

# Clarificación del aceite de palma mediante evaporación

## Palm Oil Clarification Using Evaporation



**Sivasothy Kandiah  
Ramachandran Batumalai**

Malaysian Palm Oil Board (MPOB),  
P.O. Box 10620, 50720  
Kuala Lumpur (Malasia)  
siva@mpob.gov.my

### Palabras CLAVE

Extracción de aceite de palma, la clarificación del aceite de palma, efluente de la planta, POME, cero descarga, evaporación, decantador.

Palm oil milling, palm oil clarification, mill effluent, POME, zero-discharge, evaporation, decanter.

Traducido por Fedepalma

Versión original en inglés  
en el Centro de Información  
de Fedepalma



### Resumen

A pesar de los intensos esfuerzos durante varias décadas, un proceso de extracción de aceite de palma para facilitar el tratamiento de la descarga de efluentes utilizando una tecnología cero desechos de manera rentable ha eludido a la industria. En el proceso convencional de clarificación del aceite de palma se añade agua al licor expelido de las prensas de tornillo para reducir su viscosidad y facilitar la separación eficiente entre aceite y lodos.

Las investigaciones llevadas a cabo en los últimos años han llevado a un proceso de clarificación nuevo que puede proporcionar el ímpetu para revolucionar el tratamiento, la disposición y la utilización de los efluentes de las plantas de beneficio. En este nuevo proceso, la gran cantidad de aceite en el licor de prensa se usa como agente fluidizante para facilitar la eliminación de una cantidad significativa de agua en el licor de prensa de una manera energéticamente eficiente, empleando un sistema evaporador de efecto múltiple.

En este trabajo se examina la viabilidad técnica del nuevo proceso de clarificación a partir de estudios en plantas piloto y se explora su potencial para hacer que las plantas de beneficio sean más amigables con el medio ambiente



## Abstract

A palm oil milling process to facilitate the treatment of the effluent discharged using zero-discharge technology cost-effectively has eluded the industry despite intensive efforts over several decades. A novel clarification process that significantly reduces the quantity of effluent discharged may provide the impetus for revolutionizing the treatment, disposal and utilization of effluent in palm oil mills. In the new process, a two-phase decanter is used to remove as much suspended solids as possible from undiluted press liquor to facilitate oil-sludge separation without the addition of water.

Further, by making use of the large amount of oil in the feed as a fluidizing agent, it is possible to use a multiple-effect evaporator system to remove a significant amount of water in the incoming feed in an energy-efficient manner. Oil-sludge separation after evaporation is to be achieved using equipment similar to that used in a conventional palm oil mill.

The paper examines the technical viability of the new clarification process based on pilot plant studies and explores its potential for making palm oil mills more environmentally-friendly.



## Introducción

Tradicionalmente se ha utilizado el sistema de estanques aeróbicos-anaeróbicos abiertos para tratar efluentes, pero la sedimentación provocada por la alta concentración de sólidos en suspensión a menudo reduce su efectividad. El tratamiento de los EPBA hacia un BOD final de 20 ppm según lo especifica el DOE (Departamento de Energía de los Estados Unidos) para áreas ambientalmente sensibles exige el uso de tecnología que puede ser costosa. El costo operativo y el consumo energético de dichas plantas también pueden ser muy altos.

Los problemas que enfrenta el tratamiento biológico de efluentes han dado origen a la búsqueda de soluciones alternativas para hacer que las plantas extractoras de aceite de palma sean más amigables con el medio ambiente. Una solución es modificar los procesos en la planta de beneficio de manera que la cantidad de efluente que se descarga se reduzca en forma significativa, haciendo viable el tratamiento con un enfoque de cero descargas. Antes esto se consideraba técnica o económicamente inviable.

Un método que se utiliza ampliamente para la concentración de soluciones acuosas,

la evaporación, implica retirar el agua de una solución al hervir el licor en un recipiente apto (un evaporador) y retirar el vapor. El vapor de baja presión es el principal medio de calentamiento que se utiliza para facilitar la evaporación. En la actualidad, se utilizan dos evaporadores comunes, a saber, el evaporador de flujo descendente y el evaporador de circulación forzada. En un evaporador de flujo descendente, el líquido que se va a concentrar se suministra en la parte superior de los tubos de calentamiento y se distribuye de tal manera que fluye hacia abajo por el interior de las paredes como una capa delgada. El líquido comienza a hervir debido al calentamiento externo de los tubos y por tanto se evapora parcialmente. El flujo descendente, que inicialmente respondía a la gravedad, aumenta debido al flujo paralelo descendente del vapor que se forma. La capa residual de líquido y el vapor se separan en la parte inferior de la calandria y en el separador centrífugo posterior.

