

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL INDUSTRIAL DE ACEITE POR
VERTEDERO, Y DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE
CLARIFICACIÓN INCORPORANDO UN PRECLARIFICADOR DE ACEITE,
EN LA EXTRACTORA MONTERREY S.A

LUBAR PATRICIA PRIETO CADAVID

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO- QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA

2012

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL INDUSTRIAL DE ACEITE POR
VERTEDERO, Y DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE
CLARIFICACIÓN INCORPORANDO UN PRECLARIFICADOR DE ACEITE,
EN LA EXTRACTORA MONTERREY S.A

Autora

LUBAR PATRICIA PRIETO CADAVID

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Químico

Directora:

Dra. PAOLA ANDREA ACEVEDO PABÓN

Co-directores:

Ing. DIEGO IGNACIO NIETO MOGOLLÓN

Asistente de Investigación Y Transferencia Cenipalma

Ing. VICTOR HUGO PICHÓN

Director de Planta Extractora Monterrey S.A

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO- QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA

2012

DEDICATORIA

Dios por haberme permitido culminar este anhelo, por permitirme ser quien soy; por hacerme sentir que siempre estuvo conmigo en toda situación.

A mi Especial Madre por su incondicional Apoyo y Amor; por ser un ejemplo de mujer de lucha.

A mi Amado Padre, por ser mi amigo, mi confidente incondicional; porque siempre su forma de ser me animó a seguir adelante, y a luchar por lo que sueño.

A mi Querido hermano por acompañarme, apoyarme, soportarme y quererme en esta última etapa de Universidad.

A mi Bella hermana, porque su lucha y su fidelidad me enseñó a valorar lo que tengo y Amo.

A mi Príncipe Juan José, por ser uno de mis motores que incentiva mis deseos de seguir luchando.

A Rafael Enrique Fragozo por su Amor incondicional, su apoyo en estos últimos años.

A mi hermoso Amigo Jhon Dairo Alvarado por estar siempre a mi lado en todo tiempo.

A mis familiares que de una u otra manera estuvieron conmigo.

Al Ingeniero Leonardo Vásquez, por su incondicional Amistad.

AGRADECIMIENTO

Al Gerente, Ingeniero Jaime Humberto Acero y las Directivas de Recursos Humanos de Extractora Monterrey S.A; por permitirme realizar mi práctica en la planta.

A la profesora Paola Acevedo, Diego Nieto, Ingeniero Victor Pichón por su orientación durante el proyecto. A los Ingenieros Cindy Rojas y Miguel Mantilla, por su amistad y guía en estos últimos tiempos.

A Linita y al Ingeniero Jesús, por su incondicional apoyo.

A todos los operadores y personal de laboratorio de Extractora Monterrey S.A, por su gran colaboración en las pruebas que se realizaron en el transcurso del proyecto; Oscar Carrasquilla, Alirio Gómez, Robinson Gómez, Wilson Gómez, Miguel García, Carlos Paternina, Ricardo Delgado, Jhon Jairo Padilla, Felipe Requena, Celso Gómez, Erick Ochoa, Numael Gómez, Carlos Mario Camargo, Jorge Camargo, Wilmar Gómez, Victor Velásquez, Germán Rojas, Cesar Vides, José Guerrero, Alvaro Flores, Rafael Flores, Fabián Gallo, Alfredo Vargas, Eliecer González, Javier Rangel, Erika Ríos, Adanies Vega; a todo el personal de la planta que de una u otra forma aportaron para la realización del proyecto. A los supervisores de planta; Hernando Very Arias, Ever Ortiz, Don Carlos; por su disposición y colaboración durante el proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander, especialmente a la Escuela de Ingeniería Química; por brindarme la orientación profesional.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2. GENERALIDADES	19
2.1 ACEITE CRUDO DE PALMA	19
2.1.1 Generalidades del aceite crudo de palma	19
2.2 EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA	19
2.3 CLARIFICACIÓN	20
2.4 VERTEDERO	21
3. METODOLOGÍA	22
3.1 ADECUACIÓN Y MONTAJE DEL EQUIPO PRECLARIFICADOR DE ACEITE EN EXTRACTORA MONTERREY S.A	22
3.2 METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE POTENCIAL DE ACEITE Y EFICIENCIA EN PRECLARIFICADOR	23
3.2.1 Determinar la curva de calibración del vertedero de licor de prensas.	23
3.2.2 Estudios de tiempos y movimientos.	23
3.2.3 Validación del método del vertedero.	24
3.2.4 Evaluación de proveedores.	25
4. RESULTADOS	30
4.1 ADECUACIÓN Y MONTAJE DEL PRECLARIFICADOR EN LA EXTRACTORA MONTERREY S.A.	30
4.2 METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE POTENCIAL DE ACEITE Y EFICIENCIA EN PRECLARIFICADOR	31
4.2.1 Determinación de la curva de calibración del vertedero de licor de prensas	31

4.2.2 Estudios de tiempos y movimientos	32
4.2.3 Validación del método del vertedero	33
4.2.4 Evaluación de proveedores	33
4.2.5 Incidencia de la participación de determinados proveedores en la producción de aceite	35
4.2.6 Evaluación de la eficiencia del equipo preclarificador de aceite de palma, instalado en planta	36
4.2.7 Determinación de la influencia del preclarificador de aceite dentro del proceso de clarificación de la planta de beneficio.	36
5. CONCLUSIONES	39
6. RECOMENDACIONES	40
ANEXOS	45

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama proceso extracción de aceite de palma	20
Figura 2. Imagen del vertedero	21
Figura 3. Metodología	22
Figura 4. Participación de proveedores de fruto en Extractora Monterrey S.A	25
Figura 5. Metodología general para la evaluación del potencial Industrial de aceite por medio de sistemas tipo vertedero	26
Figura 6. Tanques de lodos y de aceite	27
Figura 7. Metodología para la estimación de eficiencia en el preclarificador	28
Figura 8. Diagrama general de clarificación	28
Figura 9. Ubicación del preclarificador en planta.	30
Figura 10. Adecuaciones al preclarificador	31
Figura 11. Ajuste lineal sobre los datos experimentales.	32
Figura 12. Comportamiento de validación del método vertedero	33
Figura 13. Comportamiento del % Industrial de aceite por vertedero de proveedores	34
Figura 14. Comportamiento de %AGL en el aceite	35
Figura 15. Comportamiento mensual del % de extracción Industrial de aceite de proveedores	35
Figura 16. Eficiencia de preclarificación	36
Figura 17. Comportamiento de % AGL en clarificación y preclarificación	37
Figura 18. Comportamiento de % de aceite en lodos en preclarificador y clarificador	38

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Ecuación para calcular el potencial de aceite en racimos.	26
Tabla 2. Ecuación balance de masa en clarificación	28
Tabla 3. Ecuación para calcular la eficiencia en preclarificación	28
Tabla 4. Repeticiones de calibración del vertedero	31
Tabla 5. Tiempos y movimientos desde la recepción hasta el prensado de fruto	32

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Parámetros y variables del preclarificador de aceite para una capacidad de procesamiento de 28 T/H.	46
Anexo B. Parámetros y variables de diseño del sistema tipo vertedero rectangular para una capacidad de procesamiento de 28 T/H	47
Anexo C. Planos del equipo preclarificador de aceite	48
Anexo D. Imágenes del equipo preclarificador	49
Anexo E. Resultado de pruebas de potencial industrial de aceite por mes	50
Anexo F. Resultado estadísticos de pruebas de potencial industrial de aceite-múltiple comportamiento	53
Anexo G. Diagrama del funcionamiento de clarificación actual de la Planta Extractora Monterrey S.A	56
Anexo H. Diagrama del funcionamiento de clarificación (opcional) de la Planta Extractora Monterrey S.A	57
Anexo I. Diagrama del funcionamiento de clarificación anterior de la Planta Extractora Monterrey S.A	58

RESUMEN

TÍTULO:

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL INDUSTRIAL DE ACEITE POR VERTEDERO, Y DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE CLARIFICACIÓN INCORPORANDO UN PRECLARIFICADOR DE ACEITE, EN LA EXTRACTORA MONTERREY S.A.

AUTOR:

PRIETO CADAVID, Lubar Patricia**.

PALABRAS CLAVES:

Aceite de palma, calidad, clarificación, vertedero, potencial, preclarificador, calibración, licor de prensas.

CONTENIDO:

La calidad y la eficiencia en cualquier proceso productivo dependen de varias variables, en el caso de la Agroindustria del Aceite de Palma, el mejoramiento de la calidad de los productos depende de muchos factores entre ellos la calidad de los insumos y la eficiencia en el proceso de clarificación, son por consiguiente de gran importancia.

Ante las frecuentes polémicas generadas por las oscilaciones en la tasa de extracción de aceite y sus posibles causas, en la planta Extractora Monterrey S.A, ubicada en la Zona Central Colombiana, se decidió evaluar el método de estimación del potencial industrial de aceite por vertedero. Con el fin de mejorar el proceso y la calidad del fruto extraído, se realizó el montaje y puesta en servicio de un preclarificador de aceite con la disponibilidad de evaluar el potencial industrial de aceite por vertedero y realizar pruebas de eficiencia en el proceso de clarificación del aceite crudo de palma.

Mediante el desarrollo de este trabajo de grado se logró:

Adecuar y montar el preclarificador en la Extractora Monterrey S.A, y se determinó la curva de calibración al vertedero del licor de prensas.

Realizar pruebas de potencial industrial de aceite y evaluar la calidad de fruto de los proveedores de mayor interés por la planta de beneficio mediante el método del vertedero.

Identificar las incidencias de la participación de determinados proveedores en la producción de aceite crudo de palma.

Estimar la eficiencia del equipo preclarificador de aceite, y establecer su influencia dentro del proceso de clarificación.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Dra Paola Andrea Acevedo Pabón. Codirector: Ing. Diego Ignacio Nieto Mogollón.

ABSTRACT

TITLE:

EVALUATION OF THE INDUSTRIAL POTENTIAL OF OIL USING LANDFILL, AND THE CLARIFICATION SYSTEM EFFICIENCY DETERMINATION INCORPORATING AN OIL PRE CLARIFIER, IN THE MONTERREY S.A. EXTRACTOR*.

AUTHOR:

PRIETO CADAVID, Lubar Patricia**.

KEY WORDS:

Palm oil, quality, clarification, landfill, potential, pre-clarifier, calibration, liquor presses.

DESCRIPTION:

The quality and the efficiency in any production process depend on several variables. For agribusiness palm oil, improvement of products quality depends on many factors including the quality of inputs and the efficiency in the qualification process, these are therefore of great importance.

In the fact of frequent controversies generated by the oscilation rate of the oil extraction and its possible causes, in the Monterrey S.A. extractor plant, located in the Colombian central zone, was decided to evaluate the estimation method for the industrial potential of oil using landfill. In order to improve the process and the quality of extracted fruit, was assembled and put on service an oil pre-clarifier with the availability of evaluating the industrial potential of oil using landfill and efficiency testing in the clarification process of crude palm oil.

By developing this degree work was achieved:

Adapt and assemble the pre-clarifier in the Monterrey S.A. extractor, and was determined the calibration curve landfill liquor presses.

Perform industrial potential of oil testings and evaluate the quality of the fruit of the major suppliers in the processing plant using the landfill method.

Identify the impact of some suppliers participation in the crude palm oil production.

Estimate the oil pre-clarifier machine efficiency and establish its influence in the clarification process.

