4 Esquema proceso filtros nutcha .....	12
Figura 5 Filtro continuo rotatorio al vacío .....	13
Figura 6 Filtro de láminas .....	14
Figura 7. Filtro de carcasa autolimpiante.....	14
Figura 8 Prueba filtración Industrias Protón.....	18
Figura 9 *1. Carcasa 1C072600-C15 *2. Filtro LifeTec PP N5.....	19
Figura 10 Montaje de filtración con carcasa .....	20
Figura 11 Elemento filtrante en acordeón.....	20
Figura 12 Elemento MESH 250 filtrante saturado de sólidos.....	21
Figura 13 Carcasa plástica grande.....	22
Figura 14 Montaje de filtración .....	22
Figura 15 Producto filtrado mesh 40 y mesh 325 respectivamente.....	23
Figura 16 Diseño prensa extractora .....	24

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Variables para medición .....	16
Tabla 2 Filtración por gravedad.....	16
Tabla 3 Filtración total manual MESH 40 y 80.....	17
Tabla 4 Datos de filtración BE .....	17
Tabla 5 Matriz de decisión.....	25

## 1 RESUMEN

En el siguiente informe se relata el proceso de práctica profesional desarrollado en la empresa Bioingred Tech, empresa dedicada a la producción de bioingredientes, donde se realizó un mejoramiento del sistema de filtración de la empresa con un presupuesto de \$14'900.000 COP para la adquisición de un sistema de filtración eficiente y de mayor capacidad. La filtración se ha presentado en la empresa como en cuello de botella en la producción de bioemulsiones por los largos tiempos de operación y pérdidas de material valioso ya que los sólidos retirados quedan altamente cargados de bioemulsión. Por lo que hizo una revisión bibliográfica junto con la asesoría de personal altamente calificado en la operación de filtración de algunas compañías líderes en el tema y se validaron a través de pruebas algunas de las tecnologías propuestas en las cuales se tuvo un acercamiento real al resultado que se planteó para cada una. Según los resultados obtenidos en las pruebas y otras variables como eficacia, costo, versatilidad del sistema propuesto se seleccionó entre filtro prensa, filtro de placas y filtro de carcasa + prensa extractora. El sistema elegido fue el filtro de carcasa de la empresa Elementos Javi con un juego de 4 elementos filtrantes en conjunto con la prensa extractora de diseño propio (ANEXO 1) validada por Elementos y montajes S.A.S. La capacidad de filtración de la carcasa seleccionada superó en un factor de 9 veces la capacidad planteada presentándose como una gran ventaja ante futuras ampliaciones para un escalamiento en la producción en la empresa Bioingred Tech.

## 2 INTRODUCCIÓN

Bioingred Tech es una spin-off colombiana de base tecnológica enfocada en la dinamización de productos naturales mediante el desarrollo de bioingredientes innovadores y de alto valor agregado. Los principales servicios que presta están orientados a producir ingredientes cosméticos y alimentarios, realizar pruebas de concepto, prototipado y escalado de bioingredientes, hacer co-creación de bioingredientes y transferencia de conocimiento, como una propuesta competitiva para promover y dinamizar el mercado de los ingredientes naturales colombianos, a través de la generación de tecnologías disruptivas y procesos innovadores.

La tecnología BioEmulsion® permite obtener extractos tipo emulsión que combinan lo mejor de la química hidrofílica y lipofílica de las especies vegetales. Nutrientes, vitaminas (hidro y liposolubles), antioxidantes y aceites en un solo ingrediente. Las emulsiones facilitan la incorporación de activos en una amplia gama de formulaciones cosméticas y alimentarias.

Actualmente el punto crítico en la producción se encuentra en el proceso de filtración. En el tratamiento para extracción de material vegetal para las bioemulsiones, se obtienen ingredientes altamente cargados en sólidos no procesados que deben ser

retirados sin comprometer la estabilidad de la bioemulsión. La empresa cuenta con un equipo de filtración de carcasa P4 de la compañía Filtration Systems que se alimenta a través de una bomba de diafragma ARO ½” de hasta 100 psi, pero por la capacidad de saturación de la carcasa que en cuestión de segundos se colma, en el momento no se está usando en la filtración de bioemulsiones. La filtración se realiza de manera manual a través de mallas 40, 80 y 360 por los operarios, proceso que lleva extensas horas y deja la torta extractada con cantidades muy considerables de extracto sin recuperar.

Por lo que se planteó la adquisición de un nuevo sistema de filtración más apropiado para los extractos a filtrar, todo dentro del presupuesto destinado por la empresa. Los volúmenes de producción actualmente no son demasiado elevados, se plantea que el equipo adquirido tenga una capacidad de filtración mínima de 100kg/h de BioEmulsion®. Buscando que sea un sistema flexible a los diferentes requerimientos que presentan las diversas emulsiones de la compañía para así optimizar este proceso, en el que actualmente se están dando pérdidas económicas. Esta conlleva extensas horas de trabajo y gran capital humano, además, del manejo de otros factores que se ven afectados por el tiempo de procesamiento en esta operación que son inherentes al producto como lo es el aumento de la viscosidad al disminuirse la temperatura y el favorecimiento de la oxidación del producto por el contacto prolongado con el aire.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 General**

Mejorar el proceso de filtración de la empresa Bioingred Tech para la producción de las bioemulsiones que se desarrollan.

#### **3.2 Específicos**

- Proponer un sistema de filtración para las bioemulsiones que permita retirar la mayor cantidad de material vegetal sólido no procesado presente en el ingrediente.
- Establecer un mecanismo de compresión para la torta extractada que permita recuperar la bioemulsión presente en el sólido.

### **4 MARCO TEÓRICO**

El uso de emulsiones en la industria tiene un gran número de aplicaciones en diferentes sectores, como cosmético, alimentación, petroquímica, farmacia, biotecnología y nanotecnología. Los ejemplos incluyen cremas cosméticas, lociones bronceadoras, pastas dentales, ungüentos antibacterianos, entre muchos más (1) .

