

En busca de un proceso simplificado para la clarificación del aceite de palma

Aiming Towards a Simplified Palm Oil Clarification Process

SARJITSINGH¹

RESUMEN

El presente documento hace referencia al uso de decantadores de tres fases para la clarificación del aceite crudo de palma. Se muestra también que la instalación adecuada y la sistematización limitada de este método simplifican y hacen más confiable el funcionamiento de la planta extractora. Se explora el verdadero potencial de los sistemas de decantación, en lo que se refiere a reducir las pérdidas durante el proceso y el control de los efluentes. Se instalaron flujómetros de masa tanto en la línea de fase pesada como de fase liviana, con el objeto de medir en forma precisa el rendimiento del decantador. Se discutirán los resultados de las pruebas sobre la base de más de un año de operación continua de dos decantadores instalados en el sur de la península.

Palabras claves: Aceite de palma, Clarificación, Procesos, Plantas extractoras, Decantadores

SUMMARY

The paper discusses application of 3-phase decanters on the crude palm oil clarification. It is shown how a proper installation and limited automation of the system as a whole lead to a more simplified and reliable operation of the plant.

The true potential of decanter system in meeting with process losses and effluent control is explored. Mass flowmeters are installed in both the heavy and light phase lines of the decanter in order to gauge accurately the decanter performance.

Test results are discussed based on more than one year's continuous operation of two decanters in the southern part of the peninsula.

INTRODUCCION

El grave problema de contaminación por causa de los efluentes crudos de las plantas extractoras que se registró durante la década de los ochenta obligó a la introducción de decantadores en la industria de la extracción de aceite de palma. Actualmente, además de haber reducido la contaminación, los decantadores desempeñan un papel mucho más importante en el desarrollo de nuevos sistemas de clarificación en la industria del aceite de palma.

Existen diversas combinaciones en lo que se refiere a adaptar decantadores a la planta de clarificación, pero tal vez el más interesante es el sistema donde un decantador de tres fases funciona directamente sobre el aceite crudo de palma que sale de la prensa de tornillo. Con este sistema es posible prescindir de los sistemas convencionales de tanques de clarificación y centrifugas de boquilla. Brevemente, el proceso es el siguiente:

el aceite crudo que sale de la prensa de tornillo se filtra y se bombea hacia los decantadores por medio de ciclones desarenadores

- el decantador separa el aceite crudo en tres fracciones: la fase líquida liviana, la fase líquida pesada y la fase sólida (aceite, agua residual y torta, respectivamente) según el orden de densidad

- la fase liviana se purifica aún más mediante centrifugas de autolimpieza, se seca al vacío, se enfría si es necesario y se bombea al tanque de almacenamiento

la fase pesada y la fase sólida se desechan como residuos

La instalación de equipo de supervisión y control automático en puntos esenciales de la fábrica hace el funcionamiento del sistema mucho más fácil que los sistemas convencionales.

Se estudió el caso de una planta que originalmente operaba sobre un sistema convencional de clarificación y que posteriormente se cambió por el sistema de decantador de tres fases que se mencionó anteriormente. La planta tiene una capacidad de 45 tRFF/h. Inicial-

mente se instalaron dos decantadores, pero más tarde se incorporó una tercera unidad para completar la conversión de la planta al sistema de decantadores. La conversión del sistema convencional al sistema de decantadores se llevó a cabo con el fin de reducir la contaminación y la carga de efluentes de la planta.

BREVE REVISION DE LOS PRINCIPIOS FUNCIONALES DEL DECANTADOR DE TRES FASES

El decantador de tres fases es una centrífuga de recipiente horizontal de funcionamiento continuo, equipada con un transportador de tornillo sin fin (llamado "espiral"), para el transporte de los sólidos fuera del recipiente.

El recipiente consta de una sección cilíndrica para la separación de dos líquidos inmiscibles y de una sección cónica para secar los sólidos separados.

La carga se introduce al recipiente a través de un tubo central de entrada. Una vez que la carga está en el recipiente, éste se acelera a la velocidad de rotación del recipiente, lo cual hace que las partículas sólidas se depositen rápidamente en las paredes del recipiente. El transportador sin fin, que rota a una velocidad un poco diferente a la del recipiente, transporta la fase sólida hacia el lado cónico del recipiente o a la llamada "zona de secado", donde los sólidos son aún más deshidratados y por último son expulsados hacia afuera. La separación de las fases líquidas liviana y pesada ocurre en la sección cilíndrica del recipiente. Ambas fases líquidas son también descargadas en el extremo cilíndrico del recipiente en sumideros separados.

La calidad de la separación de la fase liviana o pesada se puede ajustar mediante tubos de regulación, cuyo objeto es el de desplazar la denominada "línea de separación" entre las dos fases líquidas bien sea más cerca o más lejos del centro del recipiente. Además, la longitud del depósito de líquidos en el recipiente se puede variar mediante compuertas de anillo intercambiables, con el fin de lograr un grado de separación más alto o más bajo entre las dos fases líquidas. Este ajuste también producirá un cambio en la sequedad de la fase sólida, puesto que la longitud del depósito de líquidos en

*Los
decantadores
desempeñan
un papel
importante en el
desarrollo
de nuevo
sistema de
clarificación*

el recipiente afecta directamente la longitud de la zona de secado dentro del mismo.

