

Extracción de aceite de palma y nuevos criterios de procesamiento

F.Keith. Hamblin*

1.FUNCIONAMIENTO OPTIMO DE LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA PARA LOGRAR UNA MAYOR EXTRACCION Y SISTEMAS DE INFORMACION SOBRE LA OPERACION

En primer lugar, es importante comprender qué significa la eficiencia dentro del contexto del manejo de una planta extractora de aceite de palma.

El diccionario define eficiencia como funcionamiento o producción eficaz, con la menor pérdida posible de materiales y esfuerzo; manejo competente.

En el competitivo mercado de los aceites vegetales, el productor de aceite debe tener en cuenta las necesidades del cliente en lo que se refiere a cantidad y calidad del producto y conocer los costos de producción, tanto *directos* como *indirectos*, en los cuales se incurre (Ver Anexo 1).

Los costos directos son claros, puesto que son los costos de producción. Sin embargo, cuando se piensa en términos de eficiencia operativa, los costos indirectos son otra cosa. Es indispensable comprender que las fallas de la maquinaria o de la línea de producción generarán costos de reparación que dentro de este contexto constituyen costos directos. No obstante, existe otro factor más importante: el costo que representan las demoras de la producción, por cuanto crean problemas de calidad y generan frustración en los operarios, cuya atención, motivación y eficiencia se reduce en lo que se refiere a la calidad del producto y a la eficiencia en el manejo de la maquinaria. Otros costos que pueden considerarse indirectos son la administración deficiente y la falta de comunicación, al generar ineficiencia en la producción.

En la planta extractora, el manejo ineficiente se advierte en lo siguiente:

Costos indirectos que afectan la eficiencia

- 1) Las fallas de la maquinaria generan:
 - a) Frustración del operario
 - b) Falta de atención del operario
 - c) Falta de motivación del operario
 - d) Demoras en la producción que conducen a demoras en la entrega y posiblemente a la pérdida de futuros clientes.
 - e) Calidad inferior del producto
 - f) Costos laborales adicionales e innecesarios.
 - g) Costos adicionales e innecesarios de combustible y energía.
- 2) La falta de comunicación:

De la alta gerencia hacia el operario genera:

 - Desconocimiento de las listas de fallas mecánicas
 - Desconocimiento por parte de los gerentes de planta y operarios sobre los parámetros de calidad o los resultados analíticos del producto (lo cual disminuye el interés).
- 3) La mala administración genera:
 - a) Ausentismo
 - b) Falta de disciplina en la planta
 - c) Incumplimiento de las normas de seguridad industrial - accidentes y malas condiciones sanitarias

Estos factores, además de otros que probablemente no hemos mencionado, podrían representar un costo adicional de producción y reducir la eficiencia operativa.

La comunicación es una meta en muchas compañías. No obstante, si se expresa o comprende mal puede crear confusión y malos entendidos. Cuando un ejecutivo de ventas ofrece un producto de especificaciones precisas, la transacción carece de sentido si la información correspondiente no llega hasta el supervisor u operario de producción. Por otra parte, es esencial efectuar análisis de laboratorio en forma regular y los resultados deben divulgarse a la mayor brevedad, no solamente a

* Gerente de Ingeniería. Departamento Técnico del Grupo de Plantaciones Unilever.

nivel de gerencia sino también de supervisores/operarios de producción, con el fin de que conozcan la calidad del producto que deben procesar. Este requisito también es indispensable en lo que se refiere a información sobre la cantidad producida en un período determinado y a los resultados y objetivos de eficiencia operativa. Las comunicaciones técnicas dirigidas a las divisiones de procesamiento de la planta extractora se deben concentrar en la producción, la calidad, las pérdidas y la eficiencia operativa o de manejo de la maquinaria.

Si analizamos cada uno de estos parámetros, vemos lo siguiente:

Producción

El formato que aparece en los Anexos 1 y 2 es el que se utiliza habitualmente. Nótese que el volumen mensual producido se compara con la cantidad estimada o presupuestada para dicho período. Además, se suma el año anterior a la fecha para efectos de comparación con los cálculos anuales.

La mayoría de los rubros de este formato se explican por sí mismos. La sección de pérdidas conocidas indica las áreas claves donde éstas se generan y se determinan mediante análisis de laboratorio. Al definir las pérdidas, se puede determinar la eficiencia de extracción.

Las pérdidas conocidas se evalúan sobre dos bases:

- a) Como porcentaje del total de racimos de fruto fresco.
- b) Como porcentaje del total de aceite.

El primer análisis (aceite contra racimos) es un parámetro general para establecer las pérdidas globales frente a la cantidad de fruto recibido en la planta.

El segundo análisis (aceite perdido contra total de aceite) se utiliza para determinar la eficiencia de extracción. Este criterio da un porcentaje más alto que el de aceite perdido contra racimos de fruto e indica rápidamente el desgaste de la maquinaria, el mal funcionamiento o la negligencia en las técnicas operativas.

Las pérdidas medidas se presentan:

- a) *En el raquis*. El aceite del fruto que absorbe el raquis

durante el proceso de esterilización y desfrutado.

- b) *En la fibra de la prensa*. Después del prensado queda una pequeña cantidad de aceite en la fibra de la prensa.
- c) *En la nuez*. Puesto que las nueces están en contacto con la torta de la prensa, la superficie de las nueces absorbe una pequeña cantidad de aceite.
- d) *En las aguas residuales* que provienen de la planta de clarificación. La descarga de aguas residuales arrastra una pequeña cantidad de aceite.

Estas cuatro áreas de pérdida en la planta son fáciles de detectar y generan una evaluación relativamente precisa de la eficiencia de extracción.

Sin embargo, no tienen en cuenta otras pérdidas, como las del condensado del esterilizador. Estas son relativamente bajas y se consideran insignificantes, puesto que es difícil obtener una muestra representativa para el análisis debido al flujo y contenido de aceite irregulares del condensado. También se omiten las pérdidas de aceite debido a derrames, desfuegos de la tubería, etc. Por lo general, éstas se consideran fallas operativas y habitualmente se instalan trampas de aceite y grasa para recogerlas.

Debemos aceptar que las pérdidas en el proceso de extracción son inevitables, aunque, por supuesto, se deben mantener en el mínimo. Los análisis periódicos se deben comparar regularmente con los objetivos.

Los siguientes son algunos métodos para minimizar las pérdidas de aceite:

1. Examinar la calidad del fruto con el fin de determinar el tiempo adecuado de esterilización. Puede oscilar entre 70 y 120 minutos.
2. Garantizar que la operación de esterilización desaloje todo el aire atrapado, instalando válvulas de escape de aire acopladas al cuerpo del esterilizador, y adoptar ciclos de esterilización de tres picos.
3. Verificar que el esterilizador tenga suficiente vapor a la presión óptima de 40psi durante todo el tiempo

*Es esencial efectuar
análisis de laboratorio
en forma regular y
divulgar los resultados*

de permanencia en el ciclo de esterilización.

4. Evitar la esterilización excesiva o insuficiente del fruto cuando la presión del vapor es demasiado alta o demasiado baja.
5. Garantizar la correcta digestión del fruto desgranado verificando que el digestor se mantenga lleno y que la temperatura del fruto que entra a la prensa se mantenga entre 95° y 100°C.
6. Verificar que la presión de la prensa se mantenga estable, con el fin de maximizar la liberación de aceite del mesocarpio, pero manteniendo la rotura de nueces en el mínimo. Se puede hacer un balance comercial para establecer el mínimo de nueces rotas en un momento dado.
7. Vigilar la fase líquida de la centrifuga que vuelve a la cámara de la prensa. Esta se vuelve a bombear a una temperatura entre 95 y 100°C y se mide el caudal.
8. Es indispensable tamizar el aceite correctamente y los residuos fibrosos se deben devolver directamente al digestor. Para ello los tamices se deben colocar encima de los digestores de manera que los residuos se dirijan a ellos. Los elevadores y/o bandas transportadoras generarán pérdidas de aceite.
9. La temperatura de los tanques decantadores debe mantenerse relativamente alta, aproximadamente a 95°C. El tanque continuo de sedimentación funcionará correctamente si no está sobrecargado. Con frecuencia se pasa por alto este factor durante los picos de cosecha.
10. Cuando se utilizan máquinas decantadoras en lugar de tanques y/o cuando se emplean centrifugas de boquilla para extraer el aceite de los lodos o las impurezas del aceite, es necesario limpiarlas y revisarlas con frecuencia para evitar el desgaste. Los espirales o boquillas desgastadas dejarán pasar aceite al agua residual.
11. Es esencial reducir al máximo la humedad en la etapa final del proceso, mediante secadores al vacío o equipos similares. Aunque el volumen del

aceite terminado puede aumentar cuando la humedad es alta, ésta desencadena un aumento de la acidez durante el almacenamiento y el aceite requiere procesamiento adicional en la refinería, lo cual conduce a castigos de precio.

Para mantener las pérdidas de palmiste en el mínimo es necesario estar atentos a lo siguiente:

1. Una correcta esterilización, por cuanto en ella se inicia el proceso de desprendimiento del palmiste del cuesco, ablandando el cuesco para pasar a la etapa de prensado, y el mesocarpio se comienza a separar de la superficie externa del cuesco.
2. Un proceso completo de digestión para la extracción de aceite, lo cual le da elasticidad al cuesco en el prensado y facilita el proceso de desprendimiento del palmiste y la fibra del cuesco.
3. Optimización de la presión de la prensa con el objeto de reducir la rotura de nueces.
4. El pulido de la nuez debe ser adecuado para eliminar cualquier fibra adherida al cuesco.
5. a) Si se utilizan rompedores de nuez convencionales es esencial que las nueces se encuentren acondicionadas para 20 a 24 horas.

Es esencial reducir al máximo la humedad en la etapa final del proceso, mediante secadores al vacío.

Es discutible si el acondicionamiento de la nuez requiere calor o no. El cuesco caliente es más difícil de romper que el frío. Por lo tanto, si se aplica calor al silo acondicionador, es necesario dejar enfriar la nuez lo suficiente antes de pasarla al rompedor.

Los rompedores de nuez tradicionales son selectivos en cuanto al tamaño de la nuez, ya que la velocidad del rotor debe variar para que la eficiencia sea mayor. Por lo tanto, se aconseja clasificar las nueces.

b) El "ripple mili" no es selectivo y rompe una gama más amplia de tamaños que un solo rompedor convencional. Además, rompe las nueces que vienen directamente del tambor pulidor y con el cuesco ligeramente caliente. Más adelante hablaremos sobre esta máquina.

6. El sistema de separación del palmiste y el cuesco en baño de arcilla todavía se considera el más eficiente. Sin embargo, en un mundo tan consciente de los costos, dista de ser económico. Ha sido reemplazado por el sistema del hidrociclón, pero antes es necesario ajustar cuidadosamente los tubos del vértice del hidrociclón para que la separación sea efectiva y así maximizar la recuperación de palmiste.
7. También se registran pérdidas de palmiste cuando los reguladores de tiro del ventilador de la mezcla de trituración no están ajustados a los cambios del material procesado; por ejemplo, el fruto de las áreas jóvenes tiene una proporción más alta de nuez/palmiste pequeño y a menos que el regulador esté bien ajustado, el ventilador elimina estos productos.

Estas son las áreas más importantes que inciden en las tasas de extracción, aunque habrá otras, según el diseño de la fábrica y el tipo de maquinaria instalada.

Otro problema que se deriva del mal funcionamiento de la planta es el derrame de aceite en el proceso. El aceite que se recupera en los desagües o el palmiste que se cae y se barre se contamina y daña la calidad de los productos de calidad controlada. Estos derrames implican desperdicios que se traducen en falta de eficiencia. Por consiguiente, el buen mantenimiento de la fábrica y la atención que se preste al diseño y a las modificaciones de la maquinaria para evitar el escape del producto mejorarán el rendimiento.

La única forma en que la planta puede mejorar la eficiencia de extracción es minimizar las pérdidas de maquinaria. La vigilancia e información son por tanto indispensables. Pero ¿cómo pueden la gerencia o los operarios calificados saber si los resultados son buenos o regulares? Es necesario hacer comparaciones con plantaciones que utilicen equipo similar y el mismo material vegetal.

Las comparaciones de pérdidas conocidas que aparecen en los anexos 3 a 6 indican las diferencias entre plantas asiáticas, africanas y colombianas. Reflejan los resultados de varias compañías..