Hay varias razones por las que suelen ser los vehículos de reparto preferidos, es eficaz para administrar porciones de ingredientes activos y de fácil incorporación en otras matrices. Lo que lleva a un gran interés por comprender la relación entre la formulación, las variables del proceso y las propiedades de estos sistemas. Estos vínculos son de gran importancia para el diseño y desarrollo de nuevos productos. (2) Los productos emulsionados a menudo se implementan como vehículos de entrega en la industria cosmética, ya que en esta presentación se pueden combinar múltiples componentes con diferentes propiedades físicas y químicas (1). Además, la aplicación de productos cosméticos emulsionados es fácil y conveniente, son eficaces para administrar pequeñas dosis de ingredientes activos. (2)

#### **4.1 Emulsiones micro y nano estructuradas**

Las microemulsiones y las nanoemulsiones son ambos sistemas coloidales que resultan de la dispersión de dos líquidos inmiscibles, y el sistema disperso formado presenta finas gotitas con tamaños por debajo de 100 y 200 nm, respectivamente. Estos sistemas se caracterizan por ser claros o translúcidos y presentan una consistencia fluida. Están constituidos por una mezcla de aceite, agua, tensoactivo y cotensoactivo, en cuya fase interna las gotas presentan un tamaño uniforme por debajo de 100 nm, en contraste con las emulsiones convencionales que forman dispersiones lechosas y gruesas con un gran tamaño de gota. (3)

Ventajas potenciales de las nanoemulsiones sobre las emulsiones convencionales como alta estabilidad física, alta biodisponibilidad y baja turbidez hacen que sean sistemas atractivos para su aplicación en alimentos, cosméticos e industria farmacéutica.(4)

#### **4.2 Mezclado**

La mezcla es un factor esencial en la fabricación de productos emulsionados, ya que esta variable de proceso está relacionada con el cizallamiento experimentado dentro del sistema, que está vinculado al proceso de ruptura de la gota (5). Por tanto, variables como la velocidad de mezcla o la geometría del impulsor suelen aparecer como elementos de gran importancia. Con respecto a la velocidad de mezcla, se ha informado que esta variable del proceso influye en el tamaño de las gotas y la polidispersidad del producto (6). A medida que aumenta el tiempo de mezcla y la velocidad de mezcla, también aumentan la viscosidad y la estabilidad del producto. En cuanto a la geometría del impulsor, se ha informado que esta variable del proceso influye en la viscosidad del producto emulsionado y la cantidad de energía incorporada durante el proceso de emulsificación. (2)

### 4.3 Emulsificación ultrasónica

Las nanoemulsiones pueden fabricarse por dispersión mecánica de alta energía, en la que se utiliza un dispositivo mecánico, o por métodos de baja energía, un proceso fisicoquímico también denominado emulsificación espontánea.(7)

Mediante la técnica de emulsificación ultrasónica se utilizan ondas sonoras con frecuencia de más de 20 kHz con el uso de un sonotrodo para causar vibraciones mecánicas seguidas de la formación de cavitación acústica. El colapso de estas cavidades genera poderosas ondas de choque que rompe las gotas gruesas. El tamaño de la gota se puede controlar variando el tiempo y la entrada de energía, así como controlando las concentraciones de aceite y tensioactivo y la relación entre aceite y tensioactivo.(4)

Este método está documentado como rápida y eficiente técnica para formular nanoemulsiones estables con muy pequeño diámetro de la gota y baja polidispersidad (8).

El proceso de diseño de formulación y procesamiento de emulsiones podría abordarse utilizando diferentes estrategias de solución, como el enfoque basado en experimentos (ensayo y error), basado en modelos e integrando.

Sin embargo, diseñar un nuevo producto mediante un enfoque integrado sigue siendo un desafío. En particular, el diseño de productos cosméticos emulsionados comúnmente implica la implementación de heurísticas, que son técnicas o reglas muy generales que nos permiten avanzar en el proceso de resolución de problemas, durante la formulación del producto, destacando la necesidad de implementar estrategias integradas en este campo. (2)

De manera general, no es común preparar bioemulsiones con material de origen vegetal fresco ya que se opta por el uso de extractos o aceites ya filtrados provenientes del material vegetal de interés, para evitar la presencia de sólidos no solubles en la formulación ya estabilizada y así evadir filtraciones finas que puedan comprometer la estabilidad. Se opta solo por realizar en algunos casos una filtración de seguridad por si hay presencia de alguna partícula extraña.

En el caso del proceso de formulación y procesamiento de las bioemulsiones en Bioingred Tech se le apunta a extracciones de material vegetal fresco y de fruto completo con el fin de obtener gran cantidad de activos tanto hidrosolubles como liposolubles en la fase de extracción, por lo que la filtración realizada una vez ya estabilizada la bioemulsión no puede comprometer la estabilidad de esta.

### 4.4 Filtración

La filtración es la separación de partículas sólidas mediante el paso del fluido a través de un medio filtrante sobre el que se depositan los sólidos. Las filtraciones industriales

van desde un sencillo colado hasta separaciones altamente complejas con porcentajes de sólidos desde trazas a muy elevados.

El problema general de la separación de partículas sólidas de líquidos se puede resolver usando gran diversidad de métodos, dependientes del tipo de sólido, de la proporción de sólido a líquido en la mezcla, de la viscosidad de la solución y de otros factores. En la filtración se establece una diferencia de presión que hace que el fluido fluya a través de poros pequeños que impiden el paso, de las partículas sólidas las que, a su vez, se acumulan sobre la tela como torta porosa. (9)

#### **4.4.1 Medios filtrantes y ayudas de filtración**

El medio para filtraciones industriales debe tener ciertas características. La más importante es que permita separar los sólidos de la suspensión y producir un filtrado deseado. Además, los poros no se deben obstruir con facilidad para que la velocidad del proceso no sea demasiado lenta. El medio filtrante debe permitir la extracción de la torta sin dificultades ni pérdidas. Tener una resistencia suficiente para no rasgarse y no ser afectado por los productos químicos presentes. (9)

Los sólidos muy finos o mucilaginosos, que forman una torta densa e impermeable, obstruyen con rapidez cualquier medio filtrante que sea suficientemente fino para retenerlos. La filtración práctica de estos materiales requiere que la porosidad de la torta aumente de forma que permita el paso de líquido con una velocidad razonable. Esto se realiza añadiendo un coadyuvante de filtración, tal como sílice de diatomeas, perlita, celulosa de madera purificada u otros sólidos porosos inertes. (10)

#### **4.4.2 Tipos de equipos de filtración**

Debido a la enorme variedad de materiales que se han de filtrar y las diferentes condiciones de operación de los procesos se han desarrollado numerosos tipos de filtros. Existen diversos métodos para clasificar los equipos de filtración y no es posible establecer un sistema simple que incluya a todos ellos. (9) Los diversos procedimientos para producir la fuerza impulsora del fluido, los diferentes métodos de formación y separación de la torta, y las distintas técnicas usadas para eliminar el fluido filtrado de la torta recién formada requieren una gran variedad de aparatos o equipos de filtración.