INSTALACION DE LA PLANTA DE DECANTACION

La instalación de decantadores y del equipo auxiliar se realizó en una de las dos líneas convencionales de clarificación existentes. Una sección de la antigua planta se desmanteló para dar cabida a la nueva plataforma. Básicamente, la distribución es la siguiente:

A nivel del suelo	- cabina de control para la planta - tanque de fase liviana y bomba de descargue - tanque de fase pesada y bomba de descargue
Primer piso	- todos los decantadores - unidad de ciclón automático - tanque de alimentación de aceite crudo al decantador

El espacio total necesario para los dos pisos, incluyendo un piso secundario para el tanque de alimentación de aceite crudo, es de aproximadamente 75 m²

El tamiz vibratorio para lodos que ya existía sirve como un tanque intermedio de alimentación de aceite crudo y recibe el aceite crudo de la sección de la prensa. Desde aquí, el aceite crudo se bombea hacia el tanque de alimentación del decantador, mediante los ciclones desarenadores.

Los fluviómetros de masa instalados en las líneas de descarga de las fases liviana y pesada sirven para medir el flujo de masa en las respectivas corrientes líquidas. El totalizador que viene con cada instrumento permite determinar el flujo total de la operación diaria.

CONTROLES AUTOMATICOS Y DE SUPERVISION

Estos se suministran con el fin de:

- facilitar la operación
- proporcionar seguridad del equipo contra la

operación incorrecta

- dar una señal de alarma en caso de mal funcionamiento
- proporcionar seguridad al proceso

Los controles suministrados incluyen:

- modalidad secuencial de arranque
- regulación del nivel en los tanques de aceite crudo, fase liviana y fase pesada
- protección de funcionamiento en seco para las bombas
- transmisión de velocidad variable para las bombas
- válvulas de alimentación de producto y agua por control remoto eléctrico para los decantadores
- dispositivo de supervisión permanente de la velocidad del recipiente del decantador y velocidad del espiral
- alarma de nivel alto en los tanques
- unidad automática de desarenado

METODOLOGIA

Las pérdidas de aceite se calcularon sobre la base del porcentaje de pérdida de peso por tonelada métrica de racimos de fruta fresca (RFF) procesadas. La pérdida total de aceite se calculó sobre la base de:

RFF procesados
producción total de la fase pesada
producción total de la fase liviana
composición de la fase pesada y la fase sólida

Los RFF procesados se determinaron con dos métodos diferentes, debido a las circunstancias predominantes:

Entre enero y diciembre de 1990, sólo dos decantadores estuvieron en funcionamiento. Por consiguiente, parte del aceite crudo de las prensas tuvo

que ser desviado hacia los tanques estáticos de sedimentación, puesto que la capacidad de los decantadores no fue suficiente para igualar la capacidad de la planta. En los Anexos A3 y A4 se explica el método de cálculo de RFF procesados y de las pérdidas durante este período.

En enero de 1991 se instaló un tercer decantador para manejar la totalidad de la capacidad de procesamiento de racimos de la planta. Por lo tanto, los RFF

*Los
fluviómetros
de masa
sirven para
medir el flujo
de masa
en las
corrientes de
líquido*

procesados se determinaron según la carga física actual procesada por la planta.

La producción de fases liviana y pesada se obtuvo de los flujómetros de masa, mientras que la fase sólida se determinó pesando la totalidad de la masa recolectada en las zorras. Debido a limitaciones de mano de obra y de las instalaciones, el pesaje de la fase sólida se llevó a cabo durante unos pocos días del mes o cuando fuese posible y para los cálculos se utilizaron valores promedio.

La composición de las fases pesada y sólida se determinó según el método analítico empleado en la planta. Los Anexos A1 y A2 explican el proceso de muestreo y procesamiento de los datos.

Los cuatro valores básicos obtenidos con el proceso anterior se utilizaron para calcular los siguientes datos:

- rendimiento en RFF por hora
- porcentaje de la fase pesada a los RFF
- porcentaje de torta a los RFF
- porcentaje de aceite crudo a los RFF
- pérdidas de aceite a los RFF en la fase pesada
- pérdidas de aceite a los RFF en la fase sólida
- porcentaje de materia seca a los RFF en aceite crudo
- porcentaje del promedio de pérdida de aceite a materia seca en las fases pesada y sólida
- porcentaje de sólidos no aceitosos recuperados en la fase sólida

DISCUSION DE LOS RESULTADOS Y LA OPERACION

Pérdidas de aceite

La pérdida global de aceite en un promedio mensual fue inferior al 0,50% de RFF, salvo en noviembre de 1990, cuando ésta fue del 0,53%. Las pérdidas de aceite oscilaron entre 0,32% y 0,53%, lo cual da un promedio de 0,42%.

La relación pérdida de aceite a materia seca durante todo el período del ensayo alcanzó un promedio de 16,41 % (siendo esto un promedio tanto de la fase sólida como de la pesada).

Las cifras para el mes de enero de 1991 se omitieron de los anteriores promedios, puesto que en ese lapso se obtuvieron pérdidas negativas debido a que la planta

estaba llevando a cabo sus propias pruebas, es decir que funcionaba con aceite crudo sin diluir en las prensas.

Pérdidas en el Efluente Crudo de la Extractora

La pérdida de aceite en el efluente crudo de la extractora fue como sigue:

Año	% pérdida a RFF	Observaciones
1989	0,66	Sin decantador en funcionamiento
1990	0,72	Dos decantadores en funcionamiento
1991	0,56	Tres decantadores en funcionamiento

Las pérdidas para el año 1991 corresponden al promedio hasta el mes de mayo. No obstante, las pérdidas anteriores se deben considerar sólo como una pauta, puesto que la pérdida está también afectada por la pérdida en el condensado de la esterilizadora y por otras pérdidas menores, lavados, etc. provenientes de otras secciones de la planta.