Por lo general, las fábricas equipadas con maquinaria similar generan comparaciones bastante parecidas en lo que se refiere a pérdidas en la fibra de la prensa. Me refiero a que en las cuatro líneas del eje inferior de la gráfica se utiliza el mismo tipo de prensa, mientras que en el nivel superior se utiliza una marca diferente. Las pérdidas de aceite en el raquis son un indicador de las operaciones de esterilización y se atribuyen al control administrativo o de supervisión. Otro análisis separado importante, o sea el aceite en las aguas residuales, es un indicador del mantenimiento y el funcionamiento de las centrifugas de clarificación o decantadores.

2. EVALUACION DE LA CALIDAD DEL ACEITE DE PALMA

Debemos aceptar que en las plantas extractoras de aceite de palma bien manejadas, la calidad del aceite producido depende del buen manejo agronómico en el campo. La fábrica no puede producir aceite de calidad si el fruto se recibe en estado de descomposición. La relación entre el porcentaje de aceite y el mesocarpio/ácidos grasos libres y el porcentaje de fruto desprendido contra el total de fruto aparece en el anexo 7.

*La única forma en que
la planta puede mejorar
la eficiencia de
extracción es minimizar
las pérdidas de
maquinaria.*

No obstante, el mal manejo de la planta puede afectar la calidad si se deja el fruto en la rampa, si no se esteriliza lo suficientemente rápido y si se deja que las enzimas produzcan un nivel inaceptable de ácidos grasos libres, al igual que si el aceite se calienta en exceso, lo cual genera oxidación, si el calor es insuficiente o si no se desaloja la suficiente humedad para cumplir con

las especificaciones comerciales básicas. El anexo 8 presenta algunos indicadores del mal manejo de la fábrica.

Existen tres propiedades que se han utilizado por muchos años para describir la calidad del aceite:

- a) El porcentaje de ácidos grasos libres.
- b) El porcentaje de humedad o materias volátiles.
- c) El porcentaje de mugre o impurezas insolubles.

Aunque éstos siguen siendo parámetros de calidad de gran importancia, en sí mismos no reflejan la totalidad de los requisitos de los diferentes fabricantes de productos

terminados. Por ejemplo, no indican el nivel de oxidación del aceite.

El grado de blanqueabilidad o durabilidad del aceite de palma refinado depende del grado de deterioro por oxidación del aceite crudo de palma. La oxidación de los aceites y grasas es un mecanismo muy complejo que genera productos volátiles que crean sabores desagradables y rancidez. La reacción de la cadena de oxidación se mantiene controlada mediante un anti-oxidante como el *tocopherol*.

La durabilidad del aceite de palma depende no solamente del grado de oxidación sino de la cantidad de catalizadores de oxidación (metales pesados) y de la cantidad de anti-oxidantes naturales (tocopheroles).

El color es otro elemento que se debe eliminar para producir el aceite blanco que se utiliza para fabricar la amplia gama de productos domésticos que se vende en el mercado. Por lo tanto, es útil tener una idea de los elementos del color al comprometerse a suministrar un producto a las refinerías.

Si queremos mantener viva la plantación en un mercado tan competitivo como el de hoy, es necesario efectuar más análisis de los productos de la misma, lo cual contribuye a que los contratos de venta sean favorables por los premios que se obtienen por el aceite de una calidad específica. Igualmente, informar a los operarios de la fábrica sobre los resultados de los análisis y las verificaciones rutinarias contribuye al control de calidad.

El informe general de los análisis debe incluir el índice de yodo y el índice de peróxido, además del contenido de ácidos grasos libres, humedad e impurezas.

El índice de peróxido es la medida de los hidroperóxidos que se forman en las primeras etapas de oxidación y que se encuentran en el aceite relativamente fresco. Por consiguiente, esta medida es útil para determinar el nivel de oxidación del aceite producido.

El índice de yodo indica la cantidad de yodo en gramos absorbida por 100 gramos de grasa. Se utiliza para determinar la proporción de componentes insaturados de la grasa. (La reacción se conoce como adición halógena y la cantidad de halógeno absorbido se expresa como índice de yodo).

Existen otros parámetros de calidad que se pueden tener en cuenta para conocer mejor el producto:

- a) Blanqueabilidad
- b) Durabilidad
- c) Tocoferoles
- d) Contenido de carotenos
- e) Oxidación
- f) Contenido de metales pesados
- g) Medida de la absorción de luz ultra-violeta
- h) Índice de Deterioro de la Blanqueabilidad (DOBI)

Para obtener un análisis detallado de todos los parámetros de calidad es necesario contar con un laboratorio muy bien equipado.

Otros componentes del aceite de palma, tal vez menores pero no por ello menos importantes, son los carotenoides, de los cuales el más conspicuo es el caroteno que produce el "aceite de palma rojo".

Los carotenos son una fuente importante del elemento vitamínico de la cadena de los alimentos. Desafortunadamente, es necesario

eliminarlos para que la refinería produzca el aceite de cocina transparente al que estamos acostumbrados como resultado de los gustos culinarios, y para producir el aceite blanco que se utiliza para la fabricación de margarinas, galletas y grasas industriales. Por consiguiente, es aconsejable conocer el contenido de carotenos del aceite. El nivel varía según el color del fruto, como lo estableció Purvis en 1957, cuando encontró que el fruto rojo tenía un mayor contenido de carotenos que el naranja y que este contenido variaba según el lugar de origen del fruto.

El contenido de carotenos se puede medir por la intensidad del color naranja del aceite, utilizando un *espectrofotómetro* con capacidad para medir a 46 nm, utilizando un *iso - octano* (grado analítico) como solvente.

La refinería tiene que eliminar el color. Obviamente, entre más profunda es la coloración más difícil es el proceso de blanqueado, lo que podría conducir a castigos de precio si la refinería incurre en gastos adicionales por esta causa.

Por lo tanto, la *blanqueabilidad* debe vigilarse regularmente

El índice de yodo... se utiliza para determinar la proporción de componentes insaturados de la grasa.

en el laboratorio de la planta para determinar si el aceite cumple con las normas exigidas por el cliente. La facilidad del blanqueado no solamente depende del contenido de carotenos, sino de otros factores que inciden en forma negativa:

- a) La oxidación de las lipoxidasas en el fruto magullado que se almacena durante un período prolongado antes de la esterilización.
- b) La mezcla de aceites de buena calidad con los de mala calidad.
- c) La fermentación del aceite de palma que propicia la oxidación de los ácidos insaturados. Esto fija el color de las grasas.
- d) En la operación de procesamiento, la blanqueabilidad se ve obstaculizada por:
 - La mala esterilización - al no desalojar el aire.
 - Las presiones de vapor de esterilización superiores a la norma de 40 psi.
 - La oxidación que se produce al aplicar al aceite temperaturas más altas durante las operaciones subsiguientes del proceso, o sea que es indispensable mantener una temperatura óptima de 100 a 110°C.

Para medir la blanqueabilidad en el laboratorio se debe contar con dos baños de calor controlados termostáticamente con una paleta agitadora de motor, un distribuidor de gas para el dióxido de carbono, un tintómetro Lovibond y un fotocolorímetro, además de los implementos habituales de vidrio y del equipo básico de laboratorio.

Los tocoferoles del aceite de palma actúan como anti-oxidantes naturales. Cuando hay oxidación, parte de los tocoferoles se pierden. El contenido residual de tocoferoles puede indicar el nivel de oxidación de un aceite, o sea que el bajo contenido de tocoferoles puede ser un indicio de alta oxidación.

Puesto que los tocoferoles reaccionan cuantitativamente con DPPH (diferil picril hidracil), este reactivo se puede

utilizar para reducir el que antiguamente era un método de análisis difícil y dispendioso a uno relativamente más sencillo y así determinar un índice confiable de la actividad anti-oxidante. Es necesario que el laboratorio cuente con un espectrofotómetro adecuado para medir a 516nm.

Tanto la *blanqueabilidad* como la *durabilidad* están íntimamente relacionadas con el grado de deterioro del aceite de palma por oxidación. La *oxidación* es una reacción autocatalítica, cuyo producto acelera el proceso. La oxidación de los aceites y grasas es un mecanismo en extremo complejo que genera productos volátiles que dan un sabor desagradable y propician la rancidez. Los anti-oxidantes, como lo tocoferoles, mantienen el proceso bajo control. La durabilidad del aceite de palma depende del nivel de oxidación y de la cantidad de catalizadores de oxidación - metales pesados - y de anti-oxidantes.

El análisis de los tocoferoles y el índice de peróxido del aceite de palma son un indicador del grado de oxidación del aceite terminado.

La medición de la absorción ultra-violeta constituye otro indicador del grado de oxidación. Si la luz pasa a través de una sustancia, la absorción se produce a una determinada longitud de onda, dependiendo de la estructura química de dicha sustancia. La absorción a 233 y 269 nm se intensifica en presencia de productos oxidados. El contenido de hidroperóxidos se correlaciona

con la absorción a 233 nm y los productos de oxidación secundaria intensifican la absorción a 269 nm. Para medir los productos de oxidación primaria y secundaria, es necesario un espectrofotómetro con un rango de 233 a 269nm, con las correspondientes celdas de cuarzo.

La industria de la palma africana, especialmente el sector de la refinería, ha venido utilizando el índice de Deterioro de la Blanqueabilidad (DOBI) desde principios de los

ochenta. Se trata de un método sencillo y rápido para verificar la calidad del aceite crudo de palma.

El índice de Deterioro de la Blanqueabilidad es la

Índice de Deterioro de la Blanqueabilidad (DOBI) es un método sencillo y rápido para verificar la calidad del aceite crudo de palma.

relación numérica entre la absorbancia espectrofotométrica a 446nm y la absorbancia a 269nm.

El análisis es la medición espectrofotométrica de una solución de aceite de palma en iso-octano o n-hexano (0.5 al 1% de concentración) contra un solvente. La relación resultante es la siguiente:

DOBI = *Absorbancia a 446 nm* (expresada con dos decimales)

Absorbancia a 268 nm

También puede considerarse como la relación numérica del contenido medido de carotenos y la oxidación secundaria.

Tanto el cobre como el hierro son pro-oxidantes y aún en pequeñas cantidades oxidan continuamente el aceite.

Se ha demostrado que el cobre es hasta diez veces más activo que el hierro como catalizador de la oxidación y aún una pequeña cantidad de cobre de 0.3ppm afecta la calidad.

Debido a lo anterior, se debe evitar el contacto entre el aceite de palma y el cobre o sus aleaciones como el latón, el bronce, etc. Si se observa esta precaución, se puede reducir el contenido de cobre a menos de 0.2 ppm.

Es difícil mantener el contenido de hierro a un nivel tan bajo como éste, debido al contacto con el acero suave a todo lo largo del proceso de extracción y a causa de los tanques de almacenamiento. La absorción de hierro se relaciona con la acidez del aceite, pero si se mantienen los ácidos grasos libres en un nivel bajo se puede lograr un contenido de hierro inferior a 5 ppm.

Por consiguiente, la medición del contenido de hierro y cobre dará una idea de la tasa a la cual continuará la oxidación debido a estos catalizadores.

La medición relativamente precisa de pequeñas cantidades de cobre y hierro en el aceite de palma exige atención y experiencia, y posiblemente no esté dentro de las posibilidades de los laboratorios pequeños de las fábricas.

El método más rápido para determinar el contenido de cobre es utilizar un espectrofotómetro de absorción atómica. (Perkin Elmer 290 con un límite de detección de 0.02 ppm y un atomizador de varilla de carbono).

El contenido de hierro se determina mediante un espectrofotómetro de absorción atómica o con un método calorimétrico, utilizando ácido cítrico. El primero arroja resultados más rápidos y precisos.

Calidad del Palmiste

La calidad y el precio comercial del palmiste se evalúan teniendo en cuenta las siguientes propiedades:

- 1) Porcentaje del contenido de aceite de palmiste
- 2) Porcentaje del cuesco e impurezas de la muestra
- 3) Porcentaje de ácidos grasos libres del aceite de palmiste
- 4) Porcentaje de palmistes rotos en una muestra
- 5) Porcentaje de humedad de la muestra
- 6) Porcentaje de color de las superficies internas del palmiste recién cortado
- 7) Presencia de palmiste descompuesto
- 8) Presencia de moho

La verificación de los anteriores factores se realiza mediante prácticas estándar de laboratorio o en forma visual.

Se aconseja analizar otros parámetros como ácidos grasos libres, humedad, impurezas e índices de peróxido y yodo.

La evaluación del índice de Deterioro de la Blanqueabilidad también es recomendable por cuanto comprende gran parte de los factores significativos

para la blanqueabilidad y durabilidad. Así mismo, cuando sea posible, se aconseja analizar el contenido de cobre.

Raquis

En vista de las normas ambientales vigentes en la mayoría de los países, encaminadas a la descontaminación de la atmósfera, el método tradicional de incineración de los raquis prácticamente ha desaparecido.

