



ALGUNOS ASPECTOS
DEL PROCESAMIENTO DE
ACEITE DE PALMA



0770

CENTRO DE INVESTIGACION EN PALMA DE ACEITE

CENIPALMA

CURSO

**ALGUNOS ASPECTOS DEL PROCESAMIENTO DE
ACEITE DE PALMA**

Bucaramanga, diciembre 2 y 3 de 1993

Coordinador-Editor
PEDRO LEON GOMEZ CUERVO
Director Ejecutivo CENIPALMA

Santafé de Bogotá, D.C. 1994

PRESENTACION

El área de Plantas Extractoras es de reciente creación en CENIPALMA y se espera que en un futuro sus acciones involucren todos los aspectos que tienen que ver con el procesamiento, las transformaciones y los usos del aceite de palma. Inicialmente, el área está siendo enfocada al estudio "Uso y Manejo de Efluentes".

La investigación en Plantas Extractoras no ha sido tradicional como en el cultivo; sin embargo, en muchos casos, las Plantas Extractoras deben realizar investigaciones para ajustar el proceso de extracción de aceite. Una de las estrategias de CENIPALMA es el intercambio de experiencias e información entre las plantaciones, las universidades y las instituciones interesadas en la investigación sobre palma de aceite; la forma más eficiente para este intercambio de información es mediante la organización de seminarios y cursos, que actualizan y aclaran muchos conceptos y procedimientos entre los participantes.

CENIPALMA organizó este primer curso en el área de Plantas Extractoras, con el propósito de analizar globalmente todo el proceso del aceite de palma, invitando para ello a destacados profesionales de amplia experiencia en el tema. El programa desarrollado contempló módulos sobre administración, mantenimiento, clarificación y tratamiento de efluentes. Cada módulo fue seguido de amplias discusiones entre los asistentes.

Los conferencistas presentaron, en forma bastante clara y práctica, los temas asignados. CENIPALMA ha recopilado en esta publicación las conferencias presentadas en el curso por considerar que su contenido será de utilidad para quienes de una u otra forma estén vinculados a la industria de la palma de aceite.

Finalmente agradecemos a las empresas y entidades que permitieron que sus experiencias fuesen compartidas en este curso y a los expositores por el tiempo y entusiasmo que dedicaron a la preparación de las conferencias y a la activa participación en las discusiones.

JOSE ANTONIO ESTEVEZ CANCINO
Presidente Junta Directiva

PROGRAMA

Miércoles 1

7:00 p.m. Entrega de Credenciales

Jueves 2

8:00 a.m. Bienvenida

Cristian Mora

Gerente Regional 7-ICA

8:05 a.m. Inauguración

José Antonio Estévez Cancino

Presidente Junta Directiva

CENIPALMA

8:10 a.m. Estrategias de CENIPALMA y objetivos del curso
Cuervo

Pedro León Gómez

Director Ejecutivo

CENIPALMA

MODULO I- ADMINISTRACION DE PLANTAS EXTRACTORAS

Moderador

Francisco Delgado Rodríguez

EXTRACTORA EL ROBLE

8:20 a.m. Aspectos sobre la Administración y manejo de las
Plantas Extractoras

Guillermo Bernal Castillo

INPROCON -C.P.I.S.A.

9:00 a.m. Discusión

MODULO II- CALIDAD DE ACEITE

Moderador

Jairo Antonio Prada Páez

MANUELITA

9:30 a.m. Normalización

Claudia Janneth Oviedo Gómez

Antonio Cadena Gómez

SACEITES

10:30 a.m. Refrigerio

10:45 a.m. Incidencia de la calidad del aceite de palma en la
estabilidad de los productos terminados.

Sonnia Maya Torres

LLOREDA GRASAS

11:30 a.m. A. Análisis de la variación del factor DOBI

Carlos Beltrán Roldán

PALMAS DE TUMACO/

PALMAR DE ORIENTE

B. Control de pérdidas de aceite y de palmiste

Carlos Beltrán Roldán

PALMAS DE TUMACO/

PALMAR DE ORIENTE

12:15 p.m. Discusión

12:45 p.m. Almuerzo

1:30 p.m. Visita a SACEITES

MODULO III- ESTERILIZACION

Moderador

León Darío Uribe Mesa

PALMAS DE CASANARE

4:00 p.m. Esterilización

Jairo Antonio Prada Páez

MANUELITA

5:00 p.m. Discusión

MODULO IV- MANTENIMIENTO

5:30 p.m	Importancia del mantenimiento para mejorar la Productividad y Calidad	Moderador José Manuel Camacho PALMERAS DE ALAMOSA Otoniel Villamizar Cáceres Antonio Cadena Gómez SACEITES
6.15 p.m	Discusión	
Viernes 3		

MODULO V- CLARIFICACION

	Moderador	Carlos Beltrán Roldán PALMAS DE TUMACO/PALMAR DE ORIENTE Francisco Delgado Rodríguez
8:00 a.m	Clarificación Horizontal. Principios, fundamentos e Innovaciones	EXTRACTORA EL ROBLE
9:00 a.m	Clarificación Estática del Aceite Crudo de Palma (ACP)	León Darío Uribe Mesa PALMAS DE CASANARE
10:00 a.m	Refrigerio	
10:30 a.m	Notas generales sobre detalles específicos de la Clarificación	Guillermo Bernal Castillo IMPROCON C.P.I S.A
11:15 a.m	Importancia de la utilización del Decanter en la clarificación del aceite de palma	Jairo Antonio Prada Páez MANUELITA S.A.
12:00 m.	Discusión	
12:30 p.m	Almuerzo	

MODULO VI- TRATAMIENTO DE EFLUENTES

		Moderador Antonio Cadena Gómez SACEITES
2:00 p.m	Legislación sanitaria para el funcionamiento de plantas extractoras de aceite.	Jesús A. García Núñez CENIPALMA
2:45 p.m	Tratamiento de efluentes en plantas extractoras de aceite	Hernán Cuervo Fuentes UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
3:45 p.m	Refrigerio	
4:00 p.m	Lagunas de Estabilización en el tratamiento de los efluentes de palma. Caso Palmas de Casanare	León Darío Uribe Mesa PALMAS DE CASANARE
5:00 p.m	Discusión	
5:30 p.m	Clausura	Cesar de Hart Vengoechea Presidente SAC

MODULO I

**ADMINISTRACION
DE PLANTAS EXTRACTORAS**

ASPECTOS SOBRE LA ADMINISTRACION Y MANEJO DE LAS PLANTAS EXTRACTORAS

GUILLERMO ALFONSO BERNAL CASTILLO ¹

La Planta Extractora Eficiente

Las nuevas circunstancias de libre competencia y libre mercado hacen indispensable un cambio de mentalidad respecto al manejo de la producción de aceite de palma. Es necesario pensar no en función de finca, sino en función de agroindustria. La agroindustria, como cualquier otra rama de la industria, requiere de una organización más avanzada que responda a las exigencias modernas de mayor productividad y de mayor eficiencia.

La organización eficiente de una Planta Extractora de aceite de palma comienza desde la construcción de la instalación misma. Una Planta se debe construir con un completo conocimiento de los procesos involucrados, seleccionando los equipos de tal manera que con sus formas, dimensiones y dispositivos de control se procure optimizar, al máximo, las condiciones generales de operación. Un ejemplo importante en este aspecto es que la disposición de las diferentes etapas del proceso debe seguir una secuencia lógica en el flujo del material, evitando el cruce de caminos para no causar interferencias y pérdidas de tiempo y de capacidad, y por supuesto, mayores costos. Otro ejemplo es que los procesos en lo posible deben ser continuos, pues este tipo de procesos, contrariamente a los discontinuos, son relativamente fáciles de controlar y de ajustar.

Al construir una planta se debe pensar en el concepto de simplicidad. Simplicidad para ser operada sin esfuerzos físicos y mentales agotadores para los operarios. Simplicidad para ser mantenida en buen estado sin excesiva necesidad de recambio de piezas, sin dificultad para realizar estos recambios, sin dificultad para efectuar una correcta lubricación, etc. Los equipos y elementos componentes de una nueva planta deben, además, ofrecer una absoluta seguridad al personal, para su operación y mantenimiento.

Una organización eficiente de una planta también significa una operación correcta y adecuada de la misma. Un ejemplo significativo de esto es también la regulación del flujo del material: alimentación de racimos al desfrutador,

alimentación de frutos al digestor, alimentación de aceite bruto al clarificador, etc. Otro ejemplo es la programación racional de los ciclos en los esterilizadores.

La planeación del mantenimiento es esencial en la adecuada operación de la instalación. En cuanto al tiempo se refiere, se deben programar recambios y cuidados de rutina periódicamente (en general cada semana) y grandes reparaciones y modificaciones una vez por año (durante el período de baja producción que afortunadamente coincide, en casi todo el país, con la época de vacaciones colectivas). Y en cuanto al costo se refiere, se deben presupuestar correcta y oportunamente los programas de mantenimiento tanto periódicos a través del año, como el gran programa anual.

La eficiencia en la organización de una planta tiene también un pilar fundamental en los sistemas de Control de Pérdidas y de Calidad. Según el concepto moderno de Calidad Total, estos controles deben efectuarse de manera preventiva en cada etapa del proceso y no como resultado de una serie de ensayos a posterioridad que sólo pueden indicar que se hubiera podido hacer mejor para ser eficientes, pero ya en ese momento sin remedio alguno. Por eso es necesario utilizar, y si es el caso, perfeccionar algunas pruebas de tipo rápido, de resultados inmediatos, que permitan detectar las condiciones actuales de operación y corregirlas sobre la marcha, si fuere necesario.

Organización Administrativa y Técnica de una Planta Extractora

Se considerará únicamente el caso de una instalación de tamaño pequeño o mediano, la cual no debe tener una organización muy compleja.

En cuanto a personal, debe haber fundamentalmente un Director de Planta, de quien dependen las siguientes personas o departamentos:

Producción	Jefes de turno
Mantenimiento	Mecánico - Electricista
Laboratorio	Analistas
Administración	Almacenista-Despachador
	Secretaria-Auxiliar contable

1. Gerente-INPROCON C.P.I. S.A., Trans. 24 No. 41-40. Tel: 2689155 ó 3377072. Santafé de Bogotá, Colombia

El esquema de las funciones básicas de las personas mencionadas se puede resumir de la siguiente manera:

Director de Planta

El Director de Planta debe ser una persona con sólidos conocimientos técnicos y un gran sentido de la organización y del mando de personal. Sus funciones fundamentales son:

-Dirección, programación y control general de la producción, garantizando rendimientos elevados, alta calidad y los más bajos costos posibles.

-Elaboración del presupuesto anual de funcionamiento y control de su ejecución.

-Formación técnica del personal a su cargo.

-Fijación de las normas de producción.

-Fijación de los horarios de trabajo, de común acuerdo con los directivos de la(s) plantación(es) y con la gerencia.

-Control de los procesos de producción con la ayuda de los análisis de laboratorio y del personal de recepción en báscula, quienes harán las observaciones sobre la calidad del fruto recibido.

-Control de personal, permisos, registro de ausencias, reemplazos, sanciones, premios, etc.

-Gerencia y responsabilidad sobre almacenamiento y despachos de productos terminados, materias primas, repuestos y materiales.

Jefes de Turno

Estas personas deben tener buenos conocimientos sobre los procesos de una planta extractora, con buenos conocimientos mecánicos y, ojalá, básicos sobre electricidad, y con gran autoridad sobre el personal a su cargo. Sus funciones fundamentales son:

-Ejecución de las instrucciones recibidas de la Dirección de la planta.

-Velar por el buen orden en la instalación, asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y que estos y las diferentes áreas de trabajo se encuentren en perfecto estado de limpieza.

-Cada mañana informar a la Secretaria-Auxiliar contable todos los datos sobre producción del día anterior y sobre el funcionamiento de la planta.

-Informar todos los días a la Dirección de la planta sobre las reparaciones requeridas o fallas observadas en el funcionamiento de los equipos, durante su turno.

Grupo de Mantenimiento

Este equipo de personal, constituido por uno o dos mecánicos y sus ayudantes y, a veces también, por un electricista, debe ser entrenado para realizar reparaciones rutinarias en forma rápida, evitando largas inmovilizaciones de la planta y las consiguientes pérdidas económicas. Sus funciones principales son:

-Velar por el buen estado mecánico de todos los equipos y de las instalaciones.

-Proceder a las reparaciones periódicas y rutinarias cuando ellas son necesarias, con base en sus propias observaciones y en los reportes e instrucciones que reciban de la Dirección. Para tal efecto debe prever con anticipación, en lo posible, el pedido de las piezas y materiales necesarios.

-Colaborar en el programa anual de recambios y modificaciones en el cual, por su magnitud, pueden eventualmente participar contratistas externos y personal normalmente dedicado a la producción.

Personal de Laboratorio

Este personal está a cargo directamente del Director y constituye una especie de Auditoría o fiscalización sobre el papel desempeñado por el grupo de producción. Sus funciones básicas son:

-Realizar los análisis y pruebas rápidas para el chequeo del funcionamiento y determinación de los resultados de producción.

-Llamar la atención a la Dirección de planta sobre todas las anomalías observadas en el desarrollo del proceso.

-Registrar minuciosamente todos los resultados de los ensayos efectuados en las formas diarias y semanales previstas para tal fin.

Secretaria

En este cargo se requiere de una persona con alguna habilidad administrativa y con formación como auxiliar contable. Sus funciones básicas son:

-Asegurar la ejecución de las tareas administrativas de la planta.

-Establecer la situación de asistencia del personal y de la realización del trabajo extra suplementario.

-Llenar las formas de reportes diarios y semanales de

producción, entradas de materia prima, despachos de productos terminados.

-Mantener al día los cuadros de las estadísticas.

Coordinación entre la Dirección de la Planta y la Gerencia

Como comentario general es necesario decir que si las reglas de juego se encuentran bien establecidas, las labores de la Dirección de la planta serán con seguridad enteramente apoyadas por la Gerencia sin ningún traumatismo. Esto significa que el presupuesto anual que

se haya determinado, será sometido a la aprobación oportunamente en todo su alcance. Necesidades de personal y de materiales tanto para la producción, como para el mantenimiento.

Previsión oportuna de aplicaciones y modificaciones incluyendo, obviamente, sus costos, para lo cual se tendrán en cuenta las proyecciones de producción de fruta por parte de la(s) plantación (es). La Gerencia hará conocer con anticipación sus políticas o estrategias de producción, de mercadeo, de manejo de personal, de nuevas inversiones, para tenerlas en mente en el momento de planear el nuevo año.

MODULO II

CALIDAD DE ACEITE

NORMALIZACION

CLAUDIA JANNETH OVIEDO GÓMEZ ¹
ANTONIO ELIER CER CADENA GÓMEZ

OBJETIVOS

El objetivo principal de la conferencia es la calidad, y como objetivo particular se tienen: 1) Presentar conceptos básicos de la Normalización de Empresa como herramienta fundamental de la Gerencia de Calidad y 2) Orientar en la elaboración del Manual de laboratorio.

DEFINICIONES

Calidad- Es el conjunto de propiedades o características de un producto o servicio que le confiere su aptitud para satisfacer necesidades expresadas o implícitas.

. Es que el cliente encuentre el producto o servicio, cómo, cuándo y dónde lo necesite.

. Es ofrecer un producto o servicio de óptimas condiciones, asequible al cliente y sin obtener pérdida.

. Es cumplir con lo requisitos exigidos por el cliente.

. Es competencia.

Control Total de Calidad - Un sistema eficaz para integrar los esfuerzos en materia de desarrollo por los diversos grupos en una organización, de modo que sea posible producir bienes y servicios a los niveles más económicos y que sean compatibles con la plena satisfacción de los clientes.

Normalización - Es el proceso de formular y aplicar reglas con el propósito de establecer un orden en una actividad específica, para beneficio y con la cooperación de todos los interesados y, en particular, para la obtención de una economía óptima de conjunto, respetando las exigencias funcionales y de seguridad.

Normalización de Empresa - Es el conjunto de métodos que permite unificar las actividades de una organización y que afectan su funcionamiento, buscando un beneficio óptimo de conjunto con la participación de los intereses comprometidos en el desarrollo de tales actividades.

¹ Ingeniera Química, Jefe Departamento Control de Calidad -SACEITES e Ingeniero Químico, Gerente Técnico SACEITES, A.A. 1701, Tel: 468484. Bucaramanga, Colombia

Norma - Es un documento obtenido por consenso que requiere de un ensayo, prueba o inspección para verificarse. Norma es regla y se quiere que se hagan reglas para las empresas.

POR QUE NORMALIZAR ?

Cómo se encuentran usualmente las normas?

. En la memoria de las personas.

. En manuscritos incompletos o notas personales.

. En catálogos de procedencia externa.

. En documentación desarrollada por instituciones o personas externas a la Empresa.

Qué efecto produce ello en la organización?

. Dependencia.

. Pérdida de información.

. Normas parciales.

. Normas que no son del dominio general.

. Se adoptan normas o condiciones generales.

OBJETIVOS FUNDAMENTALES DE LA NORMALIZACION DE EMPRESA

. Unificar el lenguaje: La idea no es escribir lo que se está haciendo; hay que conocer lo que se está haciendo bien para hacer la norma.

. Identificar desperdicios: De esta manera se pueden estudiar las formas de eliminarlos.

. Satisfacer de mejor manera al cliente que la competencia (Normas de Producto Terminado).

. Exigirle al proveedor (Normas de Materia Prima).

. Funcionamiento interno.

COMO NORMALIZAR

Para comenzar a normalizar se debe analizar: El tamaño de la Empresa, la gente (cantidad) y la capacidad económica de la Empresa.

Parámetros que deben definirse para organizar la Normalización de Empresa:

1. Tipo de organización:

NO FORMAL= Grupos de trabajo bajo la coordinación del Gerente:

- . No exige programa.
- . Responsable cada grupo.
- . No se presupuesta.
- . Poder decisorio parcial.
- . No requiere capacitación previa.

FORMAL= Departamento, unidad o grupo con apoyo a otras áreas externas:

- . Programa con plazos de ejecución.
- . Responsable de preparar, estudiar y promocionar.
- . Presupuesto fijo.
- . Poder de decisión absoluto.
- . Requiere capacitación previa.

2. Ubicación de la organización de Normalización dentro de la estructura de la empresa: Esta debe estar en el nivel más alto.

3. Areas que debe cubrir la Normalización de empresa:

- . Planificación.
- . Materiales.
- . Producción.
- . Control.
- . Mantenimiento.
- . Comercial.

4. Alcances de la Normalización en la Empresa

MATERIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FUNCIONES	*								
DIMENSIONES				*	*		*		
ENSAYOS					*		*		*
TERMINOLOGIA	*	*		*	*	*	*	*	*
NOMENCLATURA				*			*		*
MUESTREO									
BASICOS	*	*		*	*	*	*	*	*
PROCEDIMIENTOS	*	*	*	*			*		*
SEGUNDAS	*	*		*	*	*	*		*

1-Personal, 2-Administrativa, 3-Financiera, 4-Diseño, 5-Producción, 6-Almacén, 7-Control calidad, 8-Ventas, 9-Compras.

5. Formas de Operación

- . Método de consulta.
- . Método de comité.
- . Método mixto.

6. Personal de apoyo

CASO NO FORMAL

. Personal, Departamento, Unidad a la cual se le asigne desarrollo de temas.

CASO FORMAL

- . Selección de personal experimentado.
- . Personal auxiliar.

7. Fuentes de información que deben consultarse para elaborar especificaciones:

- . Procedimientos urgentes elaborados anteriormente en la empresa.
- . Normas del sector industrial correspondiente.
- . Normas Nacionales.
- . Normas de otros países: COVENIN, JIS, DIN ANSI, UNE, BS,...
- . Normas Internacionales: ISO, IEC, OIML, CODEX,...

Como codificar las normas

El Código de las normas es importante para:

- . Simplificar la designación.
- . Facilitar la comunicación.
- . Clasificar la información.
- . Identificar partes y piezas.
- . Ahorrar espacios.
- . Guardar reservas.

Ejemplo de codificación de algunas empresas:

x 00 00

x: Letra que identifica el Manual donde va a ir la norma correspondiente.

00: Area o etapa con la cual se identifica la norma.

00: Consecutivo

Ejemplo: A 12 25

A: Manual de fabricación: de operación o de mantenimiento

12: Etapa específica dentro del proceso de fabricación: Desgranado, desclarificado.

25: Número de norma consecutivo global de emisión de la norma

Identificación páginas de norma

- 1- . 1 de 5
- . 2 de 5
- . 3 de 5
- . 4 de 5
- . 5 de 5
- 2- . 1 de 5
- . 2
- . 3
- . 4
- . 5

Metodología para el establecimiento de la norma

- . Solicitud de elaboración de Norma.
- . Elaboración.
- . Aprobación.
- . Difusión.
- . Anulación (En caso necesario).

Ejemplo de normas hechas para producto terminado

1. OBJETIVO
2. DEFINICION
3. CONDICIONES GENERALES (Aspectos cualitativos del producto como color, olor)
4. REQUISITOS (Aspectos cuantitativos del producto)
5. TOMA DE MUESTRAS
6. METODOS DE ENSAYO
7. DISTRIBUCION (Manejo y transporte)

Es importante recordar que cuando falta uno de los numerales en la norma, se salta la numeración y queda consecutivo.

Ejemplo: Si no existen definiciones queda así:

1. OBJETIVO
2. CONDICIONES GENERALES

PARA LOGRAR LA NORMA DEBE TENERSE EN CUENTA:

CAPACITACION

Enseñar a alguien cómo se hace un trabajo determinado

EDUCACION

Hacerle ver a alguien qué es mejor y si lo está haciendo mal cómo corregirlo.

CIRCULO DEL PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar)

- PLANEAR
 - . Normas de calidad.
 - . Tiempos de entrega.
 - . Servicios Post-venta.
 - . Análisis de costos.
- HACER
 - . De acuerdo con la Normalización de Empresa
- VERIFICAR
 - . Si la ejecución se efectúa según la normalización de empresa.
- ACTUAR
 - . Capacitar según la normalización de empresa.
 - . Mejorar las normas si son inadecuadas.

COMO NORMALIZAR EL PRODUCTO

Es necesario que la empresa conozca las características de calidad del producto.

Cumplir una característica de calidad implica que el resultado está entre una tolerancia mínima y una tolerancia máxima, por ello es necesario añadir el concepto de variabilidad en la especificación.

Para conceptuar si existe o no calidad se debe tener en cuenta:

BENEFICIOS DE LA NORMALIZACION DE EMPRESA

- Mejora la producción en cuanto a la calidad, cantidad y regularidad.
- Facilita el acceso a datos técnicos.
- Permite reducir los desperdicios.
- Permite reducir costos.
- Permite la organización racional de la fabricación y del recurso humano.
- Permite un mayor ajuste entre la oferta y de la demanda.
- Facilita la comparación de ofertas.
- Facilita la formulación de pedidos.
- Aumenta la productividad.
- Disminuye los litigios.
- Protege al consumidor, garantizándole calidad.

EFFECTOS DE LA NORMALIZACION EN LA EMPRESA

- . Aumenta la eficiencia y la unificación de criterios, porque mediante el uso de procedimientos y métodos

normalizados se logra volver rutinarias las prácticas repetitivas.

- . Son factor de **reducción de costos y simplificación.**
- . Representan una motivación para mejorar y mantener la calidad.
- . Son la guía y a la vez el control de los diferentes departamentos.
- . Representan la materialización del conocimiento técnico.
- . Facilitan la comunicación interna.

CONTROL RAPIDO DE PRODUCCION

Generalidades - Hoy en día se utilizan algunos ensayos rápidos que aunque no son precisos para fines estadísticos, determinan, en un momento dado, las condiciones de trabajo de una fábrica, y le ayudan a la dirección técnica a adoptar un criterio de manejo.

Estas pruebas en una Planta Extractora son las siguientes:

1. COMPOSICION DEL ACEITE CRUDO

Se dispone en el laboratorio de una centrífuga eléctrica de tubos.

- A la salida de tamiz de aceite crudo se toma una muestra de 500 cm³ y se agita manualmente.
- Se llenan cuatro tubo de 10 cm³ cada uno, se centrifugan a unos 5.000 r.p.m. durante 5 minutos.
- Se examinan los cuatro tubos centrifugados y se anota el valor porcentual de las capas de aceite, lodos ligeros, agua y lodos pesados.
- Si hay diferencia entre las lecturas de los cuatro tubos, se determinan el promedio aritmético.
- Se comparan los resultados con los siguientes valores normales (% en volumen):

Aceite:	35%
Lodos ligeros:	5%
Agua:	35%
Lodos pesados:	25%

2. ANALISIS DE AGUAS LODOSAS A LA SALIDA DEL SEPARADOR PRIMARIO.

- La toma de muestra de ensayo de centrifugación se realiza como en el caso anterior.
- Se comparan los resultados con los siguientes valores normales (% de volumen).

Aceite:	10%
Lodos ligeros:	10%
Agua:	50%
Lodos pesados:	10%

3. ANALISIS DEL ACEITE RECUPERACION EN CENTRIFUGAS SEPARADORAS

a. A la salida de cada centrífuga separadora se toma una muestra y se analiza como en los casos anteriores.

b. El resultado se compara con los siguientes valores normales (% de volumen)

Aceite:	45%
Lodos ligeros:	40%
Agua:	15%
Lodos pesados:	Trazas

4. HUMEDAD DE LAS ALMENDRAS A LA SALIDA DEL DESFIBRADOR

- A la salida del desfibrador se tomas 5 kg de nueces, se homogenizan la muestra y se rompen en el laboratorio las nueces que sean necesarias para obtener 100 g de almendras pesadas con exactitud a 0,1 g.
- Se determina por secamiento, según el método normal, la humedad de las almendras.
- Se compara el resultado con un valor entre 12 y 15%

5. COMPOSICION DE LA MEZCLA TRITURADA

- En la descarga de cada triturador de nueces se toman 5 kg de la mezcla.
- Los 5 kg se homogenizan lo mejor posible y se pesa 1 kg.
- Se separan y se pesan por aparte las nueces enteras, las almendras adheridas a los cuescos, los cuescos y polvo, las almendras enteras y las almendras rotas. Se determina el porcentaje en peso de cada una de las cinco fracciones mencionadas.

d. Se compra el resultado de los siguientes valores normales.

Nueces enteras:	4,5 - 6,0%
Almendras adheridas a los cuescos:	3,8 - 4,5%

Cuescos y polvo:	41,0 -46,0%
Almendras enteras:	36,0 -49,0%
Almendras rotas:	4,4 - 6,9%

6. HUMEDAD DE LAS ALMENDRAS A LA SALIDA DE LOS SILOS SECADORES DE NUECES.

a. En la descarga del silo secador de nueces tomar una muestra y proceder como se indica en el caso anterior.

b. Se compara el resultado con un valor normal que debe estar situado entre 7 y 8%.

ANALISIS FISICOQUIMICOS

Generalidades - Para determinar las características fisicoquímicas de los productos obtenidos es necesario conocer las normas existentes y elaborar las internas; de esta manera todos conocerán exactamente el procedimiento a seguir en la determinación de estos análisis.

Estas son algunas de ellas:

1. METODO DE DETERMINACION DE LA ACIDEZ (Norma ICONTEC 218).
2. METODO DE DETERMINACION DE HUMEDAD Y SUSTANCIA VOLATILES (Norma ICONTEC 287).
3. METODO DE DETERMINACION DE SUSTANCIA EXTRAÑA (Norma ICONTEC 240).
4. DETERMINACION DEL COLOR (Norma ICONTEC 564)
5. DETERMINACION DE PUNTO DE FUSION (Norma ICONTEC 213)
6. DETERMINACION DE CONTENIDO DE GRASA (Norma ICONTEC 1142)

7. DETERMINACION DEL INDICE DOBI (Deterioro de blanqueabilidad)

Este análisis se determina en aceite de palma.

Los aceites oxidados son muy difíciles de blanquear, ya que los carotenos se han degradado y en el aceite prevalece un color marrón opaco.

Las muestras de este tipo causan una destrucción dramática de los carotenos y los tocoferoles, y presentan incremento en la oxidación secundaria de los productos. Esta puede medirse por absorbancia UV a 268 nm.

El índice DOBI se define como el radio de absorbancia a 445 nm dividido por el de 268 nm.

Las absorbancias se miden con solventes. Una solución de 0,5% de aceite crudo palma (ACP) en un solvente hidrocarbónico, como octano.

El DOBI es una medida de la calidad de los aceites crudos de palma.

DOBI: 3-4 = Aceites que son fácilmente blanqueados y de los que se obtiene muy buen color.

DOBI: +/-2 = Aceites de una calidad pobre.

DOBI: 1 o menos = Aceite sólo para uso técnico.

CONTROL DE PERDIDAS

Generalidades - Las evaluaciones de las pérdidas de producción en la fábrica son un indicador de la eficiencia y ponen de manifiesto el comportamiento de una máquina individualmente o de una sección.

Para lograr resultados confiables es necesario que la muestra que se tome para analizar sea representativa.

En cuanto al aceite de palma, las pérdidas se presentan sobre las siguientes materias:

1. RAQUIS DESFRUTADOS (Aceite impregnado sobre los mismos)

a) Toma de Muestras y Frecuencia

A la descarga de raquis desfrutados sobre el transportador de banda, tomar al azar un raquis cada hora, evitando los racimos verdes sin desfrutar para los cuales debe hacerse una evaluación diferente. Cuando se hayan recolectado cuatro raquis, partir cada uno longitudinalmente en cuatro partes iguales. Juntar una parte de cada raquis, picarlas y mezclarlas bien. De esta mezcla se tomará la muestra de 50 g para el análisis.

La frecuencia de la toma de muestra debe ser una vez por cada turno.

b) Procedimiento y Aparatos- Puede seguirse cualquiera de los métodos descritos para evaluar las pérdidas en fibras, pero utilizando una muestra fresca de 50 g.

c) Norma - Contenido de aceite en materia total de aproximadamente 2,5 %

2. FRUTOS RESTANTES ADHERIDOS SOBRE RAQUIS

a) Frecuencia - Una vez por turno

b) Definición

1. Racimos - Son aquellos racimos en los cuales la totalidad o una gran parte de los frutos no fue desprendida después de la desfrutación.

2. Racimos mal desfrutados - Son aquellos que contienen aún algunos frutos después de la desfrutación, pero éstos pueden retirarse fácilmente con la mano.

c) Procedimiento

Sobre el transportador de banda, a la descarga de raquis del desfrutador ir contando cien (100) raquis y separar todos aquellos determinados como duros o mal desfrutados según los criterios establecidos anteriormente.

d) Cálculo

Los resultados se expresan como porcentaje en número sobre el total de raquis examinados.

Raquis duros separados = % racimos duros

Raquis mal desfrutados separados = % racimos mal desfrutados

e) Norma

En buenas condiciones de esterilización (presión, duración) y con buen estado de madurez de los racimos frescos el porcentaje de racimos duros debe ser inferior a 2%. Así mismo, si la esterilización es bien operada y el desfrutador funciona correctamente, el porcentaje de racimos mal desfrutados debe ser inferior al 3%.

3. ACEITE EN LAS FIBRAS

a) Aparatos

Método de Soxhlet.

Cápsula de porcelana mediana.

Aparatos de Soxhlet.

Papel de filtro.

Aparato destilador de disolventes.

b) Reactivos

Método de Soxhlet : Tricloroetileno

c) Toma de Muestras y Frecuencia

De cada una de las prensas se toma una muestra cada hora y se acumula separadamente para que luego de 4 horas se haga una homogenización y se pese la cantidad necesaria para el análisis según el método utilizado. La muestra debe estar libre de nueces o palmiste.

La frecuencia de este análisis es de una vez por prensa y por turno.

d) Procedimiento

Pesar en la cápsula de peso conocido 10 g de la muestra con precisión al 0,1 g. Poner a secar en el horno a 105°C hasta obtener peso constante (3 horas). Dejar enfriar la cápsula con la muestra seca en un desecador. Pesar para obtener el peso P_s de la muestra seca. Poner la muestra seca en un cartucho hecho con papel de filtro que se coloca en la trompa del aparato de Soxhlet. En el balón de este aparato se coloca una cantidad aproximada de 150 ml de tricloroetileno. Poner en funcionamiento el aparato ensamblado de tal manera que caliente el disolvente para evaporarlo. Los vapores del disolvente ascienden hasta el refrigerante (circulación de agua fría) en donde se condensan y caen a la trompa. Una vez llena la trompa se desborda el tricloroetileno por el sifón y cae al balón arrastrando consigo el aceite. El ciclo de evaporación, condensación y desbordamiento se continúa hasta que el color naranja del aceite en el papel filtro haya prácticamente desaparecido (al cabo de 4 a 5 horas). Luego se desmonta el aparato. Se destila el disolvente y se seca en el horno hasta evaporar las trazas del tricloroetileno (cosa que se conoce por el olor). Enfriar el balón en el desecador y determinar el peso del aceite H.

e) Cálculos

$$\% \text{ Aceite/fibras secas sin aceite} = \frac{H}{P_s} \times 100$$

También puede determinarse la humedad, si se requiere para algún fin, por diferencia entre el peso de la muestra fresca y el peso de la muestra seca, así:

$$\text{Humedad} = P_{10} - P_s$$

$$P_{10} = \text{Muestra Fresca}$$

$$\% \text{ Humedad/fibras secas sin aceite} = \frac{P_{10} - P_s}{P_s} \times 100$$

f) Norma

Contenido de aceite en fibras alrededor del 7,0% utilizando únicamente prensas de tornillo.

4. ACEITE SOBRE LAS NUECES

a) Aparatos

Balones de fondo plano de 250 ml.

Refrigerante para acoplar a los balones.

Cápsula de porcelana mediana.

Papel de filtro y embudo.

b) Reactivos Tricloroetileno.

c) Frecuencia Una vez por día.

d) Procedimiento

El método descrito a continuación no es exacto en todo el sentido del término, pero da una suficiente precisión en el campo industrial. Tómense aproximadamente 50 g de las nueces y pénsese en la cápsula de porcelana de peso previamente conocido, al 0,1 g de precisión. Trasládense las nueces a uno de los balones y añádanse 150 ml de tricloretileno, parte del cual puede utilizarse para lavar un poco la cápsula antes de echarlo al balón, por si aquella ha quedado impregnada con algo de aceite. Póngase el balón a la estufa a temperatura media acoplándole el refrigerante para evitar la evaporación del disolvente, durante una 2 horas. Retírese el balón y fíltrese su contenido a través del embudo y papel de filtro, recogiendo la miscela en un segundo balón previamente pesado. Lavar las nueces y el papel filtro con un poco más de tricloretileno pero recogiendo el filtrado en el mismo balón. Acoplar el balón al aparato destilador de disolvente, lo que se conoce porque la miscela deja de hacer burbujas. Retirar el balón y secar al horno para eliminar las trazas de disolvente. Enfriar en el desecador y pesar para obtener el peso H de aceite.

e) Cálculo

$$\% \text{ Aceite/nueces} = \frac{H}{P50-H} \times 100$$

P50= peso muestra fresca

f) Norma

Contenido de aceite en nueces máximo de 0,60 %

5. ACEITE EN LAS AGUAS RESIDUALES DE CLARIFICACION (Aguas de desecho)

a) Evaluación

Las aguas de desecho se componen esencialmente de:

Agua - Aceite - Materias secas

Teniendo en cuenta que la proporción de agua pura dentro de las aguas de desecho varía sobre un margen amplio, desde hace años ha caído en desuso la expresión de "aceite sobre volumen total de aguas", tal como se empleaba. Es seguramente más conveniente determinar el contenido de aceite sobre materias secas, siendo la cantidad de estas últimas casi proporcional al peso de racimos procesados.

b) Aparatos y Reactivos

Como para Aceite en Fibras, método de Soxhlet.

c) Procedimiento

De cada una de las centrifugas de lodos, a la descarga de los tanques florentinos, se toman 100 cm³ de muestra cada hora y se acumulan durante 4 horas, al final de las cuales se mezclan bien los 400 cm³ y se toman 100 cm³ para el análisis. En una cápsula de porcelana, de peso conocido se coloca la muestra de aguas lodosas y se pesa con precisión al 0,1 g. Se lleva a la estufa a 105 °C hasta secamiento total. Se enfría la muestra, se pulveriza con la ayuda de una mano de mortero y se pesa de nuevo cuidadosamente. La muestra se pasa a un papel de filtro pesado previamente con precisión al 0,1 g. Se procede a la extracción según el método de Soxhlet explicado anteriormente. Determinar el peso de aceite obtenido.

d) Cálculo

$$\% \text{ de Aceite en lodos} = \frac{\text{Peso Aceite}}{\text{Muestra seca con aceite-Peso aceite}} \times 100$$

e) Norma

Contenido de aceite máximo admisible en sólidos secos 14%.