* Graduation Project

** Faculty of Physicochemical Engineering. School of Chemical Engineering. Director: Dr Paola Andrea Acevedo Pabón. Co-director: Eng. Diego Ignacio Nieto Mogollón

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS

% AGL: Porcentaje de ácidos grasos libres

RFF : Racimo de fruto fresco

LPD : Licor de prensa diluido

TEA : Tasa de extracción de aceite

Cap : Capacidad

TON : Toneladas

Q : Caudal

INTRODUCCIÓN

Extractora Monterrey S.A, es una planta extractora de aceite crudo de palma y palmiste, ubicada en la Zona Central Colombiana, en el municipio de Puerto Wilches Santander; dedicada a la compra y siembra de racimos de fruto de palma de aceite, con el objetivo de procesarlos y así obtener el aceite. El procesamiento de los racimos de palma de aceite se lleva a cabo mediante la extracción mecánica de aceite crudo de palma y palmiste; por lo cual los racimos de fruta fresca, deben pasar por las siguientes etapas: esterilización, digestión, prensado, clarificación, palmistería, finalizando con el almacenamiento del aceite.

Dentro de la extractora no se realiza un control de calidad adecuado de fruto procesado y sumado a esto, no se conoce el potencial de aceite de los racimos de sus proveedores, dificultando la identificación de las posibles causas del bajo rendimiento en la extracción de aceite. La tasa de extracción de aceite obtenida en las plantas de beneficios está altamente influenciada por la eficiencia del proceso de extracción y la calidad del fruto cosechado, lo que hace necesario optimizar el proceso.

El procesamiento de racimos de palma de aceite y en especial la etapa de clarificación, determinan en buena medida no solo la eficiencia de proceso (juntas representan el 33% de las pérdidas totales en el proceso); sino en especial la calidad del aceite crudo extraído, en términos de índice de deterioro de la capacidad de blanqueo, humedad, impurezas y presencia de ácidos grasos libres. Así mismo teniendo en cuenta la inquietud planteada por el sector agroindustrial de la palma de aceite de la zona Centro de Colombia, respecto a las bajas eficiencias en el proceso de extracción en esta zona en comparación con las demás zonas; el área de ingeniería de Cenipalma ha adelantado una serie de proyectos de investigación orientados a optimizar las diferentes etapas que caracterizan el proceso industrial de extracción de aceite de palma en las plantas

de beneficio de fruto de palma, especialmente en las etapas de mayor influencia, con el propósito de mejorar la eficiencia de extracción y reducir las pérdidas; trabajando en diferentes alternativas de optimización de procesos para reducir tiempos de retención, mejorar parámetros de operación que eviten el deterioro del aceite dentro del proceso y, adicionalmente, lograr mayores eficiencias de recuperación de aceite. Con la finalidad de optimizar el proceso, Cenipalma desarrolló diferentes estudios sobre frecuencias de purgas en clarificación, calidad de aceite en las diferentes etapas del proceso, separación de fases en clarificadores, nivel de dilución aceite: agua del licor de prensa y automatización del control de dilución del licor de prensa, entre otros. Los resultados obtenidos de los estudios de Cenipalma han demostrado que se pueden disminuir la descarga de efluentes a los cuerpos de agua y la pérdida de aceites en clarificación por control de procesos.

Al estudiar las variables que afectan la sedimentación de lodos y recuperación de aceite en el proceso de clarificación, así como el nivel de dilución del licor de prensa; se ha observado que la dinámica de separación de aceite durante la clarificación podría responder de un modo más eficiente a un diseño alternativo de los equipos clarificadores. Es así como se pudo plantear el diseño de un equipo previo a los sistemas de clarificación, bajo nuevos parámetros de diseño que permiten incrementar la eficiencia del proceso de clarificación, aumentar la capacidad de procesamiento y mejorar la calidad del aceite crudo obtenido, llamado a estos equipos con el nombre de preclarificador.^[1]

Con el fin de optimizar el proceso y mejorar la calidad del aceite crudo extraído en Extractora Monterrey S.A, se realizó el montaje y puesta en servicio de un preclarificador de aceite en Extractora Monterrey S.A con la disponibilidad de la realización de pruebas de eficiencia y evaluar el potencial de aceite de racimo de fruto fresco por vertedero; permitiendo obtener grandes beneficios no solo técnicos sino también productivos con incidencia competitiva.

El presente trabajo pretende exponer una herramienta adicional de medición de potencial industrial de aceite (sistema de medición delicor de prensas); en la planta de beneficio, para evaluar el potencial de aceite en racimos con el objetivo de sacar conclusiones y realizar los respectivos ajustes.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el potencial de aceite de palma de racimo de fruta fresca mediante sistemas de medición de caudales tipo vertedero y determinar la eficiencia de recuperación de aceite con la implementación del preclarificador de aceite.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adecuar y montar el preclarificador en la Extractora Monterrey S.A.
- Determinar la curva de calibración del vertedero de licor de prensas.
- Evaluar la calidad y el potencial de aceite a los proveedores de fruto mediante el método de vertedero.
- Verificar el sistema de medición de caudales tipo vertedero, comparando la TEA PRENSADO Vs TEA REAL.
- Identificar las incidencias de la participación de determinados proveedores en la producción de aceite.
- Estimar la eficiencia del equipo preclarificador de aceite de palma instalado en planta, y establecer su influencia dentro del proceso de clarificación de la planta de beneficio.

2. GENERALIDADES

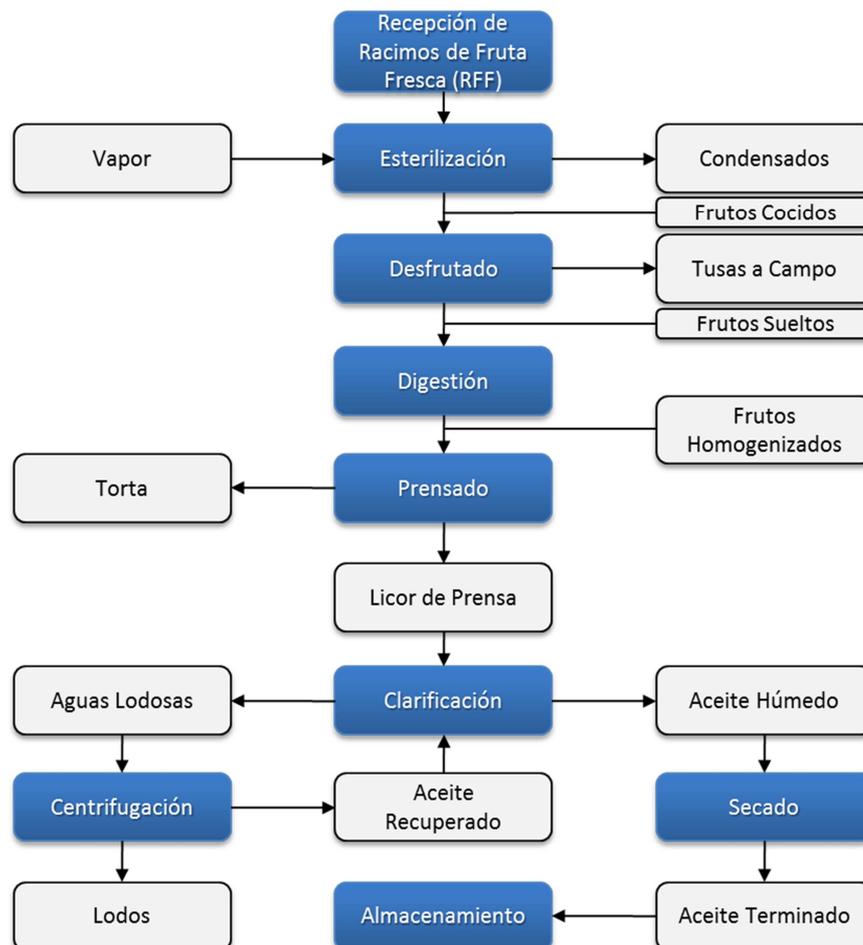
2.1 ACEITE CRUDO DE PALMA

2.1.1 Generalidades del aceite crudo de palma. El aceite derivado de la palma es el segundo aceite de mayor consumo a nivel mundial y el de mayor nivel de exportaciones por su alto potencial productivo. De la palma se utilizan los frutos, tanto la pulpa como la almendra. Una vez transformados, los productos de la palma se utilizan en la industria agroalimentaria (más de 50%), la industria química, cosmética, alimentación animal y más recientemente para biocombustibles. El aceite crudo de palma, proviene de la palma africana (*Elaeisguineensis*) originaria del Golfo de Guinea e introducida al país en 1932. La palma de aceite es una oleaginosa perteneciente a la familia de las monocotiledóneas. Su fruto se encuentra adherido al raquis, formando los racimos. El fruto está compuesto por el mesocarpio y la nuez. En el mesocarpio se almacena el aceite crudo y en la nuez se encuentra la almendra que es donde se obtiene el aceite de palmiste.^[2]

2.2 EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA

La planta extractora Monterrey S.A se dedica principalmente a la extracción de aceite de crudo de palma, aceite crudo de palmíste y torta de palmíste. En la planta, el producto que se obtiene en mayores proporciones es el aceite crudo de palma a diferencia de los otros. En el esquema que se muestra a continuación (figura 1), se hace una descripción específica de cada una de las etapas que intervienen en el proceso de extracción de aceite de palma de la planta de beneficio Extractora monterrey S.A.

Figura 1. Diagrama proceso extracción de aceite de palma



2.3 CLARIFICACIÓN

La clarificación es el proceso mediante el cual se purifica y se separa el aceite de la mezcla líquida extraída en las prensas (licor de prensa), el cual contiene aceite, agua, lodos livianos (compuestos por pectinas y gomas) y lodos pesados (compuestos por tierra, arenas y otras impurezas). Para lograr esta separación se aprovecha la característica de la inmiscibilidad entre el agua y el aceite. ^[3] El proceso de clarificación se divide en dos partes:

- *Clarificación estática (por decantación)*: en esta etapa se logra separar el 90% del aceite aproximadamente.
- *Clarificación dinámica (por centrifugación)*: en esta etapa se requiere movimiento por fuerza centrífuga para obtener la separación, con una recuperación de alrededor del 10% de aceite.

2.4 VERTEDERO

Los vertederos son dispositivos sencillos, de bajo costo de construcción y mantenimiento, y amplio rango de medición. Son utilizados para estimar caudales en fluidos especiales, caracterizados por la presencia de sedimentos y materiales extraños que podrían deteriorarse rápidamente y generar mediciones imprecisas a otros tipos de medidores de flujo. Un vertedero es una pared delgada consiste básicamente en una lámina plana, rígida, colocada perpendicular a la dirección del flujo y al fondo del canal, como se observa en la figura 2. ^[4]

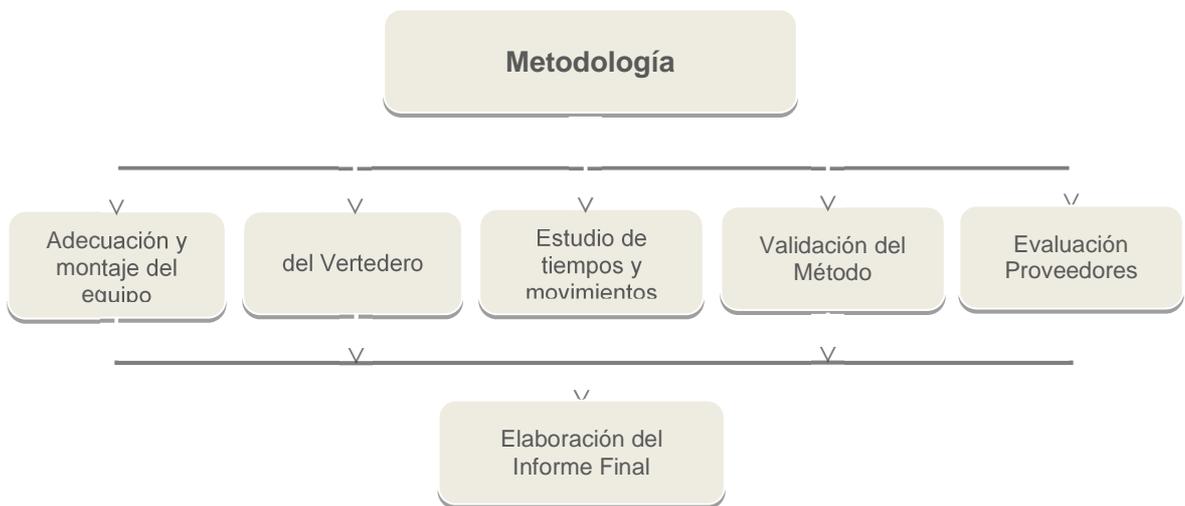
Figura 2.Imagen del vertedero



3. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la metodología planteada para realizar las pruebas de evaluación del potencial de aceite de RFF por vertedero, y determinar la eficiencia del sistema de clarificación incorporando un preclarificador de aceite, en la Extractora Monterrey S.A. La metodología seguida es ilustrada en la figura 3.