Es importante que todo el calentamiento de la capa, especialmente en las áreas inferiores, esté humedecido de forma pareja y con suficiente líquido. Cuando este no sea el

caso se producen puntos secos que causarán incrustaciones y acumulación de depósitos; de esta manera se debe seleccionar un sistema de distribución adecuado para el cabezal del evaporador. La cantidad de humidificación se aumenta con el uso de tubos más largos, la división del evaporador en varios compartimientos o con la recirculación del producto.

Un sistema de circulación forzada permite que se segreguen las funciones de transferencia de calor y de separación vapor-líquido. El evaporador de circulación forzada se desarrolló para el procesamiento de licores que son susceptibles a escamas o cristalización. Se hace circular el líquido a alta velocidad a través del intercambiador de calor evitando la ebullición dentro de la unidad mediante un cabezal hidrostático que se conserva sobre la placa superior de los tubos. Cuando el líquido ingresa al separador, en el que la presión absoluta es ligeramente menor que en el haz de tubos, el líquido se enciende para formar vapor. El aumento de temperatura en el haz de tubos se mantiene tan bajo como sea posible. Esto produce una alta proporción de recirculación. Estas velocidades altas de recirculación producen altas velocidades en el licor que va a través del tubo, lo que ayuda a minimizar la acumulación de depósitos o cristales a lo largo de la superficie de calentamiento.

El uso de un sistema evaporador de efecto múltiple para la remoción de la humedad permite ahorros significativos en el consumo energético. Estos ahorros se pueden explicar con el siguiente ejemplo. Si se considera el balance térmico de un evaporador de efecto sencillo, se encuentra que el contenido de calor (entalpía) del vapor evaporado es aproximadamente igual a la cantidad de calor en el lado calentado. Aproximadamente 1 kg/hora de vapor vivo producirá 1kg/hora de vaho, ya que los valores específicos del calor de la evaporación en los lados de calentamiento y del producto son aproximadamente iguales. Si el vaho producido se utiliza como vapor de calentamiento en un segundo efecto, el consumo de energía total del sistema se reduce en 50%. Este principio puede continuar con efectos adicionales para ahorrar mucha más energía. El consumo

teórico de vapor en un sistema evaporador de triple efecto por tanto es un tercio del consumo en un evaporador de efecto sencillo para una carga de evaporación equivalente.

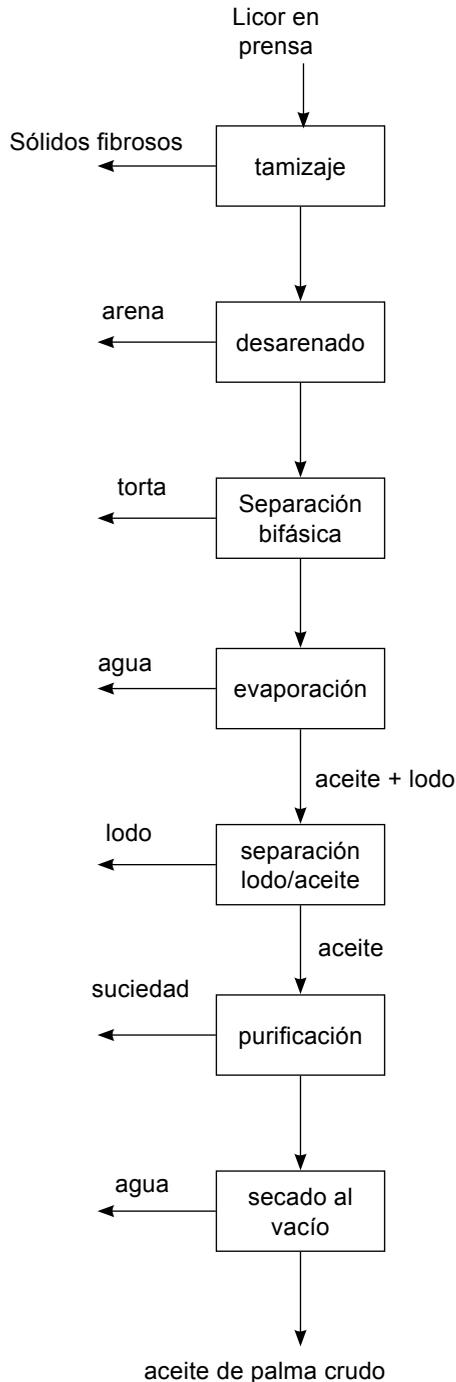
Los evaporadores de efecto sencillo por lo general se prefieren cuando la producción es baja, cuando hay disponibilidad de vapor barato, cuando se deben utilizar materiales de construcción costosos como en el caso de materias primas corrosivas, y cuando el vaho está tan contaminado que no puede reutilizarse.