6. CONTROL DE PERDIDAS EN ALMENDRAS

a) El muestreo para los análisis de almendras, en cuanto a pérdidas se refiere, puede hacerse en todos los casos en igual forma, tomando a cada hora un puñado grande del desecho y acumulándolos en las cajas de madera respectivas para obtener la muestra al final de la jornada. Mezclar bien antes de tomar la muestra.

No se requiere para estos análisis ningún aparato, a excepción de un martillo y un sitio especial para triturar algunas nueces enteras que se encuentran en los desechos. Basta sólo con determinar manualmente la cantidad de almendras en cada muestra según se indica en el procedimiento descrito a continuación, que es similar para todos los casos.

b) Frecuencia

Sobre fibras: Una vez por día

Sobre polvo de la trituración: Una vez por día

Sobre cáscaras a la salida del separador: Dos veces por turno.

c) Procedimiento

Sobre 1 g de muestra pesada exactamente, se determinan las cantidades de almendras contenidas como:

- 1) Almendras enteras (Ae).
- 2) Almendras rotas (Ar).
- 3) Almendras adheridas a la cáscara (Aa).
- 4) Almendras en las nueces enteras (An).

d) Cálculo

$$\begin{aligned} \% \text{ de almendras/desecho determinado} &= (Ae+Ar+Aa+An) \\ &\cdot 100/1000 \\ &= (Ae+Ar+Aa+An)/10 \end{aligned}$$

e) Norma

Pérdidas tolerables de almendras

- En fibra: 1,0%
- En polvo antes de separación: 1,0%
- En cáscaras 4,0%

En todos los casos, los análisis que se efectúan en el laboratorio deben servir no sólo para tener una idea relativa de las pérdidas y para calcular el rendimiento, sino también para determinar la causa de una posible falla en el funcionamiento de la sección.

MANUAL DE LABORATORIO

Este manual debe elaborarse con el fin de tener al alcance de la mano una guía que se pueda consultar permanentemente en caso de duda o para enseñar a un nuevo colaborador los análisis a determinar en el proceso.

El Manual del laboratorio debe contener la siguiente información:

Indicadores Generales:

1. PROPOSITO
2. OBJETIVOS
3. GLOSARIO DE MATERIAL (Fig. 1-3)
4. MATERIAL
5. TERMINOS

Organización

Métodos de Ensayo

Análisis necesarios por sectores

Procedimientos Generales:

1. REGISTRO DE DATOS
2. ELABORACION INFORMES DE ENSAYO
3. METODOS GENERALES DE OPERACION CON MUESTRAS.

- Registro de Muestras

. Materias primas

. Producto terminado

- Identificación de muestras

- Aceptación o rechazo

Equipos de Ensayo

CALIBRACION

Programa de limpieza y mantenimiento del laboratorio
Seguridad industrial en el uso de reactivos
Mantenimiento del manual.

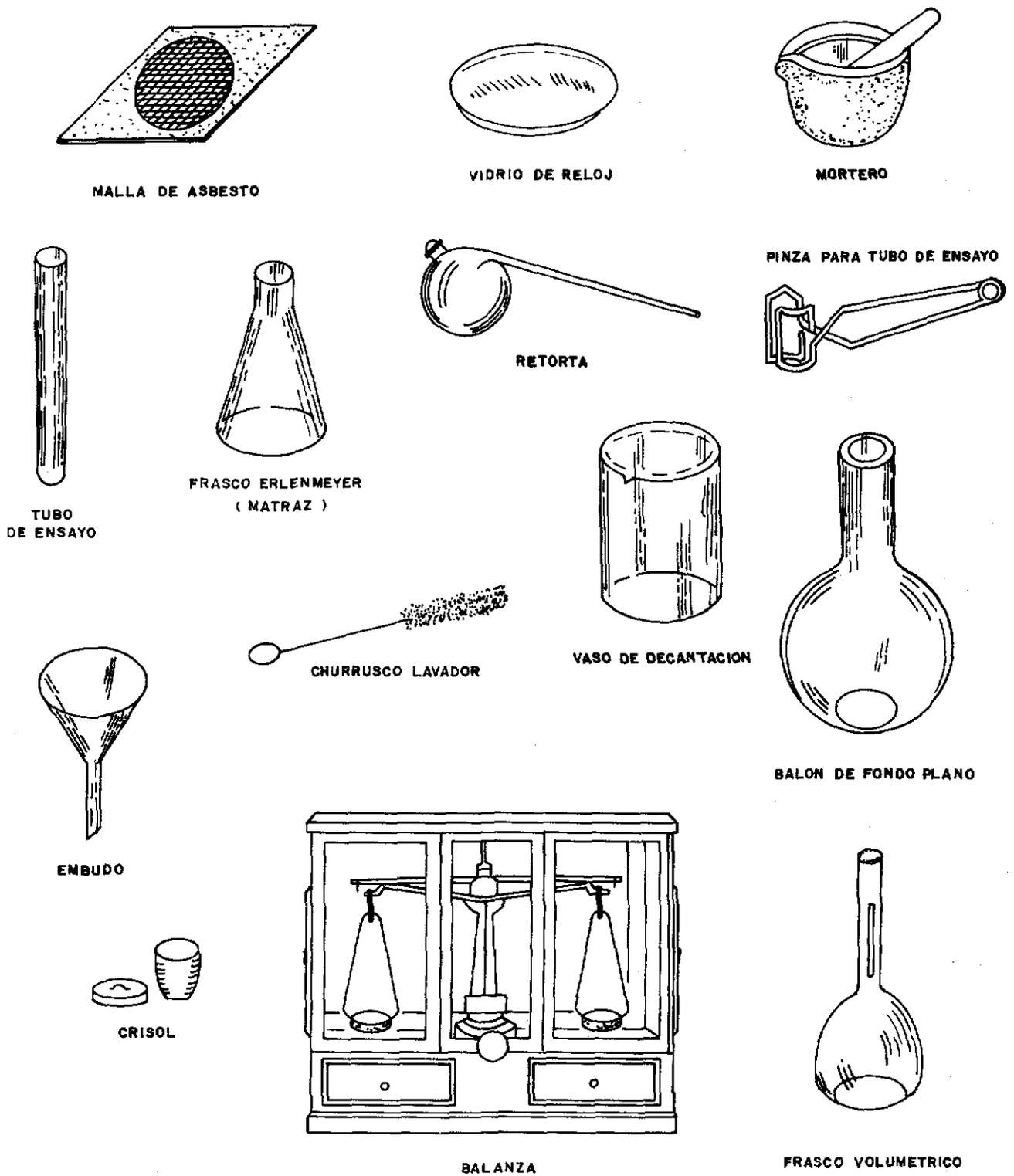


Figura 1. Manual de laboratorio - Indicaciones Generales

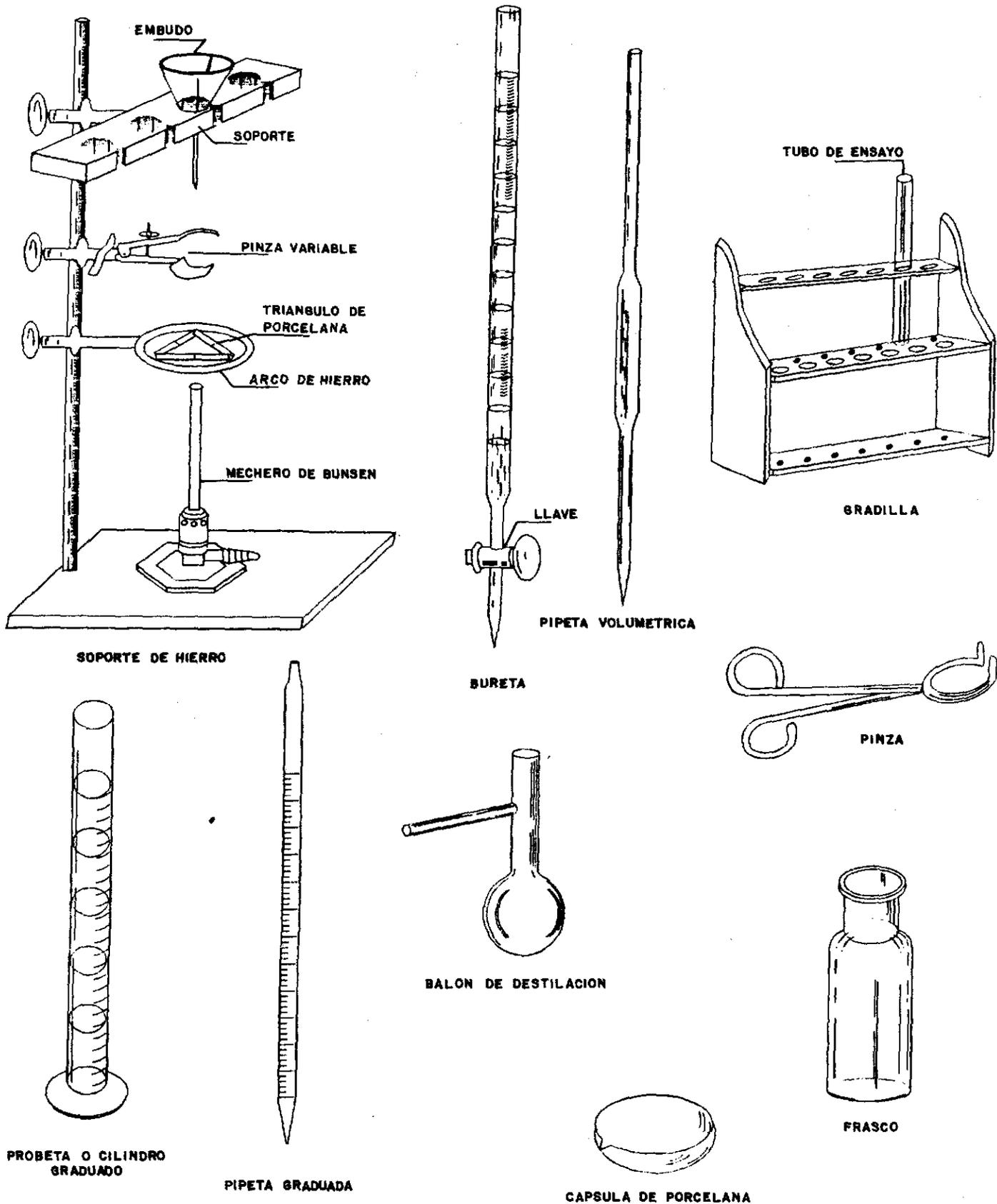
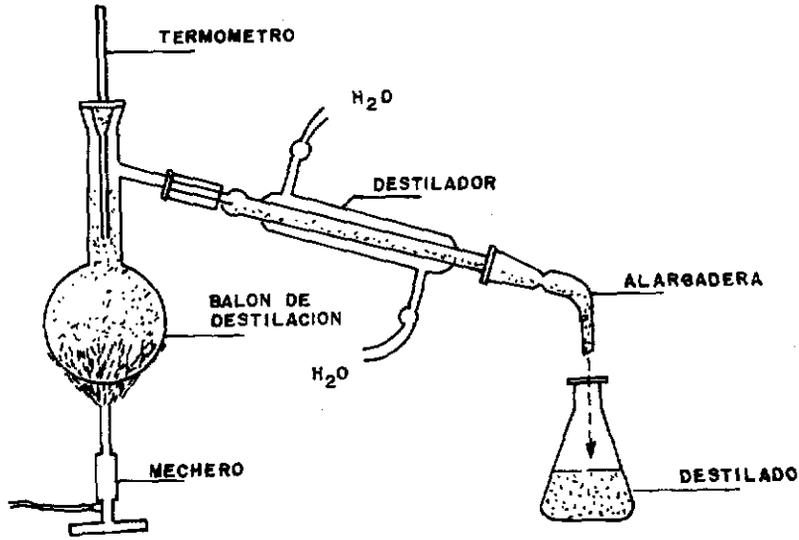


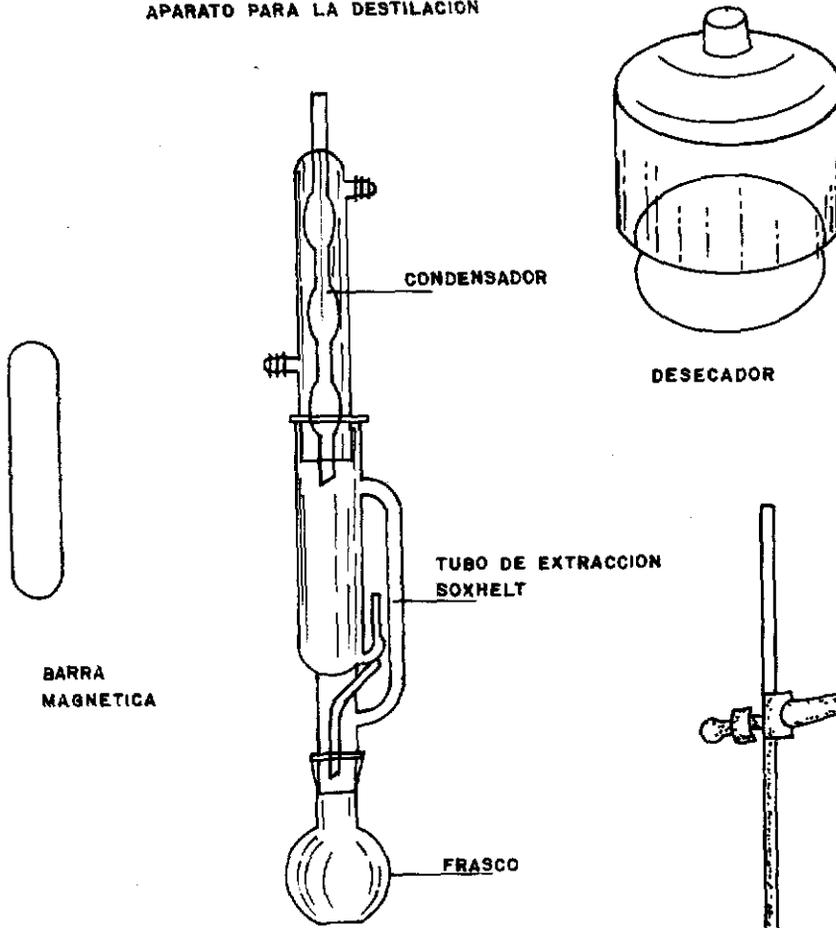
Figura 2. Manual de laboratorio - Indicaciones Generales



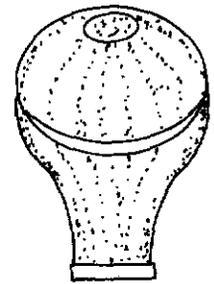
APARATO PARA LA DESTILACION



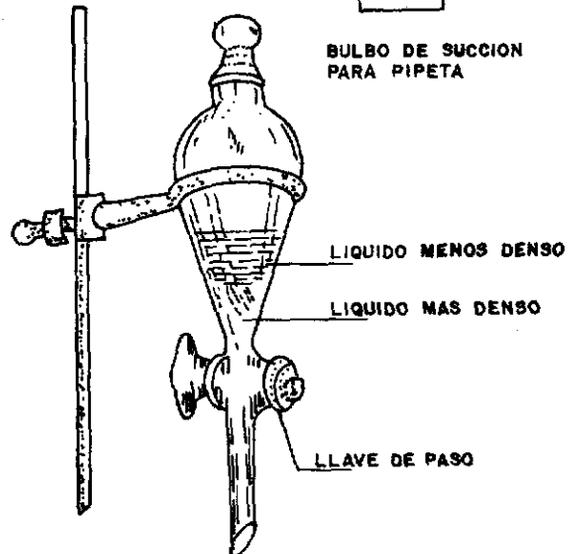
ESPATULA



EQUIPO PARA EXTRACCION



BULBO DE SUCCION PARA PIPETA



EMBUDO DE DECANTACION



PINZA DE PRESION

Figura 3. Manual de laboratorio - Indicaciones Generales

INCIDENCIA DE LA CALIDAD DEL ACEITE CRUDO DE PALMA EN LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS

SONNIA MAYA TORRES ¹

El atributo de calidad más importante en cualquier aceite crudo para utilización alimenticia es la oxidación, ya que ella afecta el sabor del producto final.

FACTORES QUE AFECTAN LA OXIDACION EN EL ACEITE DE PALMA

En general, la oxidación de todos los aceites depende de:

- a) La composición de ácidos grasos.
- b) El contenido de metales Cu > Mn > Fe > Ni > Al.
- c) El calor.
- d) La presencia de oxígeno.
- e) El contenido de humedad.

a. Composición de ácidos grasos

Este factor es intrínseco del producto. El aceite de palma contiene ácidos grasos muy estables a la oxidación (Tabla 1).

TABLA 1. Composición comparativa promedio de ácidos grasos.

ACIDOS GRASOS	CLASES DE ACEITES				
	PALMA	SOYA	ALGODON	GIRASOL	OLIVA
% U3	0,4	9,3	0,0	0,0	0
% U2	10,0	55,0	55,0	60,0	4,7
% U1	39,1	19,5	17,3	30,4	81,8
% U5	0,5	16,2	27,70	9,6	13,5
RANCIMAT * (1)	11,7	3,3	2,9	4,3	10,0

* (1) Estabilidad oxidativa 100° C aceite desodorizado sin antioxidante (horas).

b. Contenido de metales (Tabla 2)

El hierro y el cobre son fuertes prooxidantes que pueden reducir la estabilidad oxidativa fuertemente, aún a bajas concentraciones.

TABLA 2. Concentración de metales necesaria para reducir a la mitad de tiempo de conservación de un Aceite saturado a 98 °C

METAL	CONC. EN PPM.
Cu	0,05
Fe	0,60
Ni	2,20
Zn	19,60
Al	50,00

Por otra parte, el Fe acompleja el caroteno, haciendo que no se pueda remover ni a altas temperaturas para degenerarse en colores oscuros.

El cobre y sus aleaciones no debe utilizarse en el equipo destinado al manejo y almacenamiento del aceite.

La contaminación con hierro es difícil de evitar puesto que la mayoría de industrias utilizan equipos de hierro negro en tanques, bombas y tuberías; sin embargo, el tratamiento y limpieza adecuado de estos equipos puede mantener dicha contaminación al mínimo.

El proceso de cosecha tiene un fuerte impacto en la oxidación, debido a que los frutos pueden transportar suciedad, lo cual constituye un riesgo potencial con agentes prooxidantes. Igualmente, el proceso de extracción debido al efecto abrasivo; por ello, es importante la eliminación mecánica de impurezas con magnetos e hidrociclones antes del almacenamiento del aceite.

c. Calor

La oxidación de los aceites se duplica con cada incremento de 10°C en la temperatura, lo cual afecta también la blanqueabilidad del mismo; por ello, el aceite se debe manejar a la temperatura más baja posible. Por regla general se tiene un máximo de 10°C por encima del punto de fusión y almacenarse a temperatura ambiente, calentándose el aceite mediante serpentines a la temperatura mínima (60°C el menor tiempo posible) sólo antes de ser utilizado.

¹ Química, Gerente Control de Calidad Lloreca Grasas, Calle 15 No. 28-370 Tel: 645043, Cali, Colombia

Un método práctico para proteger la calidad del aceite crudo es pintar la parte externa de los tanques de almacenamiento de color blanco o aluminio y dotarlos de serpentines de vapor para facilitar la fusión y homogenización.

d. Presencia de Oxígeno

Obviamente, si no hay oxígeno tampoco habrá oxidación. Los aceites disuelven el oxígeno durante su manejo si no se establecen buenas prácticas de manufactura como son:

- . Trabajar en sistemas al vacío.
- . Llenar los tanques de abajo hacia arriba.
- . Evitar turbulencias.
- . Almacenar en tanques al máximo de su capacidad.
- . Construir tanques con una relación altura/diámetro de alrededor 2,3, de tal modo que la cantidad de aceite superficial en contacto con el aire sea lo más baja posible.

e. Contenido de humedad

Este factor afecta el nivel oxidativo, ya que ayuda a la formación de hidroperóxidos que es la etapa inicial de la oxidación.

INCIDENCIA DE LA OXIDACION EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL

El aceite de palma no sólo afecta la estabilidad oxidativa del producto terminado sino también su capacidad de blanqueo, factor este de vital importancia dentro del control de calidad del producto. Ello debido a que el caroteno se oxida con los triglicéridos formando pigmentos amarillos muy estables, siendo necesario incrementar el porcentaje de tierras en el proceso de pretratamientos y recurrir a un fuerte tratamiento térmico, el cual afecta el contenido de antioxidantes naturales como el tocoferol, haciendo que el producto sea inestable.

Hay parámetros relativos al estado de oxidación que deben ser tenidos en cuenta para conocer el grado oxidativo del producto y por ende su blanqueabilidad.

- a. Totox [2 (índice de peróxidos + valor anisidina)]
- b. Test Doby.
- c. Test de blanqueabilidad Scopa
- d. E 1% 233
- e. Trazas metálicas

a. **Totox** - Da una imagen global del nivel de oxidación. Sin embargo, no tiene en cuenta el impacto de los prooxidantes y antioxidantes.

b. **Test-Doby** - Desarrollado por la Asociación Malaya de Procesadores de Aceite de Palma.

Doby	= E 1% 446/ E 1% 269 - color final obtenido*	
< 2,0	- Difícil de refinar	- Min. 4 rojo
2,0 - 2,3	- Impredecible	- 2 a 5 de rojo
> 2,3	- Fácil de refinar	- Max. 3 rojo

* En aceite de palma Malayo

Estos valores se afectan también por el grado de acidez del aceite, habiéndose encontrado en la práctica, en Colombia, que por encima de 4,5% de acidez oleico (4,01% palmítico) el resultado puede ser impredecible.

TABLA 3. Relación de calidad del aceite crudo vs Calidad del refinado.

CALIDAD CRUDO	APCR		APRF	
	ACIDEZ	DOBI	COLOR	TOTOX
BUENA	4,81	2,50	3,9 x 40	6,30
MALA	6,76	2,10	4,3 x 45	8,81
MUY MALA	10,55	1,73	3,3 x 38 x 0,6	-
		INCREMENTO EN % DE TIERRAS	2,9 x 38 x 0,5 ROJ-AMAR-AZUL	-

Otro factor que afecta la blanqueabilidad del aceite de palma es el contenido de humedad. En efecto, humedades superiores a 0,20% afectan la concentración de ácido fosfórico y de carbonato de calcio de tal manera que hay que incurrir en sobreconsumo de estos aditivos.

c. Test de blanqueabilidad Scopa

Este test simula las condiciones de refinación física a nivel de laboratorio, teniendo una altísima correlación con los valores obtenidos. Tiene la ventaja de que se pueden ensayar las condiciones del proceso como son: temperatura, vacío, porcentaje de tierras, con el fin de determinar cuál puede ser el mejor tratamiento según su calidad.

Sin embargo, en la práctica, una refinación bajo condiciones drásticas mejora el color del producto, pero disminuye su estabilidad oxidativa, haciendo que este tenga baja aceptación durante su uso.

OTROS PARAMETROS DE CALIDAD

En el caso específico del aceite de palma, el deterioro de calidad por incremento de acidez o presencia de agua causa serias dificultades en la obtención de oleína de palma de calidad homogénea.

Lo anterior se debe a que la presencia de mono y diglicéridos (resultantes del rompimiento del triglicérido cuando se forman ácidos grasos libres) afecta la rata de cristalización del aceite durante el proceso de fraccionamiento.

El contenido de estos dos componentes depende de la acidez libre:

-Monodiglicéridos		0,5 a 1%
-Diglicéridos	(FFA 9,0%) -	10,0 a 12%
	(FFA 4,0%) -	6,0 % máximo

Otro factor que afecta la calidad de la oleína es el fraccionamiento descontrolado del aceite crudo durante su almacenamiento.

BIBLIOGRAFIA

BERGER, K.G. 1992. Problemas y soluciones de manejo de aceites y grasas. Congreso de Grasas y Aceites. Buenos Aires, 1992.

PALM OIL RESEARCH INSTITUTE OF MALAYSIA. 1991. Conferencia Internacional sobre aceite de palma. PORIM, Kuala Lumpur.

PORIM. 1983. Quality of Palm Oil. PORIM, Kuala Lumpur. (Occasional Paper. No. 10)

TABLA 4. Calidad de aceite de palma crudo nacional 1993

	CAROTENOS (ppm)	ACIDEZ (palm.)	HUMEDAD	IMPU- REZA. (%)	INDICE DE PEROXIDOS	TOTOX	HIERRO (ppm)	DOBI	PUNTO DE FUSION°C
PROMED.	556	3,41	0,33	0,05	2,10	7,8	--	2,5	35,9
MAXIMO	672	6,62	1,50	0,84	8,99	21,0	3,0	4,75	37,0
MINIMO	405	2,00	1,10	0,02	0,24	3,3	5,0	1,98	35,6

ANALISIS DE LA VARIACION DEL FACTOR DOBI

CARLOS BELTRAN ROLDAN¹

El factor DOBI (Deterioration of Bleachability Index) es un nuevo parámetro de calidad del aceite de palma y se define como la relación de cuatro (4) absorbancias de E446 a E269 de la mezcla de 1% de aceite crudo de palma (ACP) en iso-octano o en n-hexano a 446 y 269 nm respectivamente; a 446 nm se miden principalmente los carotenos y a 269 nm los productos de oxidación secundaria.

El factor DOBI marca una clara división entre los aceites crudos de palma, dividiéndolos entre aceites de Buena Calidad y aceites de Mala Calidad, algunas veces independientemente del contenido de ácidos grasos libres (CAGL) en dichos aceites.

Cuando un ACP tiene un DOBI menor de 2,0 es difícil de refinar y muchas veces el color final deseado en el aceite refinado es imposible de lograr por mucho que recicle a proceso; cuando el DOBI está entre 2,0 y 2,3, el comportamiento del crudo durante la refinación es impredecible y los resultados del aceite refinado dependen, en extremo, de la calidad del proceso utilizado; cuando el DOBI es mayor de 2,3 con toda seguridad el proceso de refinación se lleva a cabo sin ningún problema.

FACTORES QUE AFECTAN NEGATIVAMENTE EL DOBI

Los principales factores que afectan negativamente el DOBI son:

- . Ciclos largos de cosecha (que aumentan también el Contenido de Acidos Grasos Libres CAGL).
- . Permanencia del fruto cosechado en el campo o sin procesar en la Planta, por espacios mayores de 24 horas.
- . Temperaturas muy altas del aceite crudo durante el proceso en la Planta.
- . Contacto directo del aceite crudo caliente con el aire.

. Temperaturas de almacenamiento del aceite mayores a 50°C.

. Temperaturas de despacho mayores a 50°C.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE DESPACHO SOBRE EL DOBI

En la Tabla 1 se consignan los datos comparativos entre el DOBI del aceite crudo despachado, el DOBI del mismo aceite recibido en la Planta Refinadora y la temperatura de despacho:

Tabla 1. Efecto de la temperatura de despacho sobre el DOBI

No. Despacho	Temperatura de Despacho °C	Dobi Despacho	Dobi Recibo	Días entre Desp. - Rec.
7013	80	2,67	2,63	6
7017	65	2,84	2,81	5
7018	65	2,87	2,62	5
7020	71	2,77	2,63	4
7016	65	2,95	2,48	5
7022	73	2,88	2,61	3
7021	61	2,52	2,56	3
7023	60	2,89	2,76	2
7027	74	2,79	2,68	1
7025	71	2,67	2,39	1
7026	74	2,70	2,74	2
7029	67	2,69	2,81	1
7030	70	2,68	2,73	1
7033	70	2,60	2,57	1
7035	65	2,76	2,59	1
7028	63	2,68	2,50	2
7034	65	2,72	2,45	2
7036	65	2,66	2,51	2
7037	62	2,82	2,67	1
7038	62	2,76	2,60	1
Prom. Arit	67,4	2,75	2,62	2,45
D.E.	5,1225	0,1046	0,1140	1,6271

Como se puede apreciar de los datos anteriores, en un promedio de 2,5 días de transporte, el DOBI disminuyó de 2,75 a 2,62, es decir, perdió un 4,73%, con una temperatura de despacho media de 67,4°C.

1. Ingeniero Químico Gerente Palmas de Tumaco/Palmar de Oriente. Calle 26 No. 13-19. Tel: 2869155. Santafé de Bogotá, Colombia

RELACION ENTRE EL CAGL Y EL DOBI

En la Figura 1 se puede apreciar la relación existente entre el Contenido de Acidos Grasos Libres (CAGL) ó Acidez y el DOBI del aceite producido en una planta extractora colombiana.

Se puede observar una correlación directa y clara idea entre el Contenido de Acidos Grasos Libres y el DOBI en el aceite producido.

Para el caso de este ejemplo, durante el trimestre los parámetros, permanencia del fruto cosechado en el campo, demora del fruto en las tolvas de recepción de la Planta Extractora antes de procesamiento de manera de manipuleo del fruto fresco, son muy similares, de manera que para la comparación hecha no se generen factores de disturbio.

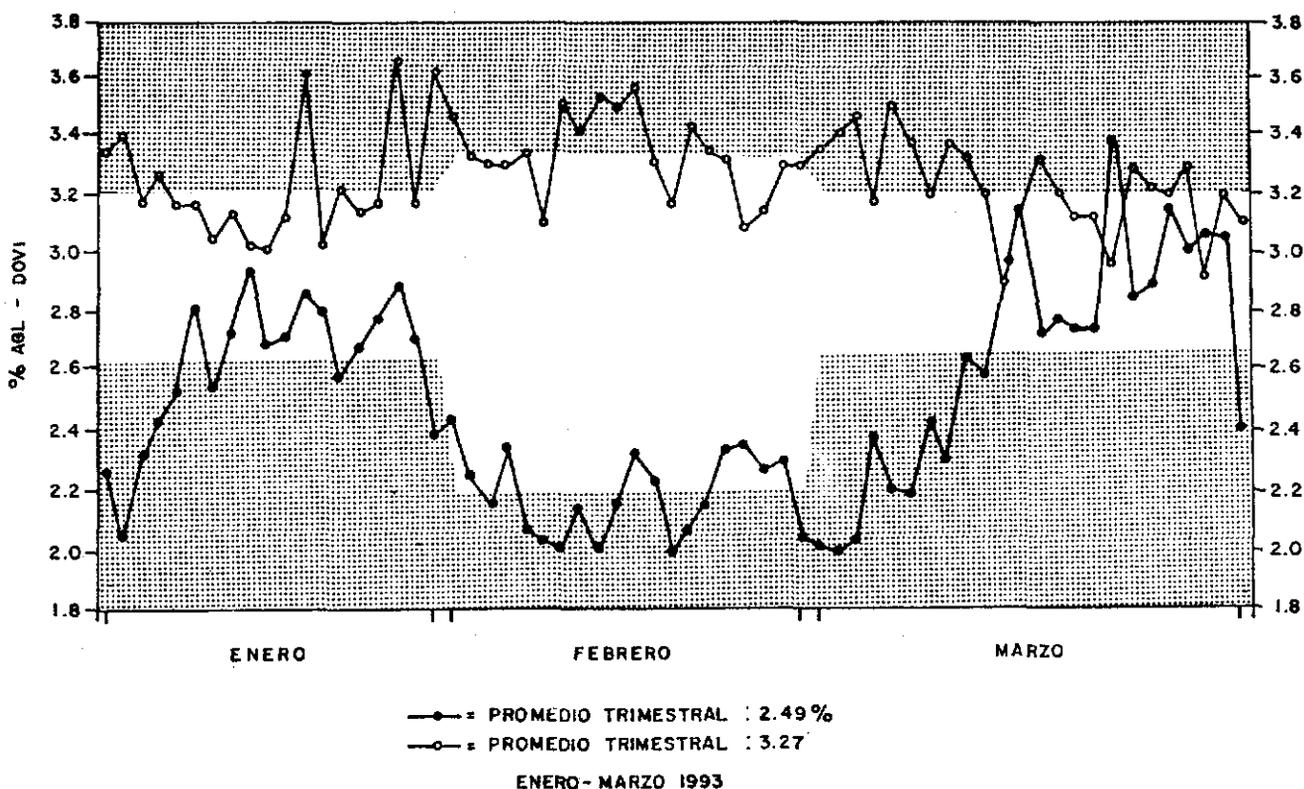


Figura 1. Relación entre el DOBI y GAGL en aceite producido en Colombia

CONTROL DE PERDIDAS DE ACEITE Y DE PALMISTE

Carlos Beltrán Roldán ¹

ANÁLISIS Y MUESTRAS REQUERIDAS

En la Tabla siguiente se presenta la lista propuesta de muestras a tomar y ensayos a realizar con el fin de conseguir un control sobre la producción y determinar el nivel de eficiencia del trabajo diario de algunos equipos, en particular, o de algunas secciones, en general, en la Planta Extractora.

No. MUESTRAS	DESCRIPCION	INFORMACION OBTENIDA
5/Turno	Tusas	(a) Cantidad frutos
1/Turno/Prensa	Torta prensa	(a) % agua/fibra húmeda (b) % aceite/fibra seca (c) % NOS/fibra húmeda
1/Turno/Deslod.	Aguas lodosas	(a) % agua (b) % aceite (c) % NOS secos
1/Turno	Aguas salida Florentinos	(a) % agua (b) % Aceite (mg/litro) (c) % NOS secos
1/Turno/Desfib.	Fibras salida Desfibrador	(a) % Almendras
1/Turno/Despol.	Finos salida Ciclón Polvo	(a) % Almendras
1/Turno/Baño	Cáscaras separadas en baño	(a) % Almendras

ACEITE

Se hace hincapié en que para lograr resultados numéricos confiables es necesario que la muestra escogida para analizar sea representativa.

En lo concerniente al aceite, los puntos de pérdida son principalmente tres:

1. Frutos adheridos a la tusa
2. Aceite en fibras
3. Aceite en aguas residuales de Clarificación

1. FRUTOS ADHERIDOS A LA TUSA

Aunque en las tusas se pueden presentar dos pérdidas de aceite, una por impregnación y otra por frutos adheridos, se hace de preferencia la segunda, por cuanto la muestra

que se puede obtener para evaluar el aceite residual es muy poco confiable debido al número elevado de tusas resultantes en la producción diaria y a la pequeña muestra que se puede tomar de éstas para análisis. El control de este aspecto se debe hacer en la fase producción por observación directa.

Para la determinación de frutos adheridos se deben tomar al menos cinco (5) tusas al azar, por cada turno, y se contarán los frutos restantes en cada una de ellas y se informará el promedio aritmético de los resultantes.

Norma: En una tusa no deben quedar más de cinco (5) frutos restantes; es necesario diferenciar los frutos adheridos por racimos verdes, pues obviamente, cuando un racimo verde entra a producción, la Esterilización normal que se aplica no es suficiente para lograr un ablandamiento de la unión de los frutos a la tusa; entonces, estos racimos saldrán del Desfrutador con los frutos muy golpeados pero aún fuertemente adheridos.

En la anotación o reporte respectivo se debe hacer la distinción entre frutos residuales en tusas de racimos maduros y tusas de racimos verdes. En casos donde se amerite por exceso de racimos verdes, el laboratorio ampliará la muestra a cien (100) tusas, de las cuales informará cuántas son aún racimos verdes y de las restantes tomará la muestra respectiva para el análisis normal.

2. ACEITE EN FIBRAS

La torta expelida por las prensas está compuesta principalmente de fibras, nueces, aceite y agua. Hasta la fecha no se han desarrollado sistemas de extracción que produzcan una torta sin un contenido apreciable de aceite; éste, preferentemente, queda impregnado en las fibras. Por lo tanto, la evaluación del aceite en fibras es un indicativo de la buena marcha de la extracción, amén de la eficiencia global de la Planta.