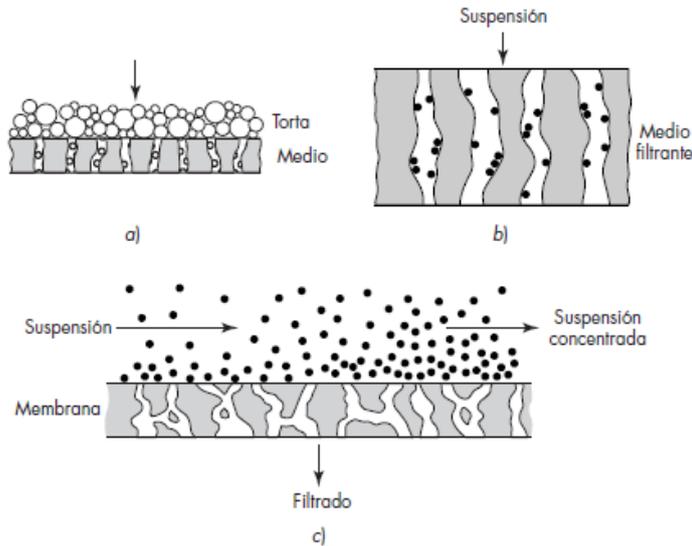


Figura 1 Mecanismos de filtración: a) filtro de torta; b) filtro clarificador; c) filtro de flujo transversal (10)

En una de las agrupaciones, los filtros se clasifican dependiendo de que la torta de filtrado sea el producto deseado o bien el líquido transparente. En esta clasificación los filtros se dividen en dos grandes grupos: filtros clarificadores y filtros de torta. Los clarificadores retiran pequeñas cantidades de sólidos para producir un gas claro o líquidos transparentes, tales como bebidas. Los filtros de torta separan grandes cantidades de sólidos en forma de una torta de cristales o un lodo. Con frecuencia incluyen dispositivos para el lavado de los sólidos y para eliminar la mayor parte posible del líquido residual antes de su descarga. (11)

#### 4.4.3 Filtros de torta

Aquí el medio filtrante es relativamente delgado en comparación con el filtro clarificador. Al comienzo de la filtración algunas partículas sólidas entran en los poros del medio filtrante y quedan inmobilizadas, pero rápidamente empiezan a ser recogidas sobre la superficie del medio filtrante. Después de este breve período inicial la torta de sólidos es la que realiza la filtración y no el medio filtrante. Sobre la superficie se forma una visible torta de espesor apreciable que es preciso retirar periódicamente. Los filtros de torta se utilizan casi siempre para separaciones sólido-líquido. Como en el caso de otros filtros, pueden operar con presión superior a la atmósfera aguas arriba del medio filtrante o con vacío aplicado aguas abajo. (10)

##### 4.4.3.1 Filtros de prensa discontinuos

Los filtros de presión pueden utilizar una gran presión diferencial a través del medio filtrante para lograr económicamente una filtración rápida con líquidos viscosos o con sólidos finos. Los tipos más comunes de filtros de presión son los filtros prensa y los filtros de carcasa y hojas. El método más sencillo de trabajar con un filtro prensa o un filtro de láminas consiste en aplicar toda la presión posible al comienzo de la filtración

y mantenerla constante durante el ciclo. Si la presión inicial es grande, las primeras partículas atrapadas por la tela pueden formar una masa compacta y apretada, que ofrece baja permeabilidad, lo que determina una lenta velocidad de filtración durante el resto de la operación. Si la suspensión no es homogénea y contiene a la vez partículas cristalinas y coloidales, la porción coloidal será forzada a llenar los huecos dejados entre los sólidos cristalinos, contribuyendo así a disminuir considerablemente la velocidad de filtración. (10)

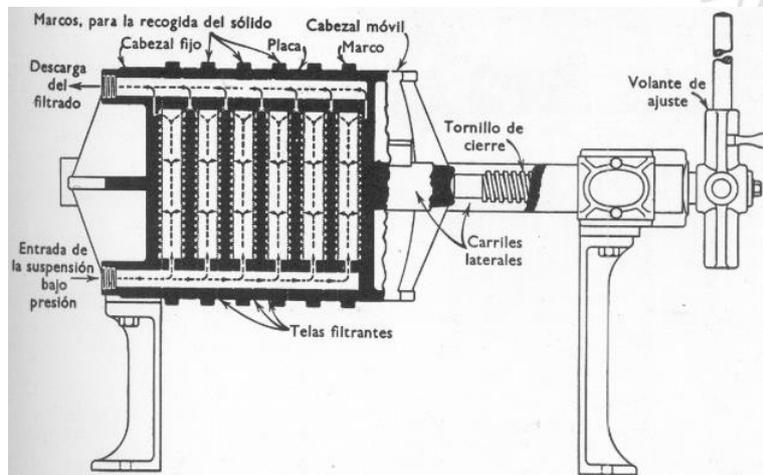


Figura 2 Filtro prensa (12)

#### 4.4.3.2 Filtros continuos de presión

Los filtros discontinuos requieren con frecuencia una mano de obra elevada, de forma que en los procesos a gran escala pueden no ser económicamente interesantes. Los filtros continuos de vacío que se describen más adelante se han desarrollado para reducir la mano de obra en la operación de filtración, pero a veces la filtración a vacío no es viable o no resulta económica, como ocurre cuando los sólidos son muy finos y filtran muy lentamente, cuando el líquido tiene una elevada presión de vapor, tiene una viscosidad superior a 1 P o es una disolución saturada que cristaliza al enfriarse. Con suspensiones que filtran lentamente la presión diferencial a través del medio filtrante puede ser superior a la que se obtiene con un filtro de vacío; con líquidos que se evaporan o cristalizan a presión reducida, la presión aguas abajo del medio filtrante no puede ser inferior a la atmosférica. Por tanto, los filtros rotativos continuos se adaptan a veces para presiones positivas de hasta 1,5 atm. (10)

El filtro rotativo de presión BHS (tipo RPF) es un filtro de funcionamiento continuo para la filtración a presión. Facilita la manipulación de la torta en una serie de pasos de proceso separados. El filtro de presión rotativo soporta una amplia gama de pasos de proceso durante una sola rotación del tambor. Después de separar el purín en filtrado y torta de filtro se pueden realizar otros procesos: lavado de torta de una o varias etapas de lavado por desplazamiento, lavado a contracorriente, lavado de ciclo cerrado, intercambio de disolvente, extracción, deshumidificación mecánica o térmica de la torta.