Figura 3. Metodología



3.1 ADECUACIÓN Y MONTAJE DEL EQUIPO PRECLARIFICADOR DE ACEITE EN EXTRACTORA MONTERREY S.A

La ubicación del preclarificador se realizó dependiendo de la disponibilidad de espacio dentro de la planta y facilidad para conectar las tuberías de alimentación del licor de prensa y evacuación de aceite y lodos. Los parámetros y variables de diseño del preclarificador de aceite para extractora Monterrey S.A fue considerada dependiendo de la capacidad de procesamiento de la misma como se muestra en Anexo A.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE POTENCIAL DE ACEITE Y EFICIENCIA EN PRECLARIFICADOR

3.2.1 Determinar la curva de calibración del vertedero de licor de prensas.

Dado que las ecuaciones de diseño para estos sistemas de medición de flujos volumétricos utilizan agua como fluido de trabajo, se hace indispensable la calibración con el fluido real. En este caso debe aforarse con el licor de prensa, generando una curva experimental de Caudal vs. Altura de cresta. La calibración consiste en determinar experimentalmente un modelo matemático $Q \left[\frac{L^3}{t} \right] = f(h[L])$, que permita expresar el Caudal (Q) de LPD (Licor de Prensa Diluido), definido como la relación entre la cantidad de fluido que pasa a través de una ranura del equipo por unidad de tiempo, en función de la altura de la Cresta (H_c) que se genera por la retención temporal del LPD. Para establecer la función matemática que relacionará estas dos variables, es necesario cuantificar cada una de ellas paralela e independientemente. El caudal de la corriente se determinó contabilizando el tiempo que tarda el aforo de un volumen conocido. Durante este intervalo de tiempo se observó paralelamente la altura de la cresta con el fin de relacionar las dos variables, caudal y altura de cresta. Durante el tiempo de aforo se observó y se recolectó en repetidas ocasiones la altura de la cresta, ya que es posible que esta no permanezca inmóvil debido al comportamiento intrínseco del proceso. Para ello se registraron cerca de 30 observaciones de altura de cresta durante este tiempo, con el fin de obtener un promedio aritmético para relacionar con el caudal aforado. La altura de la cresta se observa directamente en la mirilla de vidrio aguas arriba de la ranura de descarga.

3.2.2 Estudios de tiempos y movimientos. Inicialmente se debe organizar el recibo de fruto en la tolva y marcar las vagonetas que se utilizarán para recibir la cochada de racimos a evaluar y procesar. De acuerdo con la capacidad máxima de procesamiento de la planta de beneficio y al peso promedio de un camión de

fruto (13 Ton), se estima el tiempo de duración de muestreo, dependiendo de la capacidad de procesamiento (20 minutos aproximadamente). Como primer paso, se realizó un estudio de tiempos y movimientos para estimar en qué momento se obtiene el flujo volumétrico de aceite correspondiente al fruto que se está analizando.

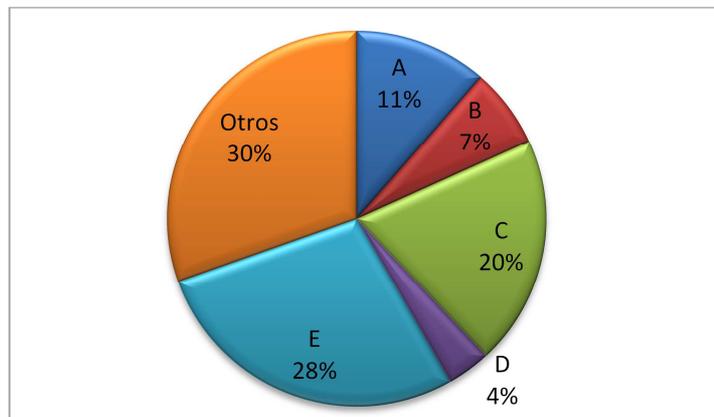
El estudio de tiempos y movimientos se extiende desde las etapas de recepción, esterilización y desfrutamiento hasta la digestión y el prensado para cada uno de los flujos involucrados. En la etapa de recepción se midió el tiempo que tarda el fruto en ser descargado en las vagonetas y trasladado en estas hasta las autoclaves. De otro lado, en la etapa de esterilización se midió el tiempo transcurrido desde el momento en que ingresan las vagonetas a la autoclave hasta cumplir el ciclo de esterilización y llevarlas a la zona de levantamiento de vagonetas. En cuanto a la etapa de desfrutamiento, se midió el tiempo transcurrido desde el momento en que se levantan las vagonetas hasta que se descargan en el desfrutador, y el tiempo entre la descarga de los racimos de fruta fresca (RFF) en el desfrutador hasta la entrada del fruto al elevador de cangilones. Finalmente, en la etapa de extracción se midió el tiempo transcurrido desde la entrada de fruto al elevador de cangilones hasta la entrada de los digestores y el tiempo de llenado y vaciado de los digestores. De esta manera, el estudio de tiempos y movimientos permite medir el tiempo total de residencia del fruto desde la recepción hasta la extracción.

3.2.3 Validación del método del vertedero. Durante un periodo de 16 días se comenzó a evaluar el método del vertedero, que consiste en medir la TEA durante el proceso por un periodo de 15 minutos durante el día; donde se registró la altura de la cresta del vertedero para cuantificar el caudal del licor de prensa, al mismo tiempo se tomó una muestra para calcular el porcentaje volumétrico de aceite; adicionalmente se contabilizó las canastas que se voltearon en la grúa de volteo, para poder estimar las toneladas de fruto procesado en ese mismo periodo. Una

vez evaluada la confiabilidad del método, se procedió a utilizarlo como herramienta de ayuda en la evaluación del potencial de aceite.

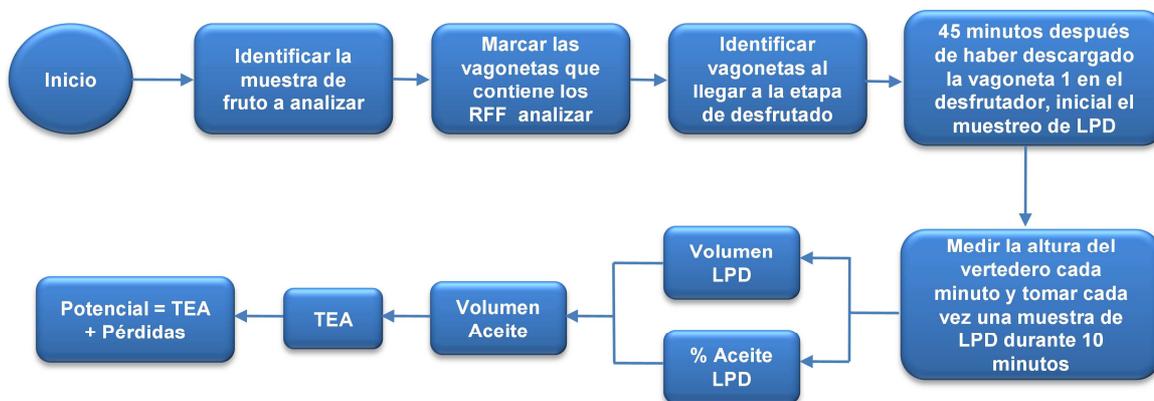
3.2.4 Evaluación de proveedores. En la siguiente figura se muestra la distribución de los proveedores más representativos de la empresa que suman el 70% del fruto que procesa la planta, a los cuales se les realizó pruebas de potencial industrial de aceite por el método de vertedero.

Figura 4. Participación de proveedores de fruto en Extractora Monterrey S.A



- Muestreo del licor de prensa. Una vez evaluado los tiempos y movimientos del proceso para el procesamiento de los RFF hasta obtener el licor de prensa, se procede a calcular el caudal de LPD, midiendo la altura del vertedero cada dos minutos, tomando a su vez la respectiva muestra de licor de prensa. Este procedimiento se describe paso a paso en la Figura 5. Transcurrido el tiempo de procesamiento de los racimos, se tabulan las alturas y se analizan por centrifugación en el laboratorio las muestras de licor de prensa para determinar un promedio de la composición volumétrica de aceite. Posteriormente, con las alturas registradas se calcula el caudal de licor de prensa por medio de la curva de calibración.

Figura 5. Metodología general para la evaluación del potencial Industrial de aceite por medio de sistemas tipo vertedero.



- **Cálculo del contenido de aceite en racimos.** Finalmente, con el caudal de licor de prensa calculado, la capacidad de prensado, la densidad del aceite y el contenido de aceite en el licor de prensas, se determinó la tasa de extracción medida en prensa, aplicando un balance de conservación de masa.

Tabla 1. Ecuación para calcular el potencial de aceite en racimos.

Ecuación para Calcular el Potencial de Aceite en Racimos	
$TEA_{Prensado}(\% \frac{Aceite}{RFF}) = Q_{Licor}(\frac{m^3}{h}) * Aceite_{Licor}(\% \frac{Aceite}{Licor}) * \rho_{Aceite}(\frac{t}{m^3}) * \frac{1}{Cap}(\frac{h}{TonRFF})$	
Dónde:	
Q_{Licor}	: Caudal de licor de prensa diluido.
Cap	: Capacidad de procesamiento (Ton/h)
Tea_{prensado}	: Tasa de extracción de aceite (medida en el Preclarificador).
Aceite_{licor}	: Composición volumétrica de aceite en el licor de prensa diluido.
ρ_{Aceite}	: Densidad del aceite (t/m ³ = 0,875)

- **Incidencia de la participación de determinados proveedores en la producción de aceite.** Se realizó durante todo el proyecto, observando de manera cuantitativa para cada uno de los proveedores la influencia en el potencial de aceite; se realizó el mayor número de pruebas de potencial de aceite por el método vertedero posibles para cada uno de los proveedores con el objetivo de tener un dato preciso de su participación negativa o positiva en la calidad del aceite crudo de palma producido.
- **Evaluación de la eficiencia del equipo preclarificador de aceite de palma, instalado en planta.** La eficiencia de recuperación de aceite en el equipo tipo preclarificador, se realizó para la capacidad de la planta de 28 tRFF/h durante seis meses; para esto se midieron los caudales de lodos y de aceite en los tanques ilustrados en la figura 6; midiendo el tiempo que tarda el aforo de un volumen conocido de cada una de las corrientes, cuando el equipo se encontraba en operación y a su vez se estimó el porcentaje de aceite en los lodos, tomando la respectiva muestra de lodos.

Figura 6. Tanques de lodos y de aceite



Figura 7. Metodología para la estimación de eficiencia en el preclarificador



Para hallar la eficiencia del preclarificador se realizó un balance de masa general de clarificación como se muestra a continuación.