Procedimiento:

Hay dos métodos analíticos que demandan condiciones de operación diferentes:

¹ Ingeniero Químico Gerente Palmas de Tumaco/Palmar de Oriente. Calle 26 No. 13-19. Tel: 2869155. Santafé de Bogotá, Colombia

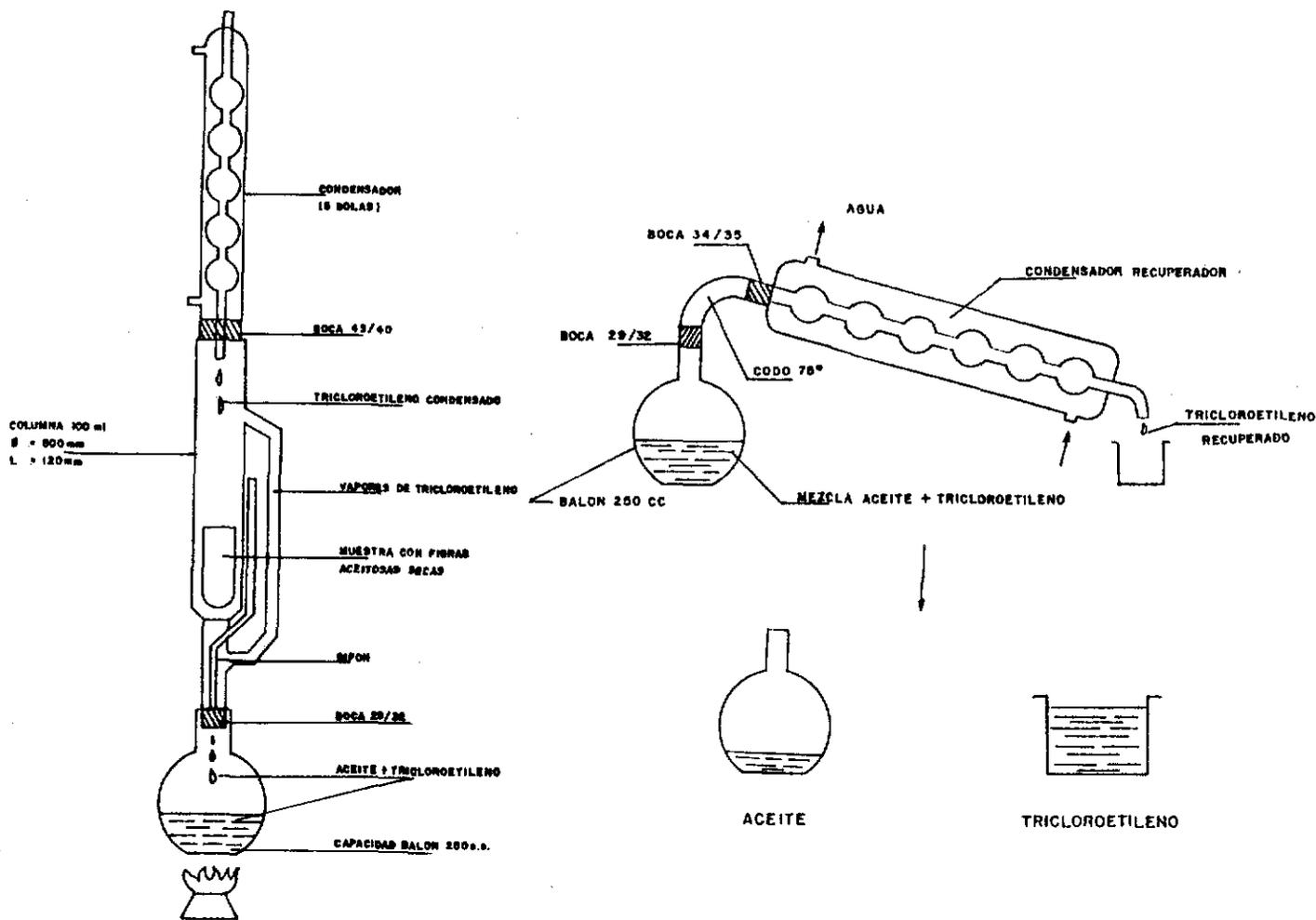


Figura 1. Aparato de Soxhlet.

Aparato de recuperación de aceite

a. Método del Soxhlet:

Aparatos Utilizados:

- Un aparato de Soxhlet completo (Fig. 1).
- Una cápsula de porcelana.
- Un codo de vidrio de 75°.
- Papel de Filtro.
- Horno eléctrico con termostato.
- Estufa eléctrica.

Reactivos:

- Tricloroetileno

Procedimiento:

Pesar en una cápsula de porcelana, de peso conocido, 10 g de fibra con precisión al miligramo; poner la muestra dentro de la estufa a 105°C durante dos horas aproximadamente, hasta obtener un peso constante; de esta forma, la muestra queda libre de humedad; la muestra fría y seca se introduce en un cartucho preparado con papel de filtro en el filtro-porta muestras de vidrio Soxhlet; en el balón

del aparato, previamente pesado, se colocan 150 cm³ de tricloroetileno y se arma el aparato.

Se procede al calentamiento del balón mediante una estufa eléctrica evitando toda ebullición violenta; los vapores de tricloroetileno suben por el aparato, se condensan y caen a la columna y de allí por sifón regresan al balón.

El análisis se puede dar por terminado una vez se observe que el tricloroetileno está limpio en el cartucho porta muestras, lo cual indica que la extracción ha sido completa. Una extracción toma aproximadamente una hora.

Luego se desmonta el aparato, y el balón con la mezcla se conecta directamente al condensador y se procede a calentarlo lentamente con el fin de recuperar el disolvente y obtener el aceite extraído. Hecho esto se coloca en la estufa a 105°C para retirar las trazas remanentes de disolvente.

Se llama la atención respecto de la temperatura de esta operación con el fin de evitar quemar el aceite; el balón se vuelve a pesar una vez frío, y por diferencia se obtiene el peso del aceite en la muestra.

El porcentaje de aceite en fibras se expresa en base seca así:

$$\text{Pérdida en fibras} = \frac{\text{Peso del aceite} \times 100}{\text{Peso muestra seca}}$$

b. Método del Dean Stark

Aparatos Utilizados:

- Un aparato de Dean Stark completo (Fig. 2).
- Una cápsula de porcelana.
- Un codo de vidrio de 75°
- Papel de filtro.
- Horno eléctrico con termostato.
- Estufa eléctrica.

Reactivos:

- Tricloroetileno

Procedimiento:

Se toman 10 g de fibra pesados con precisión al miligramo y se colocan dentro de un cartucho de papel filtro; este cartucho se lleva a la columna del Dean Stark.

En el balón, previamente pesado, se colocan 150 cm³ de tricloroetileno y se ensambla el aparato; luego se somete a calentamiento.

Los vapores del disolvente ascenderán hasta condensarse y bajarán al tubo de medición del Dean Stark arrastrando el agua, la cual por diferencia de gravedades específicas e insolubilidad se localizará en la parte superior. Por el principio de vasos comunicantes, el tricloroetileno bajará por la columna hacia el balón disolviendo el aceite y acumulándolo allí. La determinación concluirá cuando se aprecie que las gotas de tricloroetileno que abandonan el cartucho de papel de filtro están incoloras. El tiempo de extracción con el Dean Stark es de aproximadamente dos horas.

El agua presente en la muestra se acumula en el tubo graduado del Dean Stark, lo cual permite su cuantificación en centímetros cúbicos y por ende en gramos.

Sin embargo, se está admitiendo una solubilidad del tricloroetileno en agua igual a cero, lo cual no es absolutamente cierto y por lo tanto el porcentaje de aceite en fibras sería aparentemente menor del real; el método del Dean Stark, pese a ello, es totalmente confiable y más rápido.

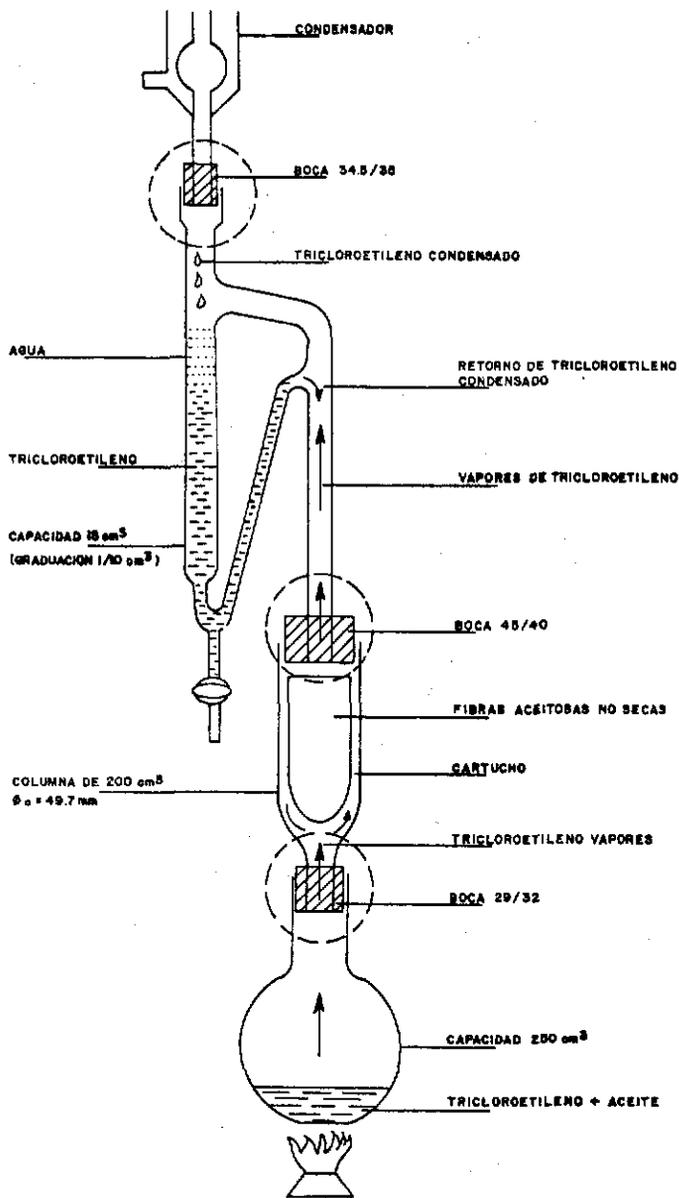


Figura 2. Aparato de Dean Stark

Como en el caso del Soxhlet, el disolvente se recupera del balón por destilación y se determina el aceite recuperado pesando nuevamente el matraz.

Porcentaje de Aceite en Fibras se expresa en base seca, así:

$$\text{Pérdida en fibras} = \frac{\text{Peso del aceite} \times 100}{\text{Peso muestra húmeda-agua}}$$

Toma de Muestras y Frecuencia:

De cada una de las Prensas se toma una muestra cada hora y se acumula separadamente para que finalizado el turno se hagan las extracciones respectivas. La muestra que se somete a extracción debe tomarse del conjunto luego de una ligera homogenización, con el fin de que sea

representativa. La muestra para extracción debe estar libre de nueces y palmiste roto, pero estos se deben cuantificar separadamente de manera que se pueda evaluar el porcentaje de almendra rota.

Norma: Se considera para fines de rendimiento de la fábrica o para responder la operación de las Prensas que el porcentaje de aceite en **fibras secas** debe ser máximo 7%.

3. ACEITE EN LAS AGUAS RESIDUALES EX-CLARIFICACION

Para ponderar esta pérdida se deben realizar dos ensayos diferentes:

- a) Sobre aguas lodosas a la salida de las Deslodadoras.
- b) A la salida final de la Clarificación (efluentes de los Florentinos).

a. Pérdida de Aceite en los Lodos de las Deslodadoras:

Procedimiento:

De cada separador se toman 100 cm³ cada hora y se acumulan durante el turno; al final de este se homogeniza por agitación y calor, y se toman la muestra total de 100 a 150 cm³ para el ensayo. En una cápsula de porcelana, previamente pesada, se coloca la muestra de lodos y se pesa el conjunto. Se lleva luego a la estufa y se mantiene a 105°C hasta secamiento total. La muestra fría se pulveriza y se pesa de nuevo cuidadosamente y se monta con ella un extractor Soxhlet ó Dean Stark y se procede de acuerdo con las explicaciones dadas anteriormente.

Se llama la atención de los siguientes puntos:

. El sólido seco con aceite se debe pesar cuidadosamente en un papel de filtro, con aproximación al miligramo.

. El aceite recuperado, libre de trazas de tricloroetileno, se debe pesar con aproximación al miligramo.

De la exactitud de las medidas depende el resultado final.

Cálculos:

El resultado se debe expresar con base en los Sólidos Secos sin aceite, así:

$$\% \text{ Aceite en Lodos} = \frac{\text{Aceite recuperado}}{\text{Muestra seca aceitosa-Aceite}} \times 100$$

Norma: Se considera una pérdida máxima admisible de aceite en Lodos de las Deslodadoras del 14%.

b. Pérdida a la salida de los Tanques Florentinos:

Procedimiento:

Como en el caso anterior, se procede a tomar una muestra de 100 cm³ cada hora y se acumula durante el turno. Luego de mezclar bien, del total se toman 100 cm³ y se llevan a una cápsula de porcelana previamente pesada; el conjunto se pesa y se coloca en la estufa hasta secamiento total a 105°C. La muestra fría se pulveriza y se coloca en un extractor Soxhlet ó Dean Stark. El aceite recuperado se pesa cuidadosamente una vez esté libre de tricloroetileno.

Cálculos:

Se expresa como g/l, así:

$$\% \text{ pérdida} = \text{Aceite recuperado (g)} \times 10$$

Norma: Se considera una pérdida máxima admisible de aceite en las Aguas a la salida de la fábrica (salida de los Florentinos) de 8 g/l de efluente.

ALMENDRAS

Las almendras ó palmiste constituyen el segundo producto de una Planta Extractora de aceite de palma.

Es necesario, por lo tanto, efectuar un control estricto sobre las pérdidas que se originan en tres puntos:

1. En fibras a la salida del Desfibrador
2. En el polvo de la trituración
3. En las cáscaras separadas

1. PERDIDA DE ALMENDRAS A LA SALIDA DEL DESFIBRADOR

El ventilador del desfibrador puede arrastrar con la fibra nueces enteras o almendras rotas; las primeras son, por lo general, nueces pequeñas, provenientes de racimos jóvenes que por su poco peso fácilmente se dejan transportar neumáticamente.

Procedimiento:

A la salida del ciclón de fibra, cada hora se toma una muestra que se acumula durante el turno; del acumulado se pesa 1 kg con exactitud a 0,1 g y se separan las nueces y las almendras pesándolas. La pérdida se pondera como porcentaje en peso.

Norma: La pérdida de Almendras en Fibras debe ser inferior al 2%.

2. PERDIDA DE ALMENDRAS EN EL POLVO DE LA TRITURACION:

A la salida de los rompenueces, la masa compuesta de almendras, cáscaras, polvo y nueces sin romper pasa a una columna neumática, donde los finos son arrastrados por una corriente de aire y la mezcla compuesta por almendras y cáscaras va al sistema de separación; en los finos o polvo de la trituración se pueden presentar pérdidas de almendra por arrastre.

Procedimiento:

En la caída del polvo se toma una pequeña muestra cada hora y se acumula durante el turno. Se pesa 1 kg del acumulado con exactitud a 0,1 g, se separan las almendras y las nueces; éstas últimas se rompen dejando las almendras de un lado y regresando las cáscaras al conjunto del polvo.

Las dos fracciones se pesan y se evalúa la relación de almendras a masa inicial.

$$\% \text{ de pérdida} = \frac{\text{Peso de almendras} \times 100}{1.000}$$

Norma: La pérdida de almendras en el polvo de la trituración debe ser inferior al 4%.

3. PERDIDA DE ALMENDRAS EN CASCARAS SEPARADAS

Procedimiento:

En la descarga de cáscaras del Sistema de Separación (bien sea un Hidrociclón, un Baño de Arcilla ó una Mesa Vibratoria), se toma una muestra cada hora que se acumula durante el turno; se pesa del acumulado 1 kg y se separan las almendras presentes; en el evento de tener nueces se procede como en los casos anteriores, rompiéndolas y separando sus almendras.

$$\% \text{ de pérdida} = \frac{\text{Peso de Almendras} \times 100}{1.000}$$

Norma: La pérdida de almendras en cáscaras separadas debe ser inferior al 4%.

MODULO III

ESTERILIZACION

ESTERILIZACION

JAIRO ANTONIO PRADA PÁEZ.¹

Esta conferencia se inicia con la frase "EL ACEITE DE BUENA CALIDAD SE HACE EN EL CAMPO, NO EN LA FABRICA". La anterior frase ha servido, en muchos casos, como escudo para ocultar las fallas en el proceso de las plantas procesadoras de frutos de la palma de aceite.

Es muy cierto que la calidad del aceite no se puede mejorar en la planta, pero también lo es que se puede desmejorar, por lo tanto se debe velar porque todos los procesos se cumplan tratando de conservar la calidad recibida y perder la menor cantidad de aceite.

La esterilización es la primera etapa y, posiblemente, la más importante del proceso de extracción del aceite de palma.

Los objetivos primordiales de la esterilización son:

1. Inactivar las enzimas que causan el desdoblamiento del aceite y en consecuencia el incremento del porcentaje de ácidos grasos libres.
2. Acelerar el proceso de ablandamiento de la unión de los frutos con su soporte natural (tusa o raquis).
3. Disminuir la resistencia de los tejidos de la pulpa para lograr el fácil rompimiento de las celdas de aceite durante los procesos de digestión y prensado.
4. Deshidratar parcialmente las almendras contenida en la nuez, para facilitar su recuperación posterior.
5. Coagular las proteínas e hidrolizar la materia mucilaginosa, que posteriormente actúa como emulsificante.

El fruto de palma contiene una enzima muy activa llamada lipasa, la cual puede llevar a cabo la ruptura o descomposición de las moléculas en ácidos grasos y en glicerol cuando la estructura celular del fruto ha sido afectada.

La acidez de una fruta recientemente suelta se estima en 2,0% aproximadamente; las frutas no sueltas tienen menor acidez. A partir del momento en que el racimo es cortado,

el proceso de acidificación se acelera considerablemente, influyendo también el manejo, el almacenamiento y el tiempo transcurrido hasta ser esterilizado.

El daño sufrido por los frutos durante la cosecha, el transporte y el manipuleo hasta las canastas de esterilización, es la causa más grave en el aumento de la acidez. En caso de que los frutos sean esterilizados rápidamente el problema disminuye.

Varios estudios han demostrado que la acción de la lipasa cesa a temperaturas iguales o mayores de 55°C.

El proceso de ablandamiento se inicia durante la maduración del fruto y la esterilización lo acelera, para lo cual es favorable una mayor temperatura y tiempo de cocción.

Aún no están definidas las temperaturas y el tiempo requerido para debilitar los tejidos de la pulpa, pero se sabe que no son altos.

Un efecto de la esterilización es la adecuación de las nueces para su posterior proceso. Al utilizar temperaturas y tiempos de esterilización mayores a los requeridos para la inactivación de la lipasa o para debilitar los tejidos de la pulpa, se favorece la deshidratación de las almendras que al perder tamaño se desprenden del cuesco que las envuelve ayudadas por las descompresiones rápidas.

Los factores que influyen en la acidez del aceite de palma son:

- a) La hidrólisis enzimática bajo la influencia de los lípidos presentes en el fruto. (Fickendey 1910).
- b) La hidrólisis catalítica espontánea de los aceites vegetales (Locin 1952).
- c) La acción microbiana

Otro factor que favorece el proceso de acidificación es la hidrólisis catalítica espontánea. No es posible separar el aceite del agua antes del proceso de clarificación y secamiento. Afortunadamente, el proceso de extracción, posterior a la esterilización, no es mayor a dos horas. Eliminadas las enzimas y los microorganismos en la esterilización, el proceso de desdoblamiento es muy lento y se debe a la hidrólisis autocatalítica, proceso que continúa durante el almacenamiento del aceite terminado, hasta

¹ Ingeniero Mecánico, Superintendente de Planta Extractora Manuelita, Centro Comercial Villacentro, Local 5. Villavicencio, Colombia.

haber absorbido la humedad residual en el proceso químico de desdoblamiento. La velocidad de reacción autocatalítica depende también de la temperatura. A menor temperatura, la reacción es más lenta.

La acción de los microorganismos en el aumento de la acidez no es tan fuerte como el de las encimas. Wilbaux encontró que un hongo tipo *Ospora*, aumentó la acidez de fruta fresca de 0,1 a 6,4% en el curso de 60 horas.

PROCESO DE ESTERILIZACION

El proceso de esterilización se lleva a cabo, generalmente, sometiendo los racimos de fruto fresco de palma a la acción de vapor de agua en recipientes cilíndricos horizontales o verticales, en donde los factores principales son el tiempo de cocción y la temperatura, dependiendo del tamaño de los racimos y del grado de madurez de los mismos. Es importante tener en cuenta que se dice tamaño del racimo y no edad de la palma.

Los equipos utilizados para la esterilización se denominan esterilizadores o autocables y los más usados son los horizontales de una o dos puertas. Se ha venido generalizando el uso de esterilizadores de gran diámetro y número de canastas o vagonetas.

El esterilizador horizontal consiste en un cilindro provisto de un par de rieles internos, sobre los cuales se desplazan las vagonetas o canastas (Fig. 1).

La capacidad de esterilizador varía según el diámetro y el número de canastas o vagonetas que oscila entre 0,8 y 5,0 t de capacidad cada una. El número de canastas por esterilizador varía entre 4 y 12.

El tamaño de los esterilizadores depende de la capacidad de generación de vapor. Para una baja capacidad de generación se recomienda el uso de dos o más esterilizadores, teniendo en cuenta la demanda momentánea de vapor.

El uso de esterilizadores de una o dos puertas depende del espacio disponible y del tamaño de la planta. El de dos puertas se recomienda en plantas de gran capacidad, teniendo en cuenta que simplifica el movimiento de las canastas, al no tener que retroceder sobre la misma línea de rieles.

Los arreglos de tubería, válvulas y demás accesorios son relativamente simples al tener solamente una entrada y una descarga de vapor y varias salidas inferiores para condensados conectadas a un tubo principal y sólo una válvula para su operación. Algunos esterilizadores cuen-

tan con válvula de venteo que va colocada arriba o abajo según la ubicación de la entrada del vapor.

Los consumos típicos de vapor son:

a. Para proceso: 370 kg/t de racimos, en instalaciones grandes a plena capacidad, ó 450 kg/t de racimos en instalaciones pequeñas.

b. Para turbinas: 16-25 kg/kw generado dependiendo del número de etapas de la turbina.

El consumo típico de energía eléctrica es:

a. En instalaciones pequeñas: 18-20 kw/t de racimos.

b. En instalaciones grandes (>20 t/h): 13,2 kw/t de racimos.

El mayor consumo de vapor se presenta en la esterilización y se encuentra entre el 40 y el 50% del consumo total; por ello, en instalaciones donde se cuenta con varios esterilizadores, se debe coordinar muy bien su operación para evitar caídas fuertes de presión en las calderas y desmejoramiento en la calidad del vapor suministrado que afectan el proceso.

El consumo de vapor en la esterilización es de aproximadamente 180 kg/t de racimos con un solo pico de expansión, este consumo se ve incrementado por el número de picos. El consumo no es uniformemente repartido durante el tiempo de esterilización.

Al inicio del proceso, el esterilizador y la masa de frutos, contenida en su interior, trabajan como un condensador, lo cual demanda un consumo elevado de vapor.

El gradiente de temperatura es bastante alto: $T=90^{\circ}\text{C}$

Se considera que el consumo pico corresponde al 40% del consumo promedio total, en el 25% del tiempo de inyección.

Cuando la autoclave y el fruto se han calentado, la demanda de vapor disminuye radicalmente al disminuir el área de transferencia y la temperatura se hace pequeña, cercana a 10°C . Esta segunda parte corresponde al 50% del consumo promedio de vapor, en el 50% del tiempo de inyección.

Durante el tiempo a presión constante, el consumo baja aún más y solo se requiere para la reposición del calor perdido hacia el exterior por convección y radiación. Para este período la demanda es del 5% del consumo promedio total en el 25% del tiempo de inyección de vapor.

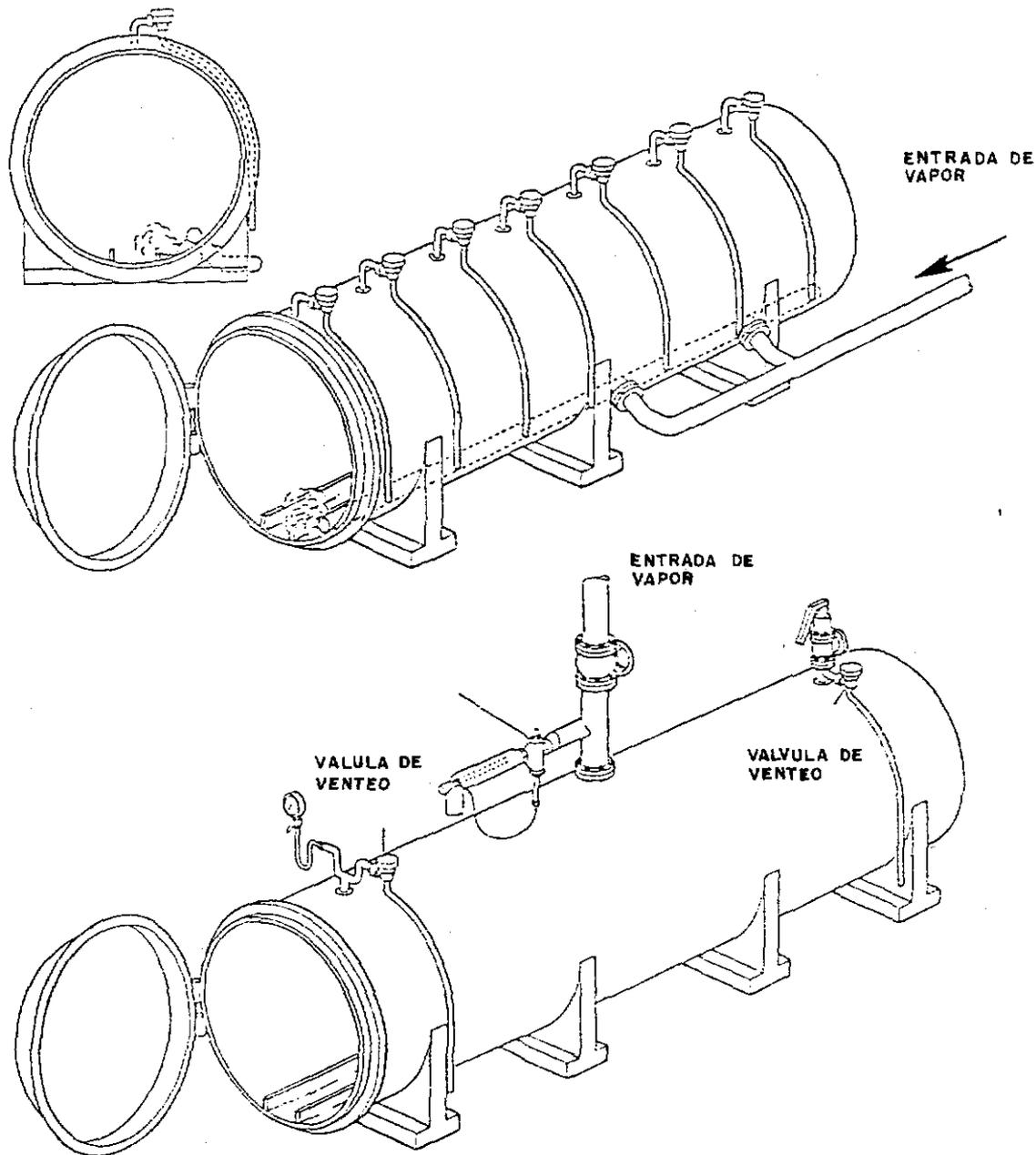


Figura 1. Esterilizador con entrada inferior y superior de vapor

El ciclo de esterilización de Manuelita S.A. se muestra en la figura 2. El consumo de vapor en este caso será:

- Demanda pico = $180 \text{ kg/t} \times 15 \text{ t} \times 0,45 = 1.215 \text{ kg}$ de vapor que se deben suministrar en 6 min. Luego, en este lapso la caldera debe desarrollar: $1.215 \text{ kg} \times 60/6 = 12.150 \text{ kg/hr}$.

- Demanda media = $180 \text{ kg/t} \times 15 \text{ t} \times 0,5 = 1.350 \text{ kg}$ de vapor que se deben suministrar en 12 min. o sea: $1.350 \times 60/12 = 6.750 \text{ kg/hr}$.

- Demanda mínima = $180 \text{ kg/t} \times 15 \text{ t} \times 0,05 = 135 \text{ kg}$ de vapor que se deben suministrar en 35 min., o sea: $135 \times 60/35 = 231.43 \text{ kg/hr}$.

La capacidad de generación de vapor de la caldera debe ser de 12.150 kg/h.

Cuando existen varios esterilizadores, es muy importante la sincronización de los ciclos para evitar que se superpongan los picos y aumentar con esto la demanda de vapor.

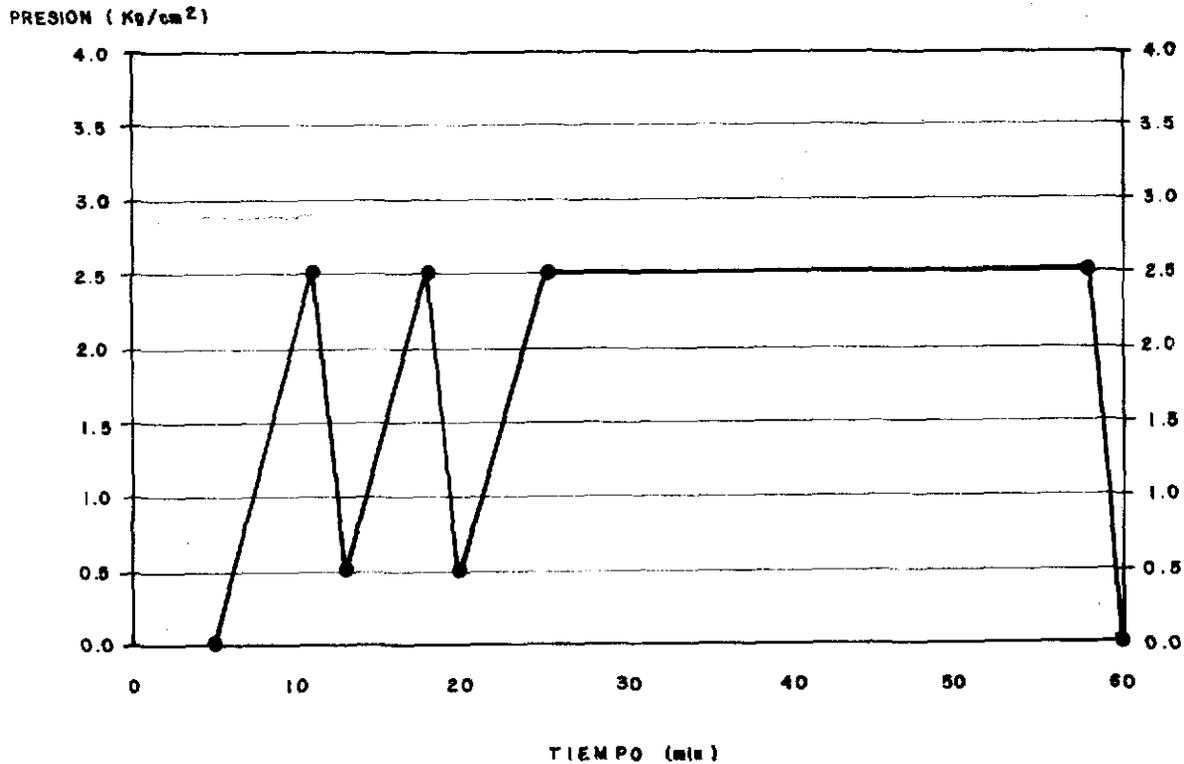


Figura 2. Ciclo de Esterilización

Para minimizar el efecto drástico del pico de demanda máximo se puede instalar una platina de orificios en la línea de vapor, esto trae como efecto secundario la ampliación del tiempo del ciclo de esterilización.

SUMINISTRO DE VAPOR

La presión máxima de esterilización es de 3 kg/cm² y el vapor puede ser suministrado:

a) Directamente de la vía de alta presión de la caldera mediante una válvula reductora a un distribuidor de vapor, cuando la caldera es de alta presión. También se puede tomar directamente de la línea de vapor de la caldera cuando esta es de baja presión.

b) Del escape de turbogenerador de vapor, siempre que esté diseñado para operar a una presión de escape lo suficientemente alta (3,5 a 4,0 kg/cm²).

El vapor suministrado para esterilización debe ser saturado y no seco, ya que el vapor seco no facilita el desprendimiento de los frutos debido a que este desprendimiento se realiza a causa de la hidrólisis en los puntos de unión de los frutos al raquis.

Cuando se utilizan calderas que producen vapor seco, este debe saturarse antes de ser utilizado en el proceso.

SUMINISTRO Y ESCAPE DE VAPOR

Normalmente, el vapor en los esterilizadores horizontales se suministra y se descarga por la parte superior. La distribución se hace por intermedio de un bafle o bandeja colocada a lo largo del esterilizador, en la parte superior, con el fin de evitar que el vapor cocine demasiado los frutos colocados justo debajo del tubo de entrada y cause erosión local. También se busca que las condiciones a lo largo del esterilizador sean lo más iguales posibles, ayudando a eliminar al aire.

ELIMINACION DEL CONDENSADO

Parte del condensado sale con el vapor de escape, pero se requiere desalojar la gran mayoría durante el proceso; para ello se diseñan los esterilizadores con varios puntos de salida de condensados en la parte inferior, todos ellos conectados a un tubo principal con una válvula para su desalojo.

Es necesario desalojar permanentemente los condensados para obtener un rendimiento máximo del vapor y evitar que entren en equilibrio vapor y condensado disminuyendo la cesión de calor al fruto. Otra razón es la de evitar que se acumulen en el fondo y no permitan el escape de vapor y aire, pero lo más importante es que el condensado relativamente fresco acumulado en el fondo induce a una expansión menor en esta zona del esterilizador, ocasionando tensiones mecánicas que pueden producir graves daños.

CONDICIONES DEL VAPOR Y TIEMPO DE COCCION

Como se dijo anteriormente, el vapor utilizando en la esterilización de racimos de fruto fresca (RFF) de palma debe ser saturado con el fin de facilitar la hidrólisis y la mayor transferencia de vapor, lo cual no se logra con vapor seco.

PRESION ABSOLUTA (kg/cm ²)	PRESION DEL INDICADOR (kg/cm ²)	TEMPERATURA °C
0,0	1,0	100,0
1,0	2,0	119,6
1,5	2,5	126,8
2,0	3,0	132,9
3,0	4,0	142,9
3,5	4,5	147,2

La tabla siguiente muestra la temperatura para diferentes presiones de vapor saturado.

Se debe permitir que los racimos permanezcan en calentamiento suficiente tiempo para cocinar. Con una esterilización satisfactoria, la temperatura alcanzada en el fruto es de aproximadamente 120°C y en centro del tallo 100 °C, dependiendo del tamaño de los racimos.

Para racimos entre 3 y 6 kg, 25 a 30 minutos a presión constante es suficiente, llegando hasta 50 o más minutos para racimos mayores de 20 kg. El otro factor importante que influye sobre la duración de la esterilización es la presión dentro del recipiente durante el período de cocción, ya que la temperatura del vapor está relacionada con su presión como se ve en la tabla anterior.

Si el aire permanece dentro del esterilizador, la mezcla de vapor y aire tendrá una temperatura más baja que la que tendría con vapor solo a esa presión y el tiempo necesario para la cocción será mayor.

Ensayos realizados en la Planta Extractora de Monterrey, en Puerto Wilches (Santander), mostraron que al no realizar la desaireación y la primera expansión, la temperatura dentro del esterilizador no alcanzaba un valor superior a 90°C.

Aunque el tiempo de cocción puede disminuir aumentando la presión de operación, no es conveniente hacerlo debido a que afecta la calidad del aceite en cuanto a blanqueabilidad.

La eliminación casi total del aire dentro del estabilizador no sólo permite una temperatura más alta a una presión dada, sino que mejora la conductividad térmica. Lo anterior ayuda a que el calor del vapor pase a los racimos más rápidamente reduciendo el tiempo de esterilización.

El aumento del tiempo de cocción a presión constante incrementa las pérdidas de aceite en condensados y en el raquis, por lo cual se debe tener sumo cuidado en ello.

Los esterilizadores deben contar con dos entradas de vapor, una de menor tamaño que la otra (2" aproximadamente), con el fin de inicialmente inyectar vapor lentamente y evitar turbulencia, ya que esta evita la estratificación del aire y el vapor. La anterior inyección de vapor debe hacerse con la válvula de escape de vapor cerrada y la de condensados completamente abierta. La mayoría del vapor se condensa al entrar en contacto con los racimos y las canastas frías, durante los primeros minutos, un poco pasa a través del tubo de desalojo de condensados forzando la salida de aire, pero la gran mayoría del aire lo hace al mezclarse con el vapor que escapa.