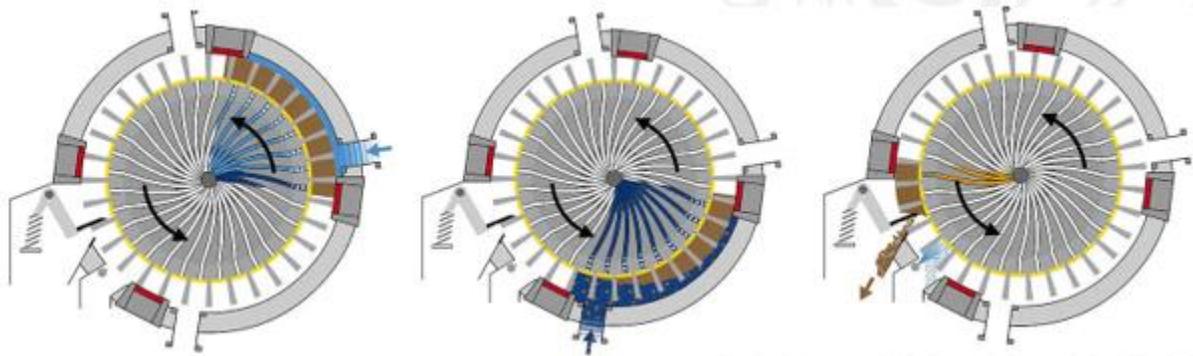


Figura 3 Filtro de tambor rotatorio a presión (13)

#### 4.4.3.3 Filtros discontinuos de vacío

Los filtros prensa son normalmente discontinuos, mientras que los de vacío lo son continuos. Sin embargo, un filtro discontinuo de vacío resulta a veces muy útil. Una nutcha es poco más que un embudo Büchner grande, de 3 a 10 pies de diámetro, en la que se forma una capa de sólidos de 4 a 12 pulg de espesor. Debido a su sencillez, una nutcha puede construirse fácilmente con materiales resistentes a la corrosión y resulta interesante cuando han de filtrarse cargas experimentales de una gran variedad de materiales corrosivos. Estos tipos de filtros no son recomendables para operaciones de producción debido al elevado coste de mano de obra que supone su utilización. (10)

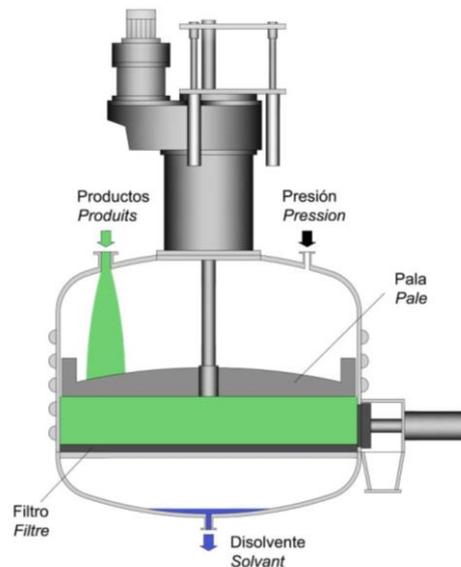


Figura 4 Esquema proceso filtros nutcha (14)

#### 4.4.3.4 Filtros continuos de vacío

En todos los filtros continuos de vacío el líquido es succionado a través de un medio filtrante sobre el que se deposita una torta de sólidos. La torta se aleja de la zona de filtración, se lava, se seca por aspiración y se descarga del medio filtrante para reiniciar el ciclo con la entrada de suspensión. En todo momento una parte del medio filtrante se encuentra en la zona de filtración, otra parte en la zona de lavado y otra en la etapa de descarga de sólidos, de forma que la salida de líquido y de sólido se realiza ininterrumpidamente. La presión diferencial a través del medio filtrante de un filtro de vacío continuo no es elevada y normalmente está comprendida entre 10 y 20 pulg Hg. Los distintos diseños de filtros difieren en la forma en la que se introduce la suspensión, la forma de la superficie filtrante y la manera en la que se descargan los sólidos. Sin embargo, la mayor parte de ellos aplican vacío desde una fuente estacionaria para accionar las partes de la unidad por medio de una válvula rotatoria. (10)

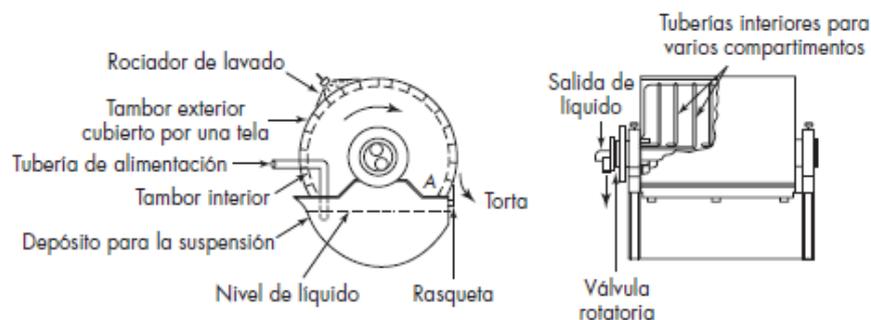


Figura 5 Filtro continuo rotatorio al vacío (10)

#### 4.4.4 Elección

Entre las opciones más viables según la naturaleza del producto, el presupuesto planteado, el tamaño de la empresa y las características deseadas en el producto final se analiza la viabilidad entre los filtros de presión discontinuos de un filtro prensa, un filtro de láminas y un filtro de carcasa.

##### 4.4.4.1 Filtros de placas y marcos (Filtro-prensa)

Las placas y marcos se acoplan alternadamente adaptando telas de filtración sobre los dos lados de cada placa. El conjunto se mantiene acoplado, formando una unidad, por aplicación del esfuerzo mecánico de un tornillo o también con ayuda de una prensa hidráulica. Cada marco lleva una entrada u orificio que establece comunicación entre aquel conducto y el espacio libre entre las placas. La presión ejercida sobre la suspensión de alimentación al filtro-prensa obliga al filtrado a pasar a través de las telas a cada lado de las placas, y a circular hacia la salida. Existe gran número de tipos distintos de filtros prensa, que utilizan placas y marcos. El más sencillo posee un conducto único para la introducción de la suspensión y del líquido de lavado, y un solo orificio en cada placa para el desagüe del líquido filtrado. En otros tipos existen conductos distintos para la introducción de la suspensión y del agua de lavado. En

algunos filtros prensa existen conductos aislados para la separación del líquido filtrado y del agua.(12)

#### 4.4.4.2 Filtros de láminas

Son parecidos a los filtros-prensa de placas y marcos, por el hecho de que la torta se deposita sobre cada uno de los lados de la lámina y el líquido filtrado fluye hacia la salida por los canales existentes entre las telas metálicas de la lámina que sostiene a las dos tortas. Las láminas trabajan sumergidas en la suspensión a tratar.(12)