Figura 8. Diagrama general de clarificación



Tabla 2. Ecuación balance de masa en clarificación

Ecuación Balance de Masa en Clarificación
$Q_{Lp} = Q_{Aceite} + Q_{Lodos}$ $Aceite\ Total\ de\ Flujo = Q_{Aceite} + Q_{Lodos} * \% \text{ Aceite en Lodos}$

En donde la eficiencia en preclarificador será, el aceite recuperado en el proceso respecto al total de aceite en el flujo.

Tabla 3. Ecuación para calcular la eficiencia en preclarificación

Ecuación para Calcular la Eficiencia en Preclarificación
$\eta = \frac{Aceite\ Recuperado}{Aceite\ Total\ de\ Flujo} * 100$

- **Influencia del preclarificador de aceite dentro del proceso de clarificación de la planta de beneficio.** Se recopiló información durante seis meses de datos de porcentaje de aceite en lodos en el preclarificador y clarificador, acidez de aceite terminado. Estos datos fueron comparados para determinar que influencia tuvo la instalación del preclarificador en el proceso de clarificación.

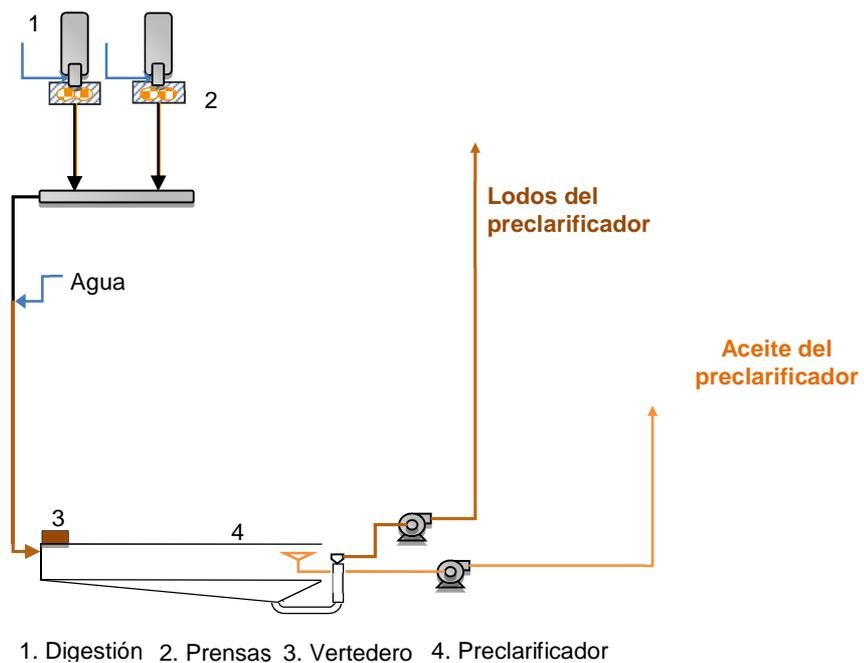
4. RESULTADOS

En este capítulo se muestran los diferentes resultados de los ensayos planteados en el capítulo anterior, acompañados de su respectiva discusión.

4.1 ADECUACIÓN Y MONTAJE DEL PRECLARIFICADOR EN LA EXTRACTORA MONTERREY S.A.

Las dimensiones (Largo, ancho y alto) establecidas para los equipos y las medidas de espacio disponible en planta, permitieron establecer la mejor forma de adecuar el preclarificador de aceite. Además, se tuvo en cuenta la incidencia negativa que tiene el bombeo del licor, al reducir el tamaño de partícula del aceite dentro de la mezcla, el cual puede generar emulsiones inestables que dificultan la posterior separación aceite-agua. Se recomendó en lo posible que el licor de prensa llegue al preclarificador por gravedad, evitando el bombeo del mismo. Es así como el punto de alimentación al preclarificador debe ser debajo del sistema de digestión y prensado como se observa en la Figura 9.

Figura 9. Ubicación del preclarificador en planta.



Se realizaron las respectivas adecuaciones al preclarificador, como lo fue la instalación del termómetro y la mirilla en el vertedero, el cambio de diámetro de la tubería de purga del vertedero para poder realizar una adecuada calibración como se aprecia en la figura siguiente.

Figura 10. Adecuaciones al preclarificador



4.2 METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE POTENCIAL DE ACEITE Y EFICIENCIA EN PRECLARIFICADOR

4.2.1 Determinación de la curva de calibración del vertedero de licor de prensas. A partir de los datos recopilados con diferentes números de prensas, a continuación se muestra una tabla donde se observa el número de repeticiones que se realizaron.

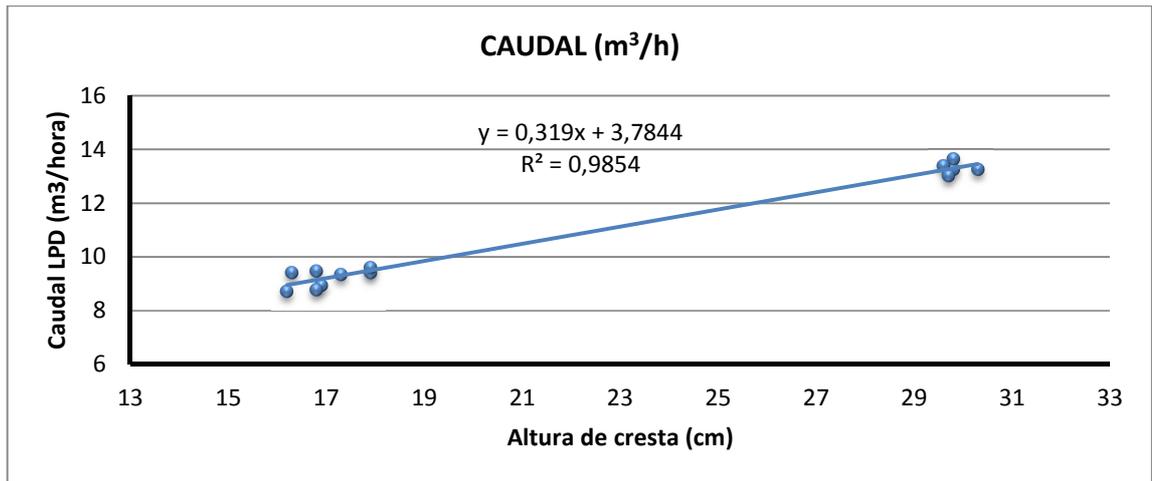
Tabla 4. Repeticiones de calibración del vertedero

Número Prensas	Repeticiones
2	8
3	9
4	7

Según el valor calculado de R^2 para la calibración del equipo (figura 11), se puede afirmar que el modelo lineal tiene una buena capacidad de predicción para el

caudal del licor de prensa diluido en función de la altura de la cresta en el vertedero.

Figura 11. Ajuste lineal sobre los datos experimentales.



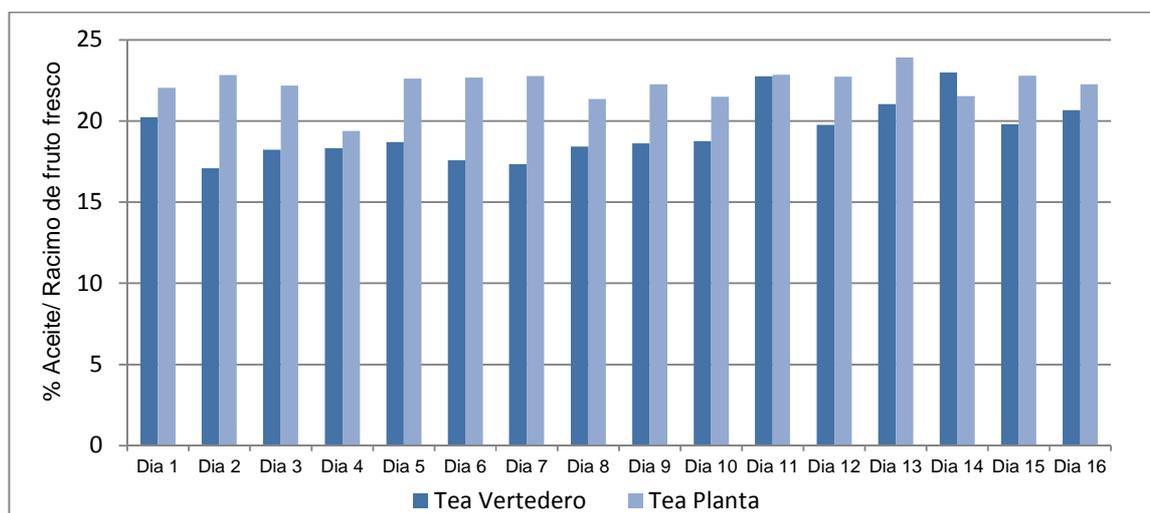
4.2.2 Estudios de tiempos y movimientos. El estudio de tiempos y movimientos (Tabla 5), permitió encontrar que el número de pruebas de potencial por vertedero que se pueden realizar diariamente son 6, dependiendo de la disponibilidad de fruto que se tenga para poder realizar las pruebas.

Tabla 5. Tiempos y movimientos desde la recepción hasta el prensado de fruto

Etapas		Tiempo de Operación (Min)	Número de repeticiones
Llegada del Camión y Caracterización de Fruto	Camión	37	13
	Volqueta	14	10
De RFT (Tolva) Entrada a	Cargue de 10 Vagonetas a la Entrada del Autoclave	23	15
Esterilización	Ciclo de Esterilización + Zona de Enganche	73	17
Desfrutado	(1 Vagoneta) Desfrutador	7	5
	Desfrutador al Elevador	1	8
Prensado	Llenado Digestor 3	9,38	4
	Llenado Digestor 4	13,18	4
	Vaciado Digestor 3	25	4
	Vaciado Digestor 4	26,53	4

4.2.3 Validación del método del vertedero. En la figura 12 se aprecia la tasa de extracción de aceite calculada por el método del vertedero y la tasa de extracción de la planta; se puede observar que la TEA del método está en promedio 3% por debajo de los datos de extracción de la planta. Esto es debido a que el licor de prensa no llega en la temperatura adecuada (85-95°C) al vertedero para que ocurra la separación. Se puede concluir que el método es confiable para utilizarlo como herramienta de ayuda en la evaluación de los racimos de frutos de los diferentes proveedores.