La reducción en el consumo de energía también es posible mediante el uso de la recompresión mecánica de vaho (RMV) o bien de la recompresión térmica de vaho (RTV) o al combinar una de estas dos técnicas con la evaporación de efecto múltiple.

Ma (1997) ha intentado el uso de un sistema evaporador en plantas de beneficio de aceite de palma para retirar la humedad de los EPBA. El alto contenido de humedad y la gran cantidad de EPBA crudo significa que la carga en el sistema evaporador será alta. La necesidad de quemar racimos vacíos a fin de suplir las muy altas demandas energéticas de la evaporación contribuye al costo total. La concentración superior al 20% de sólidos no es posible ya que el producto se vuelve muy viscoso como para facilitar la remoción de la humedad mediante evaporación.

## Descripción del proceso

La Figura 1 ilustra el nuevo proceso de clarificación. En este proceso la carga es el licor de prensa sin diluir. Se evita la adición de agua para facilitar la separación aceite-lodo como se hace en el proceso de clarificación convencional, con el fin de minimizar la carga de evaporación. La presencia de sólidos orgánicos suspendidos en la carga del proceso nuevo presenta varias consideraciones especiales. La eliminación de la mayor cantidad posible de sólidos en suspensión mediante el uso de un sistema de decantación antes de la evaporación es algo positivo ya que evita la posibilidad de contaminación en el tubo evaporador. Además esto tiene la ventaja adicional de minimizar la pérdida de aceite junto con los



**Figura 1.** Nuevo proceso para clarificación del aceite de palma crudo.

sólidos del decantador. Nuestros estudios preliminares mostraron que la remoción de agua mediante evaporación antes de la separación aceite-lodo a través de un decantador tiende a aumentar el arrastre del aceite con la torta del decantador.

La mezcla de aceite-lodo que se descarga del decantador se alimenta directamente a un sistema evaporador. La reducción que se logra en la carga de humedad mediante la no adición de agua para facilitar el proceso de clarificación en el sistema evaporador es cercana a 200 kg por tonelada de RFF procesada. Esto reduce significativamente el tamaño del sistema evaporador y su consumo de vapor.

Una ventaja importante que ofrece el nuevo proceso de clarificación es que la gran cantidad de aceite en la alimentación (aproximadamente 40 a 50%) hacia el sistema evaporador actúa como un “agente fluidizante” o “transportador” que facilita la evaporación. Retirar agua del lodo en ausencia de aceite, como lo intentó Ma (1997) aumentará la viscosidad del lodo, reduciendo la eficiencia de la transferencia del calor y aumentando la cantidad de taponamiento en los tubos evaporadores. En nuestro proceso, el aceite de la alimentación mantiene baja la viscosidad en la mezcla aceite-lodo, permite altas velocidades de transferencia calórica y evita la contaminación en las superficies de transferencia calórica en la medida en que se evapora el agua en el lodo. La cantidad de agua que puede evaporarse dependerá de la facilidad en la separación subsiguiente del lodo deshidratado en el aceite. Inicialmente, solo se remueve el agua libre mediante la evaporación hasta que se alcanza un contenido crítico de humedad en los sólidos del lodo, cuando la evaporación adicional remueve el agua que se adhiere a los sólidos del lodo. Estudios preliminares muestran que la remoción del agua adherida puede afectar en forma adversa la separación aceite-lodo.