Reducción de Efluentes

La fase pesada descargado por los decantadores promedió un bajo 20% a RFF durante el lapso de la prueba. Por consiguiente, el efluente crudo de la extractora se redujo un 35% cuando entraron en funcionamiento los tres decantadores, de la siguiente forma:

Año	% efluente a RFF	Observaciones
1989	64,25	Sin decantador en funcionamiento
1990	52,13	Dos decantadores en funcionamiento
1991	41,69	Tres decantadores en funcionamiento

Además del efluente descargado por los decantadores, se pueden esperar efluentes adicionales de otros sectores de la extractora, más o menos de la siguiente forma:

0.8% a RFF de la operación del ciclón automático
1.2% a RFF de la operación del purificador

La reducción en efluentes también registró una caída notable en la D.B.O. del efluente tratado que sale de la planta de la siguiente forma:

Año	RFF procesados por mes	Observaciones
1989	13.200 t	235 ppm
1990	13.470 t	108 ppm
1991	9.288 t	93 ppm

Tal vez valdría la pena mencionar aquí que una característica especial del decantador es que no requiere consumo de agua durante el funcionamiento normal con el producto. El abastecimiento de agua sólo es necesario cuando la máquina no se encuentra en funcionamiento o cuando se para la planta. Pero de todos modos el requisito de agua es mínimo, aproximadamente 1 m³/hora. Esta característica, unida a la capacidad de funcionar con una baja dilución del aceite crudo, es lo que en últimas permite una reducción sustancial del efluente.

Componentes de la Descarga

En promedio, la fase liviana presentó una limpieza del 97.6% y el contenido de sólidos no aceitosos fue del 0.69%. En términos generales, los residuos sólidos son livianos en su estado natural y por lo tanto en su mayoría se pueden lavar con la adición de agua caliente al recipiente del purificador. No obstante, se requieren purificadores de auto-deslodado totalmente automáticos. debido a una frecuencia más alta en el deslodado. El control automático de los purificadores también ayuda a eliminar las pérdidas de aceite debido al desplazamiento incorrecto del aceite en el recipiente antes de un deslodado completo.

Durante el funcionamiento real de la planta donde se llevó a cabo el ensayo, se alimentó aceite a los purificadores mediante un clarificador estático que ya existía en la extractora. Esto se hizo debido a que los purificadores instalados no estaban equipados para funcionar en modalidad completamente automática. Bajo circunstancias normales, es suficiente contar con un tanque con una capacidad aproximada de 10-15 m³, el

cual sirve como un tanque de retención de aceite para unas plantas con capacidad hasta de 45 tRFF/h.

En promedio, la recuperación de sólidos a lo largo de la fase sólida llegó al 22% del total de sólidos presentes en el aceite crudo. Las variaciones en la recuperación de sólidos osciló entre el 18 y el 28%. Probablemente estas variaciones se debieron a cambios en la viscosidad y el comportamiento de la sedimentación de sólidos.

En términos generales, la descarga de fase pesada es una forma más bien viscosa, resultante de la lentitud del fluido al pasar por los desagües. Por lo tanto, se encontró más conveniente bombear la fase pesada directamente a la piscina de sedimentación.

Capacidad de Operación

Cada decantador se instaló para una capacidad de 15 tRFF/h. La capacidad operativa real osciló entre 12-17 tRFF/h, según las condiciones del proceso corriente arriba.

Funcionamiento y Confiabilidad Mecánica de la Planta

Una vez las válvulas de aislamiento en la planta se han ajustado en modalidad de funcionamiento, la planta se puede arrancar y parar desde el tablero principal de control que se encuentra a nivel del piso. El tablero se instala con el fin de arrancar la planta en una modalidad secuencial, de tal manera que se elimina cualquier posibilidad de error durante el funcionamiento. Cuando está funcionando, el sistema posee controles de supervisión con el fin de alertar a los operarios en caso de fallas o mal funcionamiento. El sistema tiene un dispositivo especial de supervisión de velocidad incorporado que garantiza que los decantadores estén funcionando permanentemente dentro de una velocidad específica del recipiente y del espiral. Una caída de alguna de estas dos velocidades cierra la válvula de alimentación del producto y enciende una alarma para alertar a los operarios.

Una ventaja que distingue al sistema es que las máquinas se pueden poner en funcionamiento todos los días, sin necesidad de desmontar los recipientes para limpiarlos. Esto se estableció a raíz de la experiencia con los dos primeros decantadores, puesto que se encontró que sólo era necesario desmontar los recipientes después de 5.000 horas de funcionamiento, cuando

las máquinas de todos modos necesitan el cambio normal de rodamientos.

Las máquinas han venido funcionando sin ninguna falla desde que se instalaron.

A las 5.000 horas de funcionamiento, el desgaste de los componentes del recipiente fue mínimo. El transportador de tornillo sin fin registró un desgaste de menos de un milímetro en la periferia de las aletas, mientras que el desgaste a los lados fue insignificante. Como regla general, se puede permitir un desgaste uniforme hasta de cinco milímetros (medido en un lado) en la periferia de las aletas del transportador. Las partes desgastadas reemplazadas en el recipiente durante el primer mantenimiento general constaban de una serie de forros de protección en la zona de entrada de líquido del transportador de tornillo sin fin y un conjunto de paletas para expulsar la fase sólida.

En vista de la baja frecuencia de manejo, se puede esperar una mayor confiabilidad de la máquina, incluyendo la reducción de daños por manejo. Fuera de la capacidad para operar la planta, los operarios no requieren más habilidades técnicas. Esto tal vez haga la máquina más adecuada para mano de obra menos calificada.