*La medición del
contenido de hierro y
cobre dará una idea de
la tasa de oxidación.*

En la mayor parte de las compañías en funcionamiento, los raquis se distribuyen en el campo. Se utilizan como mulch, puesto que poseen cierto valor como fertilizante y en algunas circunstancias constituyen una protección contra la erosión de los suelos.

La aplicación de raquis en el campo requiere un buen sistema de transporte, en coordinación con los programas de procesamiento de la planta. Desafortunadamente, la distribución uniforme de raquis en toda la plantación absorbe gran cantidad de mano de obra y la falta de disponibilidad de vehículos puede constituir un problema. Los raquis son voluminosos y por lo tanto ocupan mucho espacio. Además, el transporte no produce utilidad económica alguna.

Otro problema con el mulch de raquis en el campo, especialmente en Colombia, es que en algunas épocas del año facilita la proliferación de moscas.

Los raquis húmedos se pueden triturar en la planta utilizando un molino de turbina (turbo mill) de trabajo pesado para reducir el volumen y transportarlos en forma más económica, y se podrían utilizar vehículos especialmente diseñados para distribuir los raquis triturados en la plantación. Sin embargo, no es aconsejable en las plantaciones de terrenos difíciles o infestadas por insectos.

Veamos cuales son los usos de los raquis, aparte del cultivo de champiñones:

- 1) Se podrían utilizar como combustible opcional para la caldera. No obstante, es necesario prensarlos con fuerza y por separado para eliminar la humedad y el aceite residual, y posteriormente secarlos para reducir la humedad del 60 al 10 o al 15 por ciento.

Los raquis libres de humedad tienen un valor calórico aproximado de 4800 kcal/kg.

En algunas plantaciones asiáticas se ha intentado prensar y secar los raquis para utilizarlos como combustible de la caldera. Sin embargo, los resultados han tenido poco éxito por cuanto los costos de

maquinaria y equipo son relativamente altos y la instalación de los mismos es difícil de justificar, especialmente si se tiene en cuenta el valor de los raquis como sustitutos de los fertilizantes en la ecuación de costos.

El caso en Colombia puede ser distinto si se consideran los posibles efectos sobre la cosecha por causa de los insectos.

- 2) Existe una planta de procesamiento que fabrica briquetas a base de material vegetal residual, las cuales se utilizan como combustible para cocina, calefacción, etc. La planta seca, tritura y prensa los raquis directamente cuando salen de la fábrica. Se pueden incorporar otros materiales al proceso como cuscú, fibra de hojas de

palma, palmas viejas y cascarilla de arroz. Estas briquetas pueden reemplazar la leña, el carbón de palo y el carbón mineral en lugares donde hay escasez y donde los combustibles para cocina y calefacción son costosos. No obstante, el proceso representa una gran inversión de capital. Por consiguiente, es necesario emprender un estudio de factibilidad de mercado muy cuidadoso antes de embarcarse en un proyecto como éste.

- 3) En mi opinión, una aplicación mejor y más aceptable de los raquis es utilizarlos como sustitutos de turba para jardinería y horticultura. De nuevo, se requiere una planta de prensado y secado, pero con la creciente demanda de turba en los países europeos podría constituir un producto de exportación para las plantaciones tropicales.

3. NUEVOS ENFOQUES EN CUANTO AL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA Y EL EQUIPO DE PROCESAMIENTO

A finales de los años 50 y principios de los 60 se introdujeron cambios y/o mejoras en la extracción mecánica del aceite de palma, principalmente en el diseño de las fábricas, instalaciones y maquinaria que conforman las plantas extractoras que utilizamos en la actualidad.

En los dos decenios siguientes, el progreso fue mínimo,

A principios de los 60 se introdujeron cambios en la extracción mecánica del aceite de palma. En los dos decenios siguientes, el progreso fue mínimo.

aparte del rápido crecimiento de los costos de producción. Estos se convirtieron en la principal preocupación cuando aumentó la competencia en el mercado de los aceites vegetales y al registrarse fluctuaciones pronunciadas en los precios del aceite de palma, los cuales algunas veces no subían en la misma proporción que los costos de producción. Esto condujo a los miembros del sector a buscar formas más económicas de procesar el fruto de la palma y a desarrollar equipos para maximizar las tasas de extracción.

Uno de los primeros cambios notables en el procesamiento de aceite de palma en Malasia fue la introducción de la planta automatizada controlada por computador. La primera planta de estas fue la de Unilever Kluang en Malasia continental.

Conjuntamente con un fabricante de instrumentos y equipos especializados de control, esta compañía malaya desarrolló un sistema en el cual un computador central sistematiza el proceso de la planta, salvo la caldera, la planta eléctrica y el análisis de muestras en línea para la verificación rápida de la calidad. Estas áreas están en proceso de estudio para introducir las al sistema en un futuro.

Por el momento, el sistema comprobado controla lo siguiente:

- 1) La esterilización de racimos: determina la fuente de abastecimiento de vapor mediante la selección del acumulador o el distribuidor de vapor desde el escape de la turbina; garantiza el suministro permanente de vapor durante el ciclo de esterilización, activando las válvulas reguladoras; selecciona el ciclo de un solo pico para calentar los ciclos de dos o tres picos y fija el tiempo necesario; abre o cierra las válvulas automáticas de vapor en la secuencia correcta para fijar las presiones adecuadas en el esterilizador.
- 2) El elevador de fruto, una vez encadenado y presionado el botón de secuencia, funciona automáticamente y deposita el fruto en el alimentador de acuerdo con el sistema de monitoria del digestor.
- 3) La velocidad del alimentador de racimos se controla según las necesidades finales del proceso.

*El proceso
sistematizado de la
planta extractora
ofrece una supervisión
adecuada.*

- 4) La desfrutadora no necesita control pero cuando se detiene, las máquinas alimentadoras iniciales del proceso paran automáticamente.
- 5) Mantiene el nivel del fruto en el digestor y controla la temperatura del fruto de descarga. Es esencial mantener el digestor lleno.
- 6) El sistema de control del cono de la prensa mantiene la presión necesaria. Esta se fija en el momento de torsión de la transmisión o en los kilovatios del motor para impulsar los conos hacia adentro o hacia afuera.
- 7) Dependiendo del número de prensas en uso, el nivel del tanque de aceite crudo se mantiene. El

conducto de descarga de los digestores se abre o se cierra según las necesidades. También se regula la temperatura del aceite.

8) Los ajustes del regulador de tiro del desfibrador y los ventiladores de la mezcla de trituración se manejan desde el tablero de control central.

- 9) Los tubos del vértice del hidrociclón se ajustan tanto en las unidades de casco como de palmiste, activando una válvula de motor desde el tablero de control central.
- 10) Se mantiene el nivel de los silos de nuez y palmiste en puntos fijos máximos o mínimos previamente establecidos, mediante el control automático de la salida.
- 11) Con decantadores de tres fases, el sistema se inicia automáticamente, suspende temporalmente el proceso y pone en funcionamiento un programa de limpieza.

En el caso de las centrífugas de boquilla, se activa un programa similar si se instala un sistema de auto-limpieza.

- 12) Las temperaturas se controlan en un punto previamente establecido en las siguientes unidades:
 - a) Digestores
 - b) Tanques de aceite crudo y tamizado
 - c) Tanques de clarificación

- d) Calentadores de aceite
- e) Enfriadores de aceite
- f) Silos de palmiste
- g) Tanques de almacenamiento de aceite

- 13) Las tasas de flujo y los totales de producción se fijan para todos los productos (aceite, nueces, palmiste y aguas residuales).
- 14) Además de controlar el proceso, el sistema recibe datos separados de análisis de laboratorio y genera informes detallados de producción y calidad.

Aunque el proceso sistematizado de la planta extractora es costoso, ofrece supervisión adecuada, contribuye al control de calidad y reduce la mano de obra.

El costo aproximado de estos sistemas oscila entre 250.000 y 350.000 libras esterlinas.

El diseño y desarrollo de equipos sensores, de control y de computación están cambiando y progresando rápidamente. Los equipos que se comercializan hoy en día no necesitan aire acondicionado en la central de control. La tecnología moderna ha desarrollado controladores centrales de campo en unidades compactas compatibles con el clima y con detección automática de fallas, lo cual simplifica su mantenimiento.

La experiencia adquirida en el control computarizado de las plantas extractoras ha definido algunas áreas importantes que contribuyen a que las plantas pequeñas de recursos limitados consideren la posibilidad de sistematizar parcialmente las áreas claves de procesamiento con el fin de mejorar la eficiencia. Las secciones de la planta que requieren control sistematizado son, en orden de importancia, las siguientes:

- 1) Las operaciones de esterilización
- 2) El control del alimentador de racimos/digestor
- 3) El control de la prensa
- 4) El control de la planta eléctrica de la caldera

4. PRENSADO EN DOS ETAPAS

Este proceso fue desarrollado para la sección de extracción de aceite de algunas plantas con el objeto de reducir la pérdida del mismo en la fibra de la prensa y mejorar la recuperación de palmiste.

Es esencial que la prensa de aceite ejerza alta presión sobre el fruto con el fin de extraer el aceite. La presión alta en la prensa también genera un mayor porcentaje de nueces rotas (pérdida de palmiste). Por lo tanto, se requiere un equilibrio para minimizar la rotura de nueces, combinándolo con una buena eficiencia de extracción de aceite. No obstante, esto deja una cierta cantidad de aceite en la fibra de la prensa que puede llegar a ser del 5% del total de aceite, lo cual plantea la posibilidad de recuperar parte del aceite perdido.

En el doble prensado la fibra se debe separar en el desfibrador para luego alimentarla a la segunda etapa de prensado.

El proceso funciona mediante la reducción de la presión de la prensa en la primera etapa hasta obtener una tasa de recuperación de aceite del 90%. La torta expulsada por la prensa es más húmeda y aceitosa de lo normal y en consecuencia el secado y transporte debe ser más fuerte antes de alimentar la torta al desfibrador.

El ventilador del desfibrador debe producir más aire para separar la nuez más eficazmente. La velocidad de la fibra que se alimenta a un ciclón separado debe ser más lenta. Luego se lleva la fibra a la segunda etapa de prensado. Al aplicar menor presión en la primera

etapa, se rompen menos nueces, lo cual aumenta la cantidad de palmiste entero extraído al final del proceso.

Este avance ha producido los siguientes resultados:

- a) Al reducir la presión del cono en la primera etapa (a 10 o 15 bares) aumenta la producción de la prensa. Así mismo, se reduce el desgaste.
- b) Puesto que ya no es necesario tener en cuenta las nueces, la fibra se puede prensar al máximo en la segunda etapa.
- c) Se reduce significativamente la proporción de nueces rotas al 3.5%.
- d) Las pérdidas de aceite en la fibra bajan al 1 % (aceite a total de aceite).
- e) Las pérdidas de aceite en sólidos no aceitosos

*La velocidad de
la fibra que se
alimenta a un
ciclón separado
debe ser más
lenta.*

(N.O.S.) bajan significativamente (2.5%).

- f) Las pérdidas de palmiste en la fibra del ciclón mejoran un 0.5%.
- g) La tasa de extracción de palmiste aumenta entre el 0.6% y el 1.0%.
- h) En lo referente a resultados negativos, se registra un aumento del 1.5% en la pérdida máxima de aceite en la nuez.

El doble prensado mejora la tasa de extracción de palmiste y la calidad del mismo pero aumenta las pérdidas de aceite en la nuez, lo cual anula la optimización de la recuperación de aceite. Sin duda, esto se corregirá más adelante.

Para justificar el gasto del doble prensado que para una planta de 30 toneladas de racimos hora se calcula entre 100.000 y 140.000 libras esterlinas, la plantación tendría que recibir más de 90 libras esterlinas para recuperar la inversión en 18 meses (suponiendo que haya un aumento del 0.6% en la extracción de palmiste).

5. LAVADO DE RACIMOS

El objeto de este proceso es eliminar hasta donde sea posible la arena, la tierra y las piedras que se recogen con el fruto.

El lavado del fruto ha sido objeto de diseños, modificaciones a los diseños y discusiones, y en las últimas dos décadas se han logrado algunos avances tentativos. Algunos materiales, como las piedras y la arena generan un desgaste excesivo de los elementos vitales de la planta. Al instalar un buen sistema de lavado, se pueden reducir los costos de mantenimiento hasta un 15%.

Hasta ahora, el sistema más prometedor es el que está en proceso de diseño en las plantas extractoras de Unilever en Malasia, con el cual se logra lo siguiente:

- a) Se toman los racimos de fruto fresco directamente del fondo del conducto de la rampa mediante una banda transportadora y se depositan en un transportador sin fin inclinado de pala y de lavado.

