

# Algunas variables que afectan el desempeño de los sistemas de prensas de tornillo en las plantas extractoras de aceite de palma\*

Some variables affecting the performance of screw press systems in palm oil mills

K. SIVASOTHY<sup>1</sup>

## RESUMEN

El sistema de prensas de tornillo es uno de los procesos menos entendidos en una planta extractora de aceite de palma a pesar de ser uno de los más importantes y de estar siendo utilizado por cerca de 50 años. Su desempeño se ve afectado por un número de diseños y por variables del proceso. En este trabajo se analizan algunos de los factores que tienen efecto sobre el desempeño de la prensa de tornillo, tales como parámetros del digestor (temperatura, nivel en el digestor y drenaje del digestor); parámetros de la prensa (velocidad del tornillo de alimentación, velocidad del tornillo principal y presión del cono); variables relacionadas con la materia prima (demora entre recolección y el procesamiento, grado de madurez, relación nuez/fibra); y variables relacionadas con la esterilización

## SUMMARY

The screw press system is one of the least understood processes used in the palm oil mill, despite the fact that it is one of the most important, and that it has been used for over 50 years. Its performance has been affected by a number of designs and by some variables in the process. In this paper, some of the factors that have an effect on the screw press are analyzed, such as the digester parameters (temperature, level in the digester, and drainage of digester); parameters of the press (speed of the feed screw, speed of the main screw, and cone pressure); variables that are related to the raw material (delay between harvest and processing, degree of maturity, nut/fiber relationship); and variables related to sterilization (delay between sterilization and shelling).

Palabras claves: Plantas extractoras, Procesamiento, Prensado.

\* Tomado de: PORIM Bulletin (Malasia) no.27. p.14-24. 199. Traducido por FEDEPALMA.

1. Palm Oil Research Institute of Malaysia - PORIM. No.6 Persiaran Institusi. 43650 Bandar Baru Bangi, Selangor, Malaysia.

## INTRODUCCION

El sistema de prensas de tornillo es uno de los procesos menos entendidos en las plantas extractoras de aceite de palma, aunque es uno de los más importantes. Se piensa que su desempeño se ve afectado por un número de diseños así como por variables del proceso, algunas de las cuales se encuentran en la lista de la Tabla 1. Desafortunadamente, la comprensión cuantitativa del efecto de estas variables en la pérdida de aceite y la rotura de la nuez es casi inexistente. Esto se atribuye, en parte, al hecho de que las variables importantes, tales como la condición de la cosecha, no son fácilmente cuantificables. El desempeño de la prensa de tornillo también se ve afectado por el uso y desgaste. Por lo tanto, casi no se ha hecho ningún progreso en la comprensión cuantitativa de las prensas de tornillo, aunque han sido utilizadas en las plantas extractoras de aceite de palma por cerca de cincuenta años.

Sin duda, la variable más importante es la presión que se aplica a la mezcla molida en la prensa de tornillo. Una medida directa de la presión es imposible, pero se han desarrollado varios esquemas de control para regular la presión durante el prensado, utilizando mediciones indirectas. El control se consigue ajustando ya sea la posición de los conos en el extremo de descarga de la prensa de tornillo o la velocidad del tornillo de alimentación. La velocidad del tornillo de alimentación controla la tasa de alimentación a la prensa de tornillo. La Figura 1 es una gráfica del contenido de aceite en la fibra de la prensa durante un período de dos horas. Las muestras se sacaron a intervalos de 2 minutos, de una prensa de tornillo Stork, en donde se utiliza un medidor de kilowatios para determinar la energía necesaria para girar los