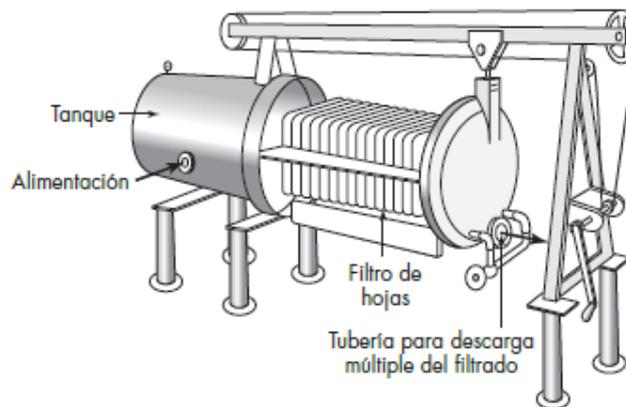


Figura 6 Filtro de láminas (10)

#### 4.4.4.3 Filtros de carcasa

El líquido penetra en la carcasa a presión, fluye hacia el interior hasta atravesar los poros situados en el elemento filtrante y salen por la parte superior o inferior de la carcasa, según el diseño. Los sólidos son atrapados y retenidos entre los poros del elemento filtrante. Periódicamente es preciso retirar los sólidos acumulados en el cartucho para aumentar el rendimiento. (9)

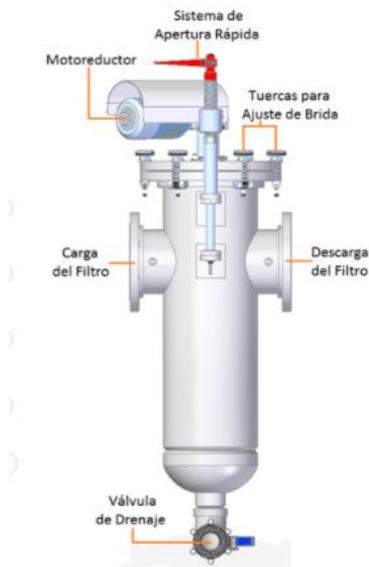


Figura 7. Filtro de carcasa autolimpiante(15)

De los diversos tipos de filtros, el filtro-prensa de placas y marcos es, probablemente, el más barato por unidad de superficie filtrante, y requiere un mínimo de superficie de espacio para su instalación. El coste de la labor manual necesaria para abrir y descargar estos filtros resulta elevado, si la torta a recuperar tiene gran valor, resulta interesante ya que este aparato permite una recuperación elevada de sólidos en forma de torta de muy fácil manipulación en un secadero de bandejas o estantes, frecuentemente utilizados en el caso de productos valiosos. (10)

El filtro de láminas ofrece las ventajas de su fácil manipulación, su mínima mano de obra y el eficaz lavado y descarga de su torta, sin necesidad de separar las láminas del filtro. (7)

Los filtros de carcasa presentan grandes ventajas como gran superficie filtrante, disponibles para diferentes opciones y configuraciones, construcción robusta para una larga vida en servicio y muy bajo mantenimiento, fácil recuperación de la torta. Al tener inicialmente una sola carcasa puede conllevar tiempos extras para el acople y desmonte de cada elemento (de ser necesario diferentes aberturas de poro) pero es una tecnología fácilmente escalable pudiéndose acoplar en serie dos a tres carcasas.

## **5 METODOLOGÍA**

Se realizó una revisión bibliográfica de los equipos de filtración existentes para llegar a una selección de las tecnologías más apropiadas según las necesidades y el presupuesto planteado. Posterior a esto se realizaron pruebas internas en malla para determinar la capacidad de retención de sólidos no procesados en los tamaños de malla usados actualmente por la empresa y así determinar los puntos más críticos de rendimiento para la adecuada selección del tamaño de poro del medio filtrante en el equipo seleccionado. Se realizaron asesorías técnicas con expertos en filtración en conjunto con pruebas externas con algunos de estos proveedores de equipos y así tomar la decisión más viable teniendo en cuenta su desempeño en la prueba práctica, que permitan garantizar que el proceso de filtración buscado se pueda ejecutar en el equipo planteado.

Para maximizar el presupuesto se evaluó el uso de la bomba del equipo de filtración de Filtration System con el que se cuenta actualmente la empresa Bioingred Tech para validar que la bomba pudiera suministrar la presión necesaria para el adecuado funcionamiento de este. No se analizaron otras variables de importancia de elección en bomba porque la bomba ya había sido seleccionada y aprobada para

Además, para el tratamiento de la torta cargada de extracto, para la compresión de esta, se trazó un diseño que fue validado y cotizado para su construcción con un proveedor de equipos de la Universidad de Antioquia. Todo con el fin de presentar una

propuesta de filtración sólida que permita optimizar tiempos y costos, encajando tanto la compra del equipo principal de filtración como del sistema para la recuperación del extracto presente en la torta extractada, en la estimación de costos que se planteó.

## 6 RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 6.1 Pruebas por gravedad MESH 40 y 80

Se usó BioEmulsion coco para estas pruebas de filtración por gravedad y mallas de MESH 40 y 80. Además de otros instrumentos como beaker, termómetro, balanza digital y cronómetro.

Tabla 1 Variables para medición

Variable	Cantidad	Unidad
V. inicial	400	mL
Peso	467,9	g
Densidad	1,17	g/mL

Se tomaron 400 mL de producto para cada ensayo, para dejarlos fluir por gravedad durante 10 minutos. Los rendimientos obtenidos de bioemulsion fueron 9,7% y 8,4% con respecto al material de partida. Esto con el fin de evaluar el flujo del producto en la filtración por gravedad.

Tabla 2 Filtración por gravedad

Por gravedad				
MESH	Tiempo (min)	Volumen filtrado (mL)	Flujo (mL/min)	Rendimiento (%)
40	10	38,8	3,87	9,7
80		33,7	3,37	8,4

Se procedió a terminar la filtración manual con espátula tal como lo ejecutan los operarios de la empresa Bioingred Tech para verificar tanto el rendimiento de bioemulsion como la cantidad de torta retenida con el fin de de medir la cantidad de humedad que queda retenida en esta.

Tabla 3 Filtración total manual MESH 40 y 80

MESH	Peso del producto (g)	Peso torta (g)	Vfinal producto (mL)	%Humedad torta	Rendimiento (%)	
					BE	Torta
40	322,13	125,24	275,32	34,73	68,85	26,77
80	254,59	167,03	217,6	25,85	54,41	35,70

Después de MESH 40 la presencia de partículas es muy visible, se contabilizaron unas 8 a 10 partículas x  $cm^2$  para ser una prefiltración nos muestra la importancia de esta malla para el tren de filtración ya que se retiene gran cantidad de sólidos no disueltos. Después de filtrar por MESH 80 son casi imperceptibles las partículas visibles para esta bioemulsión de coco pero sería pertinente usar una malla 250 o superior .