- b) El fruto se lava por encima y por los lados con chorros de agua a alta presión.
- c) El transportador inclinado es del tipo sin fin con pala y cadena y tiene perforaciones en la superficie deslizante para dejar pasar el agua y la arena.
- d) El agua se recoge en un tanque grande de lavado para filtrarla y volverla a utilizar.
- e) Después del transportador inclinado, el fruto lavado cae a una tolva.
- f) De la tolva el fruto cae a un transportador horizontal sin fin de pala que va de un lado a otro del riel de las góndolas del esterilizador. Este transportador tiene conductos con compuertas controladas que alimentan las góndolas que están debajo de él.

En este sistema, la distribución de la rampa debe ser de compuertas múltiples, de manera que los racimos pasen al sistema en forma controlada. También es necesario dejar un margen de reserva en caso de que el sistema de lavado no esté funcionando, dejando algunas compuertas para que alimenten directamente las góndolas del esterilizador.

6. ROMPEDORES DE NUEZ RIPPLE MILL

Talvez éste sea el avance más significativo de los últimos años en la maquinaria básica de las plantas extractoras, aparte de la automatización sistematizada.

El rompedor de nuez rotativo tiene sus limitaciones, por cuanto no puede romper en amplia gama de nueces en forma eficiente, ya que la velocidad del rotor debe variar según el tamaño de las nueces. Anteriormente se utilizaban tamices separadores a diferentes velocidades para los distintos tamaños de nuez.

A pesar de que se desarrolló un rompedor de nuez autoclasificador para manejar una gama más amplia de nueces, no tuvo ningún éxito.

Una compañía australiana comercializó una máquina para romper semillas oleaginosas y a mediados de los

*El uso de decantadores
centrífugos es un tema
de continuo debate en la
clarificación del aceite
de palma.*

ochenta modificó el diseño para producir una máquina que rompiera las nueces del fruto de la palma.

Se encontró que podía romper un rango más amplio de nueces que la máquina tradicional. Sin embargo, la característica más sobresaliente es que podía manejar lo que llamamos "nueces húmedas", al salir directamente del tambor pulidor, sin necesidad de acondicionamiento.

El llamado Ripple Mill ha demostrado ser más eficiente que el rompedor y en Asia, Africa y ahora en Colombia las plantas extractoras están reemplazando las máquinas rotativas por él. El Anexo 9 muestra una instalación típica de un Ripple Mill.

El funcionamiento de la máquina es sencillo. Las nueces entran a la máquina a través de un conducto en la parte superior. Se dirigen hacia un rotor de 960 r.p.m. que tiene dos hileras circulares de barras de acero endurecido. Las barras impulsan la nuez hacia una placa fija de impacto y la configuración de las barras del rotor imparte diferentes velocidades y fuerzas, a medida que las nueces se mueven alrededor de la placa. Esto permite la trituración de una gama más amplia de nueces.

El Ripple Mill se produce actualmente en dos tamaños con capacidades que van de 4 a 6 toneladas por hora.

Otros fabricantes han introducido variaciones al diseño básico. Mientras la máquina australiana tiene dos placas, una a cada lado del rotor, otras funcionan con una placa colocada en un solo lado. Este último diseño es menos flexible, por cuanto no se puede invertir la placa. El Anexo 10 presenta dos tipos de Ripple Mills que se comercializan actualmente.

Con el fin de indicar el rendimiento que se ha logrado y la comparación entre nueces acondicionadas y no acondicionadas procesadas por el ripple mill, presentamos el siguiente cuadro:

	Nueces acondicionadas		Nueces no acondicionadas
	Rompedor Estándar	Ripple Mill	Ripple Mill
Palmiste entero %	36.0	34.9	38.6
Palmiste roto %	10.4	12.6	5.9
Nueces parcialmente rotas %	13.3	11.6	14.2
Nueces sin romper %	2.0	1.0	3.6
Cuesco vacío %	38.3	39.9	37.7

Aunque los porcentajes de nueces sin romper y

parcialmente rotas son más altos en la carga de palmiste sin acondicionamiento, hay una mayor producción de palmiste entero y menos palmiste roto. Estos factores compensan las desventajas, por cuanto se produce mejor calidad y mayor volumen de palmiste.

El mantenimiento del ripple mill se relaciona con la producción, el tipo de nueces que se rompe y la presencia de piedras y otros objetos.

A pesar de que la placa se desgasta, se puede reconstruir utilizando electrodos de revestimiento duro; las varillas del rotor se dañan por causa de las piedras y es necesario cambiarlas para mantener el equilibrio. Para proteger el Ripple Mill, se debe instalar una placa magnética en el conducto de alimentación y para evitar la acción de las piedras se puede instalar un desarenados

Una ventaja adicional de utilizar el ripple mill al diseñar una palmistería es que por tratarse de una máquina pequeña y debido a que admite nueces sin acondicionamiento, no se requieren silos de acondicionamiento y por lo tanto se reducen las necesidades de espacio en la planta.

Se ha demostrado que el ripple mill se adapta muy bien para romper nueces húmedas. Con los ajustes correctos en cuanto al uso en la palmistería, esta máquina representa ahorros considerables en equipo y mejora la calidad y cantidad de palmiste.

Separación de Cuesco y Palmiste en Seco

La palmistería generalmente constituye una operación relativamente intensiva en capital y desaseada. El uso del baño de arcilla o el hidrociclón como sistema de separación crea problemas para la administración, ya que ésta debe garantizar el suministro de la arcilla apropiada y vigilar la limpieza de la fábrica, además de que el mantenimiento es costoso.

La separación en seco ha sido tema de discusión por muchos años. Sin embargo, se han conducido ensayos utilizando un tamiz vibratorio para efectuar la separación. Aunque algunos resultados son positivos, aún hay mucho camino por recorrer antes de igualar o mejorar los resultados de los dos métodos disponibles en la actualidad.

En Brasil ha venido operando una unidad de campo durante algún tiempo, pero los resultados son moderados y la producción es baja.

Con los ahorros en espacio, energía y agua que

representa el método seco, proseguirán los ensayos hasta que se llegue a una solución.

Esterilización

Esta es otra sección que requiere mejoras. Desafortunadamente, en los últimos años la industria en general no ha podido invertir lo suficiente en Ingeniería de Investigación y Desarrollo. Además, las principales compañías de ingeniería que en el pasado desarrollaron ideas y maquinaria nueva ya no pueden hacerlo o han suspendido la fabricación de equipos para aceite de palma. Las ideas sobre la esterilización continua o sobre la esterilización por microondas o ultrasonido aún no han pasado de la etapa conceptual. Con el tiempo sin duda se desarrollarán algunos de estos criterios.

Decantadores

El uso de decantadores centrífugos de dos o tres fases es un tema de continuo debate en la clarificación del aceite de palma.

Es indudable que la máquina decantadora o centrífuga horizontal funciona. Sin embargo, en lo que se refiere a la decisión de instalarla, es necesario considerar diversos aspectos.

- a) La inversión de capital de un decantador de tres fases es apenas un poco más alto que el de la centrífuga convencional de boquilla. Sin embargo sí hay una diferencia significativa, por cuanto el mantenimiento es más costoso. El espiral se gasta y es necesario cambiarlo. Esta es una tarea especializada y por lo general es necesario llevarlo al fabricante. Algunos proveedores ofrecen espirales con láminas de desgaste renovables que pueden cambiarse con la fábrica en funcionamiento, pero esto genera problemas de balance. El espiral de repuesto es un artículo de gran valor puesto que representa el 30 o el 35% del costo de la máquina.

Por consiguiente, es esencial contar con el apoyo de un buen fabricante nacional.

- b) El mejoramiento de la extracción de aceite al reducir las pérdidas del mismo es marginal. Este únicamente

representará un retorno a largo plazo y es difícil justificar el gasto, a menos que se trate de una operación a gran escala.

- c) Ocupa menos espacio en la fábrica que el sistema de tanques decantadores. Este es un punto importante al diseñar una fábrica. Los costos de construcción son menores.
- d) Se reduce la cantidad de agua dulce que se requiere para el proceso de clarificación y extracción de aceite. Esto es importante en lo que se refiere a dos aspectos:
1. Menor costo de suministro de agua y reducción de la demanda de la fábrica;
 2. Reducción de las aguas residuales, o sea de efluentes.

Además, representa un ahorro de vapor, por cuanto se reduce el número de tanques de sedimentación por calentar.

- e) Puesto que las etapas de clarificación se reducen, disminuye el riesgo de oxidación y por lo tanto se facilita el control de calidad del aceite.
- f) Probablemente el aspecto más importante que se debe tener en cuenta ahora que la legislación sobre descarga industrial de efluentes es más estricta es que una fase de descarga de los decantadores es relativamente sólida y separada de los residuos líquidos. Esto reduce considerablemente la D.B.O.

del efluente y al reducir la descarga de aguas residuales el proceso es más sano desde el punto de vista ambiental. De todos modos la fase líquida requiere limpieza anaeróbica. Los residuos sólidos se utilizan como fertilizante en la plantación. Los ensayos siguen planteando otras

aplicaciones, por ejemplo como sustitutos de los concentrados para animales.

- g) Los siguientes son otros factores relacionados con el decantador:

- proporciona una operación continua
- no requiere limpieza manual - auto limpieza
- acorta el período de prensado.

El decantador por sí mismo no constituye una sección

Los experimentos han establecido que los aceites vegetales pueden convertirse en polioli.

completa de clarificación. Los proveedores y usuarios de los decantadores han sugerido diferentes diseños para las máquinas y los tanques y todos sostienen que los suyos son los más eficientes.

Probablemente el enfoque más efectivo pero el más costoso es el sistema de reciclaje por decantación utilizando un decantador de tres fases. En él se utiliza un tanque de sedimentación continua como primera fase de decantación, pasando el aceite de la superficie directamente a través del purificador de aceite hasta el secador al vacío y luego a la sección de almacenamiento.

El decantador de tres fases sustituye el tanque de sedimentación de lodos, pasa el lodo aceitoso a la centrifuga de boquilla y el aceite separado vuelve al tanque de sedimentación continua. Es un criterio efectivo pero costoso de clarificación y control de efluentes.

Sin duda, el decantador de tres fases desempeñará un papel más importante en la producción de aceite de palma en un futuro, aunque sólo sea para contribuir a la limpieza de los productos residuales.

Poliol

Un producto final interesante del aceite de palma que surgió a finales de los ochenta es la conversión de aceite crudo de palma en un material básico para producir una variedad de materiales de poliuretano. Esta constituye una buena alternativa para la industria del aceite de palma en países con excedentes de producción o donde los precios del mercado son bajos.

El polioliol es un material de alto valor que se emplea en la fabricación de poliuretanos. Hasta hace poco, era un subproducto de las compañías petroleras y ofrece un mercado cautivo muy rentable. A mediados de los ochenta, un científico inglés, el Sr. Denis Potter, que trabajaba en otras aplicaciones de los aceites vegetales, descubrió una fórmula según la cual, al mezclar varios aceites vegetales, éstos se convertían en un "polioliol" que se puede utilizar para producir una amplia gama de poliuretanos.

Los experimentos conducidos en 1990 establecieron que el aceite crudo de palma, el aceite de palmiste y el aceite de coco podían convertirse en polioliol y comercializarse a precios considerablemente más altos.

La conversión de aceites vegetales en polioliol se realiza en una planta sistematizada de mezcla y reacción, añadiendo un reactivo cuya marca registrada es "Formtroll".

A pesar de que la planta de Polioliol es sencilla en lo que se refiere al hardware, se requiere un software especializado para garantizar la mezcla adecuada del aceite y el reactivo, en las proporciones correctas y controlando la reacción. Cada aceite requiere una fórmula específica de mezcla según la calidad y éstas están registradas en los programas elaborados por el fabricante de la planta. El diagrama de bloques del Anexo 11 presenta un flujograma del proceso.

La planta consta de lo siguiente:

a) Un primer tanque de pesado y mezcla para el aceite vegetal básico y el Formtroll.

b) Una serie de tanques de reacción. Este es un proceso por cochada en el cual cada cochada de 1.5 toneladas requiere un tiempo de reacción de 4 horas. Los productos finales del proceso, es decir los diversos tipos de poliuretano, requieren diferentes mezclas/composiciones de Formtroll (adiciones entre el 10 y el 20%). El proceso por cochada ofrece la flexibilidad necesaria para producir polioliol de diferentes grados en un día.

c) El computador controla el funcionamiento de la planta y suministra datos operativos en línea. Además tiene sistemas de seguridad

para evitar el mal uso, las modificaciones no autorizadas y la divulgación de fórmulas.

d) Para la producción de poliuretano, la planta tiene lo siguiente:

- Un segundo tanque que mezcla los materiales que se requieren para los diferentes productos de poliuretano.
- Una máquina espumante que inyecta la mezcla de poliuretano líquido en el molde que se utiliza para cada producto específico.
- Un compresor que impulsa el equipo auxiliar dispensador de aditivos y una máquina dispensadora de espuma.