PARAMETROS DE CARGA Y PROCESAMIENTO

Bajo circunstancias normales, los decantadores están en capacidad de producir una separación estable durante un período continuo. No obstante, al igual que los parámetros de carga desempeñan un papel importante en el rendimiento del clarificador estático, estos factores también determinan la eficiencia de la separación en un decantador. En este sentido, se puede decir que, en términos generales, sólo las variables relacionadas con el proceso de carga son responsables a veces de los cambios en el rendimiento. Algunas de las variables que entran en juego son la temperatura y viscosidad de la carga, el contenido de sólidos y el comportamiento de la sedimentación de los sólidos de la carga, la presencia de emulsiones en la carga, etc.

En el funcionamiento real de la planta, los parámetros de carga fueron generalmente los siguientes:

- aceite en el aceite crudo : 45 - 55%
- SNA en el aceite crudo: 4.0 - 6.0%
(1.8 - 2.5% a racimos aprox)
- temperatura de la carga: +95°C

Los operarios manejaron la dilución del aceite crudo según su criterio y experiencia, con la ayuda del laboratorio de la planta extractora. En este caso no se utilizaron instrumentos especiales.

*Los
decantadores
están en
capacidad de
producir una
separación
estable durante
un período
continuo*

Un ensayo realizado por la planta, con el objeto de comprobar el efecto del aceite crudo sin diluir durante el mes de enero de 1991, produjo resultados muy desfavorables, puesto que las pérdidas de aceite alcanzaron un promedio del 0,81 % en relación con los RFF. Casualmente, durante el mismo lapso, el contenido de sólidos no aceitosos en la carga fue también excepcionalmente alto y llegó a un promedio de 3,28% de los RFF, lo cual es casi el 50% más alto que el valor promedio de 2.14% a RFF la

totalidad del período de prueba. Las razones por las cuales se presentó este cambio drástico no están muy claras. No obstante, además del procesamiento desfavorable, la baja dilución del aceite crudo podría también conducir a una carga más viscosa y, por consiguiente, a una mas baja eficiencia de desarenado de los ciclones. Desde este punto de vista, un contenido de aceite del 40-50% en el aceite crudo es preferible a un contenido de más del 45-55%.

Puesto que la dilución del aceite crudo está en el rango bajo, sería deseable mantener la carga a la temperatura de operación más alta posible, con el fin de optimizar los beneficios de una viscosidad mas baja y de una mayor diferencia de gravedad específica entre los componentes del producto. En las pruebas reales se utilizó inyección de vapor directo en el tanque intermedio, con el fin de complementar el calor así como también para lograr una agitación económica del producto. El objetivo fue mantener la temperatura de la carga cerca de los 95°C.

La cantidad de sólidos introducidos a la carga, su comportamiento de sedimentación y compresión son

elementos que podrían influir en los métodos de separación centrífuga y natural. No obstante, en este caso, se debe tener en cuenta sólo el total de sólidos introducidos a la carga como una guía práctica. Aunque el contenido de sólidos en la carga varió dentro de un rango significativo durante el período de prueba, se cree que el límite superior de sólidos no aceitosos en la carga debe estar por encima del 6,0% en la muestra o del 2,5% en los RFF. Estos valores se deben mirar dentro del contexto de la capacidad del decantador, que se toma como 15 tRFF/h.

Los datos acerca del comportamiento de la sedimentación de sólidos se puede determinar mediante la comparación de la capacidad de compresión de la fase sólida en una muestra dada y la de los sólidos secos no aceitosos en la misma muestra. La relación entre estos dos valores, que podría llamarse la "relación de compresión", se puede utilizar para complementar la investigación de las variaciones en el desempeño del decantador, debidas a factores relacionados con el proceso. La fase de sólidos comprimibles se obtiene mediante la centrifugación de la muestra en una centrífuga de laboratorio durante un tiempo y velocidad determinados, mientras que el valor de sólidos no aceitosos se obtiene mediante la extracción en soxhlet de la misma muestra utilizando solvente. Así, dos muestras que tengan el mismo porcentaje de sólidos no aceitosos, pero porcentajes de volumen significativamente distintos en la fase sólida, es un indicio de una separación de sólidos de la muestra relativamente más difícil con un volumen mayor de fase sólida.

CONCLUSION

Se ha establecido que el sistema es práctico y confiable desde el punto de vista mecánico. La ventaja más importante radica en la continuidad de funcionamiento, lo cual permite un procesamiento más predecible y no depende tanto de la mano de obra calificada para el manejo de la planta.

Se recomienda integrar el purificador de aceite de auto-limpieza automática para lograr una mayor eficiencia y minimizar las pérdidas de aceite durante el deslodado en el recipiente.

Es necesario diluir el aceite crudo, aunque el decantador tiene un margen de tolerancia de 55% de aceite en el aceite crudo. Esto se debe analizar dentro del contexto de los sólidos no aceitosos existentes en el

aceite crudo, que debe ser de 2.5% en relación con los RFF o del 6,0% en el máximo de carga.

Las fluctuaciones en el rendimiento de la prensa por causa de las condiciones del proceso o del fruto pueden imponer algunas restricciones al sistema. Esto se puede solucionar instalando aproximadamente un 15% de capacidad de reserva en la planta.

En vista de la baja dilución del aceite crudo, se recomienda una temperatura de carga de 95°C.

Las siguientes son otras ventajas del sistema:

- * baja descarga de efluentes de 17 - 25% a RFF
- * reducción del 18 - 28% en el contenido sólido del efluente
- * reducción de la D.B.O. en el efluente final
- * instalación compacta
- * bajo desgaste cuando la planta se instala y se maneja correctamente
- * separación estable y consistente para una carga dada.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Gerencia de Felmil Corporation por su autorización para utilizar los datos tomados de su planta y a todos aquellos que contribuyeron con la preparación de este informe.