## 6.2 Datos de filtración de las BioEmulsión

Se colectaron datos de filtración de diversas bioemulsiones producidas en la empresa Bioingred Tech durante los últimos 3 meses

Tabla 4 Datos de filtración BE

FILTRACIÓN								
Código de desarrollo o Lote	PRODUCTO	% Material vegetal	Material inicial (g)	Extracto recuperado			BE producto final (g)	Rendimiento
				MESH 40	MESH 80	MESH 325		
A2620B	BE copoazú, cacay y sachá inchi	40,0%	2500	*	1216	*	1094	43,76
A2620C	BE copoazú, cacay y sachá inchi	32,0%	5000	4064	2474	*	1876	37,52
A2620D	BE sachá inchi	12,7%	3000	2430	1618	*	1618	53,93
A2820A	BE café cereza piloto 1	40,0%	10500	8490	7750	7040	7040	67,05
A2820B	BE café cereza piloto 2	40,0%	6000	*	*	4324	4324	72,07
A1820A	BE Acai lote piloto 1	40,0%	6000	4692		3124	3124	52,07
A1820D	BE Acai lote piloto 2	30,0%	6000	3720	2722	*	2722	45,37
A1420J	BE cacao piloto 1	25,0%	6000	5410	*	3666	3666	61,10
A1420L	BE cacao piloto 2	25,0%	7500	6325	*	3796	3796	50,61
A1520B	BE coco lote piloto 1	35,0%	6000	*	*	4426	4426	73,77
A1520F	BE coco lote pilote 3	35,0%	6000	*	*	3492	3492	58,20

BGN2001	BE aguacate	45,0%	19000	*	*	14628	14628	76,99
---------	-------------	-------	-------	---	---	-------	-------	-------

\*Datos no registrados

Según los datos colectados se concluye que los datos no registrados se dan por la falta de la malla en óptima calidad ya que al usarse con espátulas presionando manualmente se deterioran rápidamente presentando hoyos y rupturas. También es posible que se haya omitido la utilización de alguna porque no es significativo su uso por la cantidad de sólidos retenidos en anteriores experimentos.

Al analizar la cantidad de sólidos que puede retener cada malla usada actualmente nos encontramos ante unos productos con necesidades específicas en filtración según el material vegetal de partida. Es por esto que se refuerza el requerimiento inicial de necesitar un sistema de filtración bastante flexible. A continuación se describen brevemente las pruebas ejecutadas hasta el momento.

### 6.3 Prueba Industrias Protón

Según los requerimientos planteados la asesoría técnica, compuesta por los ingenieros Rafael Perdomo y Sallana Tellez, se nos recomendó una filtración usando un filtro prensa. La prueba fue ejecutada con BioEmulsion café cereza con un juego de telas filtratantes P-520 con un tamaño de poro de 5-10 micras.



Figura 8 Prueba filtración Industrias Protón

Esta recomendación vino ligada con una oferta comercial del equipo:

Filtro prensa placas rígidas tipo cámara, con alimentación central, sistema de cierre hidráulico manual y caballete en perfiles de acero al carbono, con desplazamiento de placas de forma manual. Las conexiones de alimentación y descarga son en polipropileno. El filtro consta de 9 placas en polipropileno con una temperatura máxima de filtración de 60°C. Se ofrecen de manera discriminada, un (1) juego de telas

filtrantes fabricadas en polipropileno. El juego incluye 9 telas intermedias, 1 tela inicial y 1 tela final, para un total de 11 telas filtrantes Ref. P-520. Por un precio total de 36'885.500 COP sin IVA.

Además de que el precio del equipo se sale del presupuesto planteado también se observa que la emulsión al ser filtrada pasa a ser translúcida y en los sólidos retenidos se ve una fracción grasa, por lo cual, este sistema de filtración desestabilizaría la bioemulsión además de perder los compuestos lipídicos de interés.

#### 6.4 Asesoría Donaldson Latin America

Contamos con una asesoría técnica-comercial compuesta por los ingenieros Marco Gonzalez y Ernesto Guerrero altamente calificados en filtración y la representante de ventas Monserrat Regalado de la empresa Donaldson, donde según todas las características de nuestro producto se nos planteó un sistema de filtración por carcasa y un elemento filtrante. La referencia sugerida de carcasa 1C072600-C15 en acero inoxidable para líquidos cuenta con una amplia variedad de aplicaciones con versión estándar con puertos de drenaje y ventilación. Conexión de abrazadera de 1 ½" con persiana, abrazaderas en los puertos de drenaje y ventilación. El elemento sugerido fue el filtro LifeTec PP N5 son filtros fabricados 100% polipropileno con un medio filtrante asimétrico de microfibra de polipropileno que proporciona una estructura de poros graduada con una abertura del poro de 5 micras

Este iba ligado a una oferta comercial que sin tener en cuenta ni costos de importación desde EEUU tenía un valor comercial de \$3.218 USD



Figura 9 \*1. Carcasa 1C072600-C15 \*2. Filtro LifeTec PP N5

#### 6.5 Pruebas Elementos Javi

Para el montaje de la prueba del sistema de filtración por carcasa 1 y 2 en Elementos Javi se acopló la bomba de diafragma ARO ½ " perteneciente a la empresa Bioigred

Tech con una carcasa plástica pequeña con el fin de evaluar la capacidad de saturación de la carcasa ante la carga de sólidos no solubles que se desean filtrar y si la bomba de diafragma ARO tiene la potencia para bombear el producto sin que haya una pérdida en la presión del sistema significativa.



Figura 10 Montaje de filtración con carcasa

El tipo de elemento filtrante para usar en la carcasa seleccionado fue de tipo acordeón para maximizar el área de contacto del producto a filtrar. Es un filtro construido en acero inoxidable tejido reutilizable y lavable.