*El aceite de
palma clarificado
se vuelve a
decantar con el
fin de reducir el
contenido de
sólidos no
aceitosos.*

- Bombas para transferir el material de tanque a tanque.
- Un sistema enfriador de aceite.

La planta requiere suministro de agua fría limpia, energía eléctrica hasta 380 kw y un edificio de unos 75 metros cuadrados por 5 metros de altura.

La planta básica produce aproximadamente 3.000 toneladas de Polioliol en un turno. Convierte el aceite de palma con un alto contenido de ácidos grasos libres tan fácilmente como el aceite de palma cuyo contenido de los mismos es bajo.

La planta de procesamiento de Polioliol ofrece un producto opcional que representa un sobreprecio y la demanda es alta en el mercado internacional. La producción final de diversos productos de poliuretano se realiza mediante la adición de diversos aditivos registrados y en moldes especialmente diseñados para tal fin.

El costo de la planta y la maquinaria, y el precio del aceite de palma y de los diversos aditivos, fluctúa constantemente en el mercado actual. Los dos análisis de costos adjuntos se refieren a la situación reinante a mediados de los 90, pero da una idea sobre el tiempo de recuperación de la inversión.

Se han instalado plantas en diversos países en zonas templadas y tropicales, como Canadá, Malasia, Zimbabwe, India, China, Polonia, Ecuador, Indonesia, Estados Unidos, Portugal y Brasil.

En 1990, el mercado mundial de Polioliol fue de 4 millones de toneladas, con un crecimiento anual del 4%. El consumo en Estados Unidos es aproximadamente de 1.8 millones de toneladas y el de la Unión Soviética aproximadamente de 40.000 toneladas.

7. ACEITE CRUDO DE PALMA/COMBUSTIBLE DIESEL

Se han conducido numerosos trabajos de investigación y desarrollo encaminados a adaptar el aceite de palma como alternativa del diesel. Estos trabajos están en un punto en el cual se han superado los problemas de daños internos en los motores como resultado del uso del aceite crudo de palma.

El aceite de palma clarificado se vuelve a decantar con el fin de reducir el contenido de sólidos no aceitosos (N.O.S.).

Posteriormente, el aceite se mezcla con diesel en diferentes proporciones que oscilan entre 10% y 40% de diesel, dependiendo del tipo de motor y su uso.

Aunque se considera una aplicación relativamente nueva, en los años cuarenta la compañía Unilever del Zaire tenía en funcionamiento varias plantas eléctricas. A principios de los ochenta se vió obligada a utilizar aceite de palma para poner a funcionar las principales plantas eléctricas diesel de las fábricas, debido a una

prolongada escasez de combustible en el país. Los inconvenientes de utilizar aceite de palma sin refinar sin añadir diesel se hicieron evidentes y ésto los llevó a emprender estudios de investigación y desarrollo para producir lo que ahora podríamos llamar una alternativa segura del combustible para motores.

La capacidad de la planta extractora se debe definir sobre la base del tamaño de la plantación

8. RECUPERACION DE ACEITE EN LAS TRAMPAS DE ACEITE O EN LAS PISCINAS DE OXIDACION

Se han utilizado métodos intensivos en mano de obra para recuperar el aceite que se escapa del proceso y se recoge en las trampas de grasa o en las piscinas de oxidación de efluentes.

Desde el inicio de la producción de aceite de palma, la recuperación de aceite ha constituido un problema. Esta se realiza desnatando el aceite que flota en la superficie del agua en los tanques de captación o en las piscinas, mediante una serie de métodos manuales o simples represas y tanques de recolección. Todos estos sistemas conducen a la pérdida irrecuperable de aceite puesto que dependen de que los operarios recuerden prender las bombas o sacar el aceite en cubetas.

Hoy en día se puede utilizar un dispositivo desarrollado para combatir los derrames de petróleo que afectan el medio ambiente. Es un método eficaz de recuperación del aceite de palma que normalmente se pierde en los sistemas de aguas residuales.

El dispositivo, llamado Desnatador Rotativo de Disco

en Forma de T (T-Shaped Rotary Disc Skimmer), levanta el aceite mineral o vegetal que flota en el agua. Funciona sencillamente con un disco de aluminio de 30 centímetros de diámetro que rota dentro de la descarga de agua aceitosa. El aceite se adhiere a la superficie que tiene un tratamiento especial y una cuchilla diseñada para tal efecto raspa el aceite y lo dirige a un conducto de recuperación. El aceite recuperado contiene entre el 1 y el 2% de humedad, lo cual requiere un proceso de secado. El diagrama del Anexo 12 muestra el disco.

La tasa de recuperación de aceite depende del caudal, número de discos, profundidad del aceite, distancia entre los discos y profundidad a la cual se coloquen los discos en el líquido aceitoso. La cantidad que podría recuperarse depende de las condiciones de uso y tamaño. El número de discos varía y se recuperan hasta 20 toneladas por hora.

El diseño completo comprende los discos del desnatador, que pueden ser fijos o flotantes, una unidad impulsora hidráulica u otras similares y un dispositivo de manejo de líquidos.

Los ahorros en aceite recuperado pueden representar entre el 0.3% y el 0.5%. La calidad obviamente varía según el origen del aceite, v.g. la fábrica o el esterilizador. La acidez del aceite residual del esterilizador es alta. Suponiendo que la producción anual sea de 8.000 toneladas de aceite, una recuperación del 0.3% de los residuos representaría una producción adicional de 24 toneladas. Si el precio del aceite de primera calidad es de U.S.\$520 por tonelada y el del aceite recuperado es de U.S.\$350, el ingreso adicional será de U.S.\$8.400. La unidad cuesta US\$15.000 fob puerto del Reino Unido.

Aparte de que el período de recuperación de la inversión es de 20 meses, los beneficios ambientales son considerables.

9. ESCALA ECONOMICA DE LAS PLANTAS EXTRACTORAS

Existen muchos criterios en cuanto a este tema, puesto que cada una de las disciplinas que conforman la administración de la plantación tiene sus propias ideas y necesidades. Mi punto de vista es de carácter técnico

y se deriva de los proyectos que he emprendido en diversos lugares del mundo.

El principio que se debe adoptar al diseñar la fábrica es el de considerarla celular.

Independientemente de los argumentos que se planteen, la capacidad de la planta extractora se debe definir sobre la base del tamaño de la plantación a la cual debe atender y de la producción de la misma durante los picos de cosecha, teniendo en cuenta eventuales planes de expansión.

El punto focal de la línea del proceso de extracción de aceite de palma es la prensa/digestor. Existen prensas de diferentes capacidades. Los fabricantes ofrecen una producción nominal que garantiza las especificaciones cualitativas y cuantitativas del proceso. Por lo general, para protección del fabricante, ésta es conservadora. El tamaño de la prensa también depende de la fabricación local y de la capacidad o incapacidad de manejar tales equipos. La capacidad de las prensas oscila entre 1 tonelada de racimos/hora y 15 toneladas de racimos/hora.

Si partimos de las siguientes premisas:

Superficie sembrada en producción	3.000 hectáreas
Producción	22 ton/racimos/hora
Producción meses pico	12%
Funcionamiento de la planta	20 hr diarias en 25 días/mes
Potencial tiempo inactivo de la planta	10%

El parámetro de diseño para la producción por hora será:

$$\frac{3000 \times 22 \times 0.12}{500 - 50} = 17.6 \text{ toneladas de fruto procesado hora}$$

La capacidad de la prensa se debe diseñar con el fin de llegar a esta cifra, lo cual significaría instalar dos prensas con capacidad para prensar 9 ton./fruto/hora. Obviamente éste es un enfoque inicial sencillo. Sin embargo, también podemos mirarlo desde otro punto de vista, analizando los costos del proceso y el mantenimiento. Estos varían de país a país, dependiendo de la estructura salarial y de los costos de materiales y

repuestos. Los costos de mantenimiento pueden considerarse fijos; la planta generará un costo relativamente constante si tenemos en cuenta la tonelada de fruto procesado. No obstante, los costos de procesamiento varían por tonelada dependiendo del volumen de producción: a mayor volumen menor costo de procesamiento. Esto aparece en la gráfica del Anexo 13. Este es solamente un ejemplo típico, ya que los costos varían entre continentes y países, según los costos laborales, lo cual se aprecia en la segunda columna, donde los salarios son muy bajos.

De manera que la economía de escala depende de que la fábrica funcione a su capacidad máxima, lo cual se dificulta por las fluctuaciones de cosecha a lo largo del año.

Podemos analizar el caso colombiano, donde se utiliza la prensa de 10 toneladas/hora de fabricación nacional. Teniendo en cuenta el pico, la superficie sembrada de la plantación debería ser:

$$\frac{(500 - 50) \times 10}{22 \times 0.12} = 1705 \text{ hectáreas}$$

El pico podría durar entre 3 y 4 meses y el resto del año la planta estaría trabajando por debajo de su capacidad, a menos que se compre fruto a las plantaciones pequeñas o que se reduzcan las horas de funcionamiento de la planta.

Es difícil generalizar el tamaño económico de una planta de procesamiento por cuanto existen muchísimas variables entre los países donde se cultiva palma africana. No obstante, en la gráfica se puede apreciar que la primera columna representa un país suramericano con altos costos laborales. El enfoque obvio sería sistematizar el proceso cuando sea posible y recortar la capacidad de la planta al mínimo, pero dejando un margen para futuros ensanches de la estructura diseñada.

Sigo pensando que el principio que se debe adoptar al diseñar la fábrica es el de considerarla celular, utilizando una prensa de 13 toneladas, con el apoyo de una plantación de 2.200 a 2.500 hectáreas.

10. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Desde que se construyó la primera planta extractora

mecánica, el descarte de las aguas residuales ha constituido un problema para la administración de las plantas.

Las normas ambientales vigentes exigen limpiar las aguas residuales, portadoras de una alta Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) que oscila entre 35.000 y 65.000 ppm. La legislación de algunos países tropicales dispone que la DBO se debe reducir a menos de 100 mg./litro y pronto la norma bajará a 50 mg./litro.

Otros países han seguido este ejemplo y están presionando para que se impongan leyes más estrictas en este sentido. Por lo tanto, el tema es motivo de seria preocupación para muchas fábricas de aceite de palma.

El método normal de reducir la DBO a un nivel aceptable es limpiar el agua en piscinas de digestión anaeróbica o, más exactamente, en lagunas.

Estas varían en cuanto a tamaño y número, según la producción de la fábrica. Una descarga diaria de efluentes de 70 m³ requiere una piscina de aproximadamente 6.300 m³. El caudal aproximado de aguas residuales y condensado del esterilizador es aproximadamente de 0.53 toneladas/tonelada de racimos procesados.

La digestión anaeróbica depende de la degradación biológica de la materia sólida del efluente. La reacción biológica debe ser continua para que sea eficaz. Hasta ahora la activación del proceso no ha sido muy refinada,

por cuanto no se seleccionan los microorganismos que se añaden al efluente para promover la reacción necesaria.

*Los efluentes
en el futuro
deben ser
más sanos
desde el punto
de vista
ambiental.*

Ultimamente se ha desarrollado y comercializado una nueva cepa híbrida de microorganismos con el fin de degradar el efluente altamente contaminado con material vegetativo. Esta prospera a temperaturas relativamente más altas que las cepas naturales. Estos microorganismos se utilizan ampliamente en los efluentes producidos en la cría de animales, por cuanto degradan la DBO rápidamente y eliminan los olores desagradables. Los produce Interbio UK Limited y la cepa que se recomienda para los

efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma es la Biolyte H x 40. El uso de estos microorganismos nuevos reduce el número de piscinas necesarias para agilizar el proceso de limpieza. Se puede producir biogás a base de efluentes mediante un digestor

anaeróbico, un compresor y un equipo de limpieza de gas. El biogás se utiliza como combustible para la planta diesel o para las calderas.

El volumen de efluentes debe ser alto para que estas unidades produzcan una cantidad suficiente de biogás que justifique el gasto de capital de tal instalación. El costo instalado aproximado de una planta como ésta es de 350.000 libras esterlinas. Considero que se justifica en las plantas grandes con capacidad de 60 ton./racimos/hora o más. Además, al justificarlas es esencial tener en cuenta el uso que se le va a dar al gas. Si la planta funciona a la capacidad máxima durante períodos prolongados, el combustible de las calderas y la generación de energía para la turbina de vapor no cuesta nada. Si no hay demanda de gas local ni en la fábrica, se puede comercializar, pero la inversión en equipos para embotellar o empacar el gas en cilindros es considerable.