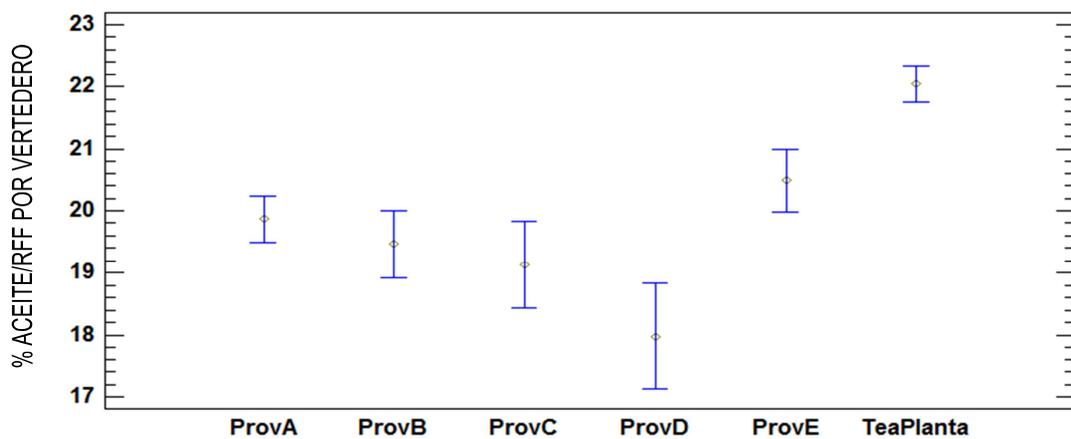
Figura 12. Comportamiento de validación del método vertedero



4.2.4 Evaluación de proveedores. Extractora Monterrey S.A procesa fruto de una gran diversidad de proveedores, se realizó pruebas de potencial de aceite y acidez a los proveedores de fruto más representativos y de mayor interés para la empresa, entre los cuales encontramos los proveedores A, B, C, D, E; en la figura 13 se observa el rango de porcentaje de extracción de aceite de cada proveedor, en donde se puede apreciar que el proveedor D con una media de 17.98 % es quien posee un bajo rango de valores de % de extracción de aceite en la empresa respecto a los demás proveedores; su bajo rendimiento se debe a que el fruto fue

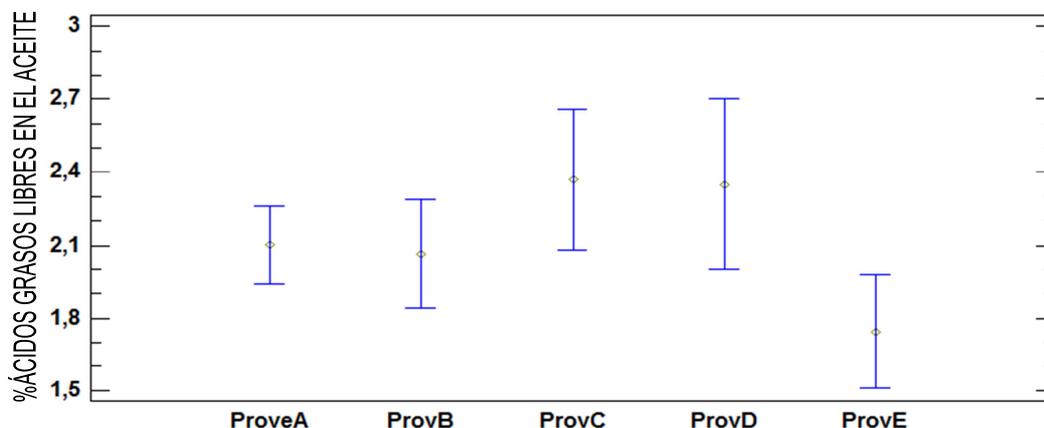
recibido por la empresa para su procesamiento con un porcentaje alto de frutos verdes, sobremaduros, pedúnculos largos; debido a que era un fruto afectado por la PC (pudrición de cogollo). El fruto de los proveedores A, E con medias de 19.87%, y 20.48% respectivamente; son considerados los mejores proveedores que procesa la planta, de los cuales se obtiene el mayor porcentaje de extracción de aceite crudo de palma.

Figura 13. Comportamiento del % Industrial de aceite por vertedero de proveedores



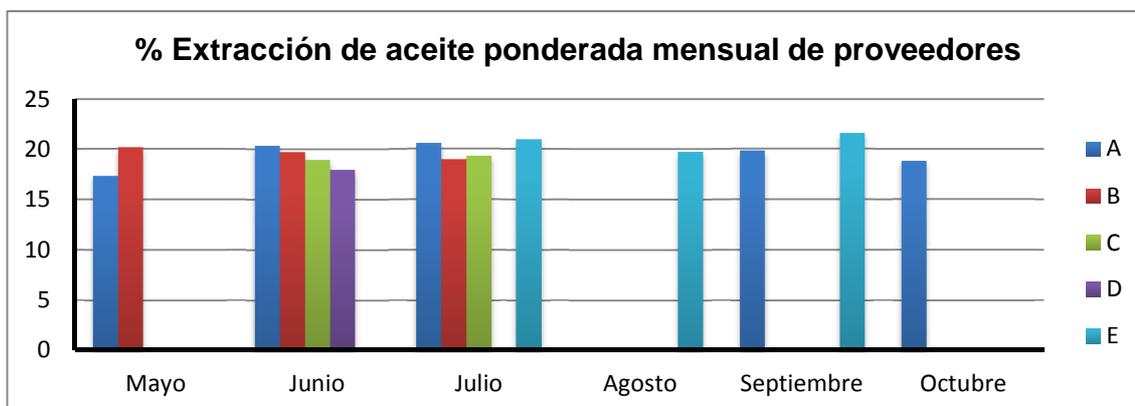
En la figura 14 podemos observar el % de ácidos grasos libres en el aceite que presentan cada uno de los proveedores, este grado de acidez es influenciada por varios factores que van desde la cosecha del racimo, el número de golpes dados antes de su procesamiento. Se puede apreciar en la figura 14 que las medias aumentan en el orden E, B, A, D, C con valores de 1.745%, 2.064%, 2.10%, 2.35%, 2.37% respectivamente de lo cual se puede concluir que tienen un mejor proceso de cosecha y transporte los proveedores que poseen menor grado de acidez como es el caso del proveedor E. Se concluyó que el proveedor E ofrece a la empresa un aceite con una mejor calidad respecto a su acidez, y un mayor porcentaje de extracción de aceite; debido a que es un fruto que llega a la planta para su procesamiento en buenas condiciones de maduración y fertilización.

Figura 14. Comportamiento de %AGL en el aceite



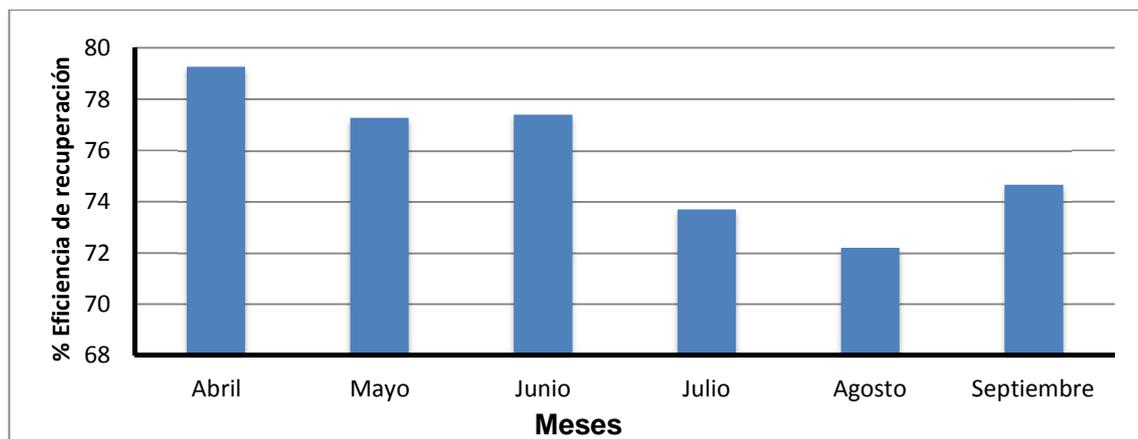
4.2.5 Incidencia de la participación de determinados proveedores en la producción de aceite. Como se aprecia en la figura 15, el proveedor D a diferencia de A, B y E afecta considerablemente el porcentaje de extracción de aceite para la planta, debido a que ofrece menor cantidad de fruto que los demás proveedores como se observa en la figura 4, sumado a esto su porcentaje de extracción de aceite en el fruto arroja valores bajos comparándolo con los demás proveedores evaluados, haciendo diferencia en la viabilidad económica de la planta de beneficio.

Figura 15. Comportamiento mensual del % de extracción Industrial de aceite de proveedores



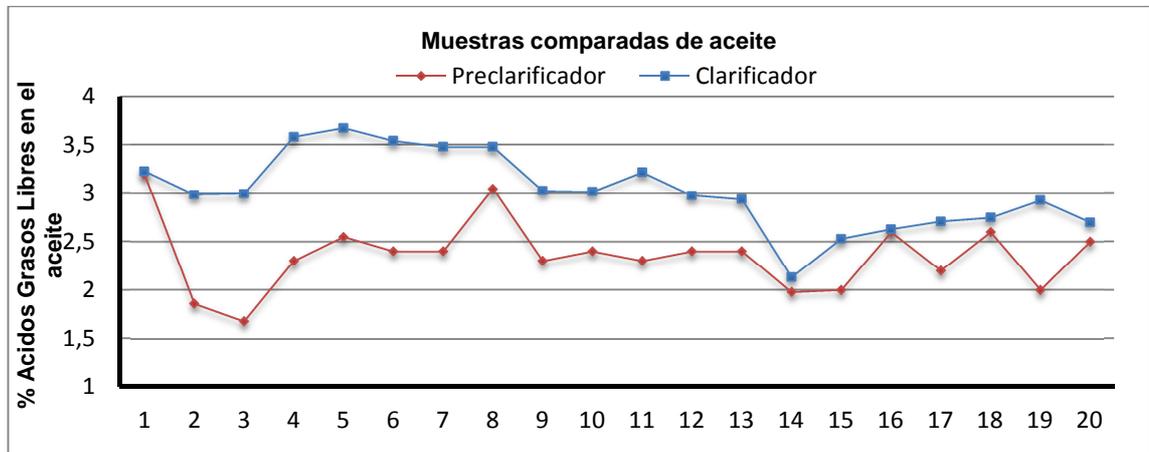
4.2.6 Evaluación de la eficiencia del equipo preclarificador de aceite de palma, instalado en planta. El equipo preclarificador presentó una buena eficiencia de recuperación de aceite durante los meses que se realizó el estudio, alcanzando valores de 79.26% en el mes de abril. Una variable que afectó de manera significativa fue la temperatura del licor de prensa al llegar al preclarificador, el cual deberá estar en valores de 85-95°C para que la separación de fases se realice totalmente; se observó que el equipo preclarificador cuando no alcanzó dicho intervalo de temperatura, la eficiencia de recuperación de aceite no fue total como se puede observar (Figura 16) en los meses de Julio y Agosto.

Figura 16. Eficiencia de preclarificación



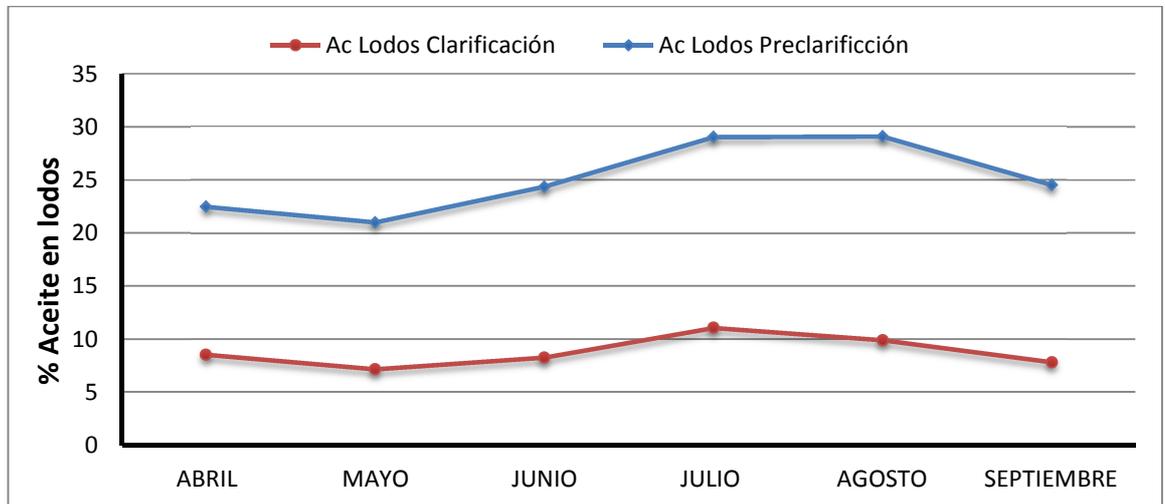
4.2.7 Determinación de la influencia del preclarificador de aceite dentro del proceso de clarificación de la planta de beneficio. Entre los valores de acidez tomados al aceite en el preclarificador y el clarificador se logró una diferencia de 0.6% de acidez a favor del preclarificador como se aprecia en la figura 17. En promedio obtuvo 2,36% AGL para los preclarificadores y 3,03 % AGL en el clarificador.