ANEXO A1

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO PARA LA SUPERVISION DE PERDIDAS DE ACEITE

Se tomaron las siguientes muestras para la supervisión del rendimiento de los decantadores:

- i. Muestra de la carga de aceite crudo
- ii. Muestra de la fase pesada
- iii. Muestra de la fase sólida
- iv. Muestra de la fase liviana

El muestreo se efectuó en los siguientes puntos:

- a. La muestra i en un punto de muestreo inmediatamente después de la bomba de carga de aceite crudo en la estación de clarificación.
- b. La muestra ii en un punto de muestreo inmediatamente después de la bomba de descarga de la fase pesada.

CALCULO DE RFF PROCESADOS

El rendimiento en RFF se obtuvo del aceite producido según el flujómetro de masa y la extracción promedio de aceite para el día sobre la base de sondeos en el tanque.

El siguiente es un ejemplo:

- i. Aceite producido en un período de 8 horas según el flujómetro = 50 toneladas
- ii. Análisis del promedio de aceite limpio en el laboratorio
 - Aceite = 98%
 - Agua = 1,5%
 - Impurezas = 0,5%
- iii. Promedio extracción de aceite para el día = 19%
- iv. Del i y ii se obtiene $0,98 \times 50$, es decir 49 t de aceite limpio
- v. Mediante esta fórmula $\frac{(\text{aceite limpio} \times 100)}{\text{extracción de aceite}}$, se obtiene el total de RFF procesados, es decir:

$$49 \times \frac{100}{19} = 258 \text{ tRFF}$$
- vi. Puesto que la humedad residual y las impurezas del aceite extraído no afectan en forma significativa el cálculo, estos valores se excluyeron del cálculo anterior.

ANEXO A4

CALCULO DEL RENDIMIENTO

El cálculo del rendimiento se basa en los RFF procesados, como en el anexo A3, y las horas reales de funcionamiento durante el ensayo. Si se utiliza el anexo A3, el rendimiento por hora será:

$$258 \div 8 \text{ horas} = 32.3 \text{ t/h}$$

Las pérdidas de aceite se calcularon utilizando el análisis de pérdidas reales obtenido por el laboratorio y la masa obtenida del pesaje de la torta y las lecturas del flujómetro de masa.

El ejemplo es el siguiente:

- | | | |
|--|--|-----------|
| i. Total racimos procesados según Anexo A3 | | = 258 t. |
| ii. Total agua residual producida por 8 horas | | = 67 t. |
| iii. Total torta producida en 8 horas | | = 12,9 t. |
| iv. Pérdida de aceite en la muestra de agua residual según análisis de laboratorio | | = 1,20 % |
| v. Pérdida de aceite en torta según análisis de laboratorio | | = 3,00 % |
| vi. Pérdida de aceite a agua residual | $= \frac{1,20 \times 67}{100} = 0,8 \text{ t}$ | |
| vii. Pérdida de aceite a torta | $= \frac{3,00 \times 12,9}{100} = 0,387 \text{ t}$ | |
| viii. Total pérdida de aceite a racimos | $= \frac{0,8 + 0,387}{258} \times 100 = 0,46\%$ | |

Del i y ii el porcentaje de agua residual a racimos es igual a $\frac{67 \times 100}{258} = 25,9\%$

Del i y iii el porcentaje de torta a racimos es igual a $\frac{12,9 \times 100}{258} = 5\%$

ANEXO A5.0

COMPOSICION DE LA PRODUCCION DE FASE LIVIANA Y PESADA DEL DECANTADOR

Mes	Composición fase liviana			Composición fase pesada			
	Humedad	Aceite	SNA	Humedad	Aceite	SNA	AMS
Ene 90	2,12	96,63	1,25	91,61	1,44	6,95	17,21
Feb 90	1,51	97,54	0,95	92,05	1,27	6,68	16,01
Mar 90	2,67	96,14	1,19	92,81	1,18	6,01	16,67
Abr 90	2,29	96,88	0,83	91,95	1,69	6,36	21,01
May 90	1,62	97,71	0,67	91,51	1,48	7,01	17,43
Jun 90	1,38	98,17	0,45	91,39	1,68	6,93	19,51
Jul 90	1,36	98,05	0,59	89,98	1,95	8,07	19,48
Ago 90	1,66	97,77	0,57	90,06	1,99	7,95	20,06
Sep 90	2,35	96,63	1,02	90,15	1,64	8,21	16,71
Oct 90	2,38	96,96	0,66	89,77	1,47	8,76	14,42
Nov 90	1,87	97,76	0,37	88,71	2,04	9,25	17,87
Dic 90	1,21	98,25	0,54	89,74	1,54	8,72	15,04
Feb 91	1,36	98,12	0,52	88,35	1,96	9,69	16,78
Mar 91	1,29	97,93	0,78	89,81	1,54	8,65	15,07
Abr 91	1,79	97,49	0,72	90,28	1,48	8,24	15,19
May 91	1,41	98,08	0,51	89,65	1,88	8,47	18,17