Los efluentes residuales se están distribuyendo en las plantaciones como fertilizantes. Se transportan en carretanques que los vierten en pequeñas piscinas cavadas a lo largo de las interlíneas o, si el terreno es irregular, se bombean hacia la parte alta y se distribuyen mediante esclusas hacia una serie de zanjas poco profundas de riego en terrazas ubicadas en las interlíneas. Este sistema requiere un diseño cuidadosamente planeado, con esclusas que dirijan el caudal. Los efluentes se bombean directamente desde la primera piscina. Es necesario evitar que el efluente crudo desemboque en los ríos o arroyos y el mantenimiento de las piscinas y canales de riego es indispensable para mantenerlas limpias y permitir la dispersión de nutrientes hacia los suelos.

Los decantadores de dos o tres fases reducen considerablemente la DBO de la fase líquida. Esto ayuda a acortar el período de degradación en las piscinas anaeróbicas y contribuye a la distribución del líquido en la plantación.

¿Qué pasará con los efluentes en el futuro? Es obvio que deben ser más sanos desde el punto de vista ambiental. El agua se ha convertido en un producto de primera necesidad cada vez más escaso y costoso. Por lo tanto, no tiene sentido bombearlo a la fábrica y luego descartarlo.

Los decantadores centrífugos desempeñan un papel importante en la reducción de elementos vegetativos de la DBO. Las centrífugas ayudan a limpiar la fase líquida y, con el poderoso microorganismo, se puede purificar el agua aun más. El agua producida se puede

volver a utilizar en el proceso de la fábrica.

La fase sólida de los decantadores y centrífugas debe utilizarse directamente en el campo o procesarse como materia prima para concentrados.

11. EXTRACCION DE PALMISTE

La decisión en cuanto a si se debe o no producir aceite de palmiste en las plantas extractoras de aceite de palma ha sido un dilema por muchos años.

Los precios del palmiste o del aceite de palmiste varían notablemente con las fluctuaciones de la demanda, lo cual dificulta la justificación de la inversión de capital, a menos que se trate de una operación a gran escala.

En la mayoría de los países donde existen plantas extractoras de aceite de palma también hay una industria de trituración de palmiste que compra la materia prima a las plantaciones y obtiene una utilidad. No obstante, esta situación puede limitar la disponibilidad de palmiste y reducir el rendimiento por la venta del mismo. A pesar de que la independencia y la participación directa en el mercado pueden ser tentadoras, antes de tomar la decisión es indispensable entender claramente la disponibilidad del mercado (tanto de aceite como de torta), la extracción potencial de la planta y los costos operativos de la misma.

Los productos de las plantas extractoras de palmiste - aceite de palmiste y torta del expeller - deben disponer de un mercado inmediato. Ambos son productos de valor relativamente bajo y los costos de procesamiento pueden representar una inversión poco rentable. Así mismo, la maquinaria debe cumplir con ciertas normas de diseño para alcanzar una tasa de extracción de aceite aceptable y para producir torta con un bajo contenido de aceite. El expeller se desgasta rápidamente, puesto que el palmiste es una semilla difícil de moler. Por lo tanto, es necesario contar con un proveedor confiable de repuestos y tener acceso a buenos talleres de reparación.

La evaluación de una posible planta extractora de palmiste debe tener en cuenta la producción de palmiste de la plantación y la posibilidad de comprarlo.

Por ejemplo, una planta con un expeller de una tonelada requiere una carga de 360 toneladas dianas de racimos para que se mantenga ocupada, o sea más de 104.000 toneladas anuales de fruto. Esto equivaldría a una superficie sembrada productiva de 5.200 hectáreas, con una producción de 20 toneladas de racimos/hectárea.

La producción de una planta de 1 tonelada/hora se calcula en un 40 a 42% de aceite de palmiste, con un 8 a 10% de aceite residual que queda en la torta del expeller/prensa. Esta cifra supone que el palmiste contenga hasta un 8% de humedad y menos del 5% de cuesco y fibra (impurezas).

Una planta típica de 1 tonelada por hora debe constar de:

- a) Un sistema de suministro de palmiste seco que incorpore dispositivos magnéticos para eliminar el material metálico.
- b) Un rompedor o molino de palmiste para reducir el tamaño del mismo.
- c) Un triturador de rodillo o escamador para romper cualquier estructura fibrosa del palmiste y debilitar las paredes de la celda de aceite antes del acondicionamiento.
- d) Un digestor para preparar el palmiste molido o escamado para liberar las moléculas de aceite de la masa fibrosa.
- e) Prensas de palmiste o expellers.
- f) Separador/tamiz de sedimentos para eliminar las partículas fibrosas del aceite y dirigir las de nuevo al autoclave.
- g) Un filtro de placa para limpiar el aceite terminado.

El proceso también requiere una estructura de transporte y elevación, una serie de tolvas, depósitos de almacenamiento, tanques de aceite y suministro de vapor, agua y electricidad.

Los servicios necesarios son energía de 160 kw, suministro de agua fría de 14 litros por minuto (enfriamiento del tornillo sin fin de la prensa) y suministro de 165 kg/hora de vapor saturado seco a 10 Bares.

(N.B. El sistema S.I., actualmente utiliza Megaparciales (MPa) y no Bares. 1 Bar = 0.1 MPa. Por tanto para

optener MPa, multiplique el número dado de Bares por 0.1)

La calidad del aceite y la torta de palmiste depende principalmente de la calidad del palmiste. El contenido de ácidos grasos libres del aceite debe ser bajo y el color debe ser amarillo claro, con un buen nivel de blanqueabilidad. La torta de palmiste debe tener un color relativamente claro y retener sus componentes aminoácidos. Por lo tanto, el laboratorio de una planta extractora de palmiste típica debe verificar la tasa de extracción, los ácidos grasos libres, la humedad y las impurezas. En lo que se refiere a la torta, se debe vigilar el contenido de aceite y humedad.

Para garantizar estas cualidades básicas, el palmiste debe estar bien acondicionado, sin decoloraciones internas ni externas, la acidez y el contenido de humedad deben ser bajos, además de que no debe tener moho.

El flujograma del Anexo 14 presenta una planta típica de extracción de palmiste y el diagrama de bloques del Anexo 15 es el flujograma del proceso.

Para concluir, es difícil generalizar en cuanto a la viabilidad de una planta extractora de aceite y torta de palmiste. Mi opinión es que se debe incluir en el complejo de la planta extractora de aceite de palma por cuanto generalmente hay disponibilidad de vapor y electricidad. Además, es un producto adicional que se suma a la producción de la plantación y en un país donde existe una importante industria ganadera no debería ser difícil vender torta de buena calidad. No obstante, esta opinión depende del tamaño de la plantación y por supuesto no se aplicaría a plantaciones de menos de 3.000 hectáreas.

Nota:

Quiero expresar mis agradecimientos a Unilever plc por darme la oportunidad de presentar este trabajo. Sin embargo, debo aclarar que las posiciones y opiniones aquí establecidas son propias y no necesariamente reflejan las de Unilever plc.

Anexo 1
Resumen de) procesamiento para el mes de plantación

A: Producción

1 Producción		Unidad	Producción mensual		Producción año a la fecha	
			Real	Objetivo	Real	Objetivo
	Plantación en racimos	Tons.				
	Compras en racimos		Tons.			
	Total en racimos	Tons.				
	Aceite producido	Tons.				
	Palmite producido		Tons.			
	Total	Total				
2	Porcentaje de extracción					
	Aceite a racimo	%				
	Palmiste a racimo	%				
3	Eficiencia de extracción					
	(Porcentaje de pérdidas conocidas)					
	Eficiencia de extracción de aceite	%				
	Eficiencia de extracción de palmiste	%				
4	Pérdidas conocidas Pérdidas de aceite	% aceite a racimos		% aceite a aceite total		
		Real	Objetivo	Real	Objetivo	
a	En racimos frescos					
b	En la fibra de la prensa					
c	En la nuez					
d	En el agua residual					
	Total					
	Pérdidas de palmiste	% palmiste a racimos		% palmiste a palmiste total		
		Real	Objetivo	Real	Objetivo	
a	En el cuesco					
b	En la fibra de ciclón					
c	En el secado de la mezcla de trituración					
d	En los residuos finales de limpieza					
	Total					
			Firmado		Fecha	

Resumen del procesamiento para el mes de plantación

B. Calidad de producción

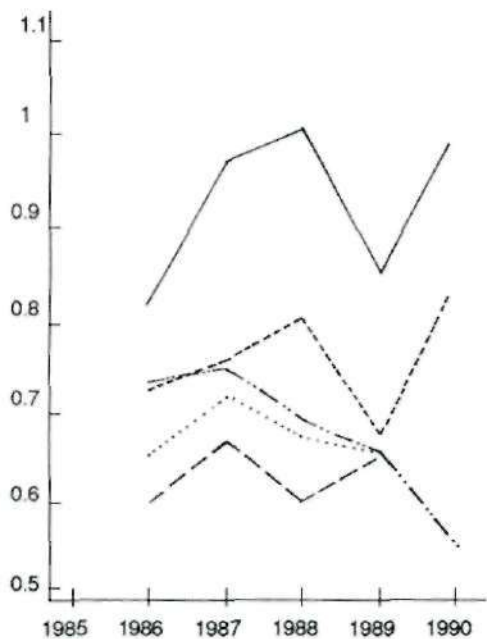
		Unidad	Análisis mensual		Análisis año a la fecha	
			Real	Objetivo	Real	Objetivo
5	Aceite de Palma					
a	Acidos grasos libres (AGL)	%				
b	Humedad	%				
c	Impurezas	%				
d	Blanqueabilidad	-				
e	Indice de Deterioro de la Blanqueabilidad (IDB)	-				
f	Indice de peróxido (IP)	Mil/Eq. Kg.				
6	Aceite de palmiste					
a	Humedad	%				
b	Impurezas	%				
c	Palmiste de roto	%				
d	Acidos grasos libres	%				
e	Contenido de aceite	%				

C. Funcionamiento de la planta

			Este mes	Año a la fecha
7	Eficiencia de prensado			
a	Potencial horas prensa	Est. horas		
b	Horas reales prensa	Horas		
c	Factor "B"	%		
8	Factores operativos de la planta			
a	Total horas trabajadas por todas las secciones de procesamiento.			
b	Horas de trabajo programadas para todas las secciones de procesamiento.			
c	Horas hombre de procesamiento por tonelada de aceite producido.			
d	Costo total del proceso y mantenimiento por tonelada de aceite producido.			
			Firma	Fecha

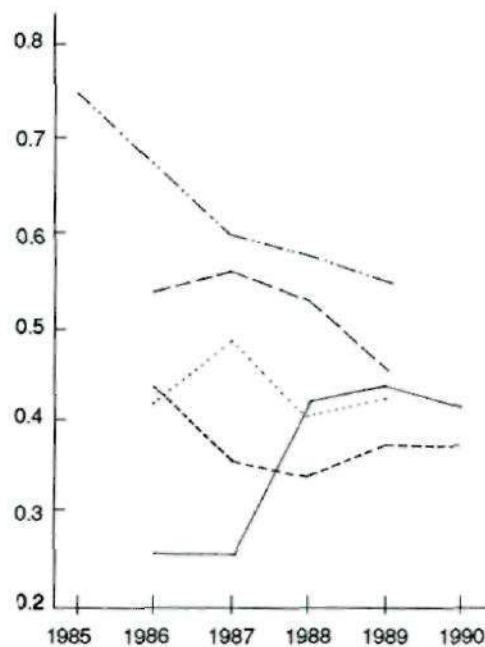
Anexo 3. Pérdidas de aceite en la fibra de la prensa como % de racimos frescos

Pérdidas de aceite % de aceite en racimos



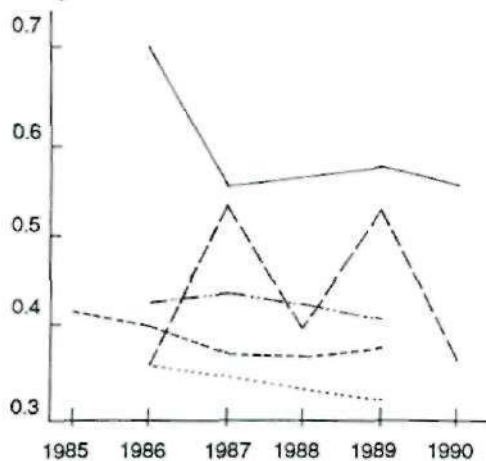
Anexo 4. Pérdidas de aceite en el raquis como % de racimos