Figura 17. Comportamiento de % AGL en clarificación y preclarificación



- Con el equipo preclarificador se recuperó aceite en menor tiempo, reduciendo el contacto con el agua y los lodos en presencia de altas temperaturas de proceso, además se logró que el aceite no se mezclara con otros aceites recirculados derivados de los subprocesos, mejorando la calidad del aceite producido por la reducción en el porcentaje de ácidos libre (% AGL) como se apreció en la figura anterior.
- En la figura 18 se puede apreciar que el porcentaje de aceite en los lodos en el preclarificador, aumenta en comparación con el clarificador, esto se presenta debido a que en el preclarificador se debe mantener un sistema de calentamiento en el interior y un nivel de dilución óptimo para favorecer la separación total del aceite en los lodos, y el equipo no cumple totalmente con dichos requerimientos. Los lodos en el clarificador tienen mayor tiempo de residencia favoreciendo la separación del aceite contenido en los lodos.

Figura 18. Comportamiento de % de aceite en lodos en preclarificador y clarificador



5. CONCLUSIONES

- Se adecuó y se montó el preclarificador en la Extractora Monterrey S.A, y se le determinó la curva de calibración del vertedero del licor de prensa.
- El vertedero es una herramienta útil para medir el porcentaje de extracción industrial de aceite y evaluar la acidez industrial de un proveedor específico de racimo de fruto fresco. Esta herramienta permite extender el volumen de fruto evaluado para obtener información acerca de la calidad del fruto comprado en un corto tiempo.
- Con el equipo preclarificador de aceite se presenta una mejora del producto respecto al parámetro de % de AGL, obteniendo un aceite final en un menor tiempo de trabajo; se puede tener un mayor seguimiento y control de las variables de operación, y mayor facilidad para los trabajos básicos de mantenimiento.

6. RECOMENDACIONES

- Existe la posibilidad de automatización de los análisis por el método del vertedero, con lo que se puede lograr una reducción en costos significativos; lo cual permite un mayor número de análisis y un mejor seguimiento en calidad de fruto de los diferentes proveedores de racimo de fruto fresco.
- La temperatura de alimentación del licor de prensas al preclarificador debe ser mínimo 85°C, se recomienda aislar térmicamente el tanque preclarificador para poder mantener la temperatura deseada.
- Realizar el mayor número de calibraciones periódicas en el vertedero, que permitan acotar los niveles máximos y mínimos de caudal de licor de prensas presente en cualquier instante del proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] NIETO M., D.; YÁÑEZ A., E.; GARCÍA N., J. 2011 Centro de Investigación en Palma de Aceite. Preclarificador de aceite crudo de palma: diseño y operación. Bogotá, página 9.

[2] DÍAZ RODRÍGUEZ, Oscar Mauricio. Estudio del nivel de dilución apropiado del licor de prensa en el proceso de extracción de aceite de palma, apoyado en el diseño y evaluación de un sistema de control automático. Bucaramanga, 2005, 4 p. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Físico-químicas.

[3] ALVARADO, Mercedes Omayra. Evaluación del proceso de Clarificación en la planta de beneficio Palmagro S.A. Valledupar, 2010. Trabajo de Grado (Especialista en cultivos Perennes Industriales). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. 24 p.

[4] NIETO M., D.; YÁÑEZ A., E.; GARCÍA N., J. MARTÍNEZ G., A. 2011 Centro de Investigación en Palma de Aceite. Medición del potencial industrial de aceite en plantas de beneficio usando sistemas de medición de caudal tipo vertederos: diseño y operación. Bogotá, 9 p.

[5] Nieto M., D.; Yáñez A., E.; García N., J. 2011 Centro de Investigación en Palma de Aceite. Preclarificador de aceite crudo de palma: diseño y operación. Bogotá, página 49.

[6] NIETO M., D.; YÁÑEZ A., E.; GARCÍA N., J. MARTÍNEZ G., A. 2011 Centro de Investigación en Palma de Aceite. Medición del potencial industrial de aceite en

plantas de beneficio usando sistemas de medición de caudal tipo vertederos:
diseño y operación. Bogotá, 16, 17 p.

BIBLIOGRAFIA

AMATLEER PÉREZ, Gunther., DÁVILA, Ángela. Procesamiento de aceite rojo de Palma Africana *Elaeis Guineensis* JACQ, para consumo humano en frituras. Guácimo, Costa Rica, 2000. Trabajo de Grado (Ingeniería Agronómica). Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. Universidad EARTH.

CADENA, O. Métodos para la estimación del potencial de aceite y su relación con la tasa de extracción de aceite en planta (TEA). *Palmas*. Vol 25 No. Especial, Tomo II, 2004.

DIAZ, Oscar Mauricio. Estudio del nivel de dilución apropiado del licor de prensa en el proceso de extracción de aceite de palma, apoyado en el diseño y evaluación de un sistema de control automático. Bucaramanga, 2005. Trabajo de Grado (Ingeniería Química). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicoquímica.

DUARTE, Luis Enrique. Estudio de diferentes métodos de rompimiento de emulsiones en la etapa de clarificación de aceite de palma en la planta Extractora Aceites S.A. Bucaramanga, 2010. Trabajo de Grado (Ingeniería Química). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicoquímica.

DURÁN, Q.; GARCÍA, J.; YÁÑEZ, E. Influencia de la calidad de los racimos en el potencial de aceite. *Ceniavances*. 2003 . 102 p.

ESCANDÓN, A.; GARCÍA, J. Determinación del potencial de aceite por medio de la medición del licor de prensa en el tanque de aceite de crudo. *Ceniavances*, 2006. 143p.

PEÑA, Diego Leonardo. Caracterización del proceso de extracción de aceite de crudo de palma. Bucaramanga, 2008. Trabajo de Grado (Ingeniería Química). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicoquímica.

QUERUBÍN, D; GUIDO. S; GARCÍA, J. Potencial de aceite en racimos de palma de aceite de diferente calidad y su influencia en el potencial y extracción de aceite en la planta e beneficio. Palmas. Vol 25 No. Especial, Tomo II, 2004.

SIERRA, G; YÁÑEZ, E; CRUZ, C. Estudio de la factibilidad técnica sobre la decantación independiente de los recuperados de centrifuga en el proceso de extracción de aceite de palma. Palmas. Vol 29 No. 4, 2008.

URIBE, Gustavo Adolfo. Análisis teórico práctico del proceso de extracción de Aceite Crudo de Palma en la planta de beneficio de Palmas del Cesar S.A, ubicada en el corregimiento de Minas, sur del Cesar. Bucaramanga, 2011. Trabajo de Grado (Ingeniería Química). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicoquímica.

YÁÑEZ, E; DÍAZ, Ó; GARCÍA, J; GRANADOS, J; CASTILLO, E. Determinación del nivel de dilución apropiado en el proceso de clarificación y diseño de un sistema de control automático. Palmas. Vol 27 No. 2, 2006.

YÁÑEZ, E; GARCÍA, J; AMAYA, S. Metodología alterna de muestreo y análisis de racimos de palma de aceite. Ceniavances. 2000. 76 p.

_____. Metodología alterna para el análisis de racimos de palma de aceite. Palmas. Vol 21 No. Especial. Tomo I. 2000.

ANEXOS

Anexo A. Parámetros y variables del preclarificador de aceite para una capacidad de procesamiento de 28 T/H.

Unid	Parámetros	Variable	Valores
t RFF/h	Capacidad	Cap	28
%	Concentración	Ac_LPD	40
%	TEA - promedio	TEA_m	21
t/m ³	Densidad Aceite	D_Ac	0.865
t/m ³	Densidad Lodos	D_Lo	0.97
-	Factor de seguridad	Fc	1.20
%	Eficiencia Clarificación	Efi	97
m	Z: altura de interfase en la prueba de sedimentación	Zo	0.18
m	Tu: tiempo último (máximo de separación)	Tu	0.08
-	Relación dimen: L=5*W	L:W	5
m	Altura capa de aceite		0.4
%	Proporción capa aceite: mezcla	hac/h total	31
%	Altura de lodos zona de separación	h lodos	69
%	TEA-Corregida	TEA_r	21.6
m ³ /h	Caudal LPD	Qo	17.36
m ²	Área= Qo*Tu/Zo	A	7.99
m ²	Área corregida=Área*Fc	Afc	9.59
m	Ancho	W	1.38
m	Largo	L	6.92
m	Altura mezcla en preclarificador	Hm	1.31
m ³	Volumen zona separación preclarificador	VP	12.55
min	Tiempo de residencia	TR	43.37
m	Altura sifón de lodos	hl	1.27
cm	Vaso comunicante	AH	4.33

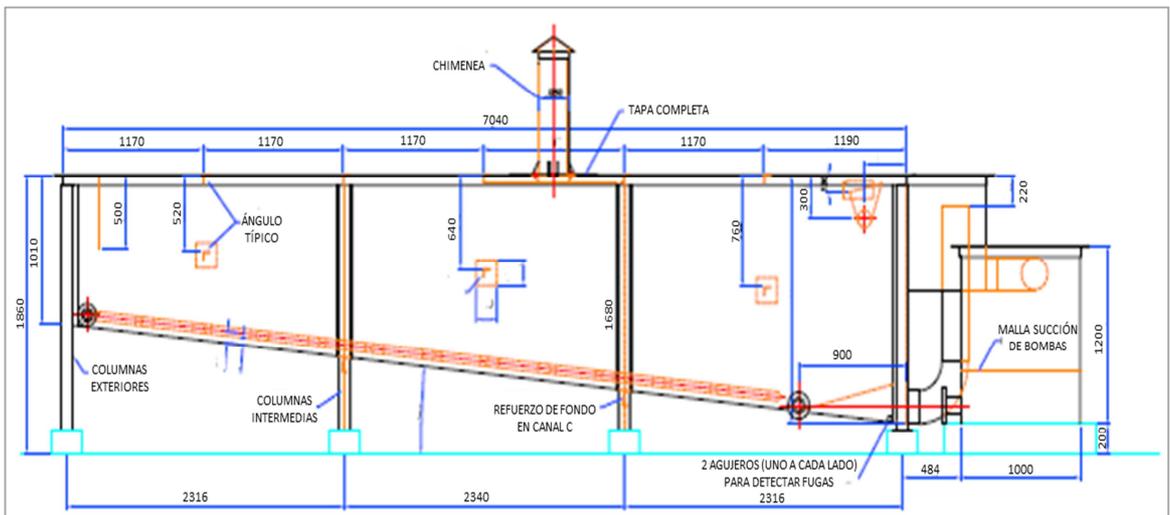
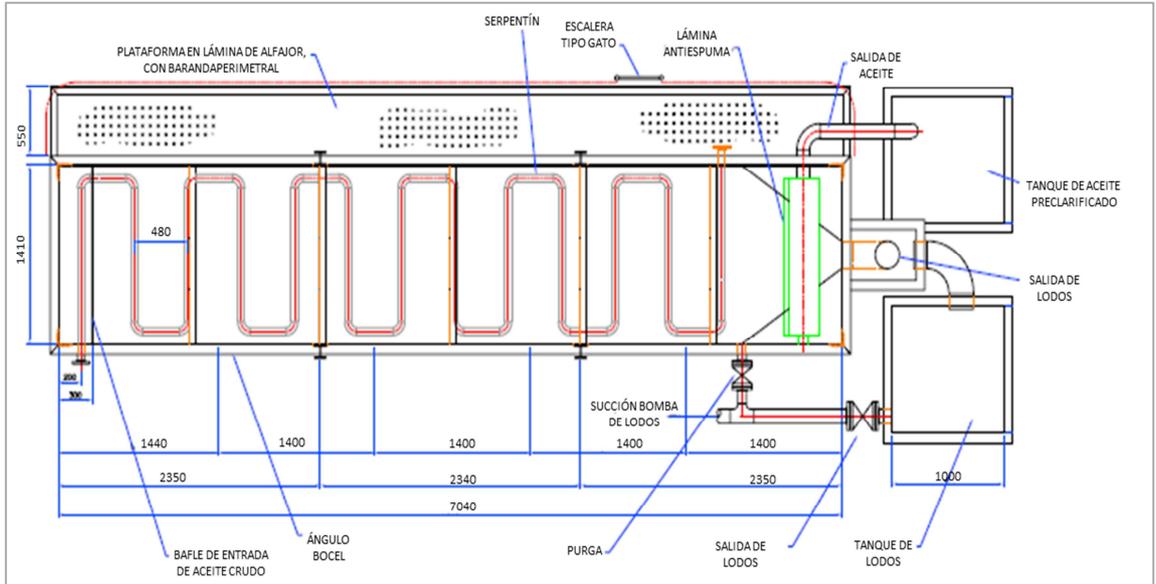
[5]