Nota las cifras de enero del 91 se omiten debido a las condiciones anormales

Abreviaturas SNA = sólidos no aceitosos

AMS - aceite a materia seca

ANEXO A5.1

COMPOSICION DE LA PRODUCCION DE FASE PESADA Y CARGA DEL DECANTADOR

Mes	Composición fase pesada				Composición fase pesada	
	Humedad	Aceite	SNA	AMS	% de aceite	% de SNA a RFF
Ene 90	76,26	3,83	19,91	16,15	49,65	2,50
Feb 90	77,42	3,97	18,61	17,55	53,38	2,04
Mar 90	78,66	4,06	17,28	19,04	47,27	1,89
Abr 90	79,21	3,62	17,17	17,43	51,55	1,77
May 90	77,61	3,81	18,58	17,01	52,07	2,11
Jun 90	78,38	3,66	17,96	16,92	55,66	1,79
Jul 90	76,69	3,75	19,56	16,08	56,01	1,92
Ago 90	76,39	3,84	19,77	16,26	54,28	2,22
Sep 90	74,61	4,05	21,34	15,96	57,19	2,18
Oct 90	73,72	3,64	22,64	13,84	53,47	2,50
Nov 90	73,82	3,53	22,65	13,55	53,16	2,51
Dic 90	74,74	3,19	22,07	12,62	55,13	2,04
Feb 91	74,97	3,22	21,81	12,85	49,81	2,49
Mar 91	75,77	3,23	21,01	13,33	44,75	2,11
Abr 91	74,28	3,41	22,31	13,27	44,61	2,00
May 91	74,16	3,22	22,62	12,46	55,13	1,94

Nota: las cifras de enero del 91 se omiten debido a las condiciones anormales

Abreviaturas. SNA = sólidos no aceitosos

AMS = aceite a materia seca

DATOS DE RENDIMIENTO

Mes	RFF procesados	Rendimiento en RFF por hora	% a RFF		% pérdida de aceite a RFF		
	Toneladas		FP	FS	FP	FS	Total
Ene 90	1.443,41	28,29	29,59	2,21	0,41	0,08	0,49
Feb 90	755,91	30,24	22,62	2,81	0,34	0,11	0,45
Mar 90	2.574,51	24,05	25,48	2,15	0,29	0,12	0,41
Abr 90	2.862,61	31,62	22,25	2,05	0,34	0,07	0,41
May 90	3.888,15	28,17	24,56	2,08	0,38	0,08	0,46
Jun 90	3.416,24	29,19	20,02	2,23	0,36	0,08	0,44
Jul 90	5.972,00	29,86	18,35	2,25	0,36	0,08	0,44
Ago 90	2.996,41	26,28	22,52	2,13	0,41	0,08	0,49
Sep 90	4.926,00	24,63	20,92	2,13	0,33	0,09	0,42
Oct 90	5.190,00	25,95	22,75	2,16	0,35	0,08	0,43
Nov 90	5.952,00	29,76	27,79	2,19	0,45	0,08	0,53
Dic 90	6.344,60	34,48	17,96	2,19	0,26	0,06	0,32
Feb 91	7.898,00	40,09	18,35	3,24	0,34	0,09	0,43
Mar 91	7.396,00	36,98	18,95	2,25	0,31	0,07	0,38
Abr 91	6.528,00	32,64	18,06	2,31	0,28	0,08	0,36
May 91	8.624,00	43,12	17,50	2,05	0,31	0,07	0,38

Nota:

- 1) Las cifras de enero del 91 se omiten del porcentaje debido a las condiciones anormales, i. e. aceite crudo sin diluir
 2) Las cifras de RFF procesados se basan en una corrida máxima de 8 horas durante el lapso del muestreo

Abreviaturas FP = fase pesada
 FS - fase sólida

CALCULO COMBINADO DE PERDIDAS PARA % DE ACEITE A MATERIA SECA

- i. Se parte del supuesto que la composición de las fases pesada y sólida es la siguiente:

	Fase Pesada	Fase sólida
% aceite	1,64	3,50
% agua	90,15	75,16
% SNA	8,21	21,34

- ii. Se parte del supuesto que los porcentajes de fase pesada y fase sólida a RFF es de 21,00% y 2,50%, respectivamente.