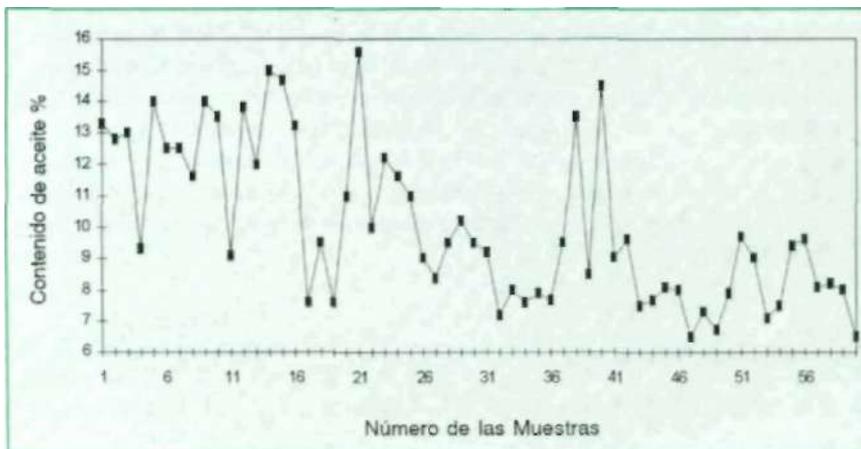


Figura 1. Gráfica del contenidos de aceite en la fibra de la prensa durante un período de dos horas (base seca).

Tabla 1. Algunas variables que afectan la operación de la prensa de tornillo.

1. Parámetros del digestor:
-Temperatura
-Nivel
-Drenaje del digestor
2. Parámetros de la prensa:
-Velocidad del tornillo de alimentación
-Velocidad del tornillo principal
-Presión del cono.
3. Materia prima:
-Demora entre la recolección y el procesamiento
-Grado de madurez
-Relación Fibra/Nuez
-Contaminación con arena y con piedras
4. Esterilización
-Duración del ciclo de esterilización
-Tipo del ciclo de esterilización
-Demora entre la esterilización y el desgrane

tornillos principales y el control adquirido al ajustar la posición de los conos. Se puede observar que las fluctuaciones en el contenido de aceite fueron bastante grandes, aunque el consumo de energía se mantuvo igual.

Este trabajo examinará algunos de los otros parámetros que se sabe tienen un efecto en el desempeño de la prensa de tornillo.

## METODOLOGIA

En general, el efecto de variables tales como temperatura, niveles de frutos en el digestor, etc, se estudió por medio de una inspección intensiva del desempeño de la prensa de tornillo durante un período de una hora, antes y después de introducir un cambio en la variable que se estaba estudiando, mientras todas las otras variables controlables se mantuvieron razonablemente constantes en sus valores de operación normal.

El efecto del punto de muestreo y la condición de la cosecha se estudió haciendo inspección del desempeño de los sistemas de la prensa de tornillo sin introducir ningún cambio.

Se tuvieron dificultades en el control de algunos parámetros tales como

temperatura, pero las fluctuaciones fueron en su mayoría muy pequeñas y se espera que no tengan un impacto significativo en los resultados.

No se hizo ningún esfuerzo por controlar la condición de la cosecha que estaba siendo procesada debido a las dificultades al tratar de hacer esto a gran escala.

Las variables de producción inspeccionadas fueron: el contenido de aceite en la fibra de la prensa y el porcentaje de nueces rotas en la torta de la prensa. En algunos casos, el rendimiento total se calculó pesando la cantidad de torta de la prensa descargada durante un intervalo de tiempo cronometrado.

Las muestras se tomaron cada dos minutos y las muestras recogidas en un periodo de 10 minutos se juntaron y luego se tomaron sub-muestras para el análisis. Un análisis por duplicado para determinar el contenido de aceite en la fibra se hizo utilizando un analizador Fosslet. Sólo se registraron los valores promedios de cada parámetro, antes y después de la introducción de un cambio.

### PUNTOS DE MUESTREO

Para el análisis, las muestras se tomaron de la parte superior, inferior y de los lados de los conos de descarga. Se examinaron dos tipos de sistemas de prensas de tornillos gemelos. En la prensa de tornillo Stork, los tornillos estaban arreglados en una línea central vertical mientras que en la prensa Usine DeWecker, los tornillos estaban arreglados en una línea central horizontal. En el caso de la prensa Stork (Fig. 2), se encontró que el contenido de aceite en las muestras