Es muy difícil recomendar una duración precisa del período de desaireación, ya que este depende mucho del tamaño del esterilizador y de si el vapor es admitido lentamente o no. Si es admitido lentamente, la eliminación del aire durante el período de inyección es probable que sea más completa, con un desperdicio menor de vapor, aunque el tiempo necesario es mayor.

Es muy recomendable el uso de válvulas de venteo, las cuales ayudan a la eliminación del aire durante todo el ciclo de esterilización evitando gran desperdicio de vapor.

Un tiempo práctico y muy utilizado es 5 minuto para la desaireación con inyección lenta o no de vapor.

CICLOS DE ESTERILIZACION

La forma más recomendada de esterilización es de tres picos (Fig. 3), pero es muy común la práctica de sólo dos picos (Fig. 4).

PRESION (Kg/cm²)

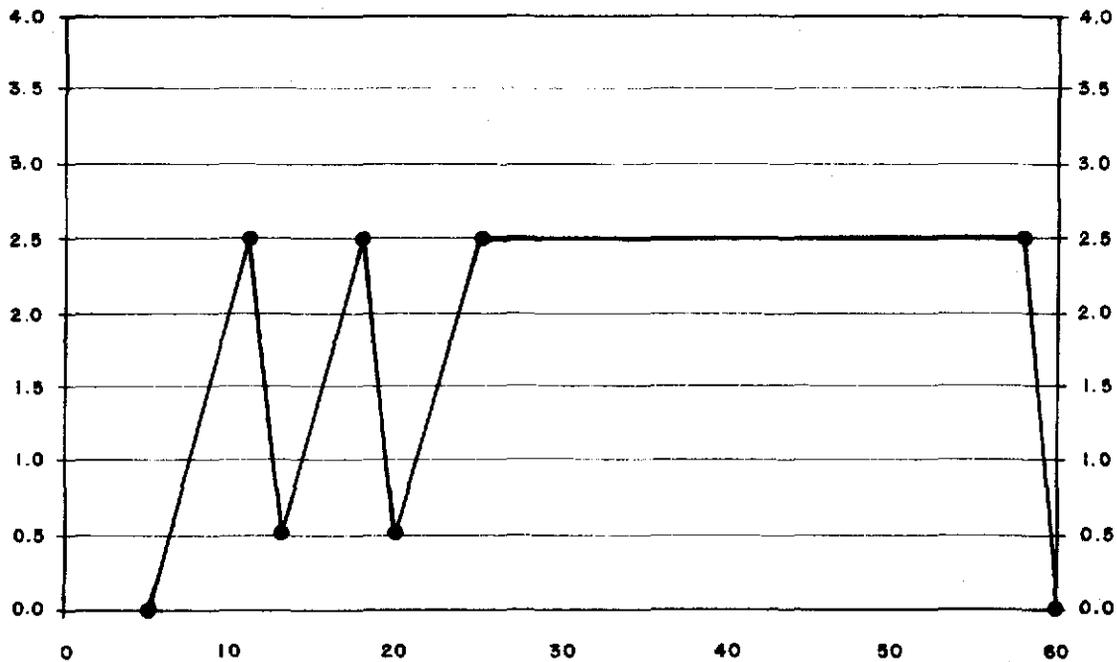


Figura 3. Esterilización de tres picos

	TIEMPO (min.)		TIEMPO (min.)
a) Desaireación	2 - 5	f) Elevación de presión a 3 kg/cm ²	5-6
b) Elevación de presión de 1 a 3 kg./cm ²	5 - 6	g) presión constante de 32 kg/cm ²	30 - 50
c) Descompresión a 0,5 ó 0,2 kg./cm ²	1	h) Descompresión a 0 kg/cm ²	2
d) Elevación de presión a 2 ó 3 kg/cm ²	5 - 6	i) Cargue y descargue del esterilizador	10-15
e) Descompresión a 0,5 ó 0,2 kg/cm ²	1		

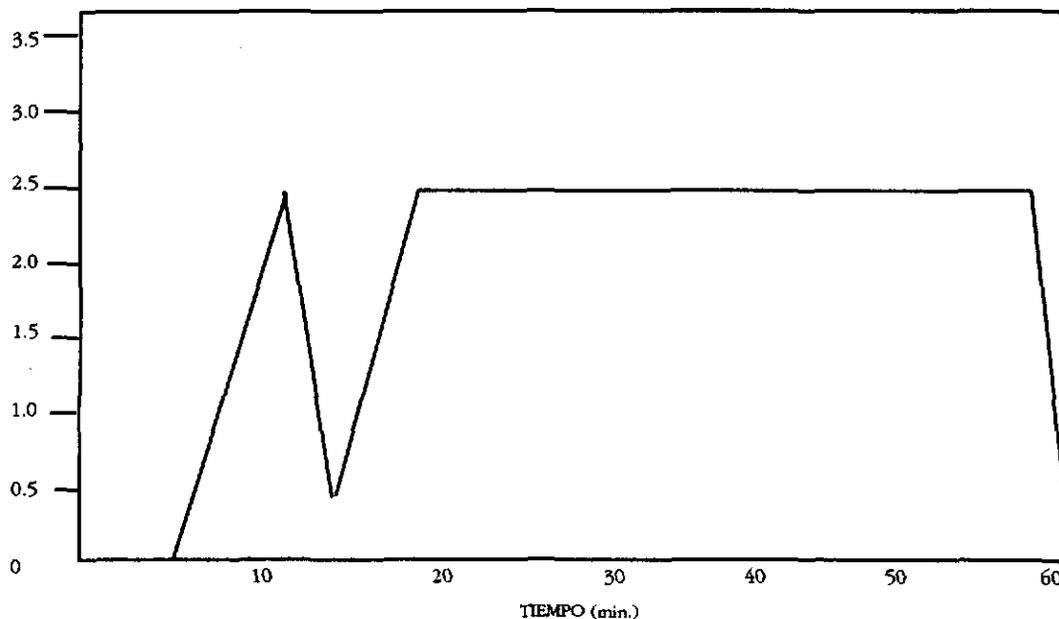


Figura 4. Esterilización de dos picos

a) Desaireación	2 - 5	e) Presión constante	30 - 50
b) Elevación de presión de 2 a 3 kg./cm ²	5 - 6	f) Descompresión a 0 kg/cm ²	1
c) Descompresión a 0,5 ó 0,2 kg./cm ²	1	g) Cargue y descargue del esterilizador	10-15
d) Elevación de presión a 3 kg/cm ²	5 - 6		

Durante el período a presión constante, se debe desalojar el condensado, para evitar los efectos descritos anteriormente.

Para evitar que el ciclo de vapor no se cumpla exactamente trayendo como consecuencia una mala o deficiente esterilización, se recomienda su automatización.

ORIFICIOS EN VAGONETAS

Existen dos tipos de canastas o vagonetas para la esterilización de fruto con respecto a los orificios:

- Con orificios en los costados curvos y en el fondo.
- Sin orificios en los costados curvos y orificios en el fondo.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los análisis de laboratorio hechos en la Planta Extractora de Manuelita

S.A. donde se cuenta con los dos tipos de canasta.

Se observa que:

- El porcentaje de frutos adheridos al raquis es menor en las canastas sin huecos.
- Las pérdidas de aceite sobre base seca y sobre base húmeda en los condensados de esterilización son bastantes menores en las canastas sin huecos.
- Las pérdidas de aceite en raquis sobre base seca son ligeramente menores en las canastas sin huecos, al igual que las pérdidas sobre base húmeda.

En cuanto a la duración, es de suponer que las canastas sin huecos tengan una mayor duración; sin embargo, se considera que este no es un factor determinante si se tiene en cuenta que la vida útil de una canasta es de 10 o más años.

Tabla 2. Análisis de datos de pérdidas en canastas con paredes lisas y perforadas. Manuelita S.A.

DIA	% FRUTO ADQUIRIDO AL RAQUIS		% PERDIDA DE ACEITE EN CONDENSADOS				% PERDIDA DE ACEITE EN RAQUIS			
	CANASTA LISAS	CANASTA PERFORADAS	BASE SECA				BASE HUMEDA			
			CANASTA LISAS	CANASTA PERFORADAS	CANASTA LISAS	CANASTA PERFORADAS	CANASTA LISAS	CANASTA PERFORADAS	CANASTA LISAS	CANASTA PERFORADAS
1	0,66	1,17	27,84	38,05	1,75	3,89	10,34	18,50	4,23	8,90
2	1,66	4,30	20,07	51,00	1,08	4,63	12,26	9,87	4,37	4,69
3	1,19	1,18	14,05	50,21	0,78	3,34	12,84	21,18	4,32	9,17
4	2,56	-	32,32	18,32	3,08	0,91	8,84	9,60	4,00	5,04
5	0,86	0,85	15,19	19,22	0,59	1,16	13,00	14,15	5,64	6,37
6	1,61	1,60	7,88	21,05	0,27	0,96	9,75	16,77	4,17	7,38
7	1,74	3,28	10,74	24,12	0,37	1,66	12,37	7,61	4,36	3,17
8	1,08	1,49	32,48	58,71	4,37	4,18	13,78	16,95	5,39	6,50
9	1,47	2,95	8,34	20,45	0,88	1,15	10,74	11,43	4,32	4,68
10	0,39	1,95	25,67	21,61	0,96	1,27	14,75	6,98	6,02	2,57
11	0,41	0,22	16,68	22,23	1,19	1,13	-	-	-	-
12	0,41	1,08	-	-	-	-	15,07	16,97	5,80	4,82
13	0,32	0,12	13,75	22,23	0,54	1,13	-	-	-	-
14	-	-	27,59	17,88	1,88	1,02	7,71	16,03	5,89	7,37

MODULO IV

MANTENIMIENTO

IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD

OTONIEL VILLAMIZAR CÁCERES ¹
ANTONIO CADENA GÓMEZ

EL DESARROLLO INDUSTRIAL Y EL MANTENIMIENTO

Colombia tiene el gran reto de salir del subdesarrollo. Las industrias del país son las llamadas a enfrentar este reto, y el mantenimiento es una de las mejores armas con que cuenta la industria para enfrentar esta batalla de superación.

La Industrialización es muy importante en los países en desarrollo para:

- . Alcanzar un crecimiento económico razonable.
- . Superar el problema del desempleo.
- . Alcanzar un nivel de vida adecuado.

Para lograr un desarrollo industrial es necesario:

- . Acumular capital.
- . Dar un uso económico a ese capital.

Acumular equipos de producción *no* es un fin sino un medio para aumentar la producción.

En los países de escaso capital es necesario obtener la máxima productividad mediante un mejor cuidado y conservación de los equipos de producción.

Desafortunadamente a veces no es así:

Se pierde hasta el 50% del tiempo productivo y se reduce a una tercera parte la vida útil de los equipos valiosos. Por supuesto, son muchas las causas para esta baja utilización de los equipos y ductividad.

- . Escasez de materias primas.
- . Falta de planeación apropiada de la producción.
- . Sistemas inadecuados de comercialización y producción.

Pero uno de los factores más importantes es: **La falta de servicios adecuados de mantenimiento.**

En la industria, los recursos y esfuerzos se destinan principalmente al proceso de producción, prestándole poca atención al mantenimiento.

Para tener organizaciones adecuadas de mantenimiento es necesario abandonar la idea de que el mantenimiento es únicamente:

- . Engrasar cojinetes.
- . Apretar tuercas.
- . Reparar piezas averiadas de manera imprevista.

El mantenimiento es mucho más que eso y para tener organizaciones adecuadas de mantenimientos es indispensable:

- . Reconocer los verdaderos objetivos y funciones del mantenimiento.
- . Tener conciencia de sus consecuencias y necesidades.
- . Aceptar que la planeación y la organización son los medios más importantes y efectivos para obtener los resultados que se necesitan.

OBJETIVOS

Con este trabajo se busca transmitir la filosofía de la ingeniería del mantenimiento: Sus objetivos, organización y formas de ejecución, para lograr lo siguiente:

¹ Jefe de Producción Industrial-SACEITES e Ingeniero Químico, Gerente Técnico -SACEITES. A.A. 1701 Tel: 468484. Bucaramanga, Colombia.

1-Convencerlos de la importancia del mantenimiento para obtener los siguientes fines institucionales de toda empresa:

- . Producir.
- . Obtener utilidades.
- . Perdurar.

2- Llevarlos a la conclusión de que el mantenimiento no es una labor aislada si no que requiere:

- . La comprensión de su importancia por parte de la alta dirección de las empresas.
- . La colaboración y trabajo en equipo con el personal de operación.
- . La programación oportuna de los tiempos de parada de los equipos para desarrollar las labores básicas del mantenimiento, tales como:
 - Inspeccionar y ajustar.
 - Reparar y mejorar los equipos de producción.

3-Una vez obtenida esta comprensión, mostrar la Gestión del Mantenimiento en Saceites.

- . Organización del Departamento de Mantenimiento.
- . Tipos de mantenimiento.
- . Hoja de Vida de los Equipos.
- . Solicitudes de Revisión o Mantenimiento.
- . Ordenes de Trabajo.
- . Programa de Inspecciones.
- . Programa de mantenimiento general.
- . Costos de mantenimiento.
- . Computador como herramienta de trabajo.

REGLA DE ORO DEL MANTENIMIENTO

1. SIMPLIFICAR AL MAXIMO

Utilizar el ABC para jerarquizar la acción

- Evitar lo superfluo.
- Estandarizar lo igualable.
- Sistematizar lo repetitivo.
- Normalizar lo genérico.

2. REDUCIR LOS COSTOS

- Buscar la máxima eficiencia: Rendimiento-Utilidad
- Optimizar los recursos disponibles.
- Dando a cada hombre una tarea específica.
- Para desarrollarla de una manera específica.
- En un tiempo determinado.

3. MINIMIZAR EL PAPELEO

- Diseñar la documentación operativa "apropiada".
- Definir la información que "necesitamos".
- Tener la seguridad de que se va a "USAR".
- Evitar la burocratización del mantenimiento.

ORGANIZACION DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

El criterio moderno de dirección para ubicar la función determinada de una empresa es:

1-Funciones de gran importancia económica para la empresa deben estar arriba, en el primer nivel bajo el presidente o la gerencia general.

2-Funciones de pequeña influencia económica deben estar abajo en la organización.

Si se considera una industria con un proceso de operación continuo, en la cual el equipo es complejo y vital, y donde las paradas se deben reducir a un mínimo, el mantenimiento es de gran importancia y requiere de personal calificado. En estos casos es importante situar al mantenimiento en un alto nivel dentro de la organización de la empresa.

La función principal del mantenimiento es:

-Efectuar los trabajos necesarios que permitan conservar el potencial del material para asegurar:

- . Continuidad y
- . Calidad de la producción

Mantener bien, es resolver los anteriores problemas dentro de las mejores condiciones económicas vistas bajo los tres aspectos siguientes:

- Mínimo costo directo de las operaciones de mantenimiento.
- Mínimo costo por pérdidas de producción debidas a paradas de mantenimiento.
- Máxima calidad de los trabajos de acuerdo con las necesidades.

Como conclusión de lo anterior, el mantenimiento requiere de una buena posición dentro de la estructura de la empresa, con la autoridad e independencia suficiente con el fin de cumplir eficazmente las funciones y planes para los cuales fue creado.

LA ESTRUCTURA DEL MANTENIMIENTO

Por estructura se define los órganos requeridos para realizar las tareas y las relaciones entre los diferentes órganos que permitan la coordinación y ejecución de las tareas impuestas. La estructura del conjunto de los servicios de mantenimiento deberá ser pensada en función de diferentes criterios como:

-La cantidad de trabajadores de la empresa y del servicio de mantenimiento.

-La naturaleza y los procedimientos de fabricación.

-La extensión geográfica de la empresa.

-La posición geográfica de la empresa que puede ser aislada o, por el contrario, encontrarse ubicada en un complejo industrial.

-La existencia de empresas del mismo grupo en la región.

Al seguir estos diferentes criterios, se examinará si es más rentable:

-Centralizar o descentralizar el mantenimiento.

-Tener mano de obra autónoma o recurrir a contratar una parte o subcontratarla a precio fijo por administración delegada.

Organización del mantenimiento: Se entiende por organización, el proceso de combinar el trabajo que los individuos o grupos tienen que realizar de manera que se logren los mejores resultados.

En una empresa de cualquier tipo y tamaño, la forma en que se efectúe el trabajo del mantenimiento puede ser el factor decisivo entre los beneficios y las pérdidas.

Una organización apropiada evita el desorden. El tiempo dedicado a organizar se recupera con rapidez.

PRINCIPIOS BASICOS A CONSIDERAR AL ORGANIZAR UNAS DEPENDENCIAS DE MANTENIMIENTO.

Establecer una buena organización no es, únicamente, una labor de sentido común. Existe una ciencia de organización y algunas reglas básicas que deben ser usadas al establecer una organización para la acción efectiva del grupo. Es muy importante que la estructura establecida no produzca una relación demasiado burocrática que pueda obstaculizar la operación uniforme del mantenimiento.

Algunos conceptos que deben tenerse en cuenta son los siguientes:

1. Agrupar las actividades similares o relacionadas entre sí y delegarlas en un solo punto.

2. Debe haber una división clara y razonable de la autoridad y responsabilidad, para así evitar entrecruzamientos o confusiones internas y con otras dependencias de la empresa.

3. Mantener las líneas verticales de responsabilidad y autoridad tan cortas como sea posible.

4. Mantener la cantidad óptima de gente reportando a una sola persona. La opinión general es que la organización más efectiva es la que limita de tres a seis la cantidad de personas que informan a un supervisor.

5. Ajustar la organización a la personalidad de los individuos y adiestrar a las personas para que se ajusten a la organización. Lo mejor es tener una estructura organizacional flexible y, si es necesario, revisarla periódicamente para ajustarla a los cambios de personal en otras condiciones.

Lo esencial es que cada hombre conozca bien su lugar y sus funciones en la organización.

TIPOS DE MANTENIMIENTO

- Correctivo.

- Preventivo.

- Predictivo.

- Productivo Total.

Mantenimiento Correctivo: Como su nombre lo indica, consiste en corregir los daños que se presentan en los equipos; estos últimos son operados hasta que sufren rotura. Es el mantenimiento más costoso porque:

. No hay confiabilidad ni en los equipos ni en la producción.

. Se pierden clientes porque la producción falla en las producciones programadas.

. Corregir ese tipo de daños es más costoso, porque, por lo general, otras partes del equipo sufren roturas o desgastes.

. Las reparaciones efectuadas no son las más adecuadas ya que como es una emergencia, los trabajos se hacen a las carreras sin tener el suficiente cuidado en los ajustes, limpieza y revisión interna de otras partes del equipo.

El mantenimiento correctivo no se puede eliminar totalmente porque sería muy costoso, pero si se debe disminuir al máximo.

Mantenimiento Preventivo: Es el mantenimiento que se ejecuta a los equipos de una planta en forma planificada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas debidamente establecidas según la naturaleza

de cada equipo y encaminadas a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas imprevistas de los equipos o daños que afecten la vida útil de los mismos.

El mantenimiento preventivo más que una técnica específica de mantenimiento es una "FILOSOFIA" o estado de ánimo que empieza desde el momento del diseño del equipo y que determina su confiabilidad y mantenibilidad hasta su reemplazo, lo cual se establece cuando los altos costos de mantenimiento lo justifiquen económicamente.

Un programa mínimo de mantenimiento preventivo deberá incluir.

. Una inspección periódica de las instalaciones para determinar posibles defectos de los equipos que puedan ocasionar daños mayores.

. La realización del mantenimiento oportuno y adecuado para corregir los defectos anotados, evitando que lleguen a ocasionar daños mayores.

Para lograr los plenos beneficios del mantenimiento preventivo, el programa mínimo debe complementarse con:

. Un buen análisis, planificación y programación de los trabajos.

. Establecimiento de una documentación operativa mínima y funcional.

. Preparación del personal de mantenimiento mediante adiestramientos adecuados.

. Disponibilidad de un buen taller de reparaciones y de almacenes bien dotados de materiales y repuestos.

Mantenimiento Predictivo: Es la ciencia de determinar el estado actual de los equipos y predecir cuándo será necesario efectuar el mantenimiento al equipo, sin interrumpir la operación normal de producción.

Un programa de mantenimiento predictivo bien organizado aumenta la confiabilidad en los equipos y es una herramienta valiosa que permite mejorar la condición del equipo, programar con anticipación los mantenimientos a los equipos que realmente necesitan de una revisión o reparación.

El mantenimiento predictivo encierra: Análisis de vibraciones mecánicas para predecir el desgaste de rodamientos, bujes y elementos rodantes. Análisis de aceites, lo cual permite saber cómo está trabajando el aceite de lubricación, qué problemas pueden tener las piezas de desgaste que están bajo la protección de los lubricantes. Análisis de energía para identificar problemas en motores y redes.

Mantenimiento Productivo Total (TPM): El concepto del TPM es involucrar a todos los empleados de una compañía en labores o actividades de mantenimiento sencillas, que permitan mantener y mejorar el equipo o equipos que estén bajo su responsabilidad.

Un programa de mantenimiento productivo total permite mejorar los equipos llevándolos a un nivel alto de productividad. Se reducen los tiempos de:

- Cambios de presentación.

- Ajustes de los equipos.

- Paradas de equipos.

Se reducen los defectos y los rechazos.

Se reducen las pérdidas de velocidad en los equipos.

Se reducen drásticamente las fallas de los equipos.

Se reducen las causas de defectos y mala calidad.

La pregunta que todos se hacen es: ¿Cuáles son los trabajos de mantenimiento que puede realizar una persona que no es especialista en mantenimiento?. Y la respuesta es: la mayoría de los equipos empiezan a fallar por falta de lubricación, falta de pequeños ajustes y falta de limpieza; estas actividades son las que cualquier persona, con muy poco entrenamiento, puede realizar.

Un programa de mantenimiento productivo total tendrá más posibilidades de éxito si:

. Se crea una estructura independiente que maneje el programa.

. Se hace primero un estudio de levantamiento para saber el estado actual de los equipos.

. Se capacita primero el personal que va a estar involucrado en actividades específicas de mantenimiento.

. Se inicia con una planta piloto que permita recoger experiencias, para luego iniciar un programa a nivel global.

HOJA DE VIDA DE LOS EQUIPOS

La hoja de vida de un equipo es una de las herramientas más importantes para el mantenimiento porque:

. Se tienen a la mano las especificaciones técnicas de los equipos.

. Se puede contar con la historia de daños, y de esa forma mejorar el funcionamiento de los equipos.

Se puede efectuar una mejor planeación y programación de las actividades de mantenimiento, si se saca tiempo para revisar los informes de los mantenedores.

Con los informes de costos se puede definir si es más rentable cambiar el equipo o continuar haciéndole mantenimiento.

Se puede mejorar el stock de repuestos.

Qué debe contener una hoja de vida

1. FICHA TECNICA DEL EQUIPO

- a) Parte mecánica.
- b) Parte eléctrica.
- c) Especificaciones técnicas del fabricante.
- d) Listado de proveedores.
- e) Dirección de los fabricantes o la compañía que vendió el equipo.

2. INFORME SOBRE LOS MANTENIMIENTOS EFECTUADOS A LOS EQUIPOS

- a) Listado de repuestos.
- b) Listado de herramientas.
- c) Costo de los repuestos y mano de obra.
- d) Horas hombre estimadas/horas hombre reales.

3. INFORME DE LAS PERSONAS QUE EJECUTEN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

- a) Inconvenientes durante la ejecución del trabajo.
- b) Inconvenientes en la entrega de repuestos.

4. INFORME DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

- a) Costo de mano de obra.
- b) Costo de materiales y repuestos.
- c) Costo del equipo fuera de servicio (Lo que se deja de producir).

Para tener una hoja de vida más completa se le puede incluir la normalización del equipo, lo cual permite conocer la capacidad actual del equipo, área donde está ubicado, problemas que presenta, y además se deben consignar todos los mejoramientos que se le efectúen al equipo. También debe estar incluido el tipo de mante-

nimiento que se le hace, la frecuencia, los repuestos de mayor desgaste y un despiece del equipo.

SOLICITUDES DE REVISION O MANTENIMIENTO

Las solicitudes de revisión o mantenimiento permiten atender rápidamente los imprevistos y a su vez programar con tiempo los trabajos que no son prioritarios. Estas solicitudes son tramitadas por los operadores de las diferentes plantas de la empresa. La sucesión de operaciones de un trabajo de mantenimiento se presenta en la Figura 1.

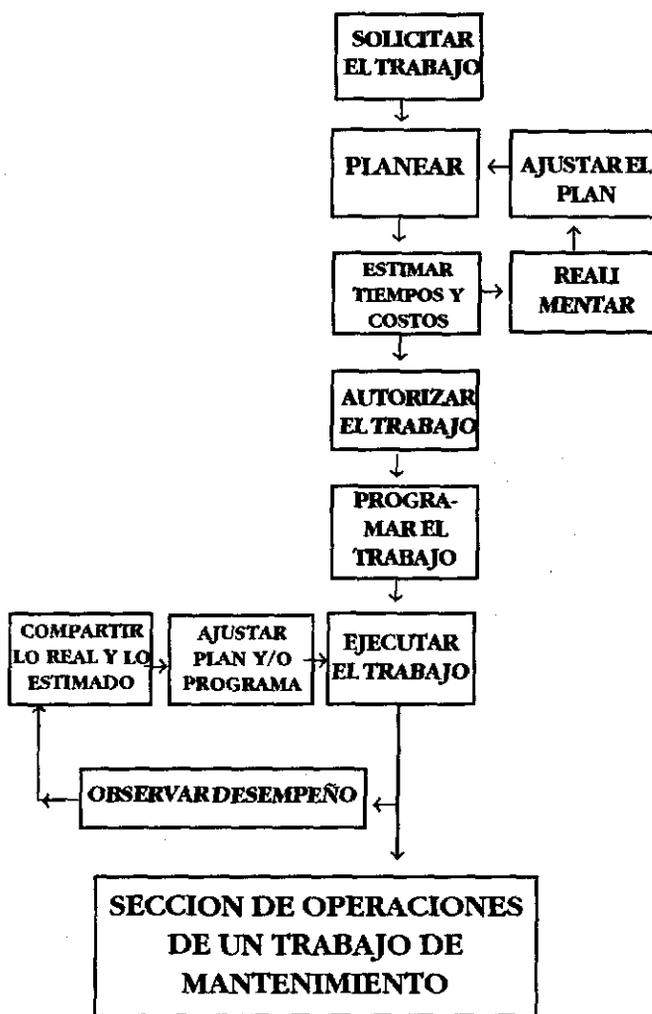


Figura 1. Sucesión de operaciones de un trabajo de mantenimiento

El programador planeador del Departamento de Mantenimiento las recoge y les da una prioridad, habiendo efectuado antes una inspección que le permita evaluar su importancia. Si el trabajo es urgente, se coordina con producción una parada de planta o del equipo, de lo contrario queda pendiente para efectuarla en el mantenimiento general que se efectúa cada 50 días.

Estas solicitudes son de gran importancia, ya que permiten dar una respuesta rápida, y al Departamento de Producción le permite llevar un control sobre los trabajos de revisión o mantenimiento solicitados.

Ordenes de Trabajo

Las órdenes de trabajo salen de las solicitudes de revisión o mantenimiento, éstas deben pasar sucesivamente por las siguientes etapas:

1. Análisis.
2. Planeamiento.
3. Programación.
4. Ejecución y presentación del informe.

1. ANALISIS

En esta etapa se debe hacer la pregunta: ¿Qué hacer?

Es la etapa de consulta de las Hojas de Vida, estadísticas, daños repetitivos y, si es el caso, pensar en algún rediseño del equipo.

- Su disposición.
- Facilidad de desmontaje.
- Dimensionamiento.
- Dispositivos de seguridad.
- Facilidades de inspección.
- Fabricación de repuestos.

2. PLANEAMIENTO

En esta etapa se deben planear los trabajos. Disponer de los repuestos necesarios del equipo y se debe hacer la pregunta: Cómo hacerlo?

Previamente se debe definir:

- El personal necesario.
- El método de trabajo a emplear.
- Los materiales y repuestos requeridos.
- Las herramientas a utilizar.
- Los tiempos requeridos.

3. PROGRAMACION

Es la etapa en la que se debe fijar el tiempo previsto para la acción, respondiendo a la pregunta: ¿Cuándo?

Se debe establecer una secuencia en los trabajos de mantenimiento por operario, con el objeto de minimizar las interrupciones imprevistas de producción para evitar tener que actuar apagando incendios. Hay necesidad de programar las actividades del personal asignado.

Se debe tener un programa de trabajo por lo menos para tres o seis días que permita pensar y mejorar lo que se está haciendo.

4. EJECUCION Y PRESENTACION DEL INFORME

Después de ejecutado el trabajo, el mantenedor debe hacer el informe, donde se describe cómo se desarrolló el trabajo, qué inconvenientes se le presentaron en cuanto a:

- Materiales y repuestos.
- Herramientas.
- Si el equipo fue entregado a tiempo.
- Si el trabajo no fue interrumpido.
- Si fueron completas las instrucciones.
- Propuestas de mejoramiento para el próximo mantenimiento.
- Tiempo real empleado en la ejecución del trabajo.

El jefe de mantenimiento recibe el informe, hace el análisis teniendo en cuenta la forma como se desarrolló el trabajo. Tiempo estimado vs. tiempo real, y toma nota para corregir en un próximo mantenimiento y pasa la orden de trabajo a la hoja de vida.

PROGRAMA DE INSPECCIONES

Un programa de inspecciones permite mejorar la planeación y programación del mantenimiento. Además, permite conocer mejor el equipo y ver como se comporta durante el tiempo que esté en servicio.

Para facilitar la programación de las rutas de inspección es muy importante primero codificar todos los equipos de las plantas.

OBJETIVOS DE LAS INSPECCIONES

. Mejorar la organización del Departamento de Mantenimiento, al optimizar la planeación y ejecución de los

programas demantenimiento preventivo y al procesar los datos obtenidos de las hojas de inspección.

Mejorar el índice de confiabilidad en el mantenimiento de los equipos, al aumentar el tiempo promedio entre fallas y disminuir las probabilidades de que un equipo falle en servicio.

Determinar de una manera clara, bajo criterios técnicos, el correcto funcionamiento de los equipos, estableciendo para ellos un programa de mantenimiento definido.

Planear, de una manera más precisa todas las ejecuciones de mantenimiento, mediante la elaboración de órdenes de trabajo más completas.

Ejercer un mayor control y, por ende, poseer una visión más global de las condiciones de vida útil, de funcionamiento y de operación de los equipos.

Claves de Inspección

CLAVE 1

Frecuencia ----- 25 días

Definición: Equipos rotativos de trabajo continuo que no poseen equipo gemelo o en stock.

CLAVE 2

Frecuencia ----- 55 días

Definición: Equipos rotativos o no que poseen un gemelo y cuya influencia no es notoria en el proceso.

CLAVE 3

Frecuencia ----- 90 días

Definición: Equipos de trabajo poco continuo, cuya reparación no implica mayores costos o traumas en el proceso.

CLAVE 4

Frecuencia ----- 180 días

Definición: Equipos vitales que requieren de una parada total para su inspección interna, imposible de realizar antes de 180 días, o equipos no pertenecientes al área de producción.

CLAVE 5

Frecuencia ----- 360 días

Definición: Equipos estacionarios o de almacenamiento poco susceptibles al desgaste, que no requieren de inspección continua.

Las inspecciones sencillas, en lo posible, deben ser efectuadas por el personal que opera los equipos, lo cual hace que este esté más pendiente de su equipo o planta.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO GENERAL

En SACEITES S.A. se efectúa mantenimiento a las diferentes plantas cada 50 días, cada 180 días y cada 360 días.

Del programa de inspecciones de mantenimiento preventivo y predictivo se sacan los programas de mantenimiento semanales, bimensuales, semestrales y anuales.

Estos programas permiten asignar las actividades con tiempos estimados y poder identificar que actividad está desarrollando cada persona.

En la Tabla 1 se puede ver un programa tipo.

COSTOS DE MANTENIMIENTO

Normalmente se dice que las divisiones o departamento de mantenimiento no dan si no gastos, pero eso no es así. Lo invertido en mantenimiento no es un gasto sino una fuente de ganancias.

Costo de posesión de un bien: Costo de compra

+ Costo de operación

+ Costo de mantenimiento

+ Costo de deshacerse del bien

Costo de compra = Costo de adquisición + impuestos + aranceles

+ Transporte + Seguros + Comisiones + Montaje

+ Instalaciones.

Costo de operación = Mano de obra + materia prima + gastos directos.

Costo de mantenimiento = Mano de Obra (directa)

+ Repuestos (directos)

+ Tiempo perdido (Producto perdido + horas extras empleadas)

Al aumentar los gastos directos de mantenimiento, disminuye el tiempo perdido.

La pregunta es: ¿Qué porcentaje de gastos directos debe dedicarse a mano de obra, repuestos, para que el tiempo perdido sea mínimo?

Hay un punto intermedio de porcentaje de mano de obra, repuestos y tiempo perdido que da el menor costo de posesión. Para encontrar ese punto se puede hacer un análisis de costo de la máquina en el ciclo de vida.

Tabal 1. Programa Tipo de Mantenimiento General. SACEITES 1991.

SANTANDREANA DE ACEITES S.A.		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	PLANTA DE GENERAL	DICIEMBRE 28 DE 1991														
TRABAJOS DE MANTENIMIENTO A DESARROLLAR		HORAS NOMINALES	SEPTIEMBRE 89	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
Y	REVISION DE LAS LINEAS DE FLUIDO TECNICO PRINCIPAL	18	15, 18															
Y	LIMPIEZA DEL INTERCAMBIADOR 821	18	11, 14															
T	LIMPIEZA INTERNA DEL TANQUE 822	18	16, 24, 28															
Y	LIMPIEZA DE DIAFRAGMAS Y CHEQUES BOSTRA EN 802/21/830	9	29															
Y	LIMPIEZA DE BOQUILLAS, DIAFRAGMAS, CHEQUES BOSTRA DEL 822	9	30															
G	INSTALAR LAS NUEVAS VALVULAS DE CAMBIO DEL TR22	18	8, 6															
T	MANTEN. A CALDERA POWER Y LIMPIEZA TANQUE DE AGUA	27	27, 28, 32															
T	HACER LIMPIEZA DEL FILTRO DE ALUVION	9	25															
T	HACER LAS CONEXIONES DE LA PLANTA DESMAGNADO	18	31, 33															
T	LUBRICACION EQUIPOS DE SOLD. ENERJE Y MANTENIMIENTOS	19	7															
Y	MANTEN. GENERAL AL CUARTO FRO. FRACC. Y CAMBIO WIRMAX	18	21, 22															
Y	MANTEN. AL TABLERO DE ENLACE EXTERNO	4.5	4															
T	MANTEN. AL TABLERO DE LA ETIQUETADORA	4.5	4															
T	CAMBIO A VALVULA DE ENTRADA AL CONDENSADOR DEL DANKIN	2	20															
T	MANTEN. A VALVULAS JONCONATE DE FRACCIONAMIENTO I	7	20															
T	MANTEN. AL SOLDADOR DE PLANTA DE SOLDOS	18	34, 35															
T	LIMPIEZA DEL CONDENSADOR EVAPORATIVO PLANTA DE SOLDOS	18	9, 10, 12, 15															
T	LIMPIEZA CONDENSADOR EVAPORATIVO PLANTA DE MAGNEMAS	18	9, 10, 12, 15															
Y	MANTEN. AL MOTORADON DE LA TAPADORA KAPPA	18	3, 8															
T	MANTEN. AL TABLERO ELECTRICO MANTENIMIENTOS 18 FRO	4.5	5															
Y	MANTEN. AL TABLERO ELECTRICO MANTENIMIENTOS 22 FRO	4.5	5															
T	REVISION INTERNA DEL TANQUE 802 / 21	18	17, 19															
Y	INSTALAR EL NUEVO BANCO DE ELECTRO-VALVULAS EN FRACC I	18	1, 23															

La experiencia con el análisis del ciclo de vida, indica que:

El mínimo costo de mantenimiento se alcanza cuando el costo anual de tiempo perdido es semejante a la suma de costo anual de mano de obra y repuestos.

En otras palabras, el costo mínimo de mantenimiento se alcanza cuando:

- Costo de tiempo perdido = 50% de costo de mantenimiento
- Costo de mano de obra = 25% de costo de mantenimiento
- Costo de repuestos = 25% de costos de mantenimiento

Costo de mano de obra: Es el costo del personal que ejecuta las O.T (Ordenes de Trabajo) y los supervisores de mantenimiento.