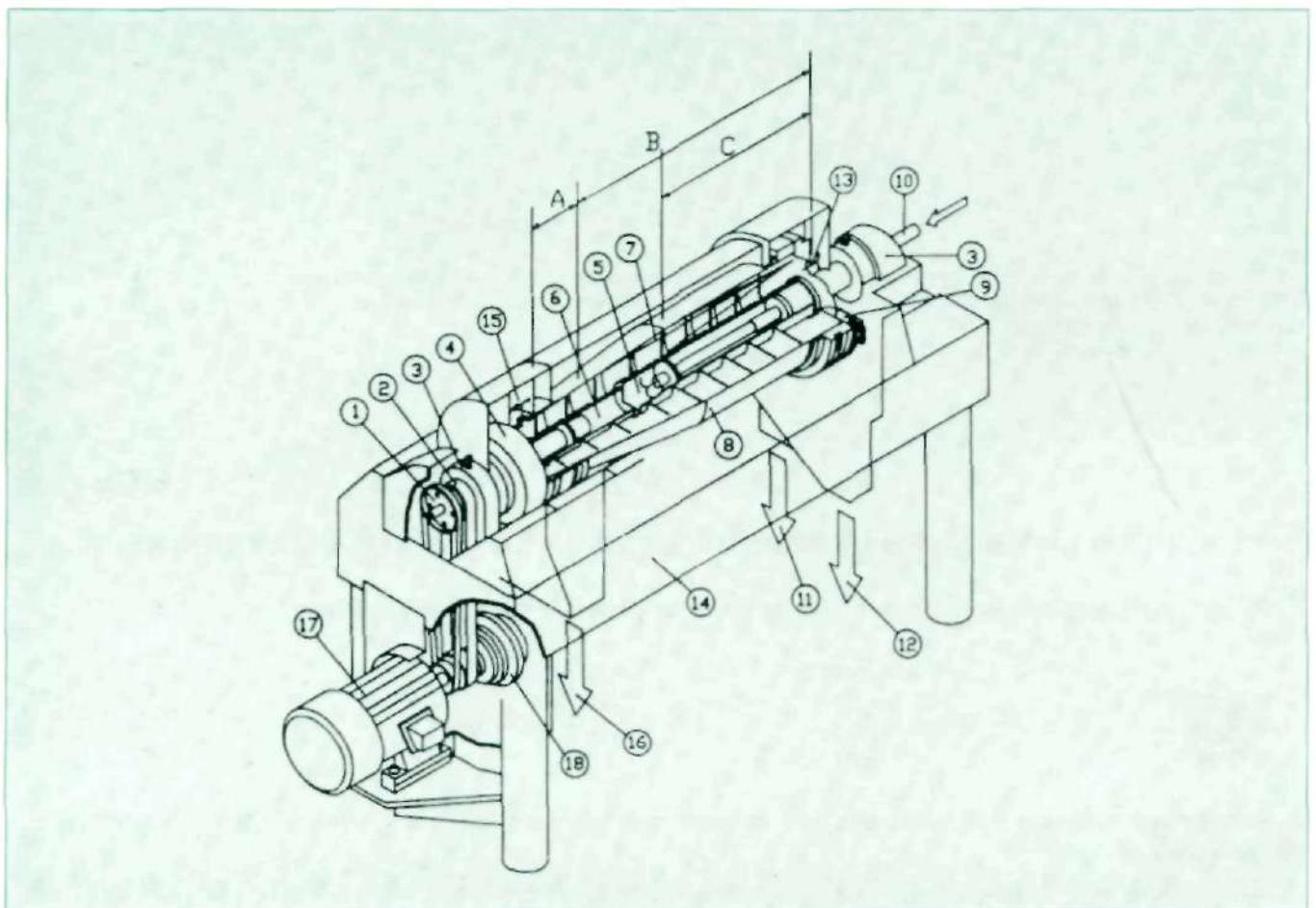
Del i y ii se puede calcular lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{Pérdida de aceite en la fase pesada a RFF} &= \frac{1,64}{100} \times 21 = 0,33\% \\
 \text{Pérdida de aceite en fase sólida a RFF} &= \frac{3,50}{100} \times 2,50 = 0,09\% \\
 \text{Total pérdida a RFF} &= 0,42\% \\
 \text{Materia seca a RFF en fase pesada} &= \frac{(8,21 + 1,64) \times 21}{100} = 2,07\%
 \end{aligned}$$

Materia seca a RFF en torta	=	$\frac{(3,50 + 21,34) \times 2,50}{100} = 0,621\%$
Total materia seca a RFF	=	2,69%
Pérdida de aceite combinada a materia seca	=	$\frac{\text{Pérdida aceite a RFF} \times 100}{\text{Materia seca a RFF}}$
	=	$\frac{0,42 \times 100}{2,69} = 15,61\%$

ANEXO A8

PRINCIPIOS OPERATIVOS Y CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION

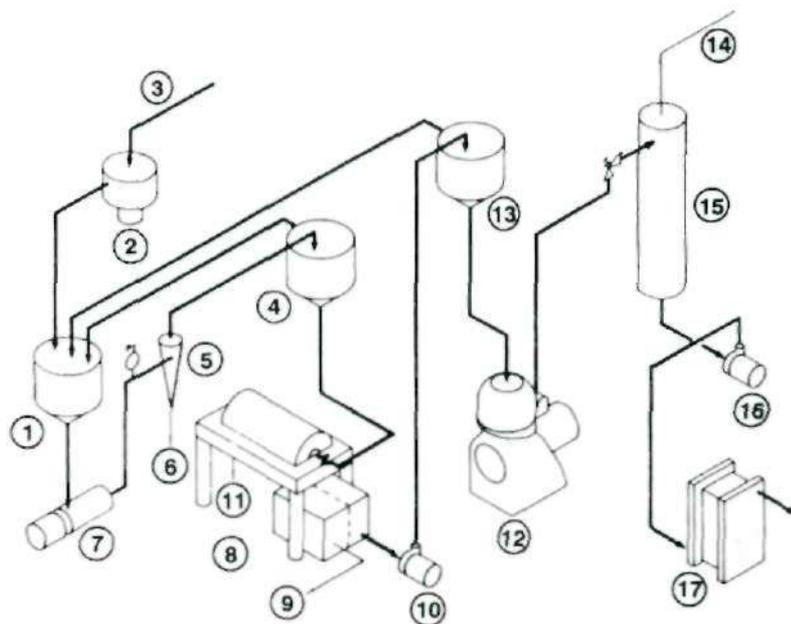


Decantador de Tres Fases CA450-04-10

- | | | | | | |
|---|---|----|--|----|--|
| A | Zona de Secado | 5 | Distribuidor | 12 | Descarga de Fase Pesada desde el colector |
| B | Zona de Clarificación | 6 | Tornillo Transportador | 13 | Salida de Fase Liviana desde el recipiente |
| C | Zona de Separación | 7 | Zona de Separación | 14 | Housing |
| 1 | Transportador de Tornillo Sin Fin | 8 | Recipiente | 15 | Salida de Fase Sólida desde el Recipiente |
| 2 | Transmisión del Recipiente | 9 | Salida de Fase Pesada del Recipiente | 16 | Descarga de Fase Sólida |
| 3 | Lugar de los Rodamientos del Recipiente | 10 | Carga | 17 | Transmisión |
| 4 | Ciclo Engranaje | 11 | Descarga de Fase Liviana desde el colector | 18 | Embrague |