El uso de un sistema evaporador de efecto múltiple permite la remoción de la humedad al usar una fracción de la energía que un sistema secador requiere para remover una cantidad equivalente de humedad de los EPBA, especialmente si se utiliza el aire caliente para suministrar la energía para el secado. La reducción en el consumo de energía también es posible al usar la recompresión del vaho. La recompresión térmica del vaho (RTV) que utiliza un impulsor de chorro de vapor para recomprimir parte del vaho de salida probablemente será el

método más indicado de recompresión para el uso en las plantas extractoras de aceite de palma. Mediante la RT, la presión y temperatura del vaho de salida se aumenta con el uso del vapor a una presión más alta y se reutiliza como vapor de calentamiento. Esto aporta el mismo ahorro de vapor-energía que un efecto adicional de evaporación.

Los cálculos preliminares muestran que un sistema evaporador de doble efecto debería ser suficiente y el vapor adicional que se requiere para la evaporación se puede suplir sin tener que usar los racimos vacíos como fuente de combustible.

El evaporador de flujo descendente que utilizó Ma (1997) es el tipo de evaporador con uso más extendido. Como se mencionó anteriormente, una parte esencial del evaporador de flujo descendente es el sistema para distribuir el líquido, ya que la alimentación de este no solo debe realizarse en forma pareja a todos los tubos, sino que también debe formar una capa continua en la circunferencia interna de los tubos. Los estudios preliminares, realizados con un evaporador de flujo descendente, mostraron que el asentamiento de lodos sólidos en el cabezal de tubos a una baja velocidad de flujo lleva a la formación de canales de flujo, lo que dificulta la distribución uniforme del líquido para que fluya por las paredes inferiores como una capa delgada.

El evaporador que se utilizó en los estudios posteriores se cambió por uno de circulación forzada. Este evaporador supera los problemas que se encuentran en la distribución de la alimentación. En un evaporador de circulación forzada, el calentamiento y la vaporización se realizan por separado. La vaporización se suprime en el intercambiador de calor mediante la retropresión generada al usar una placa de orificio o una válvula de descarga desde el intercambiador de calor. Se produce menos contaminación en los tubos de la que ocurriría en otros tipos de evaporadores con la supresión de la ebullición y una alta velocidad de recirculación (flujo turbulento) en el intercambiador de calor. Esto aumenta la extensión de las corridas de producción entre las labores de limpieza.