Anexo B. Parámetros y variables de diseño del sistema tipo vertedero rectangular para una capacidad de procesamiento de 28 T/H

Unid	Parámetros	Variable	Valores
t RFF/h	Capacidad	Cap	28
%	Concentración	Ac*/LPD	40
%	TEA - promedio	TEA_m	20
t/m ³	Densidad del aceite	D_Ac	0,865
-	Factor de seguridad	Fs	1,20
m	Ancho total	B	0,5
m	Altura vértice	P	0,3
m	Anco de ranura	L	0,015
m	Mirilla nivel – antes ranura	M	0,200
min	Tiempo de residencia hidráulico	TRH	1,00
m ³ /h	Caudal LPD	Q_LPD	16,18
m ³ /h	Caudal LPD corregido	Q_LPDC	19,42
m	Altura de ranura	H	0,337
m	Altura total del vertedero	H_t	0,637
m	Longitud total del vertedero	L_t	1,016
m ³	Volumen total del vertedero	V_t	0,324
-	Largo vertedero/alto ranura	L_t/H	3,02
-	Largo vertedero/ancho vertedero	L_t/B	2,03
-	Largo vertedero/alto vertedero	L_t/H_t	1,60

[6]

Anexo C. Planos del equipo preclarificador de aceite



Anexo D. Imágenes del equipo preclarificador



a. Tanque de bombeo de lodos expreclarificados



b. Tanque de bombeo de aceite preclarificador.



c. Preclarificador

Anexo D. Resultado de pruebas de potencial industrial de aceite por mes

A continuación se presentan los resultados de las pruebas que se realizaron de potencial industrial de aceite por vertedero y acidez de cada uno de los proveedores describiendo su comportamiento mensual.

- **Proveedor A**

Número de Pruebas Realizadas: 21						
Fecha	Máx. Tea	Mín. Tea	Prom. Pond Tea Industrial	Tea Real Planta/Mes	DS	CV
may-12	18,04	16,62	17,33	21,74	1,00	5,76
jun-12	22,14	18,28	20,36	22,09	1,41	6,93
jul-12	21,07	20,18	20,56	22,01	0,41	1,95
sep-12	19,84	19,84	19,84	21,84	-	-
oct-12	19,43	17,73	18,78		0,92	4,91

Acidez					
Fecha	Máx	Mín	Prom. Pond	DS	CV
may-12	2,1	2,03	2,07	0,049	2,4
jun-12	2,6	1,48	2,22	0,315	14,16
jul-12	2,27	1,2	1,67	0,445	26,61

- **Proveedor B**

Número de Pruebas Realizadas: 10						
Fecha	Máx. Tea	Mín. Tea	Prom. Pond Tea Industrial	Tea Real Planta/Mes	DS	CV
may-12	20,18	20,18	20,18	21,74	-	-
jun-12	20,46	18,63	19,73	22,09	0,85	4,29
jul-12	19,55	18,57	18,96	22,01	0,48	2,52

Acidez					
Fecha	Máy	Mín	Prom. Pond	DS	CV
may-12	1,39	1,39	1,39	-	-
jun-12	3,05	1,86	2,44	0,42	17,32
jul-12	2,4	1,28	1,76	0,53	30,11

- **Proveedor C**

Número de Pruebas Realizadas: 6						
Fecha	Máy. Tea	Mín. Tea	Prom. Pond Tea Industrial	Tea Real Planta/Mes	DS	CV
jun-12	20,06	18,36	18,97	22,09	0,95	4,99
jul-12	20,46	17,76	19,3	22,01	1,39	7,21

Acidez					
Fecha	Máy	Mín	Prom. Pond	DS	CV
jun-12	3,2	1,45	2,32	0,88	37,77
jul-12	3,3	1,37	3,3	0,98	29,6

- **Proveedor D**

Número de Pruebas Realizadas: 4						
Fecha	Máy. Tea	Mín. Tea	Prom. Pond Tea Industrial	Tea Real Planta/Mes	DS	CV
jun-12	18,76	17,24	17,99	22,09	0,66	3,68

Acidez					
Fecha	Máy	Mín	Prom. Pond	DS	CV
jun-12	2,4	2,3	2,35	0,06	2,46

- **Proveedor E**

Número de Pruebas realizadas: 11						
Fecha	Máx. Tea	Mín. Tea	Prom. Pond Tea Industrial	Tea Real Planta/Mes	DS	CV
jul-12	23,07	18,48	20,99	22,09	1,82	8,65
ago-12	20,45	18,99	19,73	18,99	0,83	4,21
sep-12	21,56	18,82	21,56	21,56	1,94	9,59

Acidez					
Fecha	Máx	Mín	Prom. Pond	DS	CV
jul-12	1,98	1,29	1,72	0,31	17,95
ago-12	2,6	1,49	2,05	0,78	38,38
sep-12	1,3	1,3	1,3	-	-

Anexo E. Resultado estadísticos de pruebas de potencial industrial de aceite-múltiple comportamiento

A continuación se presentan los resultados estadísticos de las pruebas que se realizaron de potencial industrial de aceite por vertedero y acidez de cada uno de los proveedores describiendo su múltiple comportamiento.

- Extracción de potencial de aceite por vertedero

Proveedores	Recuento	Promedio	Desv Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
ProvA	21	19,873	1,4383	7,24%	16,52	22,14	5,62
ProvB	10	19,466	0,7748	3,98%	18,57	20,46	1,89
ProvC	6	19,137	1,0795	5,64%	17,76	20,46	2,7
ProvD	4	17,985	0,6588	3,66%	17,24	18,76	1,52
ProvE	11	20,484	1,7278	8,43%	18,48	23,07	4,59
TeaPlanta	32	22,049	0,9642	4,37%	20,24	23,78	3,54
Total	84	20,591	1,715	8,33%	16,52	23,78	7,26

Error Est.					
	Casos	Media	(s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
ProvA	21	19,8729	0,262165	19,5038	20,2419
ProvB	10	19,466	0,379913	18,9312	20,0008
ProvC	6	19,1367	0,490466	18,4462	19,8271
ProvD	4	17,985	0,600695	17,1394	18,8306
ProvE	11	20,4836	0,362233	19,9737	20,9936
TeaPlanta	32	22,0494	0,212378	21,7504	22,3483
Total	84	20,5911			

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
ProvD	4	17,985	X
ProvC	6	19,1367	XX
ProvB	10	19,466	XX
ProvA	21	19,8729	XX
ProvE	11	20,4836	X

TeaPlanta	32	22,0494	X
-----------	----	---------	---

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
ProvA - ProvB		0,406857	0,918955
ProvA - ProvC		0,73619	1,10718
ProvA - ProvD	*	1,88786	1,30483
ProvA - ProvE		-0,610779	0,890209
ProvA - TeaPlanta	*	-2,17652	0,671702
ProvB - ProvC		0,329333	1,23512
ProvB - ProvD	*	1,481	1,415
ProvB - ProvE		-1,01764	1,04505
ProvB - TeaPlanta	*	-2,58338	0,866508
ProvC - ProvD		1,15167	1,54389
ProvC - ProvE	*	-1,34697	1,21388
ProvC - TeaPlanta	*	-2,91271	1,06406
ProvD - ProvE	*	-2,49864	1,3965
ProvD - TeaPlanta	*	-4,06438	1,26844
ProvE - TeaPlanta	*	-1,56574	0,835961

* indica una diferencia significativa.

- %AGL en fruto de proveedores

	Recuento	Promedio	Desv Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
ProveA	19	2,1005	0,363325	17,30%	1,2	2,6	1,4
ProvB	10	2,064	0,585609	28,37%	1,28	3,05	1,77
ProvC	6	2,37	0,831625	35,09%	1,37	3,3	1,93
ProvD	4	2,35	0,057735	2,46%	2,3	2,4	0,1
ProvE	9	1,7456	0,434744	24,91%	1,29	2,6	1,31
Total	48	2,0808	0,510652	24,54%	1,2	3,3	2,1

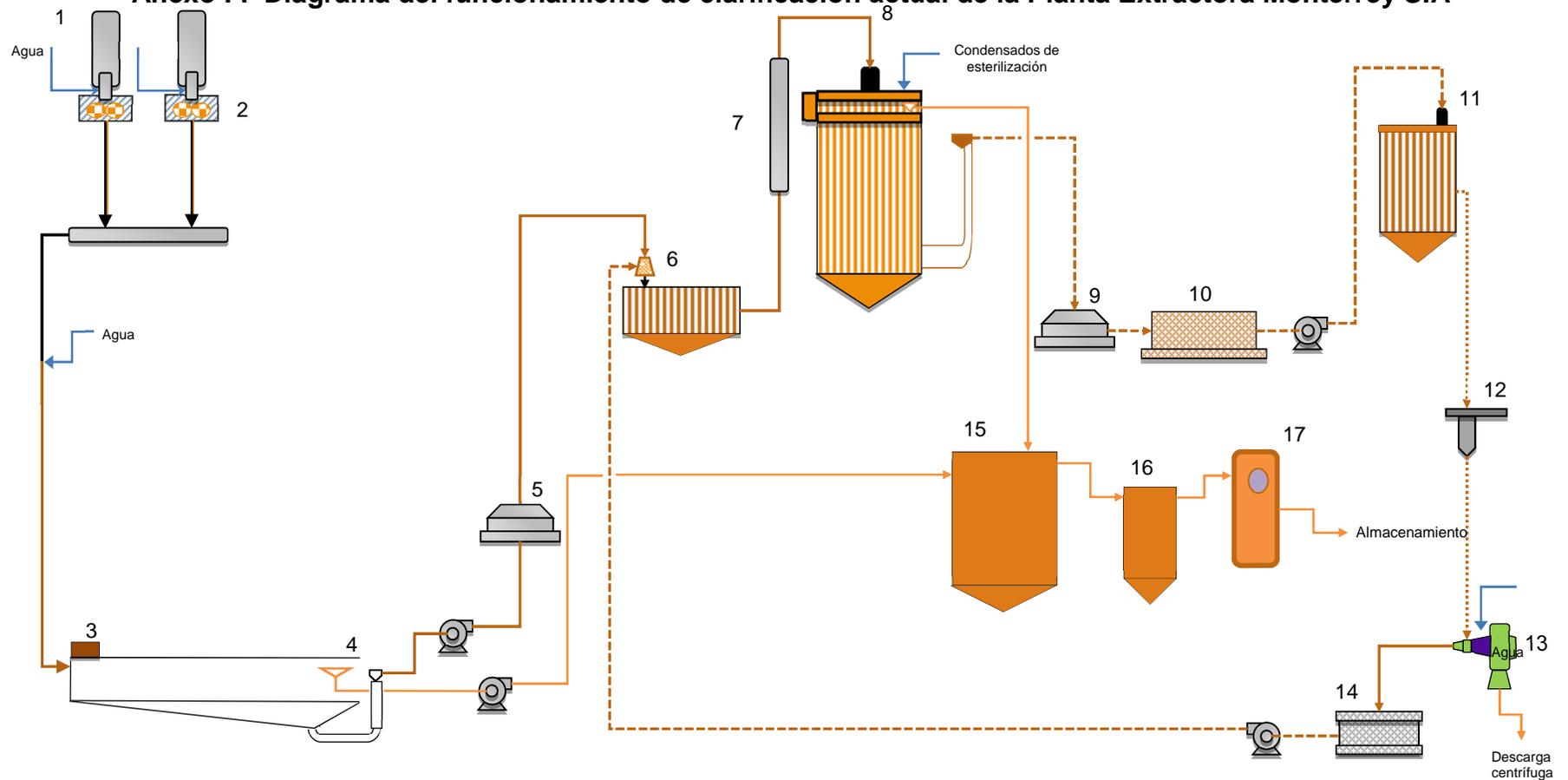
<i>Error Est.</i>					
	Casos	Media	(s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
ProveA	19	2,10053	0,113056	1,93931	2,26175
ProvB	10	2,064	0,155837	1,84177	2,28623
ProvC	6	2,37	0,201184	2,08311	2,65689
ProvD	4	2,35	0,246399	1,99863	2,70137
ProvE	9	1,74556	0,164266	1,51131	1,9798