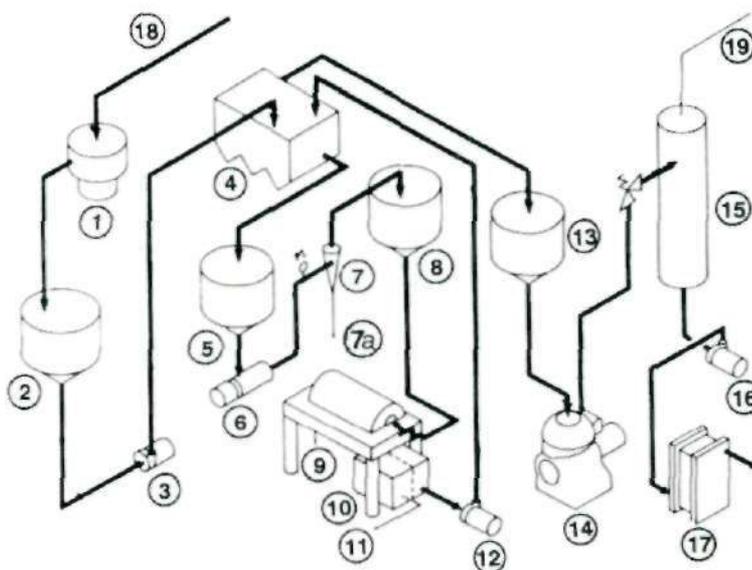
INSTALACION DEL DECANTADOR DE TRES FASES EN UNA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA

1. Tanque de aceite crudo
2. Tamiz vibratorio
3. Aceite crudo de la prensa
4. Tanque amortiguador
5. Desarenador
6. Desague
7. Bomba de carga
8. Decantador de 3 fases CA 450
9. Aguas residuales
10. Bomba de transferencia
11. Torta
12. Purificador de aceite
13. Tanque amortiguador
14. Al sistema de vacío
15. Secadora al vacío
16. Bomba de transferencia
17. Enfriador



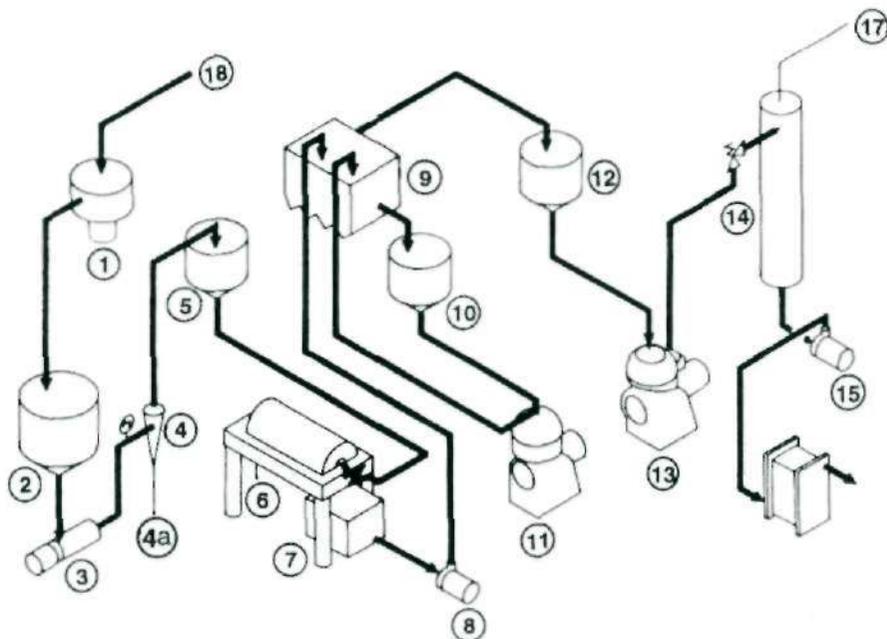
DECANTADOR DE TRES FASES PARA LA SEPARACION DE LODOS DE ACEITE DE PALMA

1. Tamiz vibratorio
2. Tanque de aceite crudo
3. Bomba de carga
4. Tanque C.S
5. Tanque de lodos
6. Bomba de carga
7. Desarenador
- 7a. Desague
8. Tanque de carga
9. Torta
10. Decantador de 3 fases CA-450
11. Aguas residuales
12. Bomba de transferencia
13. Tanque de aceite superior
14. Purificador de aceite
15. Secador al vacío
16. Bomba de transferencia
17. Enfriador
18. Aceite crudo de la prensa
19. Al sistema de vacío



DECANTADOR DE DOS FASES PARA LA SEPARACION DE ACEITE CRUDO DE PALMA

- 17. Enfriador
- 1. Tamiz vibratorio
- 2. Tanque de aceite crudo
- 3. Bomba de carga
- 4. Desarenador
- 4a. Desagüe
- 5. Tanque amortiguador
- 6. Torta
- 7. Decantador de 2 fases CA 450
- 8. Bomba de transferencia
- 9. Tanque C.S.
- 10. Tanque de lodos
- 11. Separador
- 12. Tanque superior de aceite
- 13. Purificador de aceite
- 14. Secador al vacío
- 15. Al tanque superior de aceite
- 16. Enfriador
- 17. Al sistema de vacío
- 18. Aceite crudo de la prensa



DECANTADOR DE DOS FASES PARA LA SEPARACION DE LODOS DE ACEITE DE DE PALMA

- 1. Tamiz vibratorio
- 2. Tanque de aceite crudo
- 3. Bomba de carga
- 4. Tanque C.S.
- 5. Tanque de lodos
- 6. Bomba de carga
- 7. Desarenador
- 8. Desagüe
- 9. Tanque de carga
- 10. Torta
- 11. Decantador de 2 fases CA 450
- 12. Aceite
- 13. Tanque amortiguador
- 14. Separador
- 15. Al tanque superior de aceite
- 16. Aceite crudo de la prensa