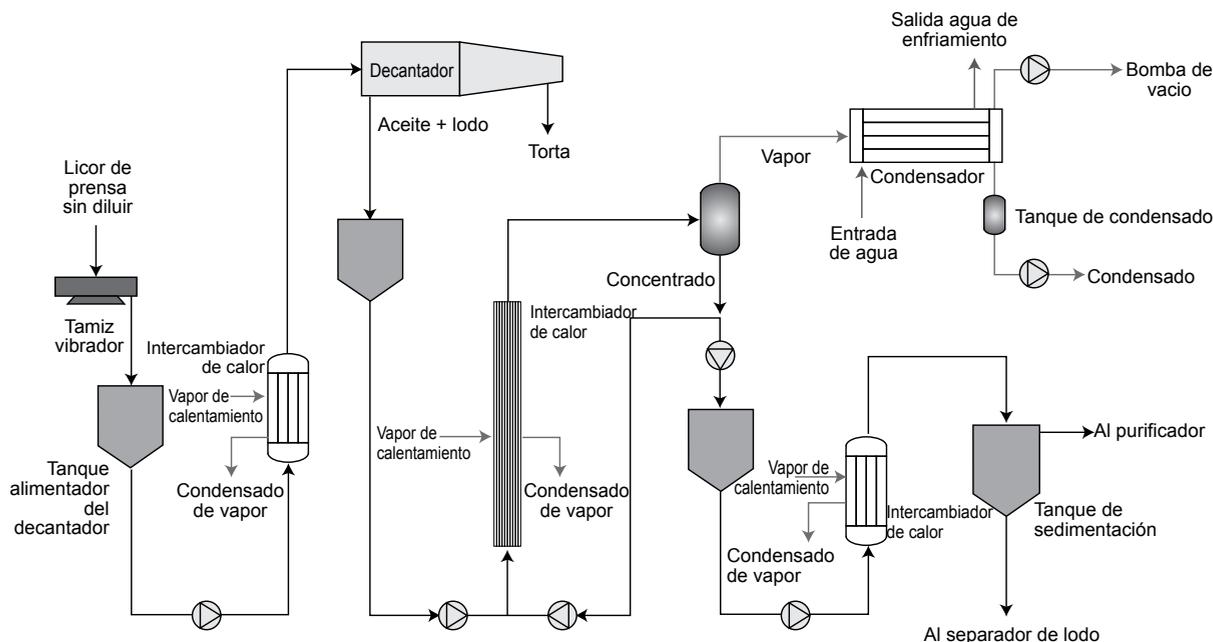
## El sistema de clarificación piloto

Las Figuras 2 a 4 ilustran la planta piloto que se está instalando para estos estudios. La planta piloto tiene capacidad de producir en forma continua aproximadamente 2 toneladas por hora de licor sin diluir. El licor de prensa se alimenta primero sin dilución a un tamiz vibratorio para retirar los sólidos fibrosos. Luego, el licor tamizado se procesa mediante un sistema de hidrociclón para retirar la arena y se calienta a 90 °C aproximadamente antes de hacerse pasar a un decantador bifásico para remover una parte significativa de los sólidos suspendidos y formar una torta. La fase líquida del decantador se lleva a un sistema evaporador para quitar gran parte de la humedad en forma de un destilado. El licor concentrado que sale del sistema evaporador se descarga a un tanque de retención y se debe procesar posteriormente usando un equipo similar al utilizado en una planta extractora convencional para separar la fase de aceite de la fase lodosa.

Se han instalado mezcladores de baja velocidad en los tanques de alimentación, tanto en los sistemas de decantación como en los del evaporador a fin de reducir el efecto que tienen sobre su desempeño las variaciones en la composición de la alimentación.

El estudio en la planta piloto se está realizando en dos fases. En la primera, se está enfocando la atención en estudiar y ajustar el desempeño de los componentes superiores en el nuevo sistema de clarificación, en especial el sistema decantador y el evaporador. Se está evaluando el desempeño del sistema decantador en cuanto a su capacidad para retirar sólidos en suspensión del licor no diluido y para estimar la pérdida de aceite que se da con la torta del decantador. El sistema que se utiliza en el presente estudio es un decantador Westfalia RCD 205 bifásico a escala experimental, con la posibilidad de poder cambiar algunos de los ajustes y así facilitar los estudios de investigación.

Se utilizó un sistema evaporador de circulación forzada, con efecto único, Alfa Laval, el cual usa un intercambiador de calor en espiral para calentar mediante vapor y un intercambiador



**Figura 2.** Sistema de clarificación a escala experimental para el aceite de palma con base en la evaporación.



**Figura 3.** Sistema de clarificación a escala experimental para el aceite de palma con base en la evaporación.



**Figura 4.** Sistema de clarificación a escala experimental para el aceite de palma con base en la evaporación.

de calor en plato para la condensación del destilado. También se utiliza un intercambiador de calor en espiral para calentar la alimentación hacia el sistema decantador. El canal en forma de espiral concéntrica en este intercambiador lo hace apto para el manejo de líquidos contaminantes. El canal curvado optimiza las condiciones de transferencia de calor y flujo a la vez que mantiene el tamaño total del intercambiador al mínimo. El diseño garantiza que el fluido sea totalmente turbulento a una velocidad mucho menor que la de los intercambiadores de tubo recto, y el fluido viaja a una veloci-

dad constante a través de toda la unidad. Esto elimina cualquier posibilidad de puntos muertos y de estancamiento. Se mantienen los sólidos en suspensión y las superficies de transferencia térmica se mantienen limpias gracias a la acción frotante del flujo en espiral. Esta propiedad de autolimpieza garantiza una transferencia térmica eficiente y también permite el fácil acceso a su interior para la limpieza e inspección, sin el uso de herramientas especiales o equipos de izamiento.

Se está estudiando el efecto que tienen sobre la velocidad de evaporación los

parámetros del proceso tales como la presión del vapor, la velocidad de recirculación y la presión de vacío. También se evalúa el efecto de la remoción de la humedad sobre la separación aceite-lodo al igual que la calidad del aceite. Además, se mide el deterioro en el desempeño del sistema evaporador debido a la contaminación.

Si no se encuentran grandes problemas en la primera fase del estudio de la planta piloto, se proseguirá hacia la segunda fase. En esta, se instalará el equipo que se utilizará después del sistema evaporador para facilitar la separación de la fase aceitosa y la fase de lodos; y se intentará evaluar y ajustar el desempeño general del nuevo proceso de clarificación.