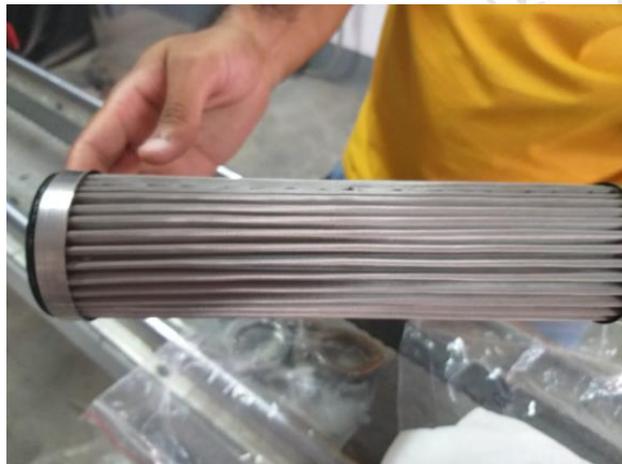


Figura 11 Elemento filtrante en acordeón

### 6.5.1 Carcasa pequeña elemento MESH 250

La primera prueba que se ejecutó fue empleando 11kg BioEmulsion® Coco altamente cargada en sólidos no solubles. Se usó una malla con un micraje pequeño (MESH 250) con el fin de poner a prueba la capacidad de la bomba. El resultado de este experimento fue que en 15 segundos el elemento estaba totalmente saturado de sólidos lo cual era bastante esperado por el tamaño de la carcasa. Aquí se pudo

concluir la necesidad de otro experimento con una prefiltración con un MESH y arrojó un resultado esperanzador en el uso de la bomba ya que, aunque el sistema colapsó en cuestión de segundos por el volumen de la carcasa la bomba trabajo perfectamente hasta su capacidad de saturación de sólidos. La cantidad de sólidos retenidos fueron 3 kg, los sólidos obtenidos se encontraban aún con presencia de bioemulsión.



*Figura 12 Elemento MESH 250 filtrante saturado de sólidos*

#### **6.5.2 Carcasa pequeña elemento MESH 60 y 250. Bioemulsión prefiltrada MESH 40**

En la segunda prueba se empleó BioEmulsion® Coco con una prefiltración previa por MESH 40 con el fin de visualizar mejor la potencia de la bomba. La cantidad de BioEmulsion® Coco usada para la prueba fueron 10 kg. Inicialmente se usó un elemento MESH 60 y pasado 1 minuto la emulsión fluyó completamente retenido los sólidos presentes sin saturar la carcasa pequeña. Luego, el líquido filtrado se pasó por un elemento MESH 250 y de igual manera este fluyó rápidamente, la bomba trabajó con una presión aproximada de 50 psi conteniendo gran cantidad de sólidos. De estas pruebas se visualiza la viabilidad de poder ejecutar filtraciones en la carcasa grande usando la bomba con la que cuenta la empresa y por tanto se procede a la construcción del elemento para la carcasa grande.

#### **6.5.3 Carcasa grande elemento MESH 40**

La tercera prueba se ejecutó en una carcasa plástica de una longitud 70 cm y un diámetro entre bridas de unos 45 cm con un elemento filtrante en acordeón MESH 40 de 60 cm de longitud y un diámetro de 18 cm. La carcasa usada para la prueba recrea las dimensiones de la carcasa que se usaría en el proceso de filtración solo varía el material de construcción que sería acero inoxidable grado alimentario.



*Figura 13 Carcasa plástica grande*

El montaje constó de un tanque agitador que contenía 20kg de BioEmulsion®, se acopló la bomba de diafragma ARO ½" para pasar el producto a través de la carcasa y un compresor para suplir la bomba neumática, perteneciente a la empresa Bioingred Tech. Con el fin de evaluar la capacidad de saturación de la carcasa ante la carga de sólidos no solubles que se desean filtrar y si la bomba de diafragma ARO tiene la potencia para bombear el producto sin que haya una pérdida en la presión del sistema significativa.



*Figura 14 Montaje de filtración*

La prueba arrojó los resultados esperados se filtraron 20 kg en 80 segundos por la carcasa con elemento filtrante MESH 40. La carcasa tiene una capacidad de carga mínima de 6 kg de producto para empezar a filtrar por lo que se evidencia la importancia de complementar este sistema de filtración con una prensa extractora

que recupere el producto cargado en la torta. El elemento filtrante tiene una gran capacidad de carga de torta, formó una capa de 1 cm de espesor y aún permitía el paso de la bioemulsión, se evidencia la necesidad de plantear un elemento filtrante MESH 30 para retirar otros sólidos de mayor tamaño.

Se obtuvieron 10 kg del producto filtrado por MESH 40. Pero como se evidencia en la fotografía siguiente fue necesario someter a filtración nuevamente el producto se utilizó la MESH 325. Después de someter la torta a una compresión manual por medio de una tela de fibra de algodón comercial, se obtuvieron 6,35 kg



Figura 15 Producto filtrado mesh 40 y mesh 325 respectivamente

La cotización del sistema de filtración en Elementos Javi tiene un costo de la carcasa con su elemento filtrante en acordeón \$3'390.000. Más un juego de 4 elementos filtrantes en \$6'320.000 COP

## 6.6 Diseño de la prensa extractora

La prensa extractora es una prensa de tornillo construida en su totalidad en acero inoxidable compuesta por dos tanques.

El tanque interno su cuerpo consta de una lámina perforada en forma cilíndrica de dimensiones 24 cm de diámetro y 30 cm de altura. El tanque interno lo recubre un tanque externo igualmente cilíndrico con dimensiones 27 cm de diámetro y 35 cm de altura, con una salida en  $\frac{3}{4}$  de pulg en L y una válvula de paso para darle salida a la bioemulsión recuperada de la torta. El diseño se puede ver en el ANEXO 1: Prensa extractora.

El diseño se aprobó y cotizó por ESTRUCTURAS Y MONTAJES S.A.S proveedor de la Universidad de Antioquia con un costo de \$2'700.000 COP sin IVA



Figura 16 Diseño prensa extractora

## 6.7 Parámetros de selección de alternativas para el sistema de filtración

Para la selección del sistema de filtración que permita la obtención del producto para poder definir la confiabilidad, rendimiento y la eficiencia de sistema, por lo tanto, se tendrán en cuenta los parámetros que se enlistan a continuación:

1. **Eficacia** Se priorizará en un sistema de filtración que su principal enfoque este en obtener la mejor calidad en filtración del bioingrediente posible sin comprometer la estabilización del producto. Utilizando la menor cantidad de recursos y con un mínimo de complejidad del sistema, además que las pérdidas en el sistema sean las mínimas
2. **Versatilidad** Un sistema flexible a las diferentes necesidades en filtración de las bioemulsiones ya que por obtenerse de materiales vegetales diferentes presentan cada uno requerimientos especiales
3. **Costo** El costo aproximado para la compra de los equipos del sistema de filtración debe ser valorado dentro del presupuesto planteado por la empresa para seleccionar la alternativa más rentable y que presente los mayores beneficios para el resultado deseado. (16)

## 6.8 Matriz de decisión

Los parámetros elegidos para realizar la selección del sistema de filtración se han escogido de acuerdo con el criterio propio, basándose en consideraciones técnicas y económicas, además de asesoría de personal experto. Ningún sistema de filtración es por sí solo el mejor, todos presentan una serie de ventajas y desventajas según las diferentes variables a analizar. Es necesario tener claridad de los requerimientos del producto a filtrar según el resultado final esperado y de los volúmenes a trabajar.