Costo de repuestos: Es el costo de inventario de repuestos.

Costo de tiempo perdido: Es el costo de la oportunidad por no haber podido hacer funcionar la máquina o la planta para producir.

COMPUTADOR COMO HERRAMIENTA DE TRABAJO

Tradicionalmente, el uso del computador ha sido una de las herramientas utilizadas para tratar de mejorar la productividad en todas las áreas de las empresas.

Cuando se tienen problemas de organización, lo primero que se dice es: ¡Compremos un computador para organizarnos mejor!. Pero las personas que evalúan la compra de computadores como solución a los problemas de desorganización, terminan llenándose de equipos y subutilizándolos sin que, en definitiva, aumente la productividad.

Por eso es importante primero organizar manualmente cualquier actividad y luego sí adquirir el computador, únicamente como ayuda en la realización de las distintas actividades de una área.

Un computador permite optimizar la gestión de mantenimiento ya que ayuda a:

- Llevar sin complicaciones los costos de mantenimiento.
 - Por plantas.
 - Por equipos.
- Llevar las estadísticas sobre daños en equipos.
- Llevar estadísticas sobre tiempo perdido en producción.
- Llevar estadísticas sobre cuáles equipos están presentando demasiados problemas, cuál es el costo de mantenimiento y decidir si lo mejor es cambiarlo o continuar haciéndole mantenimiento.

Son muchas las ayudas de un computador, pero inicialmente se debe trabajar manualmente.

MODULO V

CLARIFICACION

CLARIFICACION HORIZONTAL . PRINCIPIOS, FUNDAMENTOS E INNOVACIONES

FRANCISCO DELGADO RODRIGUEZ ¹

OBJETIVO DE LA CLARIFICACION

Esta es una etapa de la purificación del aceite crudo extraído de las prensas, con el fin de eliminar el agua, el lodo y la materia celular.

Para tener una clarificación eficiente se requiere:

a) **Desarenamiento Estático:** En un desarenador con conos de drenaje donde se decantan y evacuan la arena y las impurezas pesadas.

b) **Tamizado del aceite bruto (mezcla de aceite, agua, lodos y materia celular):** Para eliminar la materia celular y las materias extrañas de mayor tamaño, y facilitar la separación de los demás componentes de la mezcla.

c) **Bombeo de la Mezcla:** Esta operación se hace ya sea con Bombas Centrífugas de bajas revoluciones o con Bombas de Diafragma. Las primeras emulsifican y dificultan la decantación; las segundas realizan un bombeo por sistema de bache continuo que permite que la mezcla no se emulsifique y, por consiguiente, facilita la decantación y recuperación del aceite.

d) **Calentamiento de la mezcla:** Bien sea con calentadores de vapor directo, con Serpentin o con Intercambiadores de tubos; es necesario subir la temperatura entre 90° a 95°C para que la mezcla pueda separarse por decantación estática.

e) **Separador Primario o Clarificador Horizontal Continuo:** En este equipo ocurre la separación por decantación estática debido a la diferencia de densidad, y con la ayuda de la temperatura, de los dos componentes principales de la mezcla: aceite y aguas lodosas. El aceite recuperado contiene algo de humedad y lodos livianos que es necesario eliminar para obtener una buena calidad del aceite.

Las aguas lodosas, por su parte, contienen lodos, agua y una porción de aceite que no es recuperado en el Separador Primario y que es necesario hacerlo en forma dinámica con la ayuda de las Centrífugas desludadoras y los Decanters. En el Separador Primario se busca recuperar la mayor cantidad posible del aceite.

DESCRIPCION DE LA CLARIFICACION

El clarificador horizontal (Fig.1) es un tanque de forma cuadrangular horizontal, más largo que ancho, con dos troncopirámides en el fondo con aislamiento térmico para conservación de la temperatura. Provisto de un colector de alimentación en el extremo anterior y de otro colector de descarga de las aguas lodosas en el extremo posterior, así como de un dispositivo, de altura ajustable, para la salida del aceite. La mezcla de aceite, agua y lodos entra suavemente por el colector de alimentación y durante el recorrido, a lo largo del equipo, el aceite va separándose de la mayor parte de los sólidos en suspensión, los cuales permanecen en el agua. El aceite con humedad y lodos livianos sale por medio del dispositivo especial de altura ajustable que lo recoge en la parte más alta de la capa superior. Las aguas lodosas con algún contenido de aceite

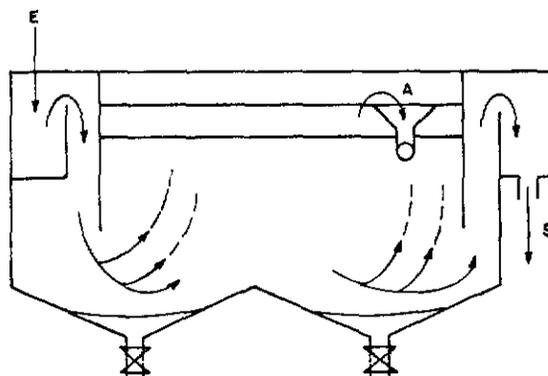


Figura 1. Esquema de un clarificador horizontal.

¹ Ingeniero Eléctrico. Director Planta Extractora El Roble. Calle 23 No. 4-27, Piso 11, Tel.: 210147. Santa Marta, Colombia.

(6 a 10%), en cambio, se evacuan mediante un colector en el extremo final que las toma del fondo. El nivel de descarga de las aguas lodosas está situado un poco más bajo que el nivel de descarga del aceite y esto es lógico debido a que el agua es más pesada que el aceite. Si el dispositivo de ajuste de la salida del aceite se coloca a un mayor nivel, la capa de aceite será más alta y ocurre lo contrario si el ajuste es hacia abajo. La cantidad de líquido bruto alimentado al sistema y el tamaño de la capa de aceite determinan el tiempo de retención del aceite en el separador estático.

El separador funciona en forma continua y se ajusta automáticamente al tipo de alimentación. Es recomendable mantener una capa de aceite, en el separador, de 50 a 60 cm para darle buena residencia a los lodos y evitar que estos arrastren aceite. Si la capa de aceite es pequeña, entonces los lodos salen rápidamente del separador y se aumentan las pérdidas de aceite.

Unas válvulas de drenaje están provistas en los fondos para evacuar la arena y otros sedimentos, una o dos veces por día, dependiendo de la cantidad que traiga consigo la materia prima; es buena práctica pasar estos drenajes a los tanques de lodos que alimentan las centrífugas deslodadoras.

En algunas extractoras han establecido no realizar estos drenajes, porque si no se es consciente al hacerlos, se puede perder una cantidad de aceite.

PRINCIPIO FISICO DE LA DECANTACION ESTATICA:

D_a =Densidad específica del aceite

D_l =Densidad específica de las aguas lodosas

V =Volumen de la gota de aceite

F_a' =Fuerza de ascenso en el vacío de la gota de aceite

F_a =Fuerza neta de ascenso de la gota de aceite

W_a =Peso de la gota de aceite

f =Fricción de la gota de aceite con las aguas lodosas

$$F_a = V \cdot D_l$$

$$W_a = V \cdot D_a$$

Entonces:

$$F_a = F_a' - W_a - f$$

$$F_a = V \cdot D_l - V \cdot D_a - f$$

$$F_a = V (D_l - D_a) - f$$

Aprox. $D_l - D_a = 0,1$ entre 40 y 100°C

Por consiguiente: F_a es más grande si V es más grande.

La velocidad de separación del aceite puro de la mezcla bruta depende del tamaño del Glóbulo o Celda del aceite; mientras más grande sea éste más rápida será la recuperación; de ahí la importancia de no repartir el aceite en partes muy pequeñas y de no producir emulsificaciones (tener en cuenta para el sistema de bombeo de la mezcla al calentador de aceite).

Sin embargo, de todas formas, el aceite bruto proveniente de la extracción contiene una pequeña cantidad de aceite suspendido, en formas de pequeñas celdas de un tamaño del orden de los micrones, que en la práctica no pueden ser separadas en el separador primario y constituyen una pérdida permanente.

Un incremento en esta pérdida ocurre bajo las siguientes condiciones:

. Operación por largo tiempo del Digestor lleno, teniendo la prensa parada.

. Cuando hay ebullición de la mezcla de aceite crudo.

. Por cavitación de las Bombas Centrífugas debido a la alta temperatura de la mezcla de aceite crudo.

El uso de vapor directo tiende a atomizar el aceite que ocasiona emulsificación del mismo; pero no se puede dejar de aplicar este procedimiento porque es el método más eficiente para mantener la temperatura, cuando hay deficiencias en la generación de vapor (Fig.2).

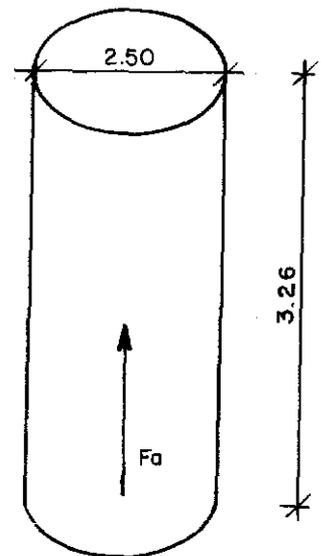
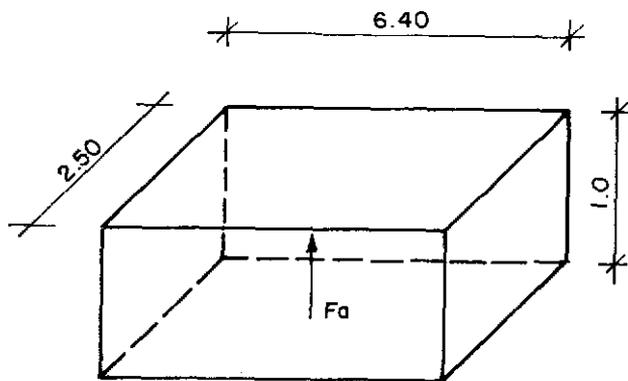
TIEMPO DE RESIDENCIA:

En la clarificación estática, el rendimiento depende básicamente del tiempo de residencia (buena capacidad) y podría pensarse que un tiempo de por lo menos cuatro (4) horas de residencia sería lo ideal para los clarificadores del tipo horizontal, aunque con dos horas hay buena capa de aceite. De todas formas, la experiencia ha demostrado que mientras mayor sea la capacidad de este equipo contra la capacidad de procesamiento de fruta, más eficiencia se tiene y se recupera más cantidad de aceite sin tanto apremio.

Para determinar el tiempo de residencia en una extractora, conociendo la capacidad de procesamiento, la capacidad de clarificación, la extracción de aceite y la dilución, se tiene:

T_R =Tiempo de residencia en horas

V_m =Mezcla (aceite, agua, lodos) a la clarificación en t/hr



$$V = 16 \text{ m}^3 = 6,40 \times 2,50 \times 1,00$$

Wh = Trabajo necesario en el Clarificador Horizontal para que suba la gota.

Wv = Trabajo necesario en el Clarificador Vertical para que suba la gota

dh = Distancia a recorrer por la gota en el Sistema Horizontal.

dv = Distancia a recorrer por la gota en el Sistema Vertical

Fa = Fuerza neta de ascensión de la gota

$$Wh = Fa \times dh \quad Wh = Fa \times 1 \quad Wh = Fa$$

$$Wv = Fa \times dv \quad Wv = Fa \times 3,26 \quad Wv = 3,26 Fa = 3,26 Wh$$

Figura 2. Trabajo: Clarificación Horizontal vs. Clarificación Vertical

Fp=Cantidad de fruta procesada en t/hr

Ac=Cantidad de aceite a la clarificación en t/hr

Vc=Capacidad del clarificador en t

Vc=Volumen del clarificador en m³

%E=Extracción de aceite % Fp

D=Densidad promedio de la mezcla (0,90)

Para entender el procedimiento, se expone el caso de una extractora de 20 t/RFF/hr, con un 23% de extracción de aceite y un volumen de clarificación de 32 m³. Cuál es el tiempo de residencia en la clarificación, si:

a) Dilución 1:1

b) Dilución 1:0,75

En primera instancia se tiene que:

$$Fp = 20 \text{ t/RFF/hr}$$

$$\%E = 24\%$$

$$Vc = 32 \text{ m}^3$$

$$D = \frac{Vc'}{Vc}$$

$$Vc' = D \cdot Vc$$

$$Vc' = 0,9 \cdot 32 = 28,8 \text{ t}$$

$$Ac = Fp \cdot \%E$$

$$Ac = 20 \cdot 23\% = 4,6 \text{ t/hr de aceite}$$

a) Dilución 1:1

Significa que teóricamente se tiene un 35% de aceite y un 35% de agua del total de Vm.

$$Vm = Ac \cdot (100/35)$$

$$Vm = 4,6 \cdot (100/35) = 13,1 \text{ t de mezcla/hr.}$$

Así la composición de esta mezcla sería:

$$4,6 \text{ t aceite/hr} \quad (35\%)$$

$$4,6 \text{ t agua/hr} \quad (35\%)$$

$$3,9 \text{ t lodos/hr} \quad (30\%)$$

$$13,1 \text{ t de mezcla/hr.}$$

$$TR = \frac{Vc'}{Vm} = \frac{28,8}{13,1} = 2,2 \text{ horas}$$

b) Dilución 1: 0,75

Significa en este caso que se está agregando el 75% del agua que en el caso de la dilución 1:1, así que la nueva composición de la mezcla es:

4,6 t aceite/hr (38,3%)
 3,5 t agua/hr (29,2%)
 3,9 t lodos/hr (32,55%)
 12,0 t de mezcla/hr

$$TR = \frac{28,8}{12,0} = 2,4 \text{ horas}$$

Para determinar la capacidad del Separador primario, conociendo la capacidad de procesamiento de fruta y el tiempo de residencia: suponiendo una Extractora de 15 t RFF/hr, con un tiempo de residencia en la clarificación de 2,5 hr. Cuál es la capacidad del clarificador horizontal?

$$TR = \frac{Vc'}{Vm} \text{ donde: } 2,5 = \frac{Vc'}{Vm}$$

$$Vm = (62 \text{ al } 70\%) * Fp \text{ para dilución 1:1}$$

Depende del potencial de aceite de la fruta

Si se asume el 70%, porque se desconoce el porcentaje de extracción en esta extractora.

$$Vm = 70\% \times 15 = 10,5 \text{ t/hr}$$

$$Vc' = 2,5 \times Vm = 2,5 \times 10,5 = 26,3 \text{ t}$$

$$Vc = \frac{Vc'}{D} = \frac{26,3}{0,9} = 29,2$$

Con estos datos se puede concluir que un exceso en la capacidad del Separador Primario no perjudica ni es excesiva y en cambio, un defecto causa grandes complicaciones y pérdidas en la recuperación del objetivo principal de las Extractoras que es el aceite (Tablas 1 y 2)

TEMPERATURA

En todo el proceso, la relativa alta temperatura es de primordial importancia porque la viscosidad del aceite influye en su recuperación, pero se debe tener la precaución de no recalentarlo porque se tendría un deterioro de la calidad con respecto a la fijación de su color y la oxidación que es un buen problema en el proceso de la refinación. Lo más importante en la etapa previa a la decantación es mantener la temperatura de la mezcla lo más alto que se pueda sin caer en la oxidación. La oxidación comienza más o menos a los 110°C y es por esta razón que la temperatura ideal es de 90 a 95°C. Si la mezcla a separar se mantiene con baja temperatura, entonces la densidad del aceite se asemejará a la densidad de las aguas lodosas, dificultando la separación estática y aumentando considerablemente las pérdidas de aceite.

TABLA 1. Clarificación Horizontal. Tiempo de residencia en extractoras colombianas.

EXTRACTORA	CLARIFICACION m ³ / t	PRENSADO t / hr	PORCENTAJE CLAR./PREN	RESIDENCIA	RESIDENCIA
				DILUCION 1:1 hr	DILUCION 1:0,75 hr
MANUELITA	40/36	25	144	2,0	2,2
UNIPALMA	32/28,8	20	144	2,2	2,4
MANAVIRE	32/28,8	17	169	2,5	2,8
LAS FLORES	30/27	20	135	2,1	2,3
GRADESA	30/27	18	150	2,4	2,7

DENSIDAD DE LA MEZCLA = 0,9

TABLA 2. Clarificación Horizontal Tiempo de residencia en extractoras extranjeras

EXTRACTORA	CLARIFICACION m ³ / t	PRENSADO t / hr	PORCENTAJE CLAR./PREN	RESIDENCIA	RESIDENCIA
				DILUCION 1:1 hr	DILUCION 1:0,75 hr
KLUANG	40	12	334	5,4	6,3
KLUANG	40	24	167	2,7	3,2
KLUANG	40	36	111	1,8	2,1
TUNGUD	30	12	250	4,0	4,6
TUNGUD	30	24	125	2,0	2,3
TUNGUD	30	36	83	1,3	1,5
LOBE	15	16	94	1,5	1,7
N'DIAN	20	28	72	1,2	1,4

DENSIDAD DEL ACEITE

La densidad del aceite es la relación entre su peso y su volumen, y en este caso está afectada por la temperatura.

Al aplicar el método de la norma AOAC 26.004, establecida para aceites, grasas y ceras, se podrá determinar la variación de la densidad con respecto a un cambio de temperatura, usando la siguiente expresión:

$$D' = D - 0,000675 (T - 30^{\circ}\text{C})$$

Donde:

D' = Densidad a una temperatura T

D = Densidad a una temperatura de 30°C

T = Temperatura para D'

0,000675 Factor de corrección para 1°C

Ejemplo: Se va a determinar la densidad del aceite de palma para una temperatura de 9°C.

$$D' = 0,9048 - 0,000675 (93-30)$$

$$D' = 0,862275$$

De la misma forma, se puede encontrar la densidad para cualquier temperatura (Tabla 3)

DILUCION

La dilución usada en la clarificación es de 1:1 (35% agua vs 35% aceite), encontrada experimentalmente y que depende de varios factores tales como: sólidos, tipo de suelo, tipo de cosecha, etc.; estas condiciones son diferentes en cada sitio, y por lo tanto es necesario experimentar con varias diluciones para encontrar la que se ajuste a cada caso. Según Beltrán (1989), la clarificación con exceso de agua se vuelve ineficiente y no puede dejar de echarle agua porque se vuelve ineficiente.

Es tan importante hacerle un buen control a la dilución que en algunas Extractoras están programando la implementación del control automático de la dilución en la clarificación, para garantizar continuamente la homogeneidad de la misma, puesto que la operación manual no lo garantiza, a pesar de las verificaciones por laboratorio que se realizan con una regularidad, pues el capricho de los operarios es algo difícil de controlar.

EFFECTOS DE LA MADUREZ SOBRE LA CLARIFICACION

Uno de los factores que dificultan la clarificación es el grado de "madurez" del fruto. El fruto verde ocasiona la formación de una "Tercera Capa" o capa intermedia entre el aceite y las aguas lodosas. Esta capa está constituida por

TABLA 3. Densidad del aceite de palma en función de la temperatura

°C	DENSIDAD	°C	DENSIDAD
30	0,904800	70	0,877800
31	0,904125	71	0,877125
32	0,903450	72	0,876450
33	0,902775	73	0,875775
34	0,902100	74	0,875100
35	0,901425	75	0,874425
36	0,900750	76	0,873750
37	0,900075	77	0,873075
38	0,899400	78	0,872400
39	0,898725	79	0,871725
40	0,898050	80	0,871050
41	0,897375	81	0,870375
42	0,896700	82	0,869700
43	0,896025	83	0,869025
44	0,895350	84	0,868350
45	0,894675	85	0,867675
46	0,894000	86	0,867000
47	0,893325	87	0,866325
48	0,892650	88	0,865650
49	0,891975	89	0,864975
50	0,891300	90	0,864300
51	0,890625	91	0,863625
52	0,889950	92	0,862950
53	0,889275	93	0,862275
54	0,888600	94	0,861600
55	0,887925	95	0,860925
56	0,887250	96	0,860250
57	0,886575	97	0,859575
58	0,885900	98	0,858900
59	0,885225	99	0,858225
60	0,884550	100	0,857550
61	0,883875	101	0,856875
62	0,883200	102	0,856200
63	0,882525	103	0,855525
64	0,881850	104	0,854850
65	0,881175	105	0,854175
66	0,880500	106	0,853500
67	0,879825	107	0,852825
68	0,879150	108	0,852150
69	0,878475	109	0,878475

sustancias coloidales y mucílagos (almidones, pectinas y otros carbohidratos), que causan dificultades y ocasionan aumentos de pérdidas de aceite en la clarificación.

Existen parámetros fundamentales que influyen directamente en la separación del aceite, entre los cuales se tienen la edad de la palma y el grado de maduración de los racimos.

Las palmas jóvenes de fruto TENERA, así como los frutos verdes, contienen mayor cantidad de almidones y sustancias pécticas que las palmas adultas y/o maduras.

Es bueno aclarar que el grado de maduración de la fruta de palma de aceite cambia de una región a otra y depende

de factores climáticos tales como las lluvias y la influencia de la radiación solar. Por consiguiente, la maduración irregular o no completa es la consecuencia de un largo verano anterior, falta de buen riego y falta de radiación solar, caso típico de la zona norte del país.

INNOVACIONES EN EL CLARIFICADOR HORIZONTAL

Ultimamente se han introducido en estos equipos unos pequeños cambios que ayudan a un mejor desempeño de los mismos.

El dispositivo de altura variable con antiespumante ha sido reemplazado por una cubeta de casi el mismo ancho del separador con un antiespumante, y conservando la condición de altura variable, lo cual permite recuperar en forma más rápida el aceite. A cambio de los tradicionales toma muestras, se están instalando mirillas rectangulares en vidrio para observar directamente el comportamiento de la separación de la mezcla. Además tienen instalación de vapor directo en los conos mediante eyectores, usado para el arranque del equipo (romper almidones) y un Serpentín de vapor que sirve para ayudar a mantener la temperatura sin que se presente ebullición de la mezcla.

De otro lado, es bueno considerar la sección transversal de los clarificadores: Generalmente, en el clarificador horizontal esta área es mayor que en el vertical,

obteniéndose una mayor posibilidad de que todas las gotas de aceite asciendan más rápidamente a la superficie, evitando saturaciones del mismo cuando el proceso general es continuo (24 horas).

BIBLIOGRAFIA

AFRICANO, F. 1993. Visita de Francisco Delgado a la Extractora Unipalma. Junio 3/93.

BELTRAN, C. 1989. Mini-Plantas Extractoras de Palma Aceitera. FEDEPALMA, febrero de 1989. p.47 - 52.

BERNAL, G. 1991. Descripción general del proceso eficiente de Clarificación del aceite de palma y sus condiciones de operación. En: Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite, 9a., Bucaramanga, Colombia. Memorias. Palmas (Colombia) No. Especial, v.12, p. 112-114.

HERNANDEZ, G. 1985. Interrelación Planta Extractora-Campo. En: Encuentro Nacional sobre Palma Africana, 2º, Barrancabermeja, Colombia, 1985. Memorias. p. 110 - 113.

PALM OIL FACTORY PROCESS HANDBOOK (Fotocopias de Clarificación).

PELAEZ, C.M. 1993. Visita de Francisco Delgado a la Extractora Las Flores. Septiembre 3/93.

PRADA, J. 1993. Visita de Francisco Delgado a la Extractora Manuelita. Junio 1/93.

RUBIANO, G. 1993. Visita de Francisco Delgado a la Extractora Manavire. Junio 2/93.

CLARIFICACION ESTATICA DEL ACEITE CRUDO DE PALMA (ACP)

LEÓN DARIO URIBE MESA ¹

El Aceite Crudo de Palma, ACP, proveniente del prensado del mesocarpio del fruto de la palma de aceite, contiene cantidades variables de impurezas de tipo vegetal (solubles e insolubles), arena y agua, que deben ser removidas con el fin de dar al producto terminado: claridad, estabilidad y buena apariencia. Lo anterior se logra mediante el clarificado del licor por decantación y centrifugado.

Se revisará la tecnología involucrada en el proceso y como usarla para maximizar la eficiencia de la recuperación del aceite.

CARACTERISTICAS FISICAS Y COMPORTAMIENTO

Composición

El aceite está constituido por agua y sólidos. Los porcentajes de estos componentes dependen de las características del material procesado y de la técnica empleada en las estaciones previas al clarificado (esterilización y extracción). Los rangos obtenidos por Lim (1976), sobre 150 muestras, arrojaron los siguientes valores:

COMPONENTE%

Aceite	35 - 55
Agua	20 - 50
Sólidos	3 - 9

Debido a la amplitud de los rangos y siendo el ACP la materia prima de la clarificación, el diseño y la operación de esta, debe poder manejarlos.

Mecánica y Conducta

Desde el punto de vista de la mecánica de fluidos, el ACP es un fluido aceitoso disperso en un medio fluido (lodos). La trayectoria de ascenso de las gotas de aceite está descrita por las leyes de Stokes, de Newton y el principio

de Arquímedes. La ecuación que gobierna la trayectoria de una gota de diámetro d es:

$$v = \frac{g \times (Pl - Pa) d^2}{18 n}$$

donde:

- v = Velocidad de la gota de aceite
- g = Fuerza gravitacional
- Pl = Densidad del lodo
- Pa = Densidad del aceite
- d = Diámetro de la gota de aceite
- n = Viscosidad del aceite crudo

Con el fin de establecer las condiciones que optimizan la ecuación, se deben evaluar las variables involucradas.

Pl-Pa- Estudios realizados muestran que: $Pl-Pa$ varía entre 0,011-0,014, para un rango de temperatura de 85-95°C.

Diámetro de las partículas (d) - La velocidad de ascenso de las gotas de aceite depende directamente del cuadrado del diámetro de la gota. Experimentalmente se ha encontrado que gotas con diámetros inferiores a 15 μ m no son separables del licor.

Los factores que afectan el tamaño de las gotas son:

- Sobredigestión y drenaje excesivo del aceite en los digestores.
- El efecto de los tamices vibratorios.
- El calentamiento con vapor directo.

Viscosidad (n) - Es la medida de la resistencia a fluir, y es ocasionada por la fricción entre capas del fluido que se mueven a diferentes velocidades.

Según la ecuación del movimiento, la velocidad es inversa a la viscosidad. Los parámetros que se pueden manejar para disminuir la viscosidad con el fin de optimizar la velocidad son:

a. **Temperatura:** Deberá mantenerse tan alta como sea posible sin llegar a la ebullición. Temperaturas de 95-98°C para el aceite que entra al clarificador son óptimas.

¹ Ingeniero Mecánico, Director Planta Extractora Palmas de Casanare. Tel. 241660. Villanueva (Cas.) ó 2900055 Santafé de Bogotá, Colombia

b. **Dilución:** Como el ACP extraído del mesocarpio es altamente viscoso, se hace necesario adicionar suficiente agua de dilución para lograr una buena separación del aceite y los lodos. La adición de agua a 90°C para obtener aceite, en volumen del 35-40%, logra un rápido decantado.

Las Figuras 1 y 2 muestran las ratas de sedimentación a diferentes diluciones.

c. **Fuerza cortante:** Debido a la naturaleza no Newtoniana del ACP, la viscosidad disminuye con un incremento en la fuerza cortante (Líquido tixotrópico).

La Figura 3 muestra el comportamiento de la viscosidad para un incremento en la fuerza cortante (rpm) a diferentes temperaturas.

Con el fin de obtener disminuciones en la viscosidad, la introducción de fuerzas cortantes deberá ser considerada, teniendo cuidado de no rebatir el líquido.

DISEÑO Y OPERACION

Un circuito típico de clarificación estática se muestra en la Figura 4.

Tanque Desarenador

Son unidades diseñadas para remover arena, tierra y demás partículas con gravedades específicas cercanas a 2,65. La remisión de estas partículas tiene como finalidad evitar obstrucciones y abrasión en las tuberías y bombas, principalmente.

La utilización de desarenadores de alta taza, del tipo de placas paralelas, aumenta la eficiencia del dispositivo. Cargas superficiales de 20 m³/m²/hr son manejadas con excelentes porcentajes de remoción.

El drenaje periódico del fondo del tanque se hace necesario con el fin de evitar su colmatación. La utilización de válvulas de cierre rápido permite, mediante

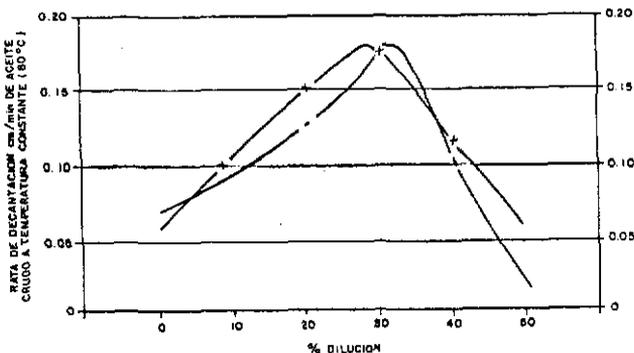


Figura 1. Cargas típicas de decantación de aceite crudo para varias ratas de dilución

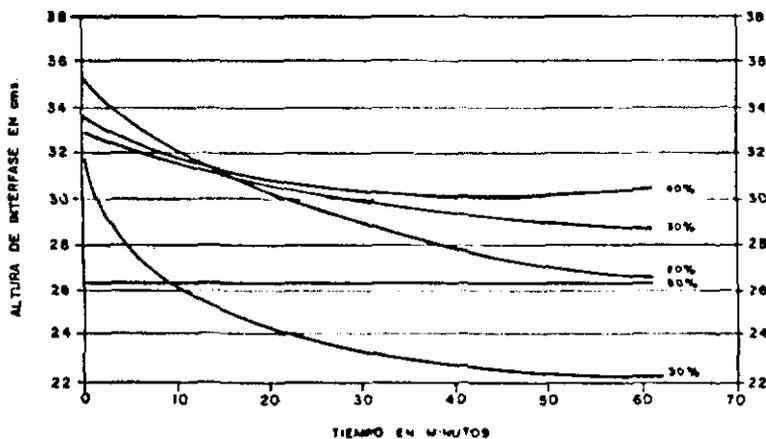


Figura 2. Rata de decantación para aceite crudo a varias ratas de dilución.

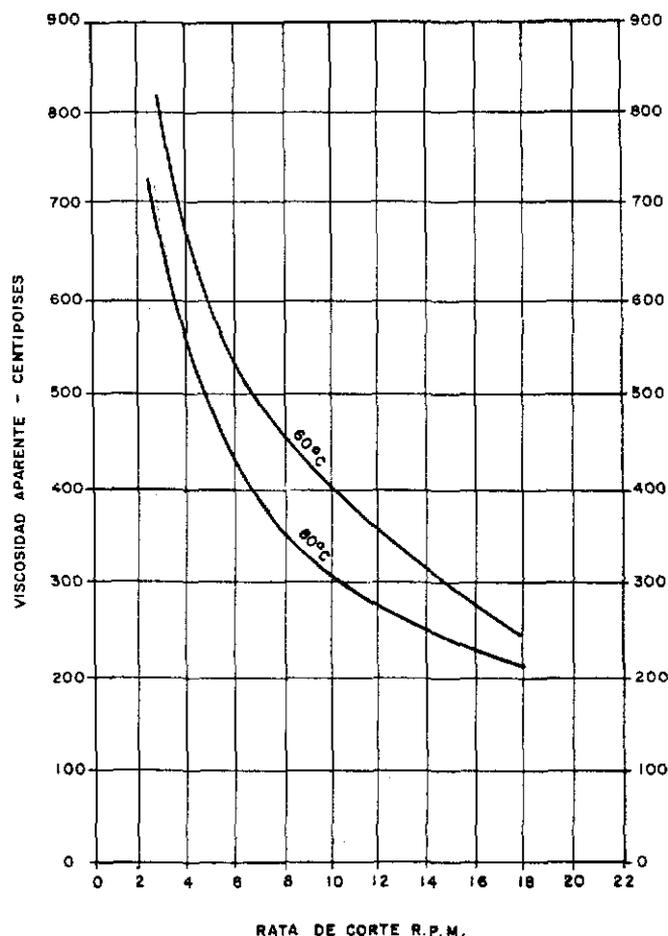
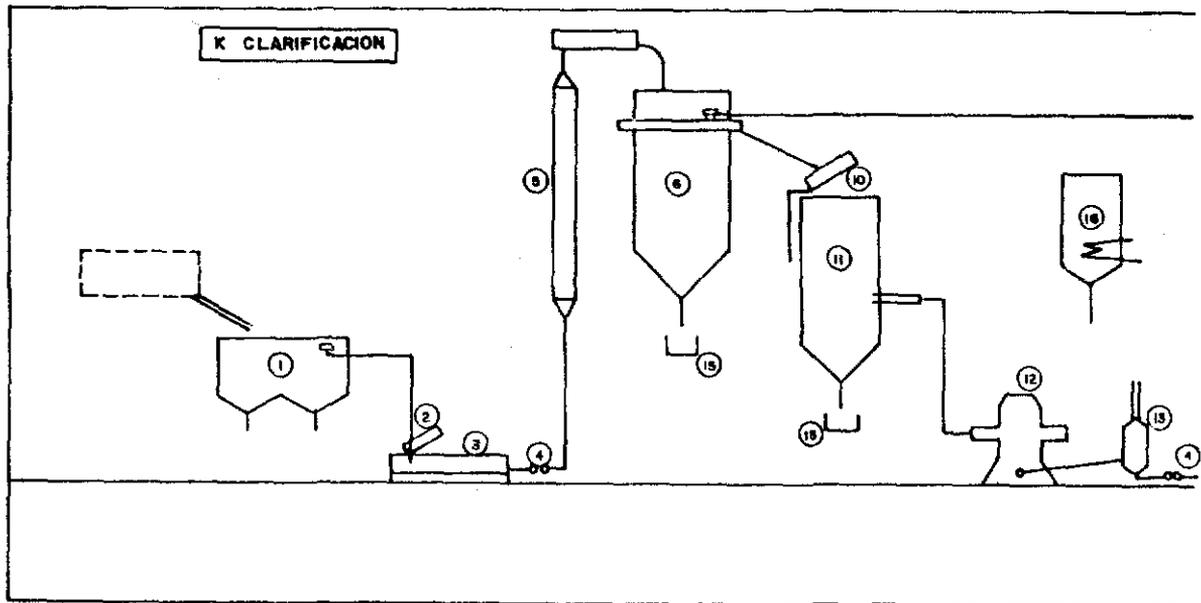


Figura 3. Viscosidad aparente del aceite crudo diluido a 60 y 80°C



- | | | |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1. Tanque desarenador | 6. Clarificador continuo | 10. Tamiz para lodos |
| 2. Tamiz | 7. Tanque de aceite terminado | 11. Tanque de lodos |
| 3. Tanque de aceite crudo | 8. Bomba | 12. Centrifuga de lodos |
| 4. Bomba neumática | 9. Medidor de flujo | 13. Ciclón |
| 5. Recalentador | | |

Figura 4. Diseño típico de clarificación Estática.

purgas horarias, producir el efecto deseado sin pérdidas apreciables de aceite. El equipo esta provisto de un calentador tipo serpentín que permite obtener temperaturas cercanas a los 90°C que disminuyen la viscosidad del líquido y mejoran la sedimentación.

Tamiz Vibratorio

Su función es remover una alta cantidad de sólidos con un mínimo de arrastre de aceite y lograr la máxima reducción en la viscosidad con una mínima reducción en el tamaño de las gotas de aceite.

Como ilustración, los ensayos llevados a cabo por Lim (1974) se muestran en la Tabla 1. Fueron utilizadas mallas de 20 y 40 mesh.

La malla de 40 mesh ofrece un efecto beneficioso en la remoción de sólidos y reducción de la viscosidad, pero este efecto se ve anulado por la reducción del diámetro de las gotas de aceite a tamaños menores de 65 µm, las cuales son difícilmente recuperadas.

Con el fin de obviar este problema se podrían tomar las siguientes acciones:

Reducción de la amplitud de la oscilación: Tiene como desventaja un mayor arrastre de aceite en los sólidos removidos, lo que afectaría el porcentaje de recuperación de aceite.

Utilizar una malla de 30 mesh: Es la técnica más recomendada.

Recalentador de Aceite

Los recalentadores más utilizados son los del tipo columna de ebullición con vapor directo y los del tipo columna con intercambiador de haz de tubos.

Los primeros no son aconsejables, pues presentan el riesgo de atomización del ACP, lo cual disminuye el

Tabla 1. Efecto del calibre de la malla en el tamizado del ACP

MALLA	SOLIDOS REMOVIDOS	REDUCCION DE VISCOSIDAD	DISMINUCION DIAMETRO
20	5,2	35	No significativo
40	13,48	9	5

tamaño de las gotas, y esto hace que se eleven las pérdidas de aceite en los lodos.