## Evaluación preliminar

### Evaluación del desempeño en el decantador

La temperatura del licor que se descargaba de las prensas por lo general era de 90 °C y el calentamiento adicional mediante el intercambiador en espiral antes de la separación realizada por el decantador no llevaba a un mejoramiento notable en el desempeño de este último. La Tabla 1 muestra la composición típica en la torta del decantador cuando la separación se realiza a 5.400 rpm, lo que corresponde a una fuerza g de 3.300G. El uso de una mayor fuerza g causará una mejor remoción de los sólidos en suspensión en el licor de la prensa y producirá una torta más y seca con menor contenido de aceite. También reducirá el arrastre de los sólidos en suspensión hacia el sistema evaporador, minimizando así la contaminación en el intercambiador de calor.

Para reducir el desgaste del rodillo decantador es importante que se retire la arena de la alimentación que va al sistema decantador. Preferiblemente se debe usar un sistema de remoción de basura para retirar el máximo posible de arena en el RFF antes del procesamiento. No obstante, el desprender las partículas de arena que se incrustan durante el impacto de los racimos al caer al suelo durante la cosecha y el transporte no es fácil para dichos sistemas. Además, aunque los métodos de tamizaje sean efectivos

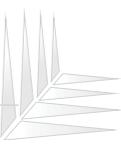
**Tabla 1.** Evaluación del desempeño en el decantador.

Corrida	Composición en la torta del decantador		
	% sólidos no aceitosos (SNA)	% aceite (base húmeda)	% aceite (base seca)
1	31,39	4,94	13,81
2	26,80	3,92	12,76
3	30,56	4,06	11,73
4	26,56	3,81	12,54
5	25,73	2,92	10,20
6	25,59	4,19	14,08
7	25,28	3,51	12,17
8	27,04	3,51	11,47
9	26,05	2,98	10,25
10	24,26	3,59	12,90
11	24,29	3,53	12,71
12	23,97	4,14	14,74
13	21,68	2,68	11,00
14	25,95	3,84	12,88
15	23,80	2,95	11,01
16	23,37	3,10	11,70
<b>Promedio</b>	<b>25,77</b>	<b>3,60</b>	<b>12,25</b>

con la alimentación seca, pueden no ser eficientes con el material de alimentación húmedo y pegajoso. De ahí que será necesario utilizar un sistema de hidrociclón en múltiples etapas para retirar toda la arena que aún esté presente en la alimentación del sistema decantador.

### Evaluación del desempeño en el evaporador

La Tabla 2 muestra la composición en las diferentes etapas del procesamiento con base en el retiro por parte del sistema evaporador, de aproximadamente 50% del agua dentro de la alimentación. El contenido de aceite aumenta desde 50% en el licor no diluido hasta aproxi-



**Tabla 2.** Composición aproximada en las diferentes etapas del procesamiento

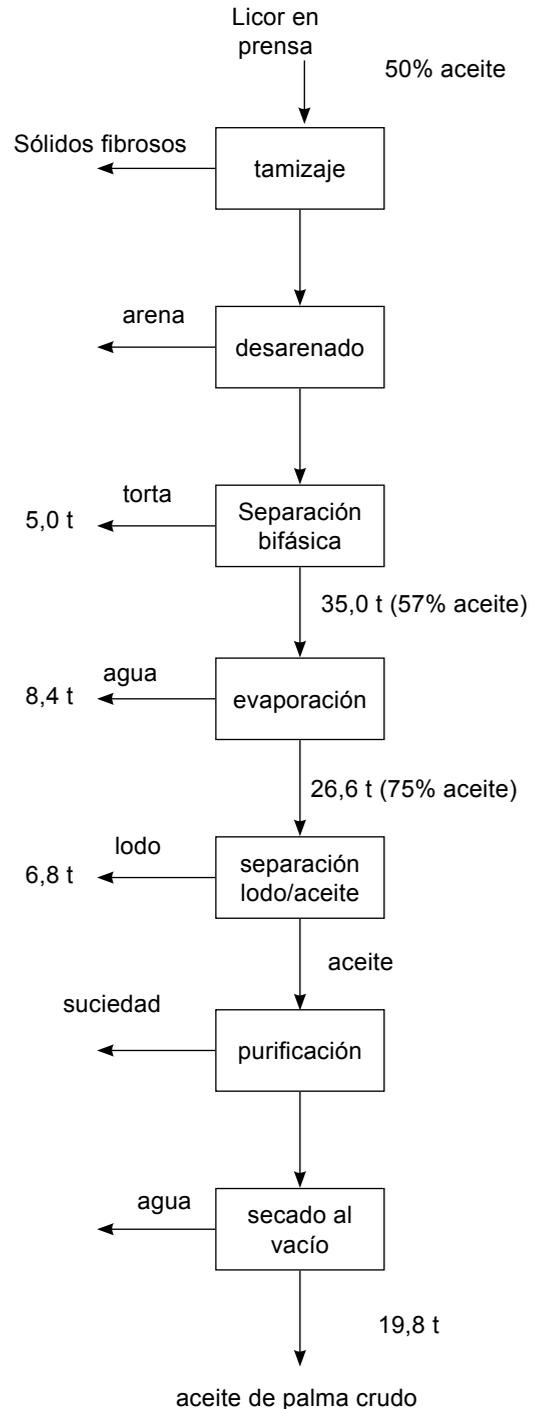
Componente	Licor de prensa	Licor después del decantador	Licor después de la evaporación
Aceite	50,0	56,8	74,7
Humedad	43,0	39,1	19,9
Sólidos no aceitosos (SNA)	7,0	4,1	5,4