Pérdidas de aceite % de aceite en raquis



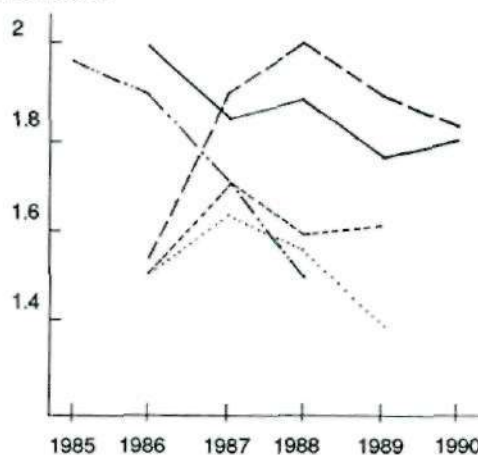
Anexo 5. Pérdidas de aceite en las aguas residuales como % de racimos frescos

Pérdidas de aceite % de racimos frescos en aguas residuales



Anexo 6. Total de pérdidas de aceite como % de racimos frescos

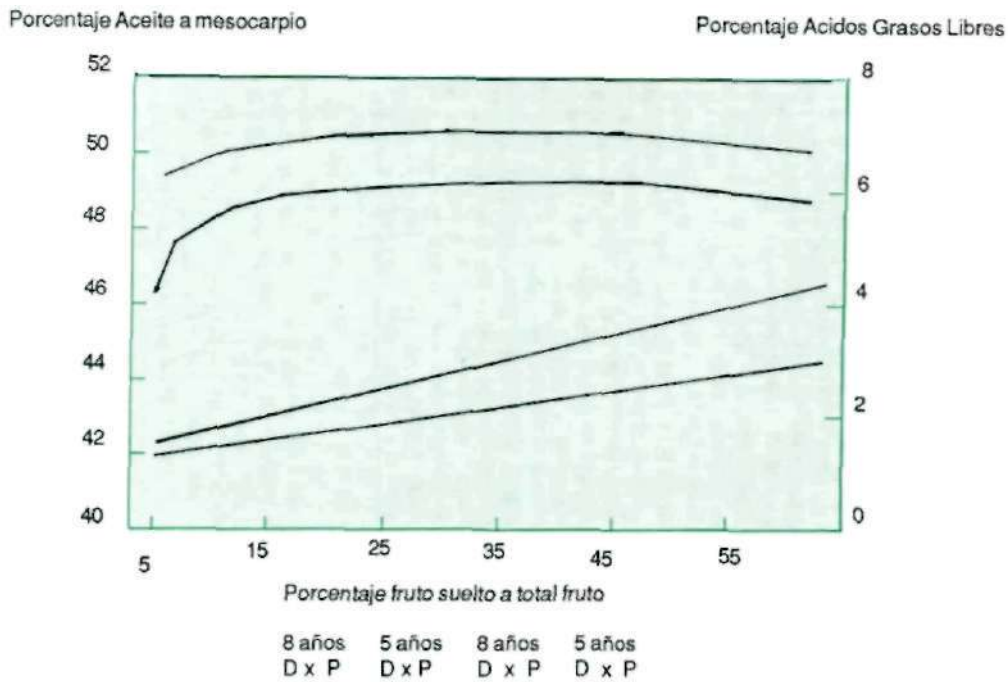
Total de pérdidas de aceite % de racimos frescos



Clave: UNIP - COLOMBIA, BOPP - GHANA, TOPI Y SIAM - TAILANDIA, KLUANG - MALASIA

UNIP ———
 BOPP - - - -
 TOPI
 SIAM - - - -
 KLUANG - - - -

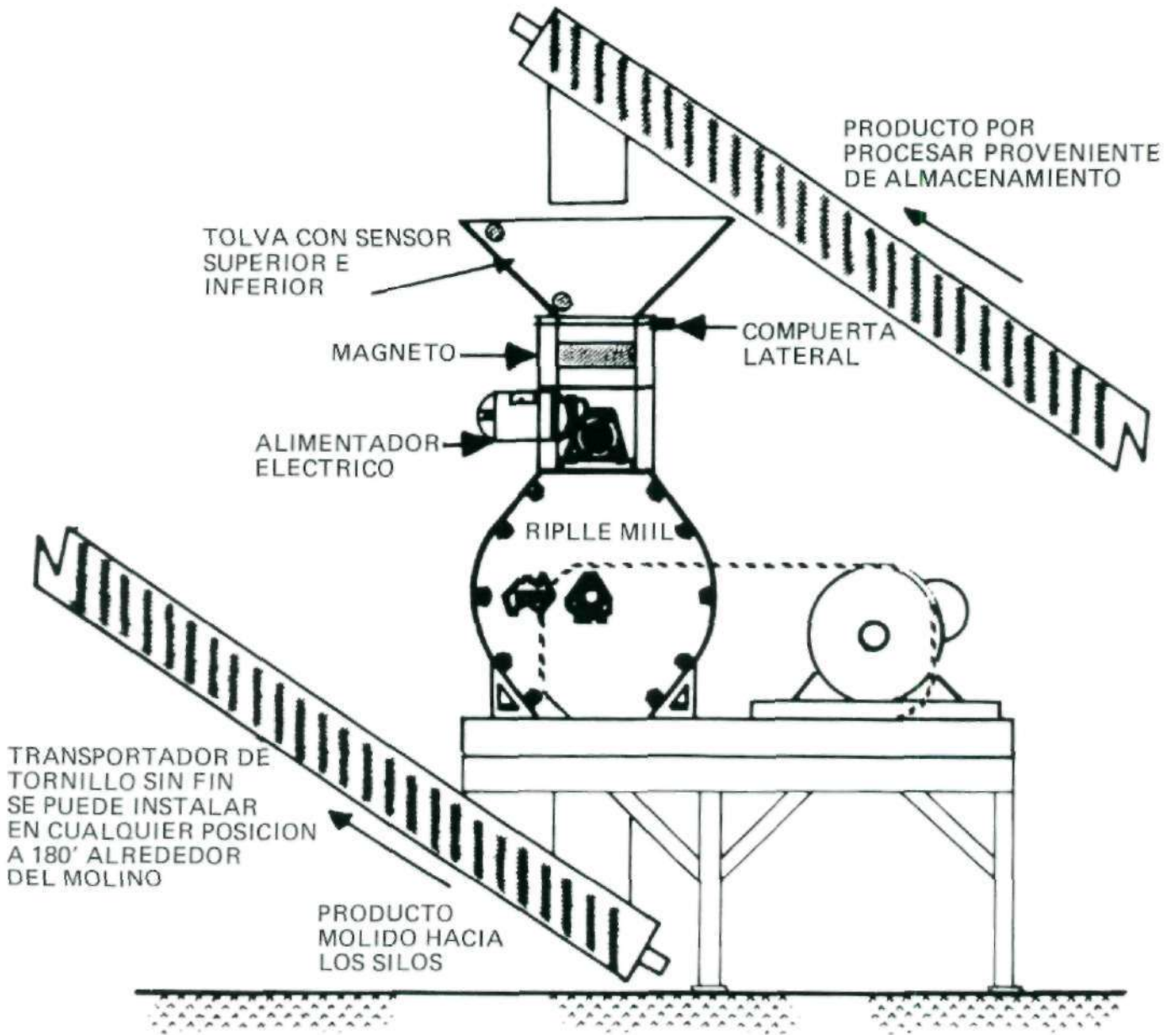
Anexo 7. Relación entre el porcentaje de aceites a mesocarpio-Acidos Grasos Libres y porcentaje fruto desprendido a total fruto



Anexo 8
Indicadores de mal manejo de la planta extractora

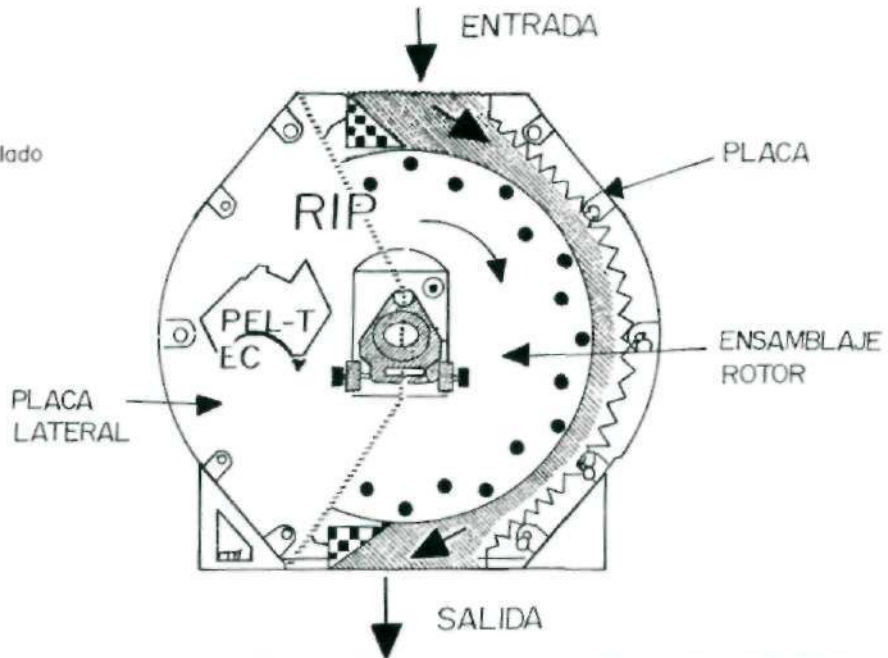
- 1) Fruto aplidado en las rampas que no se retira diariamente.
- 2) Carga inadecuada de los góndolas de fruto.
- 3) Ciclos inadecuados de esterilización sin tener en cuenta el estado del fruto.
- 4) Presiones erróneas del vapor de esterilización. Demasiado bajas mala extracción. Demasiado altas pérdidas de aceite y oxidación.
- 5) Suministro inadecuado de vapor en presión y volumen.
- 6) Temperaturas inadecuadas en los tanques de procesamiento.
 - a) Demasiado alta - Oxidación del aceite.
 - b) Demasiado baja - Tasa de extracción baja.
- 7) Escapes de vapor, aire y tuberías de agua.
- 8) Turnos de producción mal organizados.
- 9) Planta desaseada - Operaciones poco higiénicas.
- 10) Maquinaria carente de seguridades básicas e inobservancia de las normas de seguridad industrial.
- 11) Mala iluminación/desaseo - Inseguridad para la calidad y cantidad del producto y para el operario.
- 12) Falta de almacenes y sistemas de control de mantenimiento.
- 13) Falta de comunicación entre la dirección y el operario.