Temperaturas de 95-98 °C son esenciales para el aceite que entra al clarificador.

Tanque Clarificador

El diseño de la unidad se basa en la teoría de las capas, lo que implica tener suficiente área de sección transversal (carga superficial) y altura suficiente que permita concentrar los lodos en el fondo por compresión.

En la Figura 5 se muestra un tipo clarificador de sección circular. Si "X" es la altura de la capa de aceite, "Y" la de los lodos y "Z" la longitud del sifón de lodos, se tendrá en el equilibrio comunicante:

$$X = \frac{P_l}{P_l - P_a} [(x+y) - z]$$

P_l = gravedad específica del lodo = 1,1

P_a = gravedad específica del aceite = 0,9

$$X = 5,5 [(x+y) - z]$$

$(x-y)-z$ es la diferencia constructiva entre las salidas o reboses de aceite y lodos. Si esta distancia es muy pequeña, la capa de aceite tiende a perderse y arrastrará impurezas. Si por el contrario es muy grande, la capa de aceite aumentará a tal punto que los lodos arrancarán aceite.

Experimentalmente se han encontrado que la distancia óptima es de 25-30 cm, con una salida de aceite ajustable que permite por tanteo, determinar su posición óptima.

A veces, dentro del proceso, se presentan disminuciones en el espesor de la capa de aceite; la medida correctiva es drenar parcialmente el clarificador, deteniéndose la salida de aceite y formándose nuevamente una capa suficiente que empieza a fluir.

Si el problema lo ha ocasionado una pobre dilución del ACP, se debe drenar parcialmente y agregar agua caliente a 90 °C.

Si la capa de aceite se hace demasiado grande, se disminuye la capa de lodos y hay arrastre de aceite en éstos. La medida es estrangular la salida de lodos hasta lograr disminuir la capa de aceite.

El tanque clarificador deberá diseñarse para que a la máxima rata de prensado se logre un tiempo de retención de 4-5 hr.

Como la cantidad de aceite crudo diluido producido es

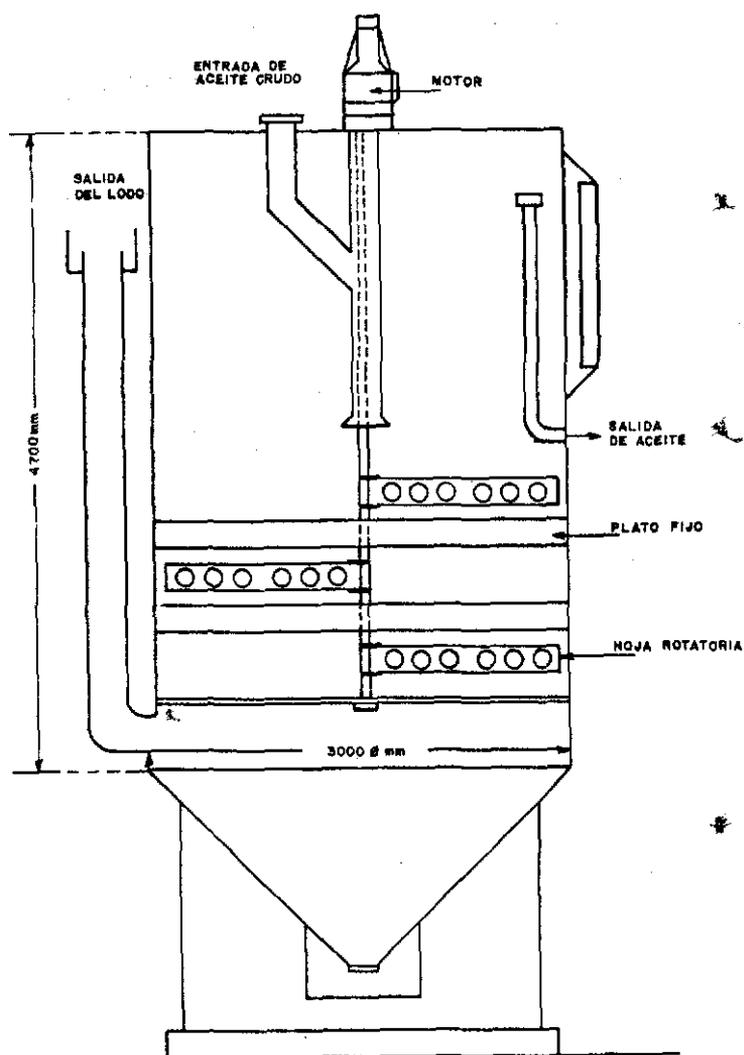


FIGURA 5. Clarificador Estático

0,65 m³/t RFF se tendrá un volumen de tanque de 2,60-3,25 m³/t RFF.

Otro factor importante a considerar es la carga superficial. Para este tipo de sedimentación discreta se reportan áreas de 0,70-1,0 m²/t RFF.

Con condiciones como las anteriores, el aceite que sale del clarificador tendrá humedades de 0,4-0,5% e impurezas de 0,02-0,03%, que deberán ser removidas en la deshidratación y el purificado, para garantizar la estabilidad del producto en el almacenamiento. El porcentaje de aceite en los lodos será menor del 10% en volumen y nunca deberá exceder el 15%, pues las desludadoras incrementarían las pérdidas en lodos.

Fuerzas Cortantes

En el campo de la separación de dos fases líquidas se ha venido incrementando el uso de la agitación mecánica

continua, lográndose incrementos en la transferencia de masa y en el manejo de altas cargas específicas, con buenas eficiencias de separación.

Como resultado de la conducta No-Newtoniana del ACP, estudios realizados por Lim y Whiting (1976) y Ng (1981) mostraron que el uso de una agitación mecánica suave (3-5 rpm) reducía ostensiblemente el contenido de aceite en los lodos ex-clarificados.

Además, se ha encontrado que en una columna con agitación, la inserción de elementos entre la mezcla mejoraba la eficiencia de la separación sin restringir el flujo axial. Las gotas de aceite son repetitivamente separadas y dispersadas, y presentan mayor posibilidad de coalescer en los elementos, formando gotas de mayor tamaño.

La Figura 6 muestra diseños de elementos para ser utilizados según la geometría del clarificador.

La utilización de estos elementos, combinada con la agitación lenta, fue utilizada en un clarificador cilíndrico (Fig. 7). Los resultados obtenidos aparecen en la Tabla 2 para la operación con y sin agitación.

Centrífuga de Lodos

Las centrífugas deslodadoras comúnmente usadas en las Plantas Extractoras son la Alfa Laval 4-101, la Stork 3000 y 6000 y la Westfalia. El principio de funcionamiento es el mismo para todas. Si la aceleración radial (AR) es:

$$AR = \frac{V^2}{R} ; V = \frac{n \times 2 R}{60}$$

Se tendrá:

$$AR = \frac{n^2 \pi^2 R}{900}$$

Si R se da en cm, entonces AR será en cm/seg² y con g=981 cm/seg², se tendrá que la aceleración radial excederá a la de la gravedad en:

$$\frac{AR}{g} = \frac{n^2 \pi^2 R}{900 \times 981}$$

Para tener una idea de la magnitud del factor, en la tabla se dan los valores para diferentes magnitudes de R:

FUERZA DE SEPARACION (rpm)	R (cms)				
	10	20	30	40	50
1400	218	437	656	875	1094
1450	235	470	705	940	1175

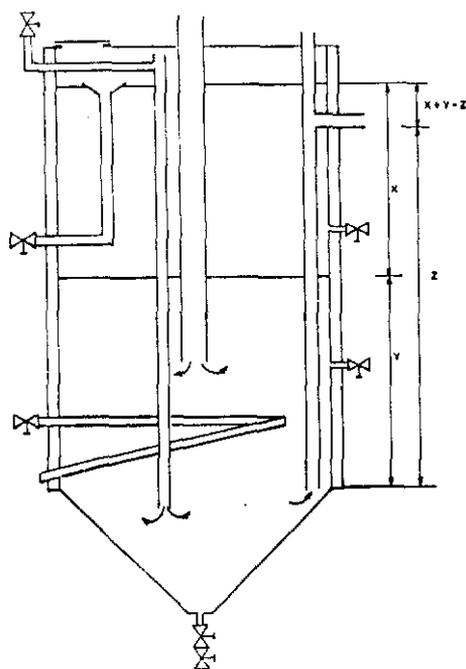


Figura 6. Ejemplos de posibles diseños. A. Anillos concéntricos con B. Lattice cuadrado. C. Cilindros paralelos.

En la tabla se aprecia como la fuerza de separación a una distancia R= 20 cm, excede de 437 veces la que prevalece en un separador estático.

Las principales variables que afectan el centrifugado son:

- Temperatura: Afecta la viscosidad
- Dilución: Afecta la viscosidad
- Ø de boquilla: Afecta la capacidad y las pérdidas
- Ø de boquilla: Afecta las pérdidas

Con el fin de obtener un trabajo continuo de la unidad se debe instalar un tamiz con malla de 40-45 mesh.

El tanque de alimentación de la centrífuga deberá tener una cabeza mínima de 2,0 a 2,5 m. Para no afectar la capacidad de la unidad, temperaturas del lodo que entra en el rango 95-98 °C son óptimas.

Respecto a la capacidad del centrifugado relacionada con la rata de proceso se tiene:

RATA PROCESO (t RFF/ hr)	LODOS PRODUCIDOS (2,0 mm) (l/hr)	TAMAÑO DE CENTRIFUGA (l/hr)
5	2.250	3.000
7	3.150	3.000
10	4.500	6.000
15	6.750	6.000-3.000
20	9.000	6.000-3.000

TABLA 2. Operación del tanque clarificador con y sin agitador

CON AGITADOR EN OPERACION				SIN AGITADOR EN OPERACION					
FECHA	MUESTRA No	UNDERFLOW		FECHA	MUESTRA No	UNDERFLOW			
		Solidos	Acete			Solidos	Acete		
10/9/74	1	4,83	7,19	11/9/74	9	6,74	5,24		
	2	4,87	8,22		10	6,88	5,77		
	3	5,03	6,00		11	6,77	6,68		
	4	5,43	5,17		12	6,92	9,28		
	5	5,59	5,45		13	6,69	9,19		
	6	5,66	5,06		14	7,15	9,83		
	7	5,81	4,96		15	8,96	7,25		
	8	5,72	5,04		16	6,99	9,52		
PROMEDIO		5,37	5,89	PROMEDIO		7,14	7,85		
13/9/74	25	3,93	8,61	12/9/74	17	7,37	8,42		
	26	5,05	6,71		18	7,58	7,62		
	27	5,00	5,83		19	6,63	7,71		
	28	4,81	6,98		20	6,74	7,23		
	29	5,55	5,52		21	Muestra Perdida			
	30	6,82	4,79		22	7,33	6,76		
	31	5,82	5,84		23	6,93	7,29		
	32	5,39	5,77		24	6,65	8,65		
	PROMEDIO		7,03		7,67	PROMEDIO		5,30	6,26

Una centrífuga Stork 3000 con boquillas de 2,0 mm procesa los lodos producidos por 7,0 t/RFF/hr (3.150 l/hr), mientras que con boquillas de 1,7 mm, procesa lodos de 5,5 t/RFF/hr (2.500 l/hr).

Lo anterior ocasiona que sobren lodos con un alto contenido de acete, los cuales son descargados al drenaje.

En la práctica está demostrado que boquillas de 2,0 mm y buenas condiciones de temperatura y dilución, incrementan las pérdidas en un mínimo porcentaje y garantizan la operación sin bloqueos de la máquina.

La recuperación de las aguas aceitosas debe ser controlada, para obtener la máxima cantidad de acete (sin incrementar las pérdidas) y no el máximo de agua. Este procedimiento asegura que no se retornen a la clarificación cantidades excesivas de agua, las cuales harán insuficiente la capacidad del centrifugado al ser retomadas al circuito.

Poco antes de parar la máquina se deberá agregar agua caliente (90°C) y suspender la alimentación de lodos, para evitar la pérdida del acete presente en el rotor y mantener libres de bloqueo las boquillas.

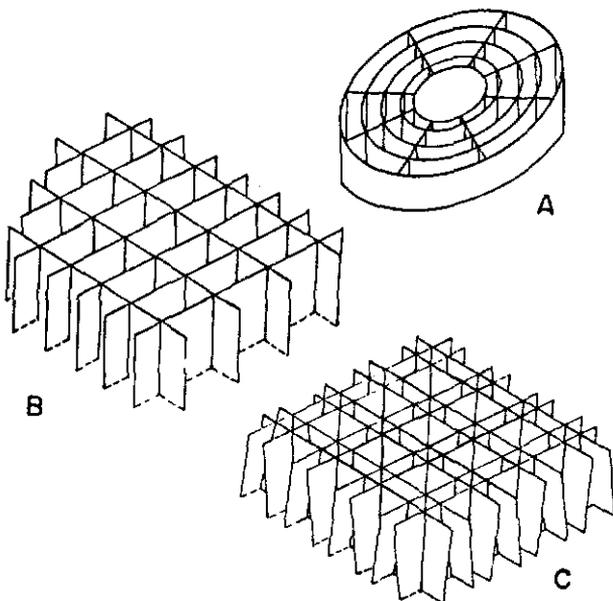


Figura 7. Tanque clarificador con platos de agitación

NOTAS GENERALES SOBRE DETALLES ESPECIFICOS DE LA CLARIFICACION

GUILLERMO ALFONSO BERNAL CASTILLO ¹

Bomba de aceite crudo.- Para este propósito se puede utilizar prácticamente cualquier clase de bomba. Con el fin de reducir la emulsificación al mínimo sería preferible usar bombas de tipo de desplazamiento positivo, como las de tornillo rotatorio o de diafragma, pero su alto costo de adquisición y las dificultades de mantenimiento han hecho que se encuentre muy generalizado el empleo de bombas centrífugas de la menor velocidad posible. Las bombas centrífugas tienen, sin embargo, otra desventaja y es que el fluido no puede estar demasiado caliente pues comienzan a cavitarse.

Regulación del Flujo.- Como en los demás procesos de la planta, la regulación del flujo, en especial del aceite crudo, es muy importante poder ajustarlo a la capacidad real de los equipos. Las bombas de crudo deben funcionar, por lo menos, durante un 80% del tiempo sin llegar al 100%. Para ello puede utilizarse una placa con orificio entre dos bridas en la tubería de conducción del líquido hacia el separador primario.

Diámetro de la tubería de aceite crudo.- Es muy importante que el diámetro de esta tubería sea el adecuado para disminuir la velocidad y reducir el desgaste excesivo de la misma, debido al gran contenido de materias abrasivas contenidas en el líquido. En plantas de tamaño mediano (6 a 12 rac./hr), el diámetro debe ser de 4" o superior.

Dispositivo de descarga de aceite clarificado en el separador primario.- En los diseños iniciales del separador primario, la descarga del aceite clarificado se preveía a través de la boca de un tubo vertical, con altura variable. Hoy se estima que es conveniente una bandeja a todo lo ancho del tanque, también de altura ajustable, o alternativamente dos descargas a través de tubos verticales, similares al primero, pero repartidas a lo ancho del tanque. La razón de este cambio es que se aprovecha mucho mejor el volumen del equipo para realizar la separación estática, evitando que el líquido busque únicamente el camino más corto hacia la salida.

Inyección de vapor vivo a la superficie para disminuir la formación de espuma en el aceite del

separador primario.- Se ha encontrado que al mantener muy caliente la superficie del aceite se disminuye drásticamente la formación de espuma, pues ocurre una hidratación de gomas. La calefacción se obtiene al aplicar de manera muy suave, mediante dos flautas, una inyección de vapor vivo saturada. Las flautas van ligeramente sumergidas en el aceite, a lo largo del tanque, por ambos lados.

Diámetro de la tubería de descarga de aguas lodosas desde el separador primario.- Como en el caso del aceite crudo, esta tubería debe ser de diámetro muy amplio, pero por una razón diferente y que es básicamente evitar un desequilibrio de fases en el mismo separador, la tubería debe estar exenta de válvulas o accesorios de cualquier tipo que impidan el libre flujo.

Diseño del tanque de aguas lodosas.- En las plantas donde haya un separador centrífugo, este tanque es fundamentalmente un depósito pulmón para evitar que la centrífuga, en un momento dado, vaya a trabajar en seco, entonces se puede diseñar como un segundo separador clarificador, del tipo vertical, dejándole los dispositivos ajustables para descarga de aceite y de aguas lodosas.

Sedimentador estático de aceite.- El diseño de este equipo es similar al de un clarificador de tipo vertical, pero no dispone de descarga para lodos. La salida de aceite va a una bomba que lo lleva hacia los tanques de almacenamiento o hacia un secador. Si esta bomba es del tipo de desplazamiento positivo (de engranajes, por ejemplo) y dado que la misma no puede trabajar en seco, es necesario mantener un cierto volumen de aceite, como pulmón, en el tanque, para lo cual es importante colocar una válvula de retorno con flotador. En el caso de que la bomba sea centrífuga, si no se coloca dicha válvula de retorno, habrá cavitación en los momentos en que no haya descarga de aceite, pero la situación no será tan grave.

Pendiente (inclinación) en las tuberías de aceite de gran longitud.- Es una práctica conveniente en las tuberías largas dejarles una pequeña pendiente hacia el extremo de la descarga, con el fin de que no se estacione el aceite dentro de las mismas y que ocurran problemas de bloqueo o atascamiento.

1. Gerente INPROCON, Trans. 24 No. 41-10, Tel: 2685216. Santaafé de Bogotá, Colombia

IMPORTANCIA DE LA UTILIZACION DEL DECANTER EN LA CLARIFICACION DEL ACEITE DE PALMA

JAIRO ANTONIO PRADA PÁEZ.¹

La utilización del decanter en la clarificación de aceite de palma se inició en Malasia hacia el año 1971, inicialmente, con decanters de dos fases y en 1983 se empezaron a utilizar los de tres fases. En Colombia, su uso se remonta al año 1991.

Los resultados obtenidos inicialmente no fueron muy satisfactorios, pero las reformas realizadas por los propietarios, los diseñadores y los fabricantes hizo que se incrementara su utilización. También ayudó, la sanción de nuevas normas y leyes sobre protección ambiental.

El objetivo primario fue la captura de sólidos orgánicos para reducir la demanda biológica de oxígeno (D.B.O.), en los efluentes resultantes del proceso del fruto de palma, objetivo alcanzado con razonable éxito. Los problemas que se presentaron en los decanters, consistieron en el desgaste de las partes en contacto con el líquido, debido a la presencia de arena y otros elementos en el efluente. Una vez mejorados los materiales de construcción de los equipos se alcanzó un nivel aceptable de vida útil.

Los decanters se utilizan para la separación del aceite de palma luego del prensado o para la recuperación del aceite perdido en el proceso de clarificación, reduciendo además la cantidad de efluente producido en clarificación y la demanda biológica de oxígeno (D.B.O.).

Existen dos tipos de decanter:

- a) De dos (2) fases
- b) De tres (3) fases

El decanter de dos (2) fases produce un fase líquida (agua y aceite principalmente) y una fase sólida.

El de tres (3) fases produce:

- a) Fase líquida aceite (liviana)
- b) Fase líquida agua (pesada)

c) Fase sólida, paleable con una humedad entre el 72-75%

A continuación se verán las diferentes disposiciones para la utilización de los decanters de dos (2) o tres (3) fases:

La Figura 1 muestra un sistema convencional de clarificación que ha sido utilizado durante muchos años en los países productores de aceite de palma.

A continuación se describen las diferentes disposiciones de utilización de decanter y su característica principal.

En la Figura 2 se presenta un Decanter de dos fases utilizado antes del clarificador, tratando aceite crudo después del prensado.

Para esta disposición se requiere un equipo con suficiente capacidad para tratar todo el aceite crudo y las características principales son:

- a) Requiere menor cantidad de agua fresca calentada o reciclada para dilución.
- b) Reducción de la cantidad y viscosidad del líquido que entra al proceso de clarificación continua.
- c) Reduce el contenido de aceite en los lodos que van a la centrífuga desludadora.
- d) Disminuye la cantidad de sólidos orgánicos en los efluentes.

Figura 3. Decanter de dos fases colocado después del clarificador continuo para recuperar el aceite contenido en el efluente y retirar los sólidos orgánicos. En este caso, la disminución de la cantidad de agua de dilución no es significativa.

Figura 4. Utilización de dos decanter de dos fases en serie eliminando con ello el clarificador continuo y las centrífugas purificadoras de aceite, descargando el aceite directamente el secador. Como medida de precaución, se recomienda colocar un filtro de aceite antes o después del secador, teniendo en cuenta que con este sistema pasan impurezas con el aceite.

1. Ingeniero Mecánico, Superintendente Planta Extractora Manuelita. Cra. 7 No. 73-55 P. 11, Tel: 3121068-2131078. Santafé de Bogotá, Colombia

Figura 5. Decanter de tres fases utilizado como separador de aceite crudo en serie con una centrífuga deslodadora.

Al igual que la disposición de la Figura 2, la disminución del agua de dilución es sustancial.

Figura 6. Decanter de tres fases en lugar de centrífuga deslodadora después del clarificador continuo y utilizando una centrífuga deslodadora de aceite posteriormente para mejorar la eficiencia de recuperación de aceite. Además utiliza purificadora de aceite.

Figura 7. Decanter de tres fases como separador de aceite crudo proveniente del prensado. Se utiliza también purificadora de aceite.

La composición y las condiciones del aceite crudo óptimas cuando se utiliza un decanter como clarificador de aceite crudo son las siguientes:

% de aceite por volumen 45-55

% Sólidos no grasosos 5- 8

% Materiales volátiles (agua) 37-50

La temperatura del aceite se debe mantener entre 92°C y 98°C.

Mediante la inyección de vapor directo se adiciona agua en el digestor al fruto antes del prensado, el resto de agua caliente se agrega al aceite crudo después del prensado. Las cantidades de agua son sustancialmente menores que con el sistema tradicional, lográndose disminuir el efluente final de clarificación en un 70-75%.

La fase acuosa (pesada) del Decanter de tres fases se envía a la planta de tratamiento de aguas efluentes junto con los condensados de esterilización o retornarse a la sección de prensado para mezclarla con agua fresca en una proporción adecuada y utilizarla para la dilución del aceite crudo. La fase acuosa contiene entre 30 y 40% de lodos pesados.

La fase sólida se puede secar y almacenar para ser utilizada como acondicionador del terreno, como parte de alimento de animales. La Tabla 1 muestra la composición aproximada de los sólidos, pero esta composición varía de una planta a otra. Hay también quien lleva la fase sólida a las lagunas de oxidación para su tratamiento.

En las Tablas 2 y 3 se muestran los análisis realizados en la Planta Extractora de Manuelita S.A., en el Departamento del Meta, a los sólidos del Decanter SHARPLES-35000 de tres fases se encontró que el contenido de aceite cuando el Decanter trabaja a 3.200 rpm son del orden del 14% sobre base seca y del orden del 18% sobre base seca cuando funciona a 2.800 rpm. Si se tiene en cuenta que los sólidos equivalen aproximadamente al 4% sobre el Racimo de Fruto Fresco (RFF), la pérdida de aceite para un proceso mensual de 5.000 t de (RFF) es de aproximadamente 1.838 kg.

Lo anterior llevó a modificar la disposición inicial en la Figura 6 a la indicada en la Figura 8. En el momento se están iniciando los ensayos con la nueva disposición que busca pasar a través del Decanter agua lodosas con un menor porcentaje de aceite y así evitar que este sea atrapado en la fase sólida.

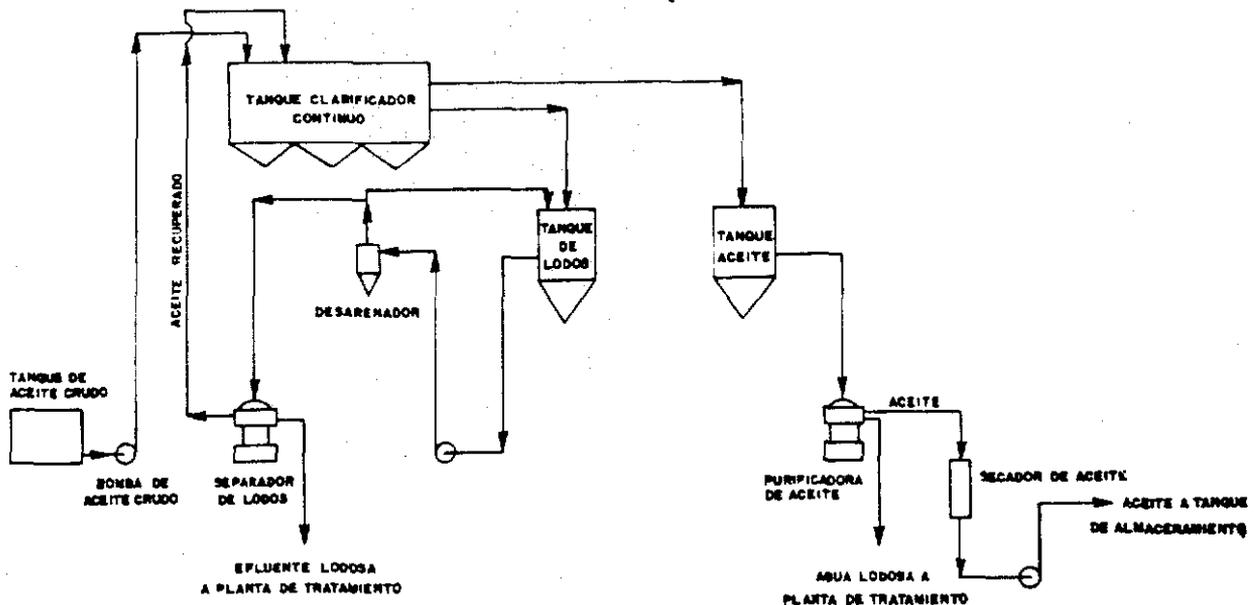


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de la Palma de Aceite con el Sistema Convencional.

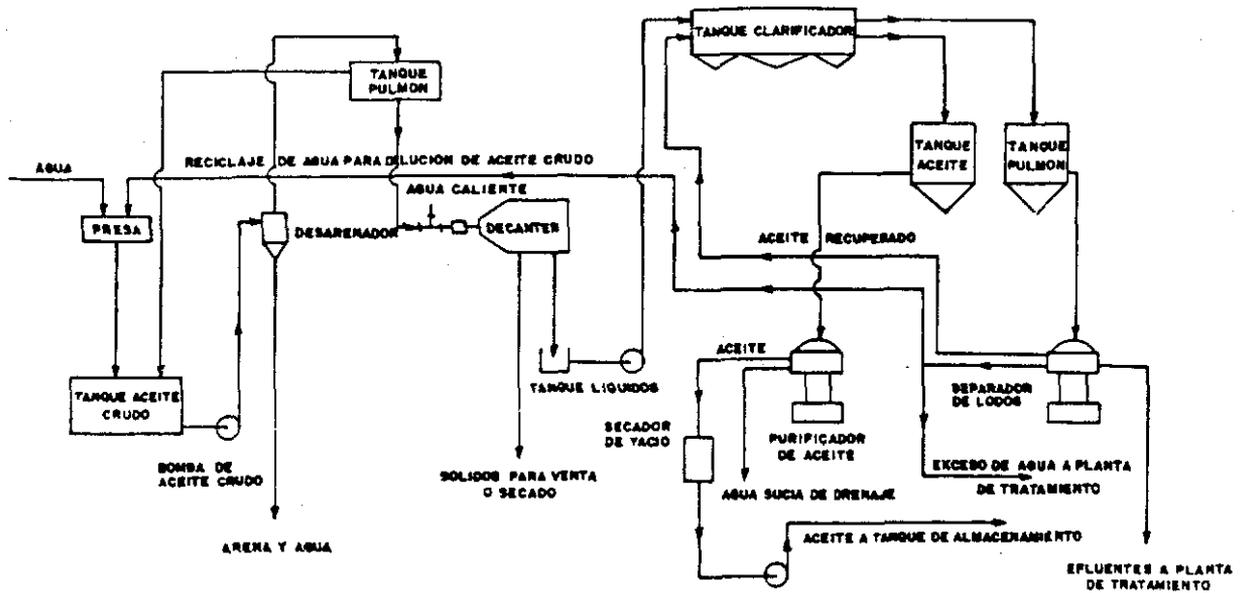


Figura 2. Diagrama de flujo de una planta de proceso usando Decanter de dos fases para aceite crudo de palma.

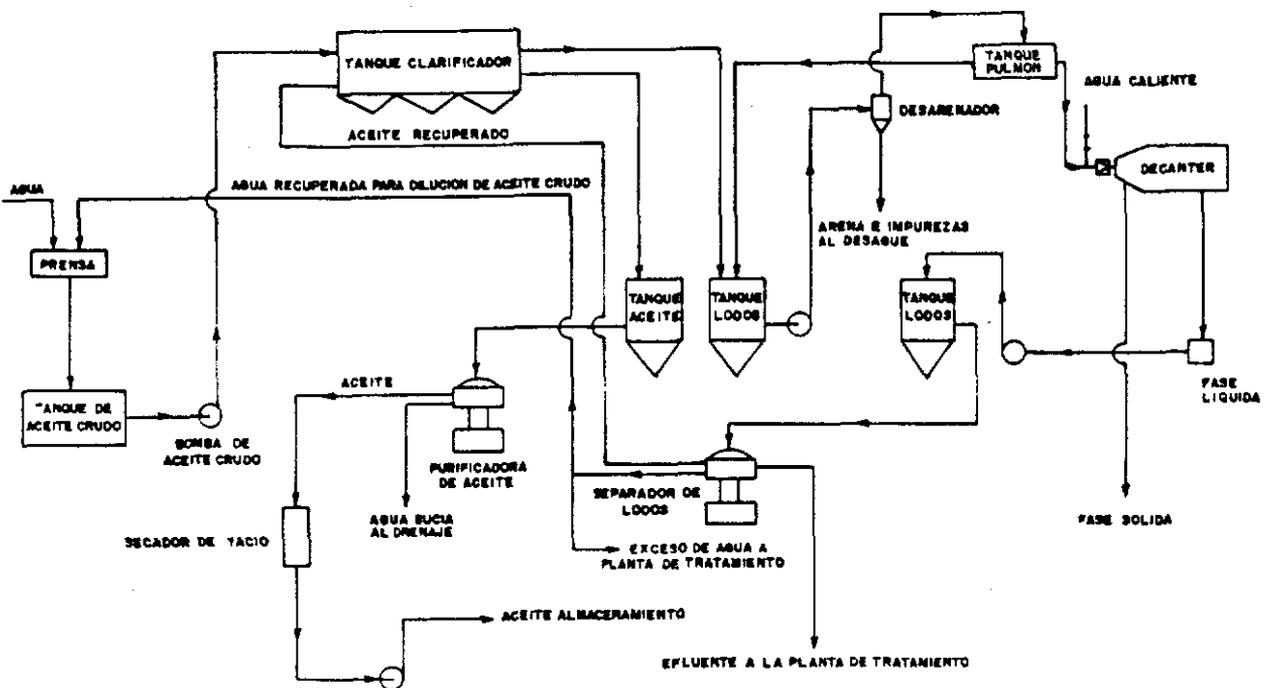


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de palma de aceite usando Decanter para el tratamiento de lodos después del clarificador continuo.

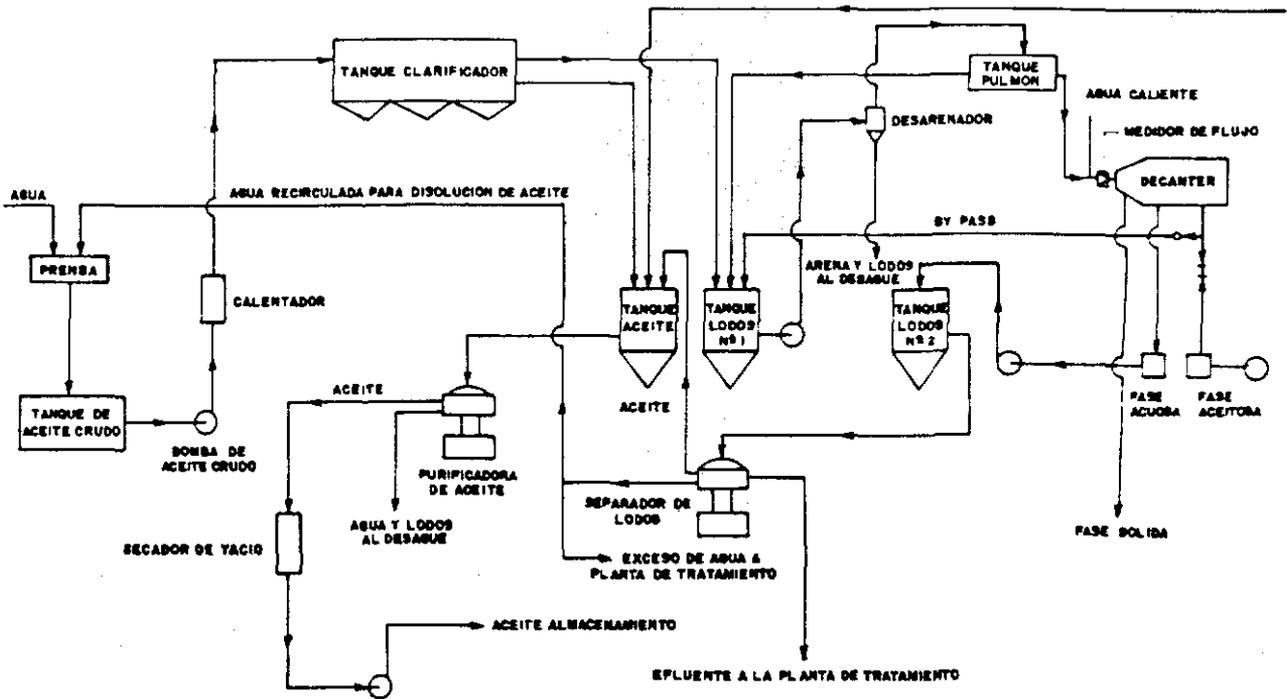


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de palma de aceite usando Decanter de tres fases para los lodos aceitosos después del clarificador continuo.

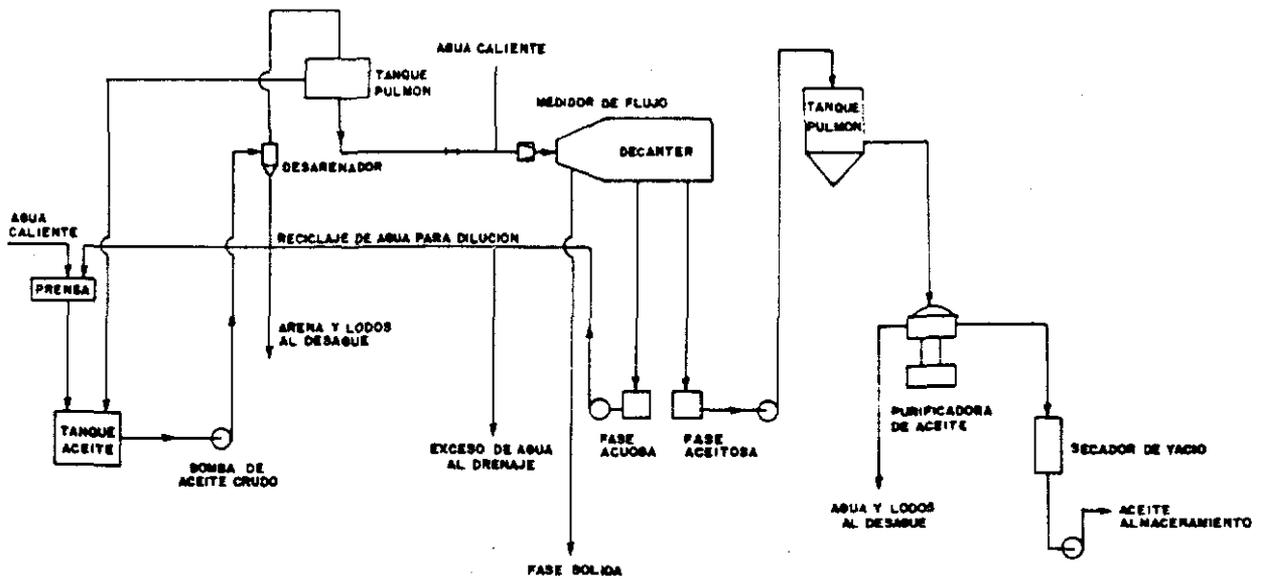


FIGURA 7. Diagrama de flujo del proceso de palma de aceite usando Decanter de tres fases para el aceite crudo.