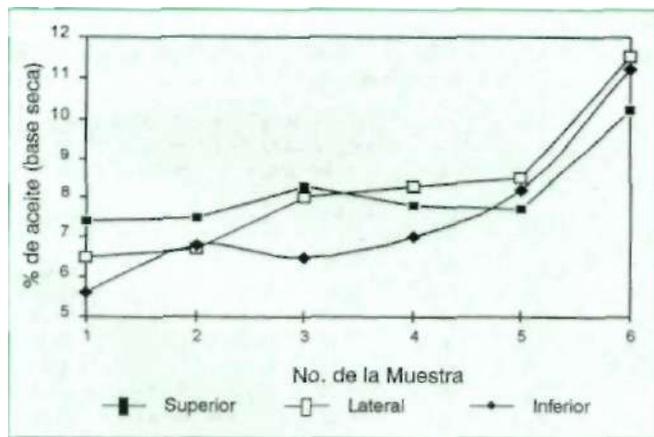


Figura 2. Efecto del momento en que se toma la muestra sobre el contenido de aceite de la fibra (Prensa Stork).

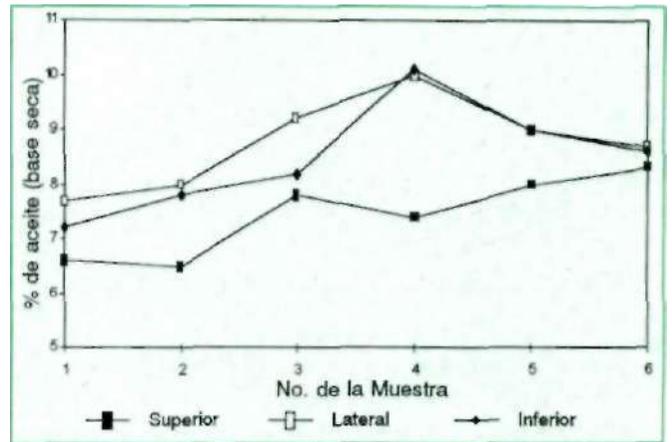


Figura 3. Efecto del momento en que se toma la muestra sobre el contenido de aceite de la fibra (Prensa Usine DeWecker).

tomadas de la parte superior era considerablemente más bajo. En el caso de la prensa DeWecker, no se pudieron detectar tendencias sistemáticas (Fig. 3).

Los resultados anteriores resaltan la importancia de un muestreo apropiado cuando se analiza el desempeño de los sistemas de prensa de tornillo, especialmente en el caso de las prensas Stork. Generalmente es aconsejable coleccionar las muestras de todos los lados de los conos de descarga, juntar todas las muestras y mezclarlas completamente antes de hacer el sub-muestreo para el análisis.

### CONDICION DEL CULTIVO

Las Figuras 4 y 5 muestran el desempeño de los dos sistemas de prensa de tornillo Stork que estaban funcionando paralelamente. Aunque las pérdidas de aceite son diferentes, las características de seguimiento de ambas prensas son muy idénticas.