PLANO DE INSTALACION



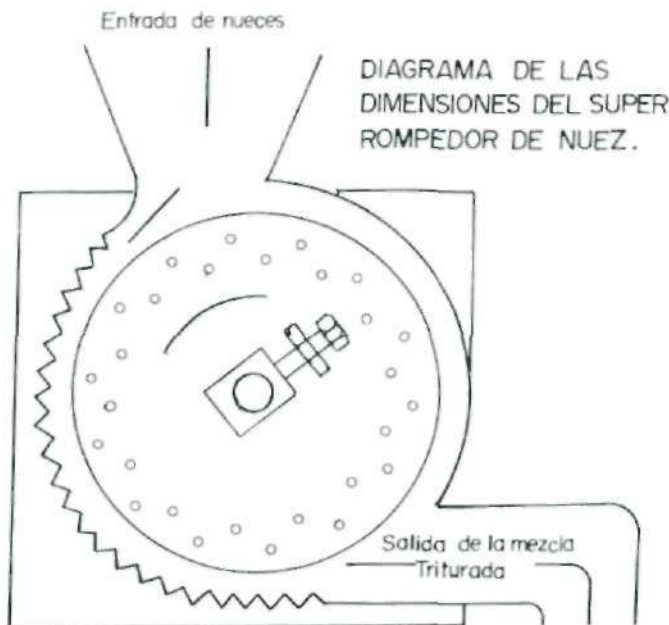
PRINCIPIO PARA ROMPER LAS NUECES

Maquina Tipo 1
Placa a lado y lado

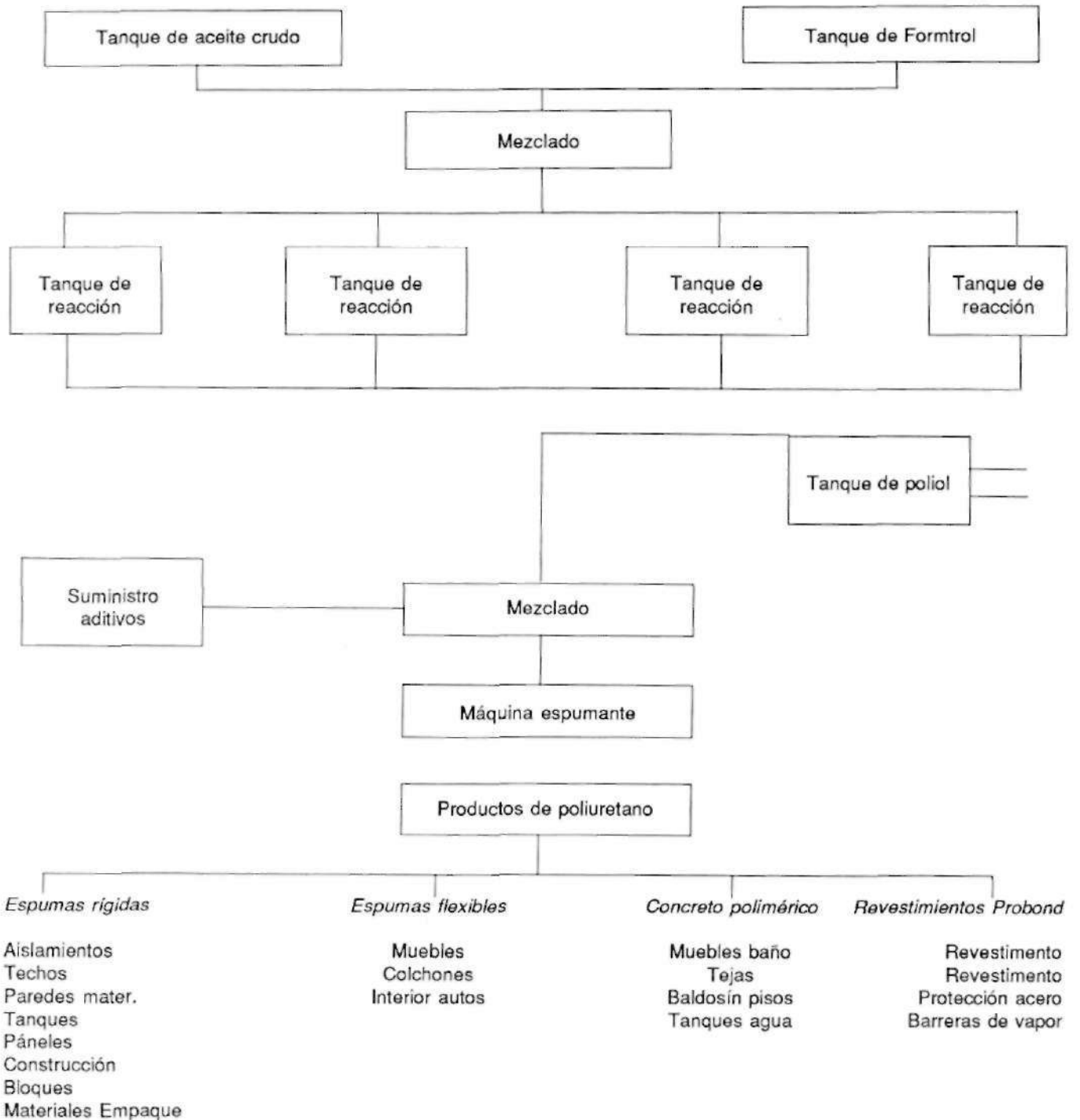


EL RIPPLE MILL OPERA A BAJA VELOCIDAD PARA UN ROMPIMIENTO EFICIENTE DEL 99%. LAS NUECES ENTRAN POR LA PARTE SUPERIOR DEL MOLINO Y SE GOLPEAN VARIAS VECES ENTRE LA PLACA FIJA DE IMPACTO Y EL ROTOR. EL ROTOR IMPARTE VELOCIDAD Y FORZA EL ROMPIMIENTO.

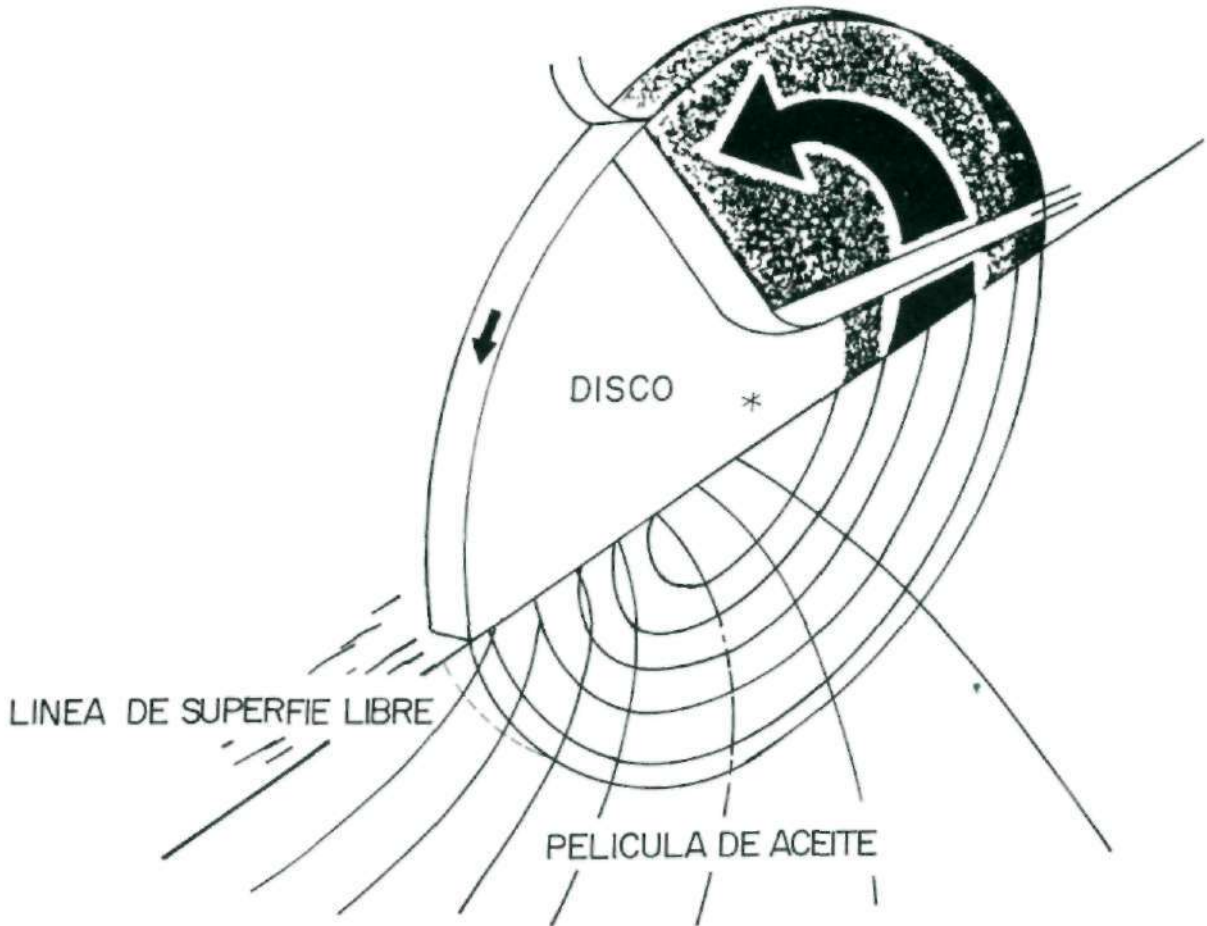
Maquina Tipo 2
Placa a un lado



Producción de polioli y polluretano

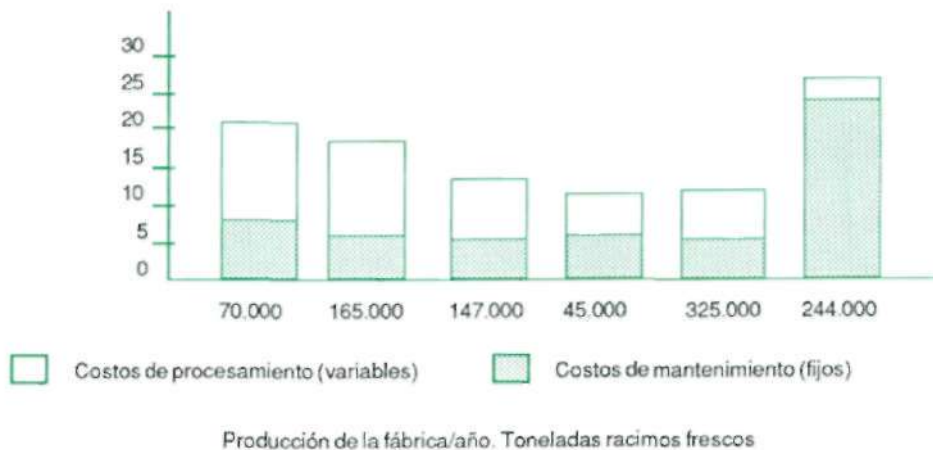


FLUJOGRAMA HACIA EL DISCO



Anexo 13. Costos de procesamiento del aceite de palma en la fábrica

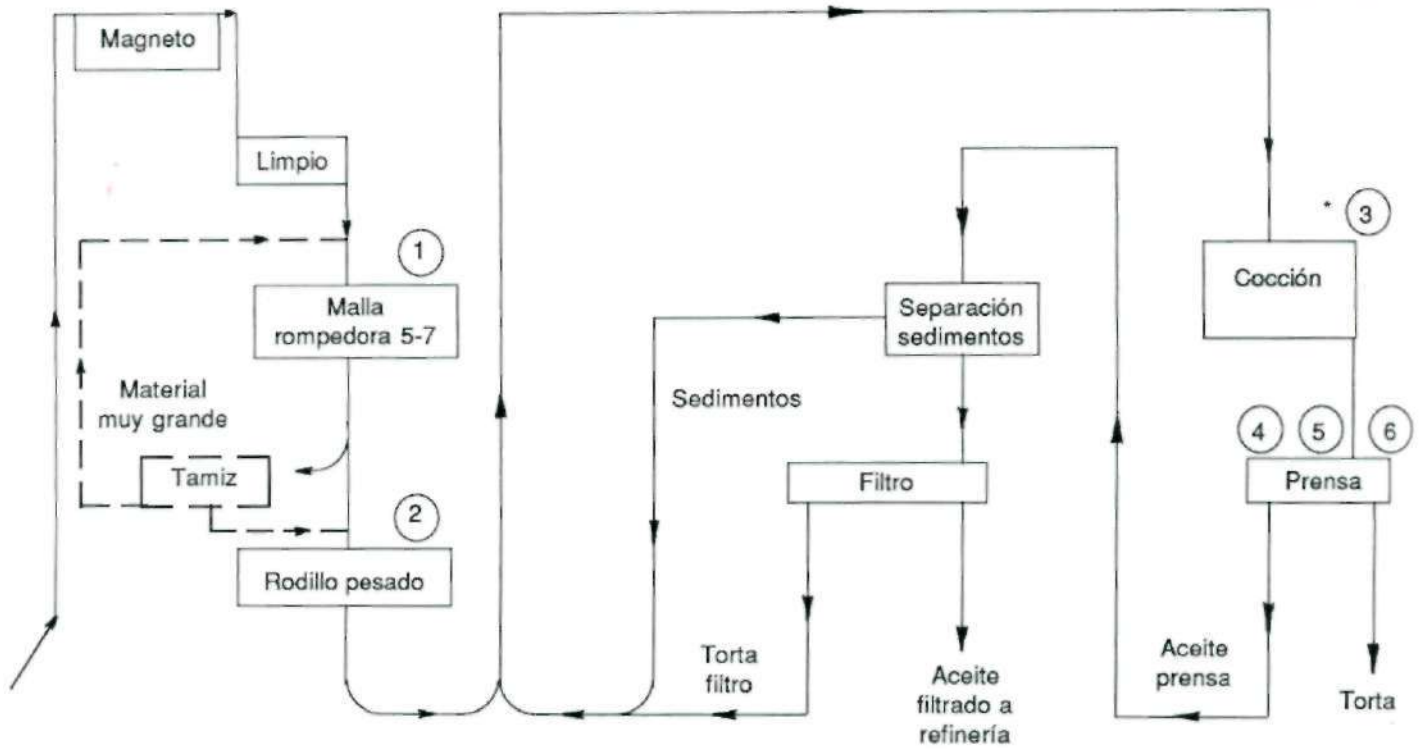
Costos de producción en libras esterlina por toneladas de aceite de palma



Anexo 14

Flujograma de una planta extractora de palmiste

* Se puede requerir vapor abierto especialmente al inicio.
 Humedad máxima del 3%
 Temperatura 220° - 230°F



Anexo 15

Flujograma de la extracción de aceite de palmiste