madamente 75% en el licor evaporado. La Figura 5 muestra un balance de masa simplificado para el nuevo proceso de clarificación con base en mediciones de flujo realizadas en la planta piloto. La cantidad de lodo que se descarga desde el proceso de clarificación convencional es aproximadamente 0,4 t por t de RFF procesado. Se calcula una reducción esperada de 83% del lodo descargado a aproximadamente 0,068 t por t de RFF mediante el uso del nuevo proceso de clarificación.

Las Tablas 3 y 4 muestran la calidad de aceite en las diferentes etapas del procesamiento. Se observa un deterioro mínimo en la calidad del aceite ya que la evaporación se realiza a baja temperatura y en condiciones de vacío.

Las pruebas de asentamiento y de giro que se realizaron en el licor evaporado mostraron que la separación en las fases no miscibles del líquido debería ocurrir sin dificultad gracias al retiro de los sólidos en suspensión que hace el sistema decantador.

En esta etapa del estudio, la preocupación particular es el problema de la contaminación en el intercambiador de calor utilizado por el sistema evaporador. La contaminación se puede atribuir al aumento en la viscosidad como consecuencia del retiro de humedad. Sin embargo, el problema se reduce por la presencia de una gran cantidad de aceite en el licor evaporado. La contaminación también se puede producir por la quema del producto debido a los puntos calientes creados por el uso de una alta temperatura en el vapor, la distribución desigual del calor, etcétera. A fin de



**Figura 5.** Balance de masa en el nuevo proceso de clarificación del aceite (con base en el ingreso de 100 t RFF).

minimizar esta posibilidad es importante garantizar condiciones de flujo turbulento en el intercambiador. La turbulencia crea una fuerza de cizallamiento en la pared, fuerza que se opone a la contaminación.

**Tabla 3.** Efecto del nuevo proceso de clarificación sobre la calidad del aceite.

Corrida	% FFA		
	Licor de prensa	Licor después del decantador	Licor después de evaporación
5	2,73	2,74	2,74
6	2,79	2,95	2,95
7	2,31	2,32	2,32
8	2,99	3,02	3,02
9	3,05	2,97	2,97
10	2,78	2,74	2,74
11	2,50	2,49	2,49
12	2,86	2,82	2,82
13	3,19	3,16	3,16
14	3,86	3,81	3,81
15	3,42	3,43	3,43
<b>Promedio</b>	<b>2,95</b>	<b>2,95</b>	<b>2,95</b>

**Tabla 4.** Efecto del nuevo proceso de clarificación sobre la calidad del aceite.

Corrida	DOBI		
	Alimentación decantador	Licor después del decantador	Licor después de evaporación
6	2,58	2,53	2,50
7	3,12	3,08	3,03
8	2,93	2,88	2,98
9	2,71	2,77	2,66
10	2,99	2,98	2,93
11	3,10	3,10	3,10
12	2,88	2,87	2,89
13	3,01	2,94	-
14	2,63	2,60	2,57
15	2,72	2,77	2,79
<b>Promedio</b>	<b>2,87</b>	<b>2,85</b>	<b>2,83</b>

Al finalizar los experimentos diarios, se limpia el sistema evaporador mediante la recirculación de agua caliente aproximadamente durante una hora antes de apagar la planta. Hasta el momento no se ha observado reducción progresiva en la velocidad de evaporación debido a la contaminación. Ya que la contaminación no parece ser significativa, hasta ahora no ha sido necesario abrir los intercambiadores de calor para facilitar la limpieza manual.