Tabla 1. Usos de fase sólida del Decanter como fertilizante y Alimento Animal

Equivalentes de Nutrientes de Fertilizantes		
Nutriente	Fertilizante	kg/t de sólidos
N	Urea	44,4
P ₂ O ₅	Roca fosfórica	20,8
K ₂ O	Cloruro de Potasio	50,0
MgO	Oxido de Magnesio	42,3
Alimento Animal		
Contenido de Grasas		22%
Energía Total		4.000 Kcal/kg

Tabla No. 2. Datos para Análisis del Desempeño del dDecanter

Nro.	ENTRADA				FASE ACEITOSA				FASE ACUOSA				% PERDIDAS DE ACEITE EN BASE SECA	
	%OIL	H2O	%LL	%LP	OIL	H2O	%LL	%LP	%OIL	H2O	%LL	%LP	SOLIDOS	LIQUIDOS
1	10,40	49,40	5,80	34,40	29,40	48,80	9,80	12,00	0,08	58,40	1,52	40,00	14,71	25,62
2	7,54	55,18	3,90	33,38	17,10	60,80	12,46	9,64	0,03	63,90	1,89	34,18	13,63	23,52
3	9,55	46,47	4,82	39,16	24,00	52,45	12,64	10,91	0,05	51,13	1,52	47,30	16,34	24,76
4	8,23	43,82	5,72	42,23	27,63	50,50	11,45	10,42	0,06	49,82	2,00	48,12	13,98	23,04
5	8,32	48,82	5,23	37,63	25,00	51,73	13,18	10,09	0,00	52,18	1,55	46,27	13,57	24,14
6	9,00	45,82	4,32	40,86	25,00	53,55	14,00	7,45	0,00	54,09	8,86	45,05	13,91	27,33
7	7,75	46,50	5,75	40,00	23,25	54,00	13,75	9,00	0,00	57,75	1,63	40,62	13,67	26,03
8	5,12	64,50	3,00	27,39	7,80	73,80	13,00	5,40	0,20	81,17	0,50	18,13	13,88	25,52
9	8,96	48,82	5,86	36,36	36,18	44,52	9,09	10,21	0,05	82,73	0,74	16,48	13,36	26,64
10	5,23	48,71	5,50	4,56	31,00	45,00	18,86	5,24	0,00	74,43	0,55	25,02	13,56	19,18
11	5,37	44,63	4,00	46,00	39,13	39,38	16,63	4,86	0,00	65,50	1,11	33,39	13,12	26,27
12	9,50	52,18	5,95	32,37	28,46	49,46	12,82	9,26	0,05	59,70	1,72	38,96	14,52	26,94
13	9,13	44,25	6,63	39,99	26,25	46,63	14,63	12,49	0,04	43,50	1,99	54,47	14,10	27,91
14	8,18	47,91	5,68	38,23	24,64	50,46	12,73	12,17	0,02	50,27	1,10	40,52	14,37	25,18
15	7,77	45,73	4,82	41,68	19,90	53,64	11,34	15,12	0,00	47,55	1,18	51,27	16,67	23,20
16	2,67	68,33	3,33	25,67	1,17	83,00	9,83	6,00	0,10	78,50	0,16	21,24	13,84	23,54
17	8,50	47,97	5,33	38,20	25,67	51,33	13,00	10,00	0,10	54,00	0,90	54,00	14,42	27,61
18	10,05	45,46	4,72	39,77	24,82	51,54	12,00	11,64	0,10	46,64	1,14	52,12	51,69	27,36
19	8,32	46,82	4,45	40,41	25,46	53,18	11,72	9,64	0,00	49,81	1,79	48,40	13,97	24,40
20	2,17	67,83	3,83	26,17	1,33	82,00	9,00	7,67	0,10	76,00	1,50	22,40	14,46	26,06
21	9,36	46,36	5,95	38,33	28,54	48,64	13,19	9,63	0,10	52,17	1,40	46,33	10,67	22,94
22	7,86	50,63	4,95	36,56	20,64	58,18	13,82	7,36	0,10	56,82	1,50	41,56	14,11	25,13
23	8,32	49,82	5,41	36,45	21,36	56,00	13,34	9,30	0,11	56,01	2,36	41,52	14,56	26,00
24	7,75	59,00	4,15	29,10	15,00	67,18	5,45	12,37	0,10	70,45	3,64	25,81		
25	7,60	58,20	2,83	31,37	19,00	65,60	5,36	10,04	0,00	58,07	3,23	38,70		
26	10,00	53,00	6,50	30,50	14,00	72,00	9,00	5,00	0,10	84,00	3,00	12,90		
27	10,00	51,00	3,80	35,20	22,23	60,00	9,00	8,77	0,10	61,00	3,20	35,70		
28	10,00	49,33	5,10	35,57	24,67	53,00	14,83	7,50	0,15	56,66	2,16	41,03		
29	9,00	48,20	4,00	38,80	24,20	56,00	11,00	8,80	0,10	54,00	1,04	44,86		
30	10,00	51,23	3,72	35,05	20,20	65,80	9,80	4,20	0,10	59,23	2,18	38,49		
TOTAL	241,65	1525,92	145,05	1087,38	673,03	1698,17	356,72	272,08	1,94	1805,05	49,15	1143,86	325,11	588,12
PROM.	8,06	50,86	4,84	36,25	22,43	56,61	11,89	9,07	0,06	60,17	1,64	38,13	14,14	19,60

PRUEBAS REALIZADAS EN 1993 CON UN DECANter SHAPLES 35000 DE TRES FASES. VELOCIDAD DE OPERACION: 3200 RPM. MANUELITA S.A.

También se encontró que al disminuir la velocidad al Decanter se disminuyó la emulsificación del aceite, tanto en la fase aceitosa como en la acuosa, pero también disminuyó la recuperación de aceite.

El principal problema en el uso del Decanter, el rápido desgaste del tornillo sinfín transportador del sólido, ha sido solucionado, en gran parte, con la utilización de materiales resistentes al desgaste y de ciclones desarenadores para eliminar impurezas y material abrasivo, instalados antes del Decanter.

En el caso de Manuelita S.A., el Decanter ya cumplió 7.000 horas y sólo a requerido el cambio de correas, lubricantes y rodamientos al igual que O ring y empaquetadura en general. Las partes en contacto con el líquido o los sólidos no muestran desgaste excesivo. La operación del decanter por períodos prolongados lo ha convertido en una de las mejores alternativas técnico-económicas para la industria.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL DECANTER EN EL PROCESO DE LA PALMA DE ACEITE

VENTAJAS

1. Elimina el uso del clarificador continuo, disminuyendo el agua de dilución y por tanto los efluentes. Aproximadamente en un 75%.
2. Reduce la capacidad requerida de las centrifugas desladoras.
3. Elimina el uso del tamiz vibratorio.

4. Reduce el desgaste en las centrifugas desladoras.
5. Reduce el tiempo de contacto entre el aceite de palma y el agua, disminuyendo la formación de ácidos grasos libres durante el proceso.
6. Es de fácil manejo y bajo costo de mantenimiento.
7. Disminuye la cantidad de materia orgánica en el efluente, reduciendo así el DBO hasta en un 50%.
8. Disminuye el tamaño y el área requerida de las piscinas para el tratamiento de aguas efluentes.

DESVENTAJAS

1. Alto costo. Un decanter con capacidad para 15 t/hr de proceso de RFF es más costoso que la construcción de piscinas de tratamiento de aguas para una planta de 30 t/hr de proceso de RFF.
2. Emulsiona considerablemente el aceite en las dos fases líquidas, dificultando la recuperación.
3. Se presenta una pérdida de aceite en los sólidos que no es recuperable.
4. Los sólidos requieren de secado o de un área para su almacenamiento hasta su descomposición, para un proceso de 60.000 t de RFF se generan aproximadamente 2.100 t de lodos sólidos paleables.
5. Alto costo por transporte de lodos sólidos.
6. Requiere, como complemento, de piscinas para el tratamiento del efluente.

MODULO VI

**TRATAMIENTO DE
EFLUENTES**

LEGISLACION SANITARIA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE PLANTAS EXTRACTORAS DE ACEITE

JESÚS ALBERTO GARCÍA NÚÑEZ¹

INTRODUCCION

Toda empresa que desarrolle alguna actividad agroindustrial debe presentar ante las entidades gubernamentales una serie de requisitos. Dentro de estos se resaltan aquellos que regulan la parte de vertimientos líquidos, emisiones atmosféricas, residuos sólidos y licencias de funcionamiento. De igual forma, hay otros requisitos en los cuales se establecen las relaciones obrero-patronales y los programas de Salud Ocupacional.

En algunos casos, el desconocimiento de esta reglamentación o su incumplimiento ha ocasionado serios problemas en algunas Plantas Extractoras de aceite de palma del país, ocasionando pérdidas económicas apreciables y confrontaciones con las comunidades vecinas.

A continuación se presenta un resumen de las principales gestiones que se deben adelantar ante las entidades gubernamentales, resaltando algunos aspectos de la legislación de singular importancia.

El objeto de esta presentación es dar conocer al sector palmicultor las reglamentaciones que deben cumplir las Plantas Extractoras para estar al día con la legislación nacional vigente.

REGLAMENTO INTERNO DE TRABAJO

Trámite

Se tramita ante el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Se pasa un proyecto para que lo aprueben y mediante una resolución de este Ministerio lo aprueban.

Reglamentación

- Artículo 108 del Código Sustantivo del Trabajo.
- Artículo 116 del Estatuto Laboral.

- Resolución No 04437 de 1981 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

Aspectos que debe contemplar

El Reglamento Interno de Trabajo debe contemplar todo lo que tiene que ver con las relaciones laborales dentro de la empresa tales como: condiciones de admisión, contratos de aprendizaje, período de prueba, jornada de trabajo, días de descanso, vacaciones, permisos, salarios, servicios médicos y de seguridad, deberes, obligaciones y prohibiciones tanto de la empresa y del trabajador, orden jerárquico, faltas y sanciones disciplinarias, terminación del contrato, despidos, y cláusulas ineficaces entre otros.

PROGRAMA PERMANENTE DE SALUD OCUPACIONAL O PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL

Trámite

Se presenta un proyecto del Programa Permanente de Salud Ocupacional y un cronograma del mismo ante la Regional del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social del departamento donde se encuentre la Planta Extractora. Esta dependencia emite un concepto aceptando o corrigiendo el programa.

Se elige un comité de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial según el número de trabajadores, conformado en partes iguales por representantes de estos y de la empresa. Los miembros del comité se registran ante la Inspección Nacional de Trabajo y Seguridad Social del municipio donde esta radicada la industria, previo diligenciamiento del formato para tal fin. Este comité tiene vigencia de un año.

Reglamentación

- Artículos 28, 29 y 30 del Decreto 614 de 1984, en los cuales se establece la obligación de adelantar programas de Salud Ocupacional por parte de patronos y empleadores.

¹Ingeniero Sanitario. Area Plantas Extractoras CENIPALMA. Cra. 11 No 73-44 Of. 408, Tel: 2481530 - 2481416. Santafé de Bogotá, Colombia

- Resolución No 001016 del 31 de Marzo de 1989 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, por la cual se reglamenta la organización, funcionamiento y forma de los programas de Salud Ocupacional.

- Resolución No 02013 del 6 de Junio de 1984 por la cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los comités de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial en los lugares de trabajo.

Aspectos generales del Programa de Salud Ocupacional

El Programa de Salud Ocupacional consiste en la planeación, organización, ejecución y evaluación de las actividades de Medicina Preventiva, Medicina de Trabajo, Higiene y Seguridad Industrial, tendientes a preservar, mantener y mejorar la salud individual y colectiva de los trabajadores en sus ocupaciones y que deben ser desarrolladas en sus sitios de trabajo en forma integral e interdisciplinaria.

El programa puede ser:

- Exclusivo.
- En conjunto.
- Contratado.

El proyecto presentado debe contener:

- Generalidades: Ubicación, número de trabajadores y distribución, actividad económica, materia prima y procesos entre otros.
- Organización de la Salud Ocupacional: Características de permanencia, integralidad y viabilidad. La empresa debe

patrocinar el programa, brindando los recursos que sean necesarios para el buen desarrollo del mismo; de igual forma, debe nombrar un coordinador del programa.

- Contenidos y objetivos: Mejorar y mantener las condiciones de bienestar y salud integral. Prevenir daños para la salud, derivados de condiciones de trabajo. Controlar, corregir, prevenir y sustituir condiciones y procesos generadores de riesgo. Eliminar y controlar los agentes nocivos.

- El programa de Salud Ocupacional está dividido en dos subprogramas específicos, estos son: Subprograma de Medicina Preventiva y Medicina de Trabajo y Subprograma de Higiene y Seguridad Industrial. El Comité de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial coordina estos dos subprogramas. En la Tabla 1 se presentan las actividades de cada uno de los subprogramas y en la Tabla 2 se presenta un ejemplo del panorama de riesgos para una Plantación de palma de aceite, incluyendo la Planta Extractora.

REQUERIMIENTOS PARTE AGUA

Reglamentación vigente

- Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 del Ministerio de Salud el cual hace referencia a Usos del Agua y Residuos Líquidos.

Procedimiento para concesiones de agua.

- Tramitar formato ante el INDERENA o la EMAR (Entidad encargada del Manejo y Administración del Recurso). Pueden ser las regionales del INDERENA o las Corporaciones Regionales correspondiente, en duplicado para enviar al Ministerio de Salud.

Tabla 1. Actividades de los Subprogramas de Salud Ocupacional.

PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL		
SUBPROGRAMA DE MEDICINA PREVENTIVA Y MEDICINA DE TRABAJO	SUBPROGRAMA DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	COMITE DE MEDICINA, HIGIENE Y SEGURIDAD
<p>ACTIVIDADES Exámenes médicos. Ingreso-Egreso. Brigadas de salud. Afiliación al I.S.S. Primeros auxilios. Vacunación. Dotación. Instrucciones. Manipulación. Visistas periódicas. Actualización de historias</p>	<p>ACTIVIDADES: Inspecciones. Panorama de riesgos dotación de equipos de control. Manual de normas y procedimientos. Evaluación de programas de mantenimiento. Suministros elementos de protección personal. Demarcación. Brigada contra incendios. Mantenimiento y Limpieza de sitios de trabajo.</p>	<p>OBJETIVOS: Coordinar esfuerzos tendientes a la prevención y control de todos y cada uno de los riesgos.</p>

Tabla 2. Panorama General de Riesgos

RIESGO	AGENTE	FUENTE	METODO DE CONTROL	ACTIVIDAD
QUIMICO	VAPOR	AUTOCLAVE CALDERA	EN LA FUENTE	Extracción por desfogues y tuberías colectoras técnicamente diseñadas.
	POLVOS-GASES	PLAGUICIDAS FERTILIZANTES	EN LA FUENTE EN EL MEDIO EN EL TRABAJADOR EN LA FUENTE EN EL TRABAJADOR EN LA FUENTE	Aplicación con bombas rociadoras al punto de operación. Mezcla y aplicación de productos en áreas ventiladas. Elementos de protección personal (máscaras antipolvo). Envases resistentes. Elementos de protección personal (caretas, Petos, Guantes, Botas).
FISICO	RUIDO	PROCESO DE EXTRACCION	EN EL TRABAJADOR	Mantenimiento periódico de equipos. Equipos de protección personal. Limitación tiempo de exposición. Control médico - Audiometrías.
	VIBRACION	PLANTAS GENERADORAS DE ENERGIA	EN LA FUENTE EN EL TRABAJADOR	Anclaje de plantas a bases de amortiguación y mantenimiento periódico. Calzado con suela gruesa de goma.
	ILUMINACION	EDIFICACIONES CON CUBIERTA	EN LA FUENTE	Ventanales amplios, claraboyas, iluminación con bombillas
	TEMPERATURAS ALTAS	EDIFICACIONES CALDERA-AUTOCLAVE	EN LA FUENTE EN LA FUENTE	Sistema de ventilación. Recubrimiento de equipos con materiales aislantes
* ELEC-TRICOS	CABLES EXPUESTOS, PUESTAS A TIERRA, FALTA DE FUSIBLES Y TOMA CORRIENTES	EDIFICACIONES, MAQUINAS, EQUIPOS	EN LA FUENTE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
* LOCALATIVOS	INSTALACIONES DEFECTUOSAS	EDIFICACIONES	EN LA FUENTE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
ERGONOMICOS	RUIDO, LABORES REPETITIVAS, POSICIONES FORZADAS, MUEBLES INCOMODOS, SOBRE ESFUERZOS	DIFERENTES LABORES	EN EL MEDIO TRANSMISOR	MUEBLES Y AMBIENTE DE TRABAJO CONFORTABLES
PSICOSOCIALES	MONOTONIA, TRABAJO NOCTURNO, JORNADAS LARGAS, EXCESO DE RESPONSABILIDADES, TRABAJOS ACELERADOS	DIFERENTES LABORES	EN LA FUENTE	DESARROLLO DE RECURSOS HUMANOS, PROGRAMAS RECREATIVOS, Y DEPORTIVOS, ROTACION DE TURNOS, NO EXCEDER JORNADAS LABORALES, MANUAL DE FUNCIONES Y OPERACIONES, ANALISIS DE PUESTOS, ESTUDIOS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS
DE INCENDIO Y EXPLOSION	AUMENTO TEMPERATURA RAYOS SOLARES Y FALTA DE MANTENIMIENTO CULTIVO	COMBUSTIBLE, VEGETACION Y MAQUINARIA	EN LA FUENTE	ENTRENAMIENTO PREVENTIVO, DEMARCACION AREAS CIRCULACION Y SEÑALIZACION
			EN EL MEDIO TRANSMISOR	EQUIPOS DE EXTINCION

Tabla 2. Panorama General de Riesgos

RIESGO	AGENTE	FUENTE	METODO DE CONTROL	ACTIVIDAD
FISICO	TEMPERATURA ALTA	CALDERA	EN EL TRABAJADOR	PERIODOS DE DESCANSO, SUMINISTRO DE AGUA, PETOS DE ASBESTO
	RADIACION NO IONIZANTE	PROCESOS DE SOLDADURA ELECTRICA Y AUTOGENA	EN EL TRABAJADOR	CARETAS Y GAFAS QUE FILTRAN RADIACION PETOS PARA PROTEGER LA PIEL, GUANTES
BIOLOGICO	VIRUS, BACTERIAS, HONGOS	MANIPULACION DE LA PALMA	EN LA FUENTE EN EL TRABAJADOR	CONTROL BIOLOGICO, FUMIGACION ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL (GUANTES, VESTIDOS, CALZADO)
DE INSEGURIDAD: HUMANOS		MANIPULACION DE ALIMENTOS	EN LA FUENTE EN EL TRABAJADOR	CONTROL DE CALIDAD, CONSERVACION, ALMACENAMIENTO, PREPARACION DOTACION DE UNIFORMES
MECANICOS		ORIGEN ANIMAL Y/O VEGETAL	EN EL TRABAJADOR EN EL TRABAJADOR	CONTROLES MEDICOS (SEROLOGIA, BX, M HONGOS) VACUNACION, CONTROLES MEDICOS PERIODICOS, ELEMENTOS DE PROTECCION
	ACTOS INSEGUROS, CARACTERISTICAS FISICAS, NORMAS DE SEGURIDAD	TODAS LAS LABORES	EN EL MEDIO TRANSMISOR	ENTRENAMIENTO, SUPERVISION EXAMENES INGRESO, EGRESO, PERIODICOS INSTRUCCION, CLARIDAD DE FUNCIONES
	TRANSMISION FUERZA, PARTES EN MOVIMIENTO, PUESTOS OPERACION	EQUIPOS EXTRACCION, MAQUINARIA, TALLERES DE REPARACION		GUARDAS, PARADAS DE EMERGENCIA, ANUNCIOS

- Para los usuarios que requieren la Autorización Sanitaria- parte agua para verter, deberán presentar constancia de que el permiso de instalación se encuentra en trámite.

- Publicación en la alcaldía de la localidad, durante 10 días de la solicitud de concesión.

- Anexar estudio de Impacto Ambiental si es necesario.

Algunos aspectos sobresalientes de la legislación

- El Ministerio de Salud autoriza a las EMAR para implementar unos requerimientos de vertimientos según el criterio de cada una de estas, con la única restricción de que se debe cumplir al menos con la legislación nacional vigente.

- Se determinan criterios de calidad del agua según el uso que se le vaya a dar. En todos estos criterios de calidad se dice; " No se aceptará en el recurso, película visible de grasas y aceites flotantes, de espuma y de sustancias que produzcan olor".

- Las normas de vertimiento serán fijadas teniendo en cuenta los criterios de calidad establecidos para el uso del agua asignado del recurso.

- El control de los criterios de calidad se hará por fuera de la zona de mezcla, la cual será determinada para cada situación.

- Los usuarios existentes que amplíen su producción serán considerados como usuarios nuevos con respecto al control de vertimiento, que correspondan al grado de ampliación.

- Cuando los usuarios, aún cumpliendo con las normas de vertimiento, produzcan concentraciones en el cuerpo receptor que exceden los criterios de calidad para el uso asignado del recurso, el Minsalud o las EMAR podrán exigirles valores más restrictivos en el vertimiento.

NORMAS DE VERTIMIENTO

- Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

REFERENCIA	USUARIO EXISTENTE	USUARIO NUEVO
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	< 40°C	< 40°C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y Aceites	Remoción > 80% en carga	Remoción > 80% en carga
Sólidos Suspendidos	Remoción > 50% en carga	Remoción > 80% en carga
DBO ₅	Remoción > 20% en carga	Remoción > 80% en carga

Ejemplo

Una extractora de 15 t RFF/hr. Horario máximo de trabajo 24 horas. Relación de 0,90 m³ agua/t RFF. DBO₅ 40.000 mg/l (40 kg/m³) ¿Con que concentración cumple la legislación?

- Caudal = 15 t RFF/hr x 24 hr/día x 0,90 m³ agua/t RFF = 324 m³/día
- Carga aplicada = 40 kg/m³ x 324 m³/día = 12.960 kg DBO₅/día

Por tanto, la carga a la salida máxima permisible es:

$$12.960 \times 0,80 = 2.592 \text{ kg DBO}_5/\text{día}$$

lo cual podría equivaler a una concentración de DBO₅ de 8.000 mg/l.

Si se compara con la Norma de la Zona Occidental, la DBO₅ que se exige debe de ser menor de 1.000 mg/l. Por otro lado, la Norma Malaya exige una DBO₅ en el vertimiento menor de 100 mg/l.

Permiso de Vertimiento

- Se debe presentar ante la EMAR, la caracterización del vertimiento. Con base en la información del registro y en los resultados de la caracterización, la EMAR puede dar permiso definitivo de vertimiento o exigir presentación del plan de cumplimiento.

Plan de Cumplimiento

Primera etapa:

Elaboración del programa de ingeniería y cronograma de trabajo. El tiempo máximo para que da la legislación para cumplir con esta etapa es de 18 meses, y el permiso obtenido es el Permiso Provisional.

Segunda etapa:

Consiste en la ejecución de obras, cronograma presentado y aprobado. La máxima duración de esta fase es de 30 meses.

Tercera etapa:

Verificación del cumplimiento de normas de vertimiento. Se admite un tiempo máximo de 6 meses, en el cual la empresa presenta una caracterización que si cumple con la norma se obtiene el Permiso Definitivo. Este permiso tiene una duración de 5 años y hay que estarlo renovando periódicamente.

- Toda modificación del proceso que incida sobre la calidad de los vertimiento debe de ser aprobado por la EMAR.

- Cuando se otorguen los Permisos Definitivos o Provisionales de Vertimiento, se debe hacer llegar a la EMAR la autorización Sanitaria de Funcionamiento - Parte Residuos Sólidos o la constancia del trámite de la misma.

AUTORIZACION SANITARIA - PARTE AGUA

La otorga el Ministerio de Salud haciendo el trámite por medio de la EMAR. Las diferentes Autorizaciones Sanitarias que otorga el Ministerio de Salud son:

1- Autorización Sanitaria de Instalación - Parte Agua. Se la dan a usuarios nuevos que hayan obtenido Permiso de Instalación.

2- Autorización Sanitaria Provisional de Funcionamiento - Parte Agua. Se la otorgan a usuarios existentes con Permiso Provisional de Vertimiento.

3- Autorización Sanitaria de Funcionamiento - Parte Agua. Se la conceden a usuarios nuevos o existentes que hayan obtenido Permiso de Vertimiento Definitivo.

TASAS RETRIBUTIVAS

Es el valor que debe pagar la empresa por contaminar el recurso. Para su cobro se usan fórmulas que involucran algunos de los principales contaminantes que se están vertiendo. El pago de estas tasas no exonera a la empresa del cumplimiento de la legislación.

ESTUDIOS DE EFECTO O IMPACTO AMBIENTAL

El Ministerio de Salud o las EMAR lo podrán exigir cuando a su juicio lo consideren conveniente. Este estudio de Impacto Ambiental se requiere principalmente en las grandes obras de ingeniería o en aquellos lugares donde se pueda presentar un desequilibrio ecológico importante.

MEDIDAS SANITARIAS DE SEGURIDAD

Tienen por objeto prevenir o impedir que la ocurrencia de un hecho o la existencia de una situación, atenten contra la salud pública. La competencia para su aplicación la tendrán el Ministerio de Salud, los jefes de los Servicios Seccionales de Salud y los funcionarios que, por la decisión de uno u otros, cumplan funciones de vigilancia y control. Las medidas sanitarias de seguridad van desde la clausura temporal del establecimiento hasta la congelación o suspensión temporal de la venta o empleo de productos.

SANCIONES

Estas podrán consistir en amonestaciones, multas, decomiso de productos, suspensión de Permisos y Autorizaciones Sanitarias y cierre temporal o definitivo del establecimiento.

REQUERIMIENTOS PARTE AIRE

Legislación Pertinente

- Decreto 02 del 11 de Enero de 1982, del Ministerio de Salud, referente a Emisiones Atmosféricas.

- Decreto 2206 de Agosto 2 de 1983, del Ministerio de Salud, sobre Vigilancia, Control y Sanciones sobre Emisiones Atmosféricas.

- Resolución No 02308 de Febrero 24 de 1986 del Ministerio de Salud, por medio de la cual se adopta un procedimiento para la evaluación de partículas en suspensión en el aire ambiente.

Trámite

- Presentar la solicitud de Autorización Sanitaria de funcionamiento parte Aire ante el Ministerio de Salud.

- El Ministerio de Salud emite un concepto por el cual se pide la evaluación de las emisiones atmosféricas para verificar cumplimiento de las normas.

- Según los resultados de la evaluación, si se requiere, se debe presentar un plan de cumplimiento conducente a reducir los niveles de contaminación. Si los niveles son aceptables, se da la Autorización respectiva.

Algunos Artículos y Ejemplos Prácticos

- Entiéndase por Fuente Fija Artificial de Contaminación del Aire en Zona Rural aquella cuyo punto de descarga esté localizado a más de 3 kilómetros del perímetro urbano de una población que sea cabecera municipal o mayor de 2.000 habitantes o por fuera del perímetro urbano en poblaciones que no sean cabeceras municipales o tengan menos de 2.000 habitantes.

- Los incineradores, cuya capacidad sea mayor a una tonelada diaria, no podrán emitir al aire ambiente partículas en concentraciones superiores a 5 g/m³ seco de gas efluente.

- Ninguna persona, pública o privada, podrá efectuar quemas abiertas de ningún tipo de material, dentro del área del territorio nacional, excepto en los siguientes casos:..., "Fuegos utilizados para quemas con fines agrícolas y silvi-culturales o cuando se requieran para la prevención y control de enfermedades y plagas, previo permiso del Ministerio de Salud ó de la Autoridad Sanitaria en quien éste delegue,"...

- Los artículos y disposiciones sobre Tasas retributivas, Estudios de efecto o Impacto Ambiental, Medidas sanitarias de seguridad y Sanciones son similares a las presentadas en el ítem sobre requerimientos parte aire.

Ejemplo

Una planta extractora con capacidad de 20 t RFF/hr (4 t de aceite/hr) situada a 500 msnm y en zona rural, según estudio de su chimenea emite al aire 26,2 kg de partículas por hora. La altura de la chimenea es de 15 m ¿Se está cumpliendo con la norma de Emisión?

Desarrollo:

- Se mira la norma de emisión en condiciones del nivel del mar. (Tabla 3).

Tabla 3. Norma de emisión de partículas en kg/hr según la producción horaria de producto terminado en condiciones a nivel del mar.

t producto/hr	Zona Rural	Zona Urbana	Altura Chimenea (m)
3,0	20,92	10,46	15
4,0	26,91	13,45	15
5,0	32,71	16,36	15

- Se modifica la norma por altura sobre el nivel del mar (Tabla 4).

Tabla 4. Factor de corrección por altura sobre nivel del mar.

msnm	Factor de modificación
500	0,969
750	0,954

Por tanto, la norma a cumplir en este caso sería:
 $26,91 \times 0,969 = 26,08$ kg de partículas/hr.

Con esta norma de emisión corregida, la planta extractora del ejemplo no estaría cumpliendo con la legislación.

REQUERIMIENTOS RESIDUOS SOLIDOS

Legislación pertinente

- Decreto 2104 del 26 de Julio de 1983 del Ministerio de Salud respecto a Residuos Sólidos.

- Resolución No. 2309 del 24 de Febrero de 1986 del Ministerio de Salud referente a Residuos Especiales.

Trámite

El trámite para obtener la Autorización Sanitaria parte Residuos Sólidos se tramitará ante los Servicios Seccionales de Salud de la jurisdicción donde se encuentre la planta-ción.

Algunos Artículos

- En el manejo de Residuos Sólidos se debe evitar la contaminación del aire, suelo y agua, así como también, los incendios y accidentes.

- El manejo de basuras generadas fuera del perímetro urbano de los municipios estará a cargo de sus productores.

- El funcionamiento de Incineradores debe cumplir con las normas sobre parte aire.

REQUERIMIENTOS SOBRE ALIMENTOS

Se debe de tramitar la licencia de funcionamiento de Alimentos, para lo cual se adelantarán las gestiones ante la Seccional de Salud de la jurisdicción donde se encuentre la extractora.

BIBLIOGRAFIA

"COMPENDIO DE LEGISLACION SANITARIA". 1990. Reglamentación Sanitaria Vigente expedida por el Ministerio de Salud sobre Aire, Agua y Residuos Sólidos. Recopilación realizada por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Seccional Valle del Cauca, ACODAL.

"RESOLUCIÓN 001016 DEL 31 DE MARZO DE 1989 DEL MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL."

"RESOLUCION 02013 DEL 6 DE JUNIO DE 1984 DEL MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL"

"PROGRAMA PERMANENTE DE SALUD OCUPACIONAL". Guaicaramo.

TRATAMIENTO DE EFLUENTES EN PLANTAS EXTRACTORAS DE ACEITE

HERNÁN CUERVO FUENTES ¹

Desde que se construyeron las plantas mecánicas extractoras de aceite, el descarte de las aguas residuales ha constituido un problema para la administración de las plantas.

Las normas sobre vertimiento de residuos líquidos, estipuladas en el Decreto Ley 1594, exigen remover de las aguas residuales un porcentaje mayor o igual al 80% de sólidos suspendidos (SS) y materia orgánica, y son mucho más exigentes en cuanto a la presencia de grasas y aceites. En el momento se está revisando el Decreto 1594 y la tendencia es imponer controles más estrictos en este sentido. Por lo tanto, el tema es motivo de seria preocupación para muchas fábricas de aceite de palma.

CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

Del conocimiento que se tenga de la cantidad y composición de las aguas residuales, complementado con estudios experimentales a nivel de laboratorio y planta piloto, depende el éxito en el manejo y tratamiento de este tipo de vertimientos.

Como efluentes de una planta extractora de aceite se consideran las aguas resultantes, en orden de volumen, de los siguientes procesos:

- Aguas lodosas de los clarificadores.
- Aguas de esterilización.
- Aguas de palmistería.
- Aguas de limpieza de pisos y de purgas.

Un análisis conjunto del problema de vertimientos en todas las Plantas Extractoras lleva a concluir que las soluciones son más o menos las mismas, teniendo en cuenta que los procesos, las materias primas y los residuos líquidos tienen las mismas características, y fundamentalmente, varían en términos de carga aportada, debido al mayor o menor consumo de agua y al nivel tecnológico de los equipos y procedimientos de extracción.

En las Tablas 1 y 2 se presentan los resultados de los análisis de aguas residuales obtenidos en Plantas Extractoras del Oriente del país y las cargas contaminantes equivalentes. Del análisis de los mismos se puede concluir que los problemas asociados con este tipo de residuos son:

TABLA 1. Caracterización de efluentes en plantas extractoras de aceite. Zona Oriental

PIANTA	CAUDAL PROMED. (L.S)	TEMPER. (°C)	pH UNID.	DQO TOTAL (mg/l)	DBO5 TOTAL (mg/l)	SOLIDOS TOTALES ST (mg/l)	SOLIDOS SUSPEND SS (mg/l)	SOLIDOS TOTA.VOL. STV (mg/l)	SOLIDOS SUSP.VOL. STV (mg/l)	GRASA Y ACEITES mg/l
1	2,15	65	4,45	10.0874	44.936	111.029	86.798	98.445	82.119	80.701
2	3,77	74	4,78	85.200	69.527	35.708	22.009	26.530	20.115	6.480
3	2,81	65	3,94	232.000	175.521	49.007	31.801	43.116	6.556	11.327
4	2,25	61	4,57	45.256	28.270	33.628	22.538	27.362	19.843	11.251
5	0,71	62	4,18	66.444	31.089	102.140	88.258	97.480	86.534	29.758
6	1,73	66	4,78	68.800	43.084	34.895	28.683	32.482	28.049	-
7	1,79	75	4,95	71.808	57.089	62.305	45.417	54.431	41.794	-
8	2,19	77	4,59	114.356	65.450	32.482	24.344	28.907	22.325	10.892
9	1,43	67	5,03	71.200	60.154	38.611	23.607	32.140	22.095	-
10	2,94	72	4,83	86.800	50.888	49.630	28.719	38.711	45.659	10.692

¹ Ingeniero Sanitario y Ambiental, M. Sc. Especialista en Tratamientos de Aguas Residuales Industriales. Universidad de Antioquia. A.A. 52969. Medellín, Colombia

TABLA 2. Cargas de efluentes en plantas extractoras de aceite

PLAN- TA	DBO (kg/d)	DBO (kg/d)	S S (kg/d)	DBOu DQOP.	P.EQUIVAL DBOu HABITAN.
1	18.738	8.347	16.124	0,55	166.940
2	28.030	22.647	7.169	0,99	452.940
3	56.326	42.614	7.721	0,94	852.280
4	8.798	5.496	4.381	0,77	109.920
5	4.076	1.907	5.414	0,58	38.140
6	10.284	6.440	4.287	0,78	128.800
7	11.106	8.829	7.024	0,98	176.580
8	21.638	12.384	4.606	0,71	247.680
9	9.199	7.432	2.917	0,96	148.640
10	22.049	12.926	7.295	0,73	258.520

Elevada temperatura, pH bajo, alta carga de sólidos suspendidos y volátiles, grasas y aceites residuales, alta carga orgánica medida como DQO, pero con la ventaja de que una alta fracción es biodegradable, si se tiene en cuenta que la relación DBO₅/DQO está por encima de 0,45 (mínima), lo que fácilmente permite deducir que la relación DBO última/DQO es mayor de 0,70, como efectivamente lo confirma la cinética del proceso al evaluar la constante K, que mide la velocidad de oxidación aerobia de la materia orgánica a escala de laboratorio. Ensayos de biodescomposición en condiciones anaerobias muestran tendencias de biodegradación mayores al 70%.

El análisis de las Tablas 1 y 2 y la revisión de información de otras Plantas Extractoras del país y del extranjero indican que hay limitaciones de nitrógeno y fósforo para el tratamiento biológico de este tipo de residuos, y por lo tanto, es necesario agregarlos como fuente externa.

ENSAYOS DE TRATABILIDAD

Con fines de diseño y teniendo en cuenta que uno de los mayores problemas asociados a este tipo de vertimientos son los bajos niveles de pH (menores de 5,0) y el alto contenido de materia orgánica, es conveniente conocer el comportamiento de la curva de neutralización del desecho (fundamental para el trabajo de los microorganismos) y realizar estudios de biodegradabilidad aeróbica y anaeróbica de aguas residuales de plantas extractoras de aceite.

ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Con base en las características de las aguas residuales, los ensayos de neutralización, de remoción aeróbica de la materia orgánica y de biodegradabilidad anaeróbica, conjugados con las características particulares de los procesos

de extracción en cada planta y la implementación de estructuras adecuadas para el control de pérdidas de aceite, se puede entrar a escoger el tren de operaciones unitarias y procesos para el tratamiento de las aguas residuales.

Sin duda, los procesos biológicos son la mejor alternativa, siempre y cuando se cumpla con las siguientes condiciones básicas:

- Neutralización del desecho.
- Condiciones óptimas de temperatura (30-35°C).
- Precipitación y digestión de los sólidos orgánicos.
- Preparación y desarrollo de un cultivo biológico aclimatado.
- Balance nutricional adecuado (adición de nitrógeno y fósforo).

Todo lo anterior debe estar soportado en una estrategia de recuperación del mayor porcentaje posible de aceite, antes de la aplicación de los procesos biológicos.

Bajo las condiciones antes enumeradas, las alternativas factibles para el tratamiento de las aguas residuales son las siguientes:

Biodigestores: Conveniente para aprovechar el biogás que puede utilizarse como combustible. El caudal de aguas residuales debe justificar la inversión de capital de tales instalaciones. Experiencias de sistemas instalados indican que la inversión es práctica para plantas con capacidad de proceso mayores a 50 t RFF/hr o más. Además, al justificarlas es esencial tener en cuenta el uso que se le va a dar al gas.

Lodos activados de alta carga: Existe una relación directa entre la potencia consumida y la carga aplicada, lo cual indica que, aunque requiere poca área, hay un alto consumo de potencia instalada en relación directa con la capacidad de la planta.

Sistemas de lagunas de estabilización: Teniendo en cuenta que la disponibilidad de área no es una restricción en la mayoría de los casos, puede resultar la mejor alternativa para el país. La experiencia de países con mayor trayectoria en el tratamiento de estos efluentes, muestra resultados favorables para el cumplimiento de las normas sobre vertimientos. Experiencias nacionales con proyectos correctamente diseñados, construídos y operados, igualmente lo demuestran.

En la concepción del proyecto pueden existir diferentes combinaciones:

- Laguna anaerobia-facultativa
- Laguna anaerobia-Laguna aireada
- Laguna anaerobia-facultativa aireada

CONCLUSIONES

El problema que representa el descarte de las aguas residuales en las plantas extractoras de aceite puede manejarse adecuadamente para minimizar el impacto ambiental, en especial sobre el recurso agua, siempre y cuando se tengan en cuenta consideraciones de tipo operativo dentro de la planta y una correcta selección de la alternativa de tratamiento de los efluentes.

Para todas las plantas se pueden generalizar las siguientes recomendaciones:

. Manejo adecuado de los programas de recuperación de aceite y grasas (mejorando los procesos de extracción, las estructuras de recuperación, por ejemplo florentinos, y el manejo separado de aguas de proceso y de aguas lluvias).

. Optimización del consumo de agua, minimizando la relación tonelada de fruto vs. agua de proceso, evitando los desperdicios y los excesos en limpieza de pisos y de equipos.

. Neutralización del desecho, lo cual facilita la precipitación de los sólidos suspendidos y su posterior estabilización o degradación. Además, disminuye la carga orgánica a los sistemas subsiguientes y crea condiciones favorables (pH neutro) para el trabajo de los microorganismos.

. Tratamiento biológico mediante un sistema combinado de lagunas anaerobias y facultativas. Este sistema dual se concibe como una interacción entre el diseño hidráulico y del proceso. Deben existir, además, condiciones favorables de pH, nutrientes y población activa perfectamente aclimatada al desecho. Para el éxito en el tratamiento se requiere de un manejo prudencial y secuencial durante la etapa de arranque y hasta la estabilización del proceso.

. Manejo adecuado de los lodos digeridos y extracción periódica de los mismos para evitar la colmatación del sistema, prolongar su vida útil y minimizar los costos de operación y mantenimiento.

LAGUNAS DE ESTABILIZACION (L.E.) EN EL TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES DE PALMA: Caso "Palmas de Casanare"

LEÓN DARIO URIBE MESA ¹

INTRODUCCION

En el proceso de beneficio de la fruta se generan residuos líquidos (RL) cuyas principales características son:

-Alta Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (25.000 mg/l)

-Alta concentración de Sólidos Suspendidos (SS) (20.000 mg/l)

-Un caudal moderado (0,22 l/seg)

Los RL están compuestos principalmente por las aguas lodosas de exclarificado y los condensados de esterilización. Su composición es muy constante, lo cual permite su fácil caracterización. La Tabla 1 muestra los valores típicos de los principales parámetros.

Tabla 1. Caracterización del efluente de palma

PARAMETRO	UNIDAD	RANGO	PROMEDIO
DBO ₅	mg/l	10.250-47.500	25.000
DQO*	mg/l	15.550-106.360	53.630
SS	mg/l	410-60.360	19.020
GRASAS Y ACEITES	mg/l	130-86.430	8.370
NITROGENO TOTAL	mg/l	180-1.820	770
pH	Un.pH	3,8-4,50	4,20
TEMPERATURA	°C	70-90	80

*Demanda Química Oxígeno

ETAPA PRELIMINAR

Con el fin de determinar la potencialidad de depuración de los sistemas biológicos, se evalúa la técnica de digestión anaerobia en el tratamiento de los lodos de la extracción.

Principios de la digestión anaerobia

En la digestión anaerobia, como en cualquier proceso biológico, la materia orgánica del desecho es utilizada como alimento para los microorganismos presentes en el sistema. De esta manera obtienen la energía para reproducirse y llevar a cabo las funciones vitales.

A diferencia de los procesos aeróbicos, en el proceso intervienen, en cadena, una gran variedad de organismos. Así, la conversión de un grupo de compuestos orgánicos generalmente complejos, requiere de un grupo específico de bacterias.

El esquema del proceso que se reconoce actualmente a nivel universal data de unos 10 años atrás y comprende las siguientes etapas:

1) Hidrólisis o Licuefacción de los polímeros biodegradables: Enzimas extracelulares descomponen las cadenas poliméricas en compuestos más sencillos (monómeros), cuyo tamaño es tal que penetra a través de la membrana celular de las bacterias.

2) Acidogénesis: Los compuestos generados en la hidrólisis son transformados en ácidos grasos volátiles (AGV), alcoholes, hidrógeno y CO₂, mediante un proceso intracelular de oxidación-reducción.

3) Acetogénesis: Definida por la formación de acetato e hidrógeno a partir de los AGV y alcoholes formados en la etapa anterior.

4) Metanogénesis: Formación de metano (CH₄) y CO₂ a partir de los substratos precursores, tales como el acetato, el hidrógeno más CO₂ y el metanol.

Como puede observarse, a lo largo del proceso los compuestos orgánicos son transformados en gases estables, principalmente CH₄ y CO₂.

Hasta antes de las etapas metanogénicas no es posible obtener una reducción significativa de los compuestos

1. Ingeniero Mecánico, Director Planta Extractora de Casanare. Tel: 241660-1 Villanueva (Cas.) ó 2900055 Santafé de Bogotá, Colombia

biodegradables. Alguna reducción se logra si el hidrógeno es removido de la fase líquida.

Siendo la etapa metanogénica la clave del proceso, esta sólo puede llevarse a cabo si se garantizan las fases intermedias. La acumulación excesiva de compuestos precursores conlleva al rompimiento del proceso.

Estudios a nivel de laboratorio

Esta parte del estudio estuvo dirigida a lograr los siguientes objetivos:

- . Determinar si el desecho en cuestión era susceptible de ser depurado por digestión anaerobia.

- . Obtener datos que permitieran el diseño a escala real de la planta de tratamiento.

- . Evaluar las características de adaptación y capacidad de degradación de las Bacterias Comerciales.

El primer paso a seguir fue la dotación del laboratorio con los elementos y reactivos necesarios y la implementación de las pruebas que permitieran la caracterización del residuo y el monitoreo y control del reactor.

Las pruebas rutinarias realizadas fueron las siguientes:

- . pH
- . Temperatura (T)
- . Sólidos Totales (ST)
- . Sólidos Suspendidos (SS)
- . Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)

- . Alcalinidad
- . Alcalinidad Bicarbonática (ABV)
- . Acidez
- . Acidos Grasos Volátiles (AGV)
- . Demanda Química Oxígeno (DQO)

Para el ensayo se empleó un reactor como el que se muestra en la Figura, con las siguientes características:

- . Volumen = 14 l
- . pH substrato = 7,0
- . Temperatura, = 30°C
- . Carga Volumétrica = 2,5 Kg DQO/m³ * día
- . Tiempo de Retención = 17,5 días
- . Substrato = Lodo Neutralizado
- . Semilla Bacterial = Cepa comercial AZ-1

El biodigestor se alimentó diariamente con 800 ml de lodo previamente neutralizados (pH = 7), utilizando cal hidratada a razón de 1 g/l.

La adición de urea como fuente de nitrógeno según la relación DQO: N:P de 350:7:1, suministra el nitrógeno necesario a las bacterias para la síntesis de proteínas.

El efluente del digestor se recogió directamente para el análisis de los parámetros de control y el gas producido se midió empleando la técnica del desplazamiento de líquido. En la Tabla 2 aparecen los valores para un mes de operación continua del digestor y en las Figuras 2a, b, c, se grafican los parámetros de mayor interés.

De los resultados obtenidos se concluyó que:

- . La flora bacteriana asimila el substrato empleado.

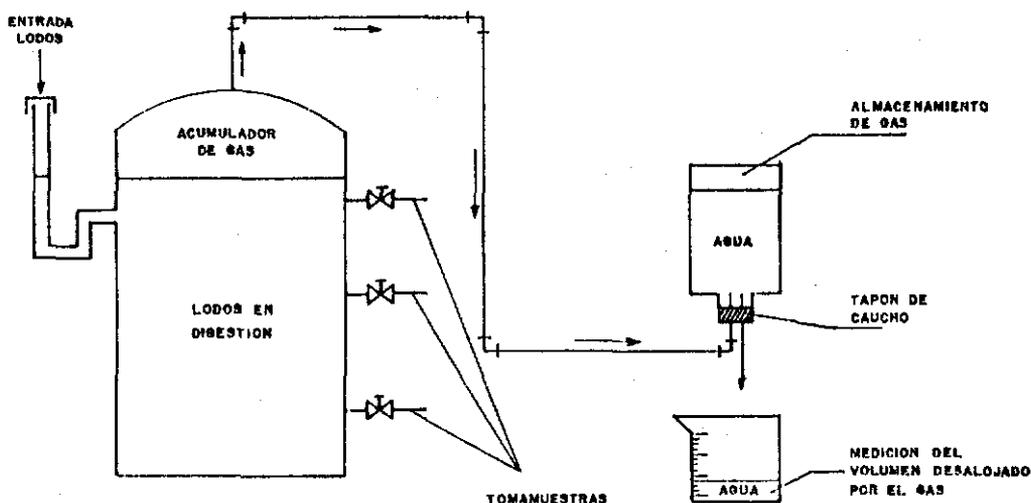


Figura 1. Biodigestor Anaerobio tipo laboratorio

ACTIVIDAD METANOGENICA

TABLA 2. Parámetros de control del biodigestor

FECHA	pH		Temperatura °C		D Q O. mg/l		Porcentaje de remoción de DQO	AGV ¹	ABV ²	CAP. BUFFER
	AF ³	EF ⁴	AF	EF	AF	EF		EF	EF	EF
JUN 26	7,2	6,54	45	24	61.536	42.250	31,34	3.720	860	4,32
JUN. 28	7,0	6,60	40	22	60.280	39.240	34,90	4.640	1.100	4,21
JUL. 3	7,3	7,08	42	24	58.965	27.295	53,71	3.900	1.450	2,68
JUL. 5	7,5	7,35	40	23	53.247	21.193	60,20	2.540	2.750	0,92
JUL. 7	7,0	7,19	45	24	58.255	17.575	69,83	2.580	3.050	0,82
JUL. 9	7,2	7,15	43	23	59.638	14.218	76,16	2.525	3.100	0,81
JUL.11	7,2	7,20	44	24	61.510	14.280	76,78	1.360	2.400	0,56
JUL.13	7,3	6,67	45	26	55.153	13.827	74,93	1.300	2.590	0,50
JUL.15	7,5	7,03	44	27	48.920	12.390	74,67	660	3.050	0,21
JUL.17	7,4	7,11	45	27	56.560	13.514	76,11	564	2.625	0,21
JUL.19	7,0	7,75	44	28	62.050	12.125	88,46	672	2.465	0,27
JUL.21	7,0	7,20	45	27	61.600	14.220	77,42	360	2.500	0,15
JUL.23	7,1	7,10	44	28	57.590	12.150	78,90	620	2.300	0,27
JUL.26	7,2	7,16	40	28	59.628	13.025	78,16	630	2.100	0,30
PROMEDIO	7,2	7,08			58.209	19.307	66,83			

1. AGV= Acidos grasos volátiles 2. ABV= Alcalinidad bicarbonática 3. AF = Afluente 4. EF = Efluente

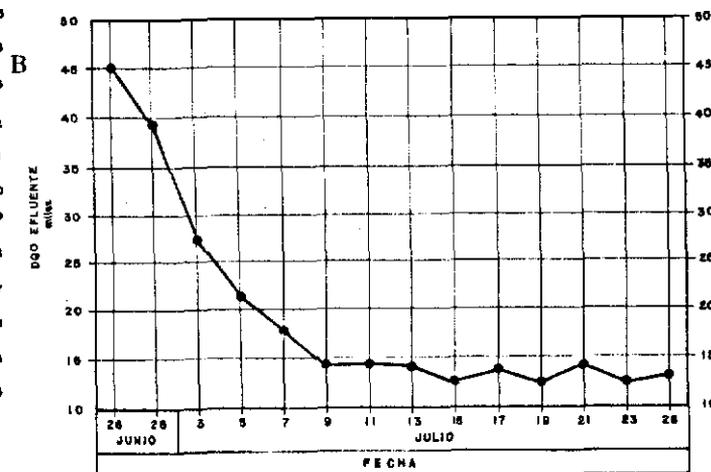
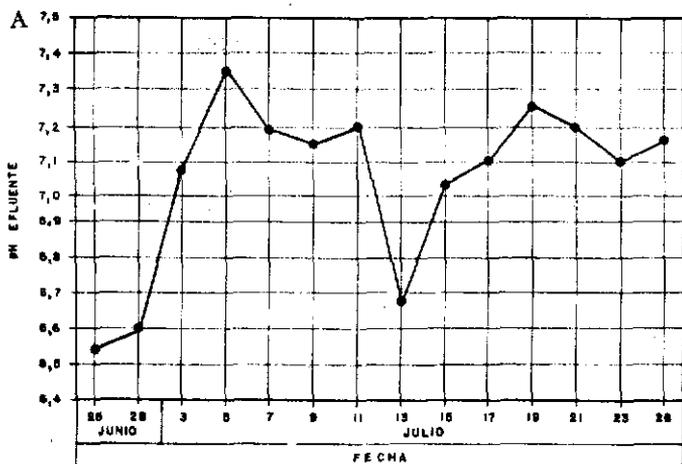
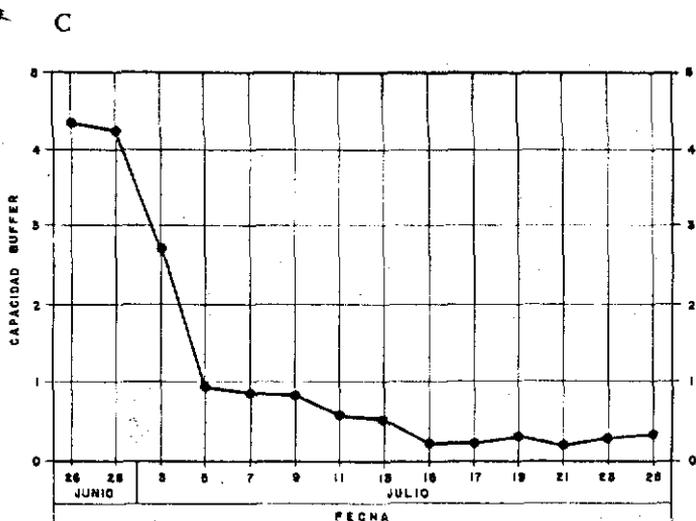


Figura 2. A. pH Efluente; B. DQO Efluente; C. Capacidad Buffer



El sistema muestra porcentajes de remoción de DQO cercanos al 80%.

La capacidad buffer del sistema, definida como la relación AGV/ABV, presenta valores entre 0,2-0,3, reportados en la literatura como óptimos. Lo anterior permite el manejo de incrementos en la concentración de ácidos orgánicos de la fase acidogénica, sin caídas bruscas del pH.

Existe una buena producción de gases, presumiblemente CO₂ y CH₄.

Producción de Inóculo

Con el ánimo de obtener un cultivo bacteriano activo y aclimatado al desecho específico, se adelantó la producción, a escala industrial de un inóculo que permitiera un

arranque rápido y seguro de la planta de tratamiento. El cultivo se desarrolló en recipientes metálicos (canecas) con un volumen efectivo de 170 l. El procedimiento seguido para la adaptación y crecimiento de los microorganismos fue el siguiente:

-Los recipientes metálicos se llenaron al 50% con agua y se ajustó el volumen con lodos del Florentino neutralizados a un pH=7,0.

-Los recipientes con lodos provenientes del ensayo del biodigestor, se inocularon con una concentración de sólidos suspendidos volátiles (SSV) de 1,5 g/l y con 12 g de cepa bacteriana comercial.

-Después de un período de aclimatación y desarrollo de una semana, diariamente se procedió a retirar 9,0 l de efluente sobrenadante y a la alimentación con volumen de lodo del Florentino previamente neutralizado. También diariamente, se adicionaron 10 ml de una solución de urea al 20% en volumen y 5,0 g de cepa bacteriana.

-La toma de muestras y el análisis de los parámetros pH y AGV, se realizaron periódicamente, tomados los correctivos necesarios.

TECNICAS DE TRATAMIENTO

Del estudio de tratabilidad realizado y según las características del residuo, se escogió como tratamiento las lagunas de estabilización, empleando microorganismos especializados para la depuración del residuo.

Tratamientos Preliminares

Aunque no constituyen en sí un tratamiento, garantizan la efectividad de los tratamientos posteriores.

REJILLA- Diseñadas para remover material contaminante grueso, tal como piedras, frutos, etc., responsables de la obstrucción y daños en las tuberías y bombas.

Para el efecto se instaló un dispositivo de doble rejilla en serie, colocado en el canal que evacua los efluentes del proceso. Las dimensiones de las rejillas, así como su disposición, se observan en la Figura 3; la limpieza de las rejillas se hace en forma manual y debe realizarse periódicamente con el fin de evitar pérdidas de carga y reboses.

DESARENADOR - Su función es la de remover arenillas, piedras, tierra y además objetos con gravedad específica

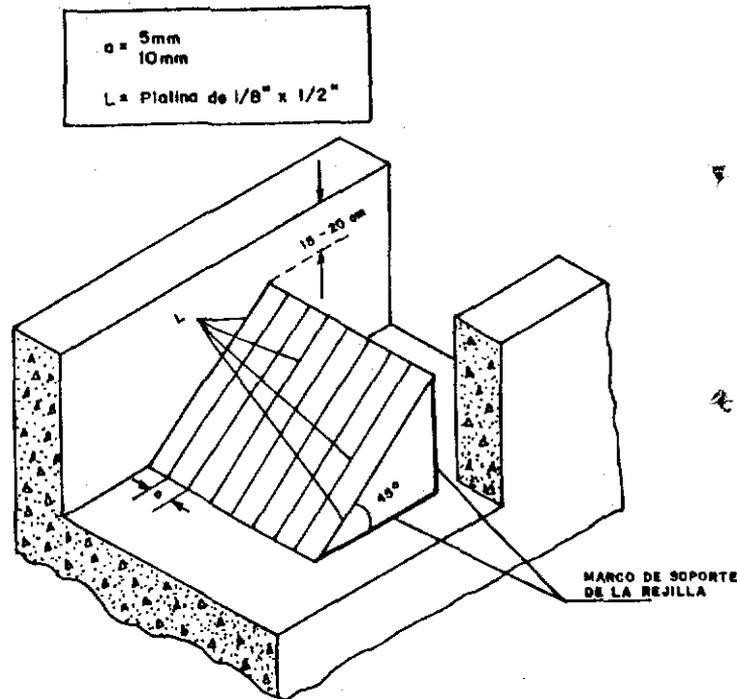


Figura 3. Rejilla contención partículas extrañas - Desarenadora

cercana a 2,65. La remoción de este material evita abrasión en tuberías y bombas, y la formación de depósitos inertes en las lagunas.

Su limpieza se realiza semanalmente y se acostumbra tener una unidad auxiliar que permita realizar los mantenimientos.

Tratamientos Primarios

Cumplen la función de remover materiales contaminantes aceitosos y acondicionan el efluente para permitir un medio ambiente propicio para la vida bacteriana.

TRAMPA DE GRASAS (FLORENTINOS)- Está conformada por una serie de tanques de concreto cuya función es:

- . Atrapar el aceite libre que accidentalmente escapa del proceso.
- . Enfriar el efluente al rango de los organismos mesofílicos.
- . Recuperar parte del aceite ocluido en los lodos.

El tiempo de retención hidráulica es de un día. Diariamente, la capa de espuma sobrenadante se debe romper con agua caliente, para permitir la recuperación del aceite.

NEUTRALIZACION Y NUTRIENTES- La naturaleza ácida del residuo (pH=4,2) hace necesaria su neutralización,

para permitir el desarrollo de la fase metano-productora (pH 6,8-7,4). La adición a los lodos de una solución de cal hidratada (Ca (OH)2) a razón de 1 kg/m³, logra la neutralización del desecho.

La dosificación se realiza desde un tanque de cabeza constante y se aprovecha la succión de la bomba de lodos para realizar la mezcla.

Para cubrir el déficit de N que presenta el residuo, se adiciona urea a razón de 125 gm/m³ de lodo. La dosificación se hace aprovechando el tanque de neutralización.

Tratamiento Secundario

El objetivo de este tratamiento es remover la carga orgánica contaminante, principalmente la DQO soluble y los sólidos suspendidos (SS). El sistema está compuesto por dos etapas: Una anaerobia que rompe la alta carga del efluente, y una segunda etapa facultativa que depura el efluente hasta valores que permiten su vertimiento a las corrientes receptoras.

En la Figura 4 se aprecia la disposición del sistema.

ETAPA ANAEROBIA -Está compuesta por dos lagunas que operan en paralelo y cuyas principales características son:

-Profundidad:	3,50 m
-Volumen Total:	8.000 m ³
-Aporte neto del RL:	350 m ³ /día
-DBO influente:	55.000 mg/l
-Carga Orgánica Total:	8.750 kg DBO/día
-Carga Volumétrica del sistema:	2,40 kg DBO/m ³ * día
-Tiempo de Retención hidráulico:	20 días

El sistema está provisto a un conjunto múltiple de tuberías, que permiten el drenado de los lodos sedimentados, con el fin de evitar su colmatación.

.Profundidad:	2,10 m
.Volumen del Sistema:	24.000 m ³

.DBO influente:	10.000 mg/l
.Aporte Total del efluente:	350 m ³ /día
.Carga Orgánica Total:	840 kg DBO/día
.Carga Superficial del Sistema:	2.600 kg DBO/ha*día
.Tiempo de retención hidráulico:	68 días

Para el arranque y operación del circuito se realizaron las siguientes actividades:

. Antes de recibir el efluente, cada una de las lagunas fue llenada con agua en un 30% de su volumen.

. Se adicionó cepa bacteriana a razón de 4 lb/piscina.

. Se ejerció un monitoreo periódico de los parámetros de control (Tabla 3) al efluente de las lagunas que se encuentran llenas y presentan flujo .

. La espuma sobrenadante se retiró diariamente con el fin de favorecer el intercambio de oxígeno con la atmósfera.

. Además de la reducción de la DQO, los niveles de nitrógeno y sólidos suspendidos se reducen considerablemente.

La calidad del efluente de las dos lagunas se muestra en la Tabla 4.

MANEJO Y DISPOSICION DE LOS LODOS

Lodos Sedimentados

Uno de los problemas del tratamiento anaerobio de los efluentes de palma en lagunas de estabilización, es la gran cantidad de lodo decantado. Estos lodos están compuestos por sólidos que se sedimentan, debido al rango de alcalinidad que adquiere el residuo al ser neutralizado y por acumulación de biomasa.

La Tabla 5 se muestran las concentraciones en diferentes zonas de una laguna anaerobia después de 12 meses de operación.

TABLA 3. Parámetros de control de las lagunas anaerobias

MES	pH	DQO mg/l	DQO mg/l	ST mg/l	ALK mg/l	AGV mg/l	ABV mg/l	CR
MAYO	6,58		2232	2494	1045	564	446	1,224
JUN.	6,79		5020	3643	1550	514	814	6,630
JUL.	6,66		2692	3900	1469	981	1086	0,903
AGOS.	7,24		1384	5233	2333	333	1804	0,185
SEP.	7,11	84250	3952	5633	2200	100	2120	0,047
OCT.	7,21	84120	10075	13365	2649	382	2370	0,161
NOV.	7,20	86800	8086	11516	2927	395	2425	0,163

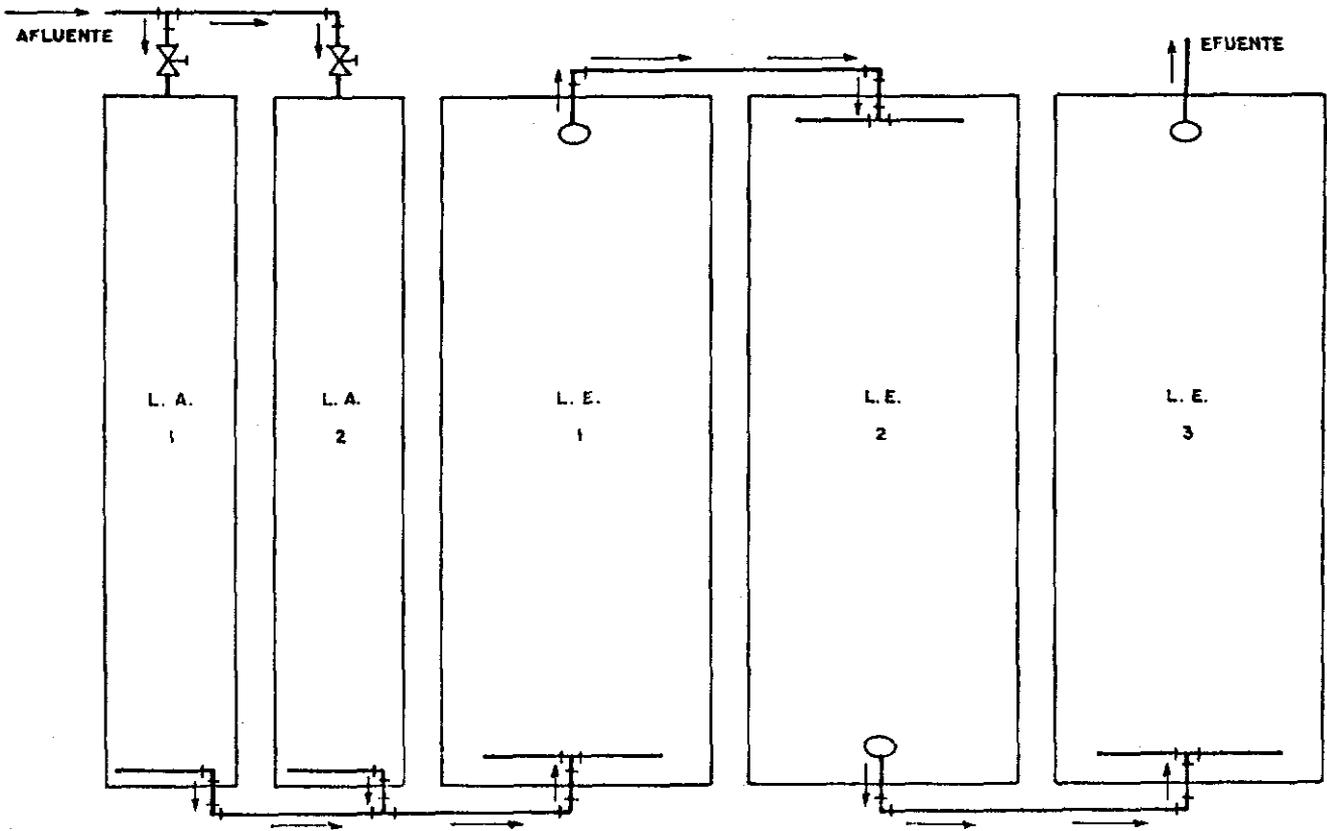


Figura 4. Sistema de lagunas de tratamiento

TABLA 4. Calidad de los efluentes de las lagunas facultativas

PARAMETRO	LAGUNA 1	LAGUNA 2
T	27	27
pH	8,5	8,8
DQO	1.722	840
DBO ⁵	830	290
S.T.	4.329	2.500
S.S.	727	350
NITROGENO TOTAL	220	150
GRASAS Y ACEITES	19	n.a

TABLA 5- Sólidos suspendidos (mg/l) a diferentes profundidades en una Laguna Anaerobia, después de 12 meses de operación.

PROFUNDIDAD (m)	S.S. (mg/l) Sólidos Suspendidos
0,61	69.700
1,22	70.800
1,83	77.200
2,44	79.100
3,05	76.100
3,66	91.200

Cuando la capa de estos lodos crece demasiado se pierde tiempo de residencia hidráulica y parte de los Sólidos Suspendidos (S.S) flotan por la acción de los gases

producidos en la digestión y escapan con el efluente.

Lechos de Secado

Los lodos drenados de la etapa anaerobia se extienden sobre una capa de arena y grava, para lograr, por evaporación y percolación, su secado. Con buenas condiciones climatológicas, un tiempo de secado de una semana permite el ensacado.

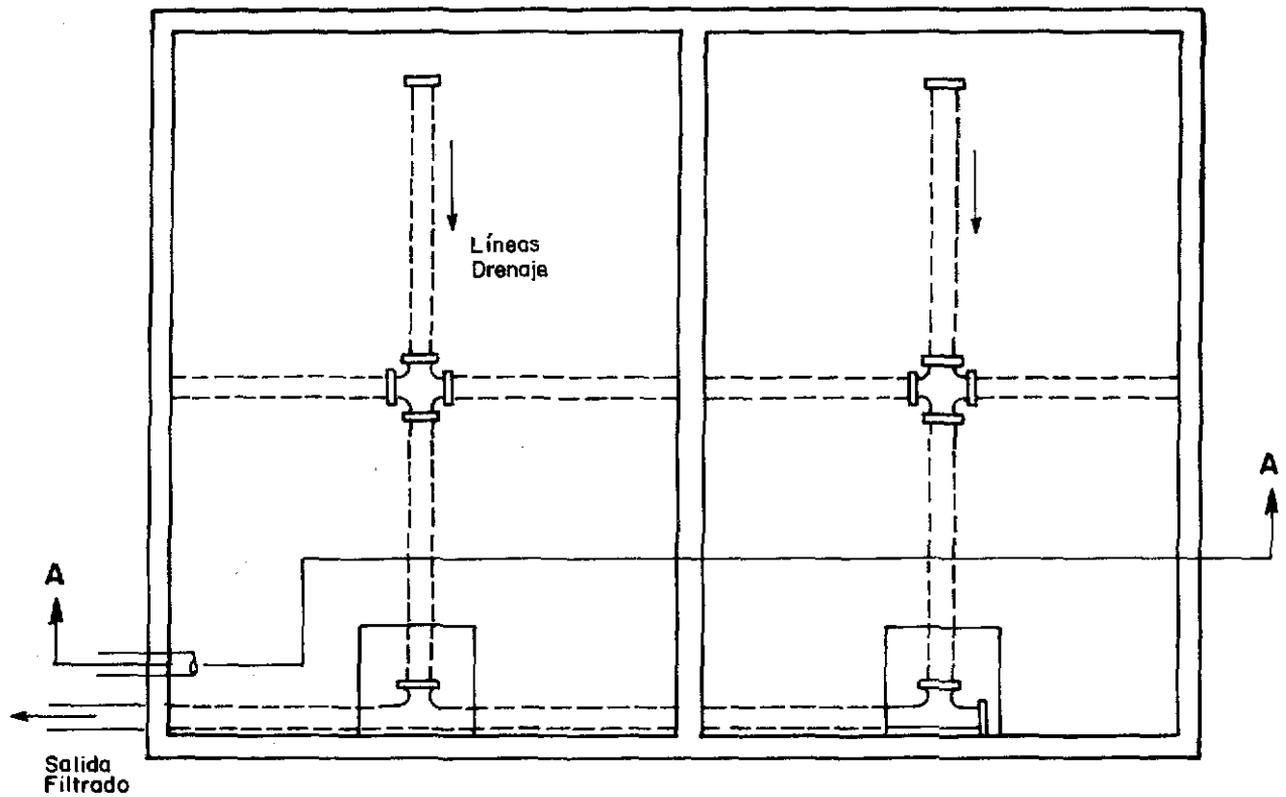
Las aguas drenadas a los lechos se recogen por una tubería de gress tipo drenaje, la cual está sobre un canal impermeabilizado con plástico. Estas aguas se recolectan por ser retornadas a la fase anaerobia.

La Figura 5 muestra un esquema de un lecho típico.

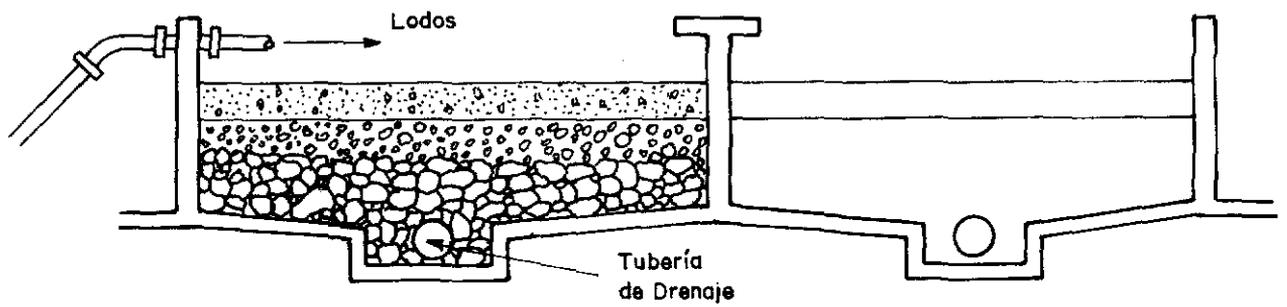
Utilización de la Torta de Lodos

Los análisis fisicoquímicos y de nutrientes muestran la torta de los lodos como un abono de buena calidad. En la Tabla 6 se observan los datos del análisis químico.

La cantidad de lodos secos recuperados es aproximadamente el 0,5% del racimo procesado.



PLANTA



CORTE A-A

Figura 5. Esquema de un lecho de secado de lodos

Tabla 6. Análisis de nutrientes de la torta anaerobia

PARAMETRO	VALOR EN %CENIZA
CENIZA	46,1
CARBON	23,4
NITROGENO	4,3
FOSFORO	1,2
POTASIO	1,5
MAGNESIO	1,2
CALCIO	1,7
pH	6,8

COSTOS DEL TRATAMIENTO

De construcción (20 t RFF/hr.)

ITEM	VALOR
Area terreno (ha)	3,0
Trampa de grasas	\$18.000.000.00
Lagunas Anaerobias	44.000.000.00
Lagunas Facultativas	23.500.000.00
Lechos secado	5.500.000.00
Bombas y tuberías	17.000.000.00
Asesoría y diseño	6.000.000.00
Total (Sin Area terreno)	124.000.000.00

De operación:

Cal y Urea	6.200.000.00/año
Operario mantenimiento	1.800.000.00/año
Laboratorio (tiempo parcial)	720.000.00/año
Recogida lodos digeridos	1.875.000.00/año
Costo Total	10.595.000.00/año

BIBLIOGRAFIA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS SANITARIOS DE ANTIOQUÍA 1991. Lagunas de estabilización AISA, Medellín.

INSTITUTO CUBANO DE INVESTIGACIONES DE LOS DERIVADOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR. 1983. Caracterización de la microflora en un proceso de digestión anaerobia. La Habana

OROZCO, A., 1987. Tratamiento biológico de las aguas residuales Universidad de Antioquia.

PALM OIL RESEARCH INSTITUTE OF MALAYSIA 1984. Eilvent Technology. PORIM, kuala Lumpur, Malaysia.