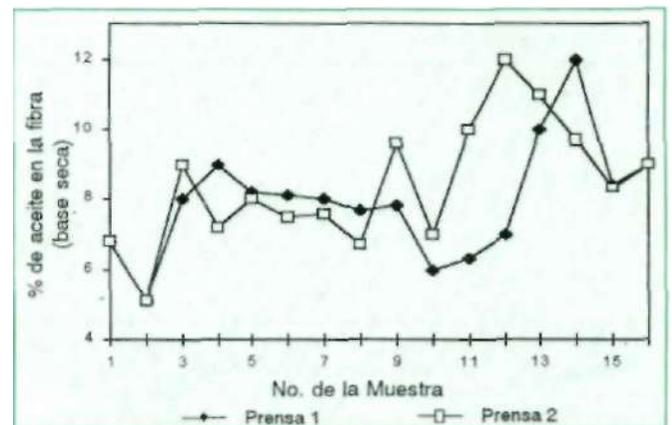


Figura 4. Comparación de las dos prensas operando paralelamente

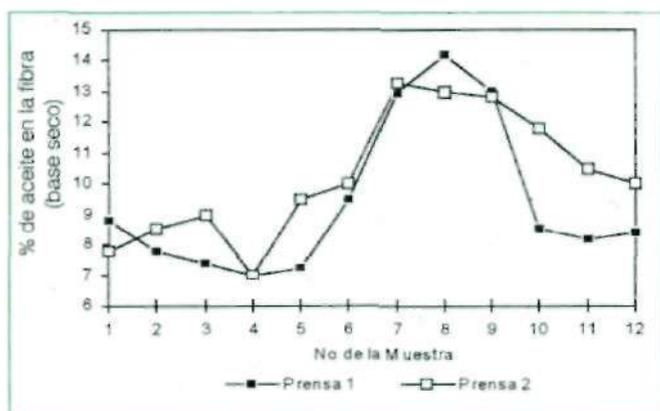


Figura 5. Comparación de las dos prensas que operan en paralelo

Esto muy probablemente se debe a características comunes del producto cosechado que se está procesando. Desafortunadamente no se pueden utilizar medidas simples para caracterizar el producto cosechado. Factores tales como madurez del racimo, tiempo de demora entre la recolección y esterilización, la contaminación con arena y piedras, la relación Nuez/Fibra, etc. son probablemente importantes.

A menudo se observó que hay una buena correlación entre el contenido de aceite residual y el contenido de humedad residual en la fibra prensada (Fig. 6). Esto probablemente se debe a que los factores responsables por el alto contenido de aceite son también responsables por el alto contenido de humedad, ya que la prensa exprime tanto el aceite como el agua de la masa digerida.

Que la condición del producto puede tener un impacto significativo en las pérdidas de aceite se evidencia por las amplias fluctuaciones en el contenido de aceite observadas en las Figuras 4 y 5.

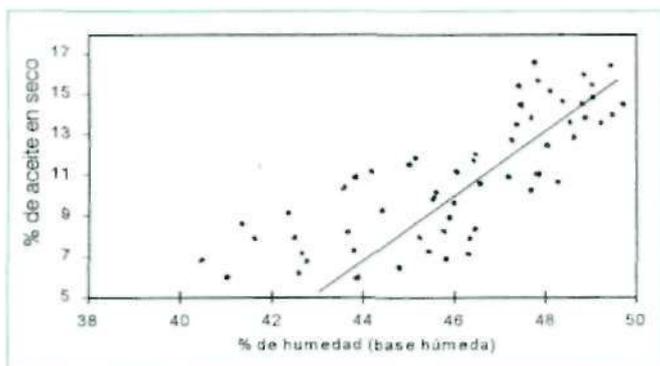


Figura 6. Relación entre la humedad y el contenido de aceite en la fibra de la prensa

## NIVEL DE FRUTOS EN EL DIGESTOR

Se estudiaron dos sistemas de prensas de tornillo Stork que tenían incorporados digestores idénticos. La diferencia principal entre los dos digestores era que los brazos agitadores y las placas deflectoras en uno de los digestores habían sido cambiadas recientemente. En el otro digestor, las placas deflectoras estaban totalmente desgastadas y los brazos agitadores se habían acortado bastante por el uso.

El desempeño de ambas prensas se inspeccionó durante una hora, manteniendo los niveles de frutos en el digestor en el nivel máximo y durante otra hora con el nivel de frutos a la mitad del nivel máximo.

Las Tablas 2 y 3 resumen los resultados del estudio y muestran que ocurre una supe; posición significativa de los resultados, si los brazos agitadores y las placas deflectoras están en buenas condiciones. La diferencia en los valores promedios no es significativa (Tabla 4), y esto demuestra que la prensa de tornillo puede tolerar fluctuaciones en el nivel del digestor entre el nivel máximo y la mitad de este nivel sin que se deteriore el desempeño de las condiciones, siempre que las condiciones de agitación sean buenas.

Sin embargo, hay una diferencia significativa en la pérdida de aceite si las condiciones de agitación son deficientes. Las fluctuaciones en el nivel del digestor son, por lo tanto, más críticas que en el primer caso.