Se calificarán las alternativas en una escala dispuesta de 0 a 10, estos valores serán evaluados mediante el análisis de documentos y apoyándose en la experiencia

adquirida en los ensayos ejecutados durante el desarrollo de la práctica empresarial. Lo expuesto se puede observar detalladamente en la tabla 1.

Tabla 5 Matriz de decisión

Parámetro	Filtro prensa	Filtro con placas	Filtro de carcasa + prensa tornillo
Eficacia	10	*	8
Costo	0	10	10
Versatilidad	5	5	8
Desempeño prueba	5	*	8
Total	20	15	34

Donde:

- En la valoración de la eficacia cero indica la opción menos eficaz y diez la más eficaz.
- En la valoración de la versatilidad cero indica la opción menos compleja y diez la más versátil
- En la valoración del costo cero indica la opción más costosa y diez es la opción más económica.

\*Prueba no ejecutada

## 7 CONCLUSIONES

A partir la revisión bibliográfica, asesoría técnica, y los ensayos realizados en las pruebas de filtración se concluyó que la opción más viable teniendo en cuenta los parámetros de eficacia, versatilidad, costo y el desempeño presentado en pruebas es un filtro de carcasa con un juego de 5 elementos filtrantes en configuración de acordeón, acompañado de una prensa para extraer la torta húmeda.

El conjunto de elementos filtrantes intercambiables se estableció así: Para *prefiltración* MESH 30 y 40, para *filtración* MESH 80 y 250, para *filtración fina* tela 10 micras.

Se diseñó un mecanismo de compresión para extraer torta a través de una prensa tornillo y recuperar la bioemulsión presente en la torta, aprobado y cotizado por Estructuras y Montaje S.A.S.

Toda esta información fue analizada en conjunto del equipo de trabajo de producción y desarrollo y contó con la aprobación del director científico. Además de asesoría por parte de personal técnico altamente capacitado en filtración de diversos productos. En la prueba de filtración final se obtuvo una capacidad de 15kg/min pudiendo filtrar hasta 900 kg/h con la mayor cantidad de sólido retirado por lo que se cumple el objetivo propuesto en cuando a productividad y permite obtener bioemulsiones sin

material sólido no procesado, superando en un factor de 9 veces la capacidad inicial propuesta, lo que se presenta como una gran ventaja ante un futuro escalamiento en de producción en la empresa.

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wibowo C, Ng KM. Product-oriented process synthesis and development: Creams and pastes. *AIChE J.* 2001;47(12):2746–67.
2. Calvo F, Gómez JM, Ricardez-Sandoval L, Alvarez O. Integrated design of emulsified cosmetic products: A review. *Chem Eng Res Des.* 2020;161:279–303.
3. Lopes L. Overcoming the Cutaneous Barrier with Microemulsions. *Pharmaceutics* [Internet]. 2014 Feb 28 [cited 2020 Sep 18];6(1):52–77. Available from: <http://www.mdpi.com/1999-4923/6/1/52>
4. Ghosh V, Mukherjee A, Chandrasekaran N. Ultrasonic emulsification of food-grade nanoemulsion formulation and evaluation of its bactericidal activity. *Ultrason Sonochem.* 2013 Jan 1;20(1):338–44.
5. Tcholakova S, Lesov I, Golemanov K, Denkov ND, Judat S, Engel R, et al. Efficient emulsification of viscous oils at high drop volume fraction. *Langmuir.* 2011;27(24):14783–96.
6. Capdevila M, Maestro A, Porras M, Gutiérrez JM. Preparation of Span 80/oil/water highly concentrated emulsions: Influence of composition and formation variables and scale-up. *J Colloid Interface Sci* [Internet]. 2010;345(1):27–33. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2010.01.045>
7. Faria-Silva AC, Costa AM, Ascenso A, Ribeiro HM, Marto J, Gonçalves LM, et al. Nanoemulsions for cosmetic products. *Nanocosmetics.* 2020;(1):59–77.
8. Lin C-Y, Chen L-W. Comparison of fuel properties and emission characteristics of two- and three-phase emulsions prepared by ultrasonically vibrating and mechanically homogenizing emulsification methods. *Fuel* [Internet]. 2008 Aug [cited 2020 Sep 18];87(10–11):2154–61. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016236108000021>
9. Geankopolis CJ. *Procesos de transporte y operaciones unitarias.* 3ra edición. Mexico: Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.; 1998.
10. McCabe WL, Smith JC, Harriot P. *Operaciones unitarias de ingeniería química.* [Internet]. Vol. séptima ed, Mc Graw Hill. 2009. 1212 p. Available from: <http://librosolucionarios.net/>
11. Ulloa CMQ. *Sistema de tratamiento de efluentes líquidos de la empresa Muebles León y su incidencia en el impacto ambiental.* Ambato; 2013.
12. Brown GG. *Operaciones básicas de la Ingeniería Química.* Barcelona: Manuel Marín & C; 1955.
13. SONTHOFEN B. Filtro de tambor RPF series. Available from: <https://www.directindustry.es/prod/bhs-sonthofen/product-61414-1922776.html>
14. Technology LIM. Filtros Nucha simple [Internet]. Available from:

- <https://linkindustrial.es/equipos/filtros-nucha/simple/>
15. Multindustrial. Filtro autolimpiante [Internet]. Available from: <https://multindustrial.com/app/productos/filtro-autolimpiante>
  16. Daniel Alejandro Galarza Arévalo, Julio César Valenzuela Torres. Diseño y construcción de un sistema de reutilización del agua en la mezcla de hormigón. Quito; 2013.

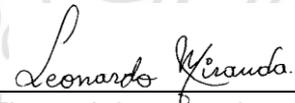
## 9 ANEXOS

Anexo 1. Diseño en AUTOCAD prensa extractora de torta

### Visto bueno del asesor interno y asesor externo

Como asesor conozco el informe y avalo el contenido del mismo.

Leonardo Miranda Ramos  
Nombre del asesor interno  
C.C. 78.022.314



Firma del asesor interno

Luis Carlos Carrillo Hormaza

Nombre del asesor externo  
C.C 1.128.423.328



Firma del asesor externo