Total	48	2,08083	
	Casos	Media	Grupos Homogéneos
ProvD	4	17,985	X
ProvC	6	19,1367	XX
ProvB	10	19,466	XX
ProvA	21	19,8729	XX
ProvE	11	20,4836	X
TeaPlanta	32	22,0494	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
ProveA - ProvB		0,0365263	0,388268
ProveA - ProvC		-0,269474	0,465401
ProveA - ProvD		-0,249474	0,546722
ProveA - ProveE		0,354971	0,402152
ProvB - ProvC		-0,306	0,513209
ProvB - ProvD		-0,286	0,587954
ProvB - ProveE		0,318444	0,456631
ProvC - ProvD		0,02	0,641511
ProvC - ProveE	*	0,624444	0,523791
ProvD - ProveE	*	0,604444	0,597214

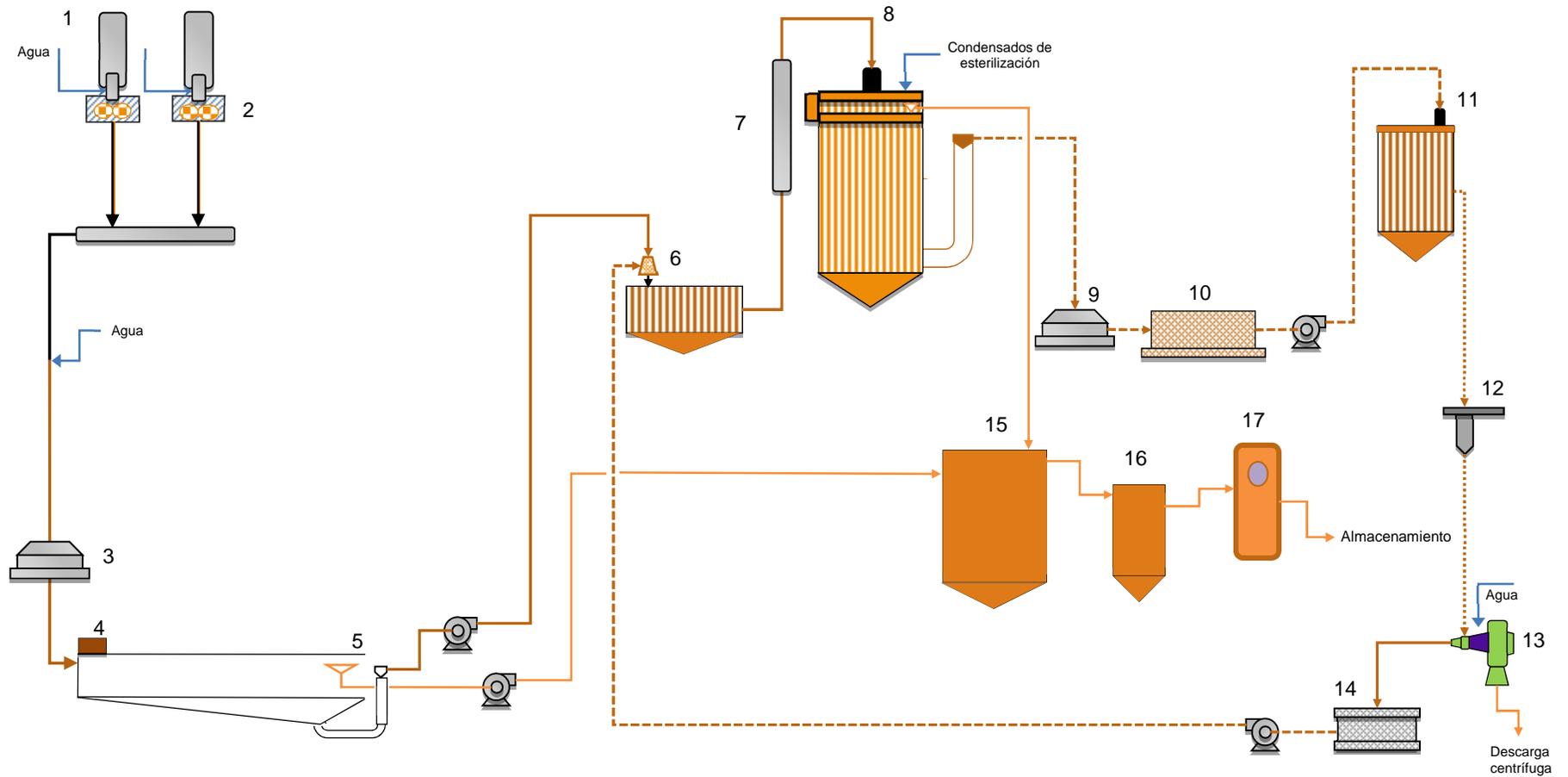
* indica una diferencia significativa.

Anexo F. Diagrama del funcionamiento de clarificación actual de la Planta Extractora Monterrey S.A



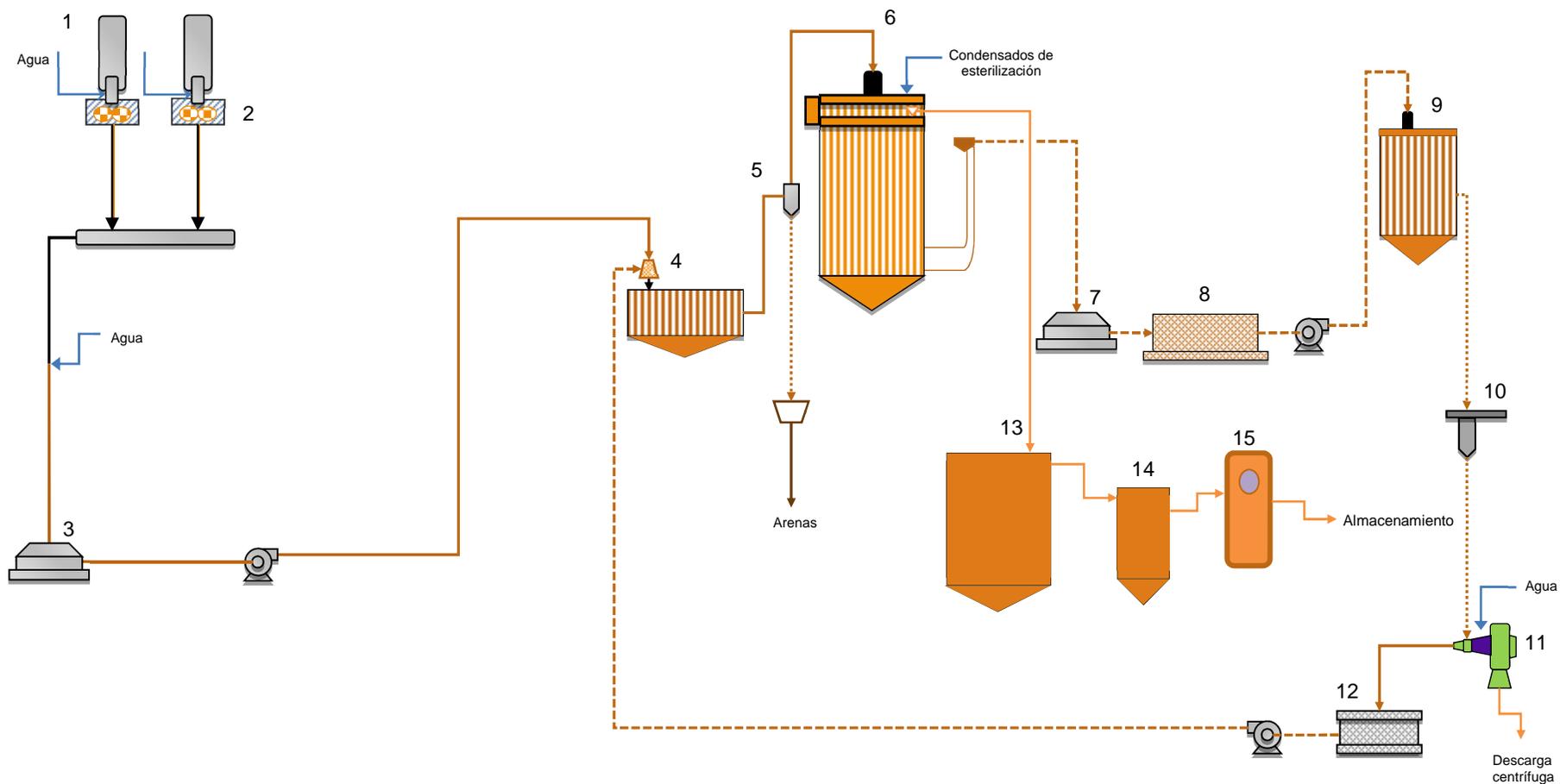
1. Digestión 2. Prensas 3. Vertedero 4. Preclarificador 5. Tamiz 6. Tanque de Crudo 7. Columna Precalentadora 8. Clarificador 9. Tamiz
 10. Tanque de Lodos Inferior 11. Tanque Lodo Superior 12. Filtro Cepillo 13. Centrífugas 14. Tanque de Aceite recuperado
 16. Tanque Pulmón 17. Secador de Aceite

Anexo G. Diagrama del funcionamiento de clarificación (opcional) de la Planta Extractora Monterrey S.A



1. Digestión 2. Prensas 3. Tamiz 4. Vertedero 5. Preclarificador 6. Tanque de Crudo 7. Columna Precalentadora 8. Clarificador 9. Tamiz
 10. Tanque de Lodos Inferior 11. Tanque Lodo Superior 12. Filtro Cepillo 13. Centrifugas 14. Tanque de Aceite recuperado 15. Tanque Sedimentador
 16. Tanque Pulmón 17. Secador de Aceite

Anexo H. Diagrama del funcionamiento de clarificación anterior de la Planta Extractora Monterrey S.A



1. Digestión 2. Prensas 3. Tamiz 4. Tanque de Crudo 5. Desarenador 6. Clarificador 7. Tamiz 8. Tanque de Lodos Inferior
 9. Tanque de Lodos Superior 10. Filtro Cepillo 11. Centrifugas 12. Tanque de Aceite recuperado 13. Tanque Sedimentador
 15 Secador de Aceite