El uso de velocidades de recirculación altas con el sistema evaporador de circulación forzada puede llevar a la emulsificación de pequeñas gotas de aceite en la fase lodosa, dificultando la separación de la fase aceitosa y lodosa. El problema se puede acentuar por la acción del corte producida por los impulsores en las bombas. Por tanto para reducir esta probabilidad es preferible utilizar bombas de desplazamiento positivo a velocidades rotacionales muy bajas.

El intercambiador de calor es un componente importante del sistema de evaporación con circulación forzada. En la actualidad hay muchos tipos diferentes de intercambiadores. Algunos de los que merecen consideración para esta aplicación son los intercambiadores de casco y tubo, de plato, de tubo corrugado y los de espirales. Ya se ha presentado en párrafos anteriores los factores que han llevado a la selección del intercambiador en espiral para su uso en la planta piloto. No obstante, se debe afirmar que cada tipo de intercambiador tiene sus ventajas al igual que sus desventajas. Probablemente en algún punto valga la pena realizar una evaluación comparativa sobre los distintos tipos de intercambiadores de calor para esta aplicación.

Si la contaminación es una preocupación, a pesar de las medidas que se tomaron para reducirla, se puede instalar un equipo de intercambio calórico en la "reserva", con el fin



de facilitar el lavado intermitente con agua sin que sea necesario detener el proceso.

## Conclusión

Aunque aún existe un alcance considerable para un mejoramiento adicional de la tecnología que se utiliza en este nuevo proceso de clarificación, los estudios preliminares que se realizaron hasta ahora han demostrado que el nuevo proceso es técnicamente viable. Se ha demostrado que se puede incorporar un paso de evaporación como parte del proceso general de clarificación utilizando un decantador bifásico previo al paso de evaporación a fin de retirar una parte significativa de los sólidos suspendidos en el licor no diluido.

El estudio también ha mostrado que la pérdida de aceite en la torta del decantador es baja y que se puede lograr fácilmente la separación de las dos fases líquidas no miscibles en el licor evaporado. Se realizará una evaluación exhaustiva y un mayor desarrollo del sistema de clarificación cuando se haya instalado el equipo para que se utilice después del sistema evaporador.

El objetivo final del proyecto investigativo es el de lograr una reducción significativa en la cantidad del efluente que se descarga desde la planta extractora de aceite con el fin de facilitar su tratamiento mediante el uso de tecnologías de cero descarga. Se ha demostrado que al usar el nuevo proceso de clarificación, se puede reducir la cantidad del efluente líquido que sale del proceso de clarificación hasta cerca del 6,8 por ciento de RFF procesados,

comparado con 40% en el proceso convencional. La intención no es la de proponer una tecnología en particular para el tratamiento de esta cantidad reducida de lodo. Sin embargo, debe ser relevante que la comercialización exitosa de esta tecnología ofrecerá los siguientes beneficios:

1. Las plantas extractoras de aceite pueden volverse amigables con el medio ambiente de una manera costo-efectiva. El lodo puede secarse y utilizarse como alimento para animales o fertilizante, o bien puede mezclarse con los racimos vacíos y convertirse en compost. Se espera que el costo combinado de instalar el nuevo sistema de clarificación y la tecnología adicional para lograr cero descargas sea menor que los sistemas similares propuestos por otros.
2. La baja temperatura de procesamiento beneficiará la calidad del aceite.
3. Se espera que la pérdida de aceite del nuevo sistema de clarificación sea menor que la del sistema convencional debido a la menor cantidad de efluente que se descarga.
4. Si no se utiliza un sistema de estanques para el tratamiento de efluentes, el área necesaria para construir la planta de beneficio se reducirá significativamente.
5. La gran reducción en la cantidad de efluente descargado puede hacer que sea viable su transporte a una planta de tratamiento centralizada.
6. Parte o todo el condensado y destilado del vapor proveniente del sistema evaporador se puede reciclar, minimizando así el consumo de agua y el costo de su tratamiento.



## Bibliografía

- MA, A. N. 1997. Evaporation technology for pollution abatement in palm oil mills. *National Seminar on Palm Oil Milling, Refining technology and quality*, 167-171.