La efectividad de la digestión es una función tanto de la intensidad de la digestión como del tiempo de retención. La intensidad de la digestión es dependiente de la condición de los brazos agitadores, de las placas

Tabla 2. Efectos del nivel en el digestor (brazos agitadores y placas deflectoras en buen estado)

Vuelta No.	Corriente del digestor (Amperios)		% de contenido de aceite en la prensa (base seca)		% de nueces rotas (sobre el total de nueces)	
	Lleno	Medio	Lleno	Medio	Lleno	Medio
1	29,2	24,5	5,76	7,27	13,53	9,91
2	29,7	24,0	6,97	6,33	20,21	14,46
3	29,2	23,3	7,32	6,89	11,81	11,15
4	29,0	24,2	12,24	12,46	1,93	1,99
5	29,3	23,7	12,79	11,03	7,05	8,99
6	30,5	23,8	8,59	10,37	13,80	10,34
7	28,2	23,7	11,62	10,27	10,89	9,51
8	27,2	24,2	11,13	9,29	8,21	16,01
Prom.	29,0	23,9	9,55	9,24	10,93	10,29

Tabla 3. Efectos del nivel en el digestor (brazos agitadores y placas deflectoras en mal estado)

Vuelta No.	Corriente del digestor (Amperios)		% de contenido de aceite en la prensa (base seca)		% de nueces rotas (sobre el total de nueces)	
	Lleno	Medio	Lleno	Medio	Lleno	Medio
1	27,2	26,0	7,74	8,48	28,82	18,24
2	26,8	25,8	8,56	8,88	12,46	12,38
3	27,8	26,2	8,51	8,46	17,51	22,99
4	28,2	26,0	7,34	9,06	32,98	13,98
5	29,5	26,0	9,20	9,94	24,20	15,33
6	27,8	25,8	8,46	9,09	27,51	22,33
7	26,0	25,0	7,52	9,67	13,85	18,25
8	26,8	25,8	9,97	10,62	8,21	10,17
9	27,3	26,5	9,82	9,99	11,98	11,61
10	30,0	29,8	8,30	10,11	13,43	10,58
11	30,8	30,8	10,29	7,60	20,09	36,32
Prom.	28,0	26,7	8,70	9,26	19,19	17,47

Tabla 4. Resumen del efecto del nivel en el digestor

	% de contenido de aceite en la prensa		Diferencia en los valores promedio	Significancia de la diferencia en el promedio al nivel del 95% de confiabilidad basada en prueba de signos
	Lleno	Medio		
Digestor en buen estado	9,55	9,23	0,32	No significativo
Digestor en mal estado	8,79	9,26	0,56	Significante

deflectoras, etc. El tiempo de retención es una función del nivel y del rendimiento. Por lo tanto, se puede esperar que la intensidad de la digestión sea mejor en un digestor mantenido en buen estado. La evidencia de esto es dada por la corriente eléctrica consumida por los brazos agitadores. La diferencia en la corriente eléctrica antes y después del cambio en el nivel es de 5,1 amperios si las condiciones de agitación son buenas, mientras que es sólo de 1,3 amperios si las condiciones de agitación son deficientes.

Es necesario aclarar que los resultados no deben ser extrapolados para indicar que el nivel en el digestor no es del todo importante, si las condiciones de agitación son buenas, ya que este estudio sólo comparó el digestor operando al nivel máximo y a la mitad del nivel máximo. La observación directa de la torta de la prensa cuando el nivel es demasiado bajo muestra signos de un pericarpio no digerido y pedazos de pericarpio todavía pegados a las nueces. Además, puede haber un problema en

asegurar que la prensa esté completamente llena todo el tiempo, ya que el digestor funciona como un amortiguador para la prensa de tornillo.

## TEMPERATURA

El efecto de la temperatura se estudió utilizando una metodología similar a la que se utilizó para estudiar el efecto del nivel de frutos en el digestor, excepto que el estudio se realizó en un solo sistema de prensa de tornillo. La temperatura se mantuvo aproximadamente a 100°C y a 85°C controlando la cantidad de vapor que se inyecta a la masa en el digestor.

La Tabla 5 muestra que la pérdida de aceite es ligeramente más baja a 85°C, pero que el porcentaje de nueces rotas es considerablemente más alto. A la temperatura más baja, la torta de la prensa tiende a ofrecer mayor resistencia al flujo, haciendo posible exprimir más aceite. De otra parte, la elasticidad reducida de las cáscaras a la temperatura más baja tiende a incrementar el porcentaje de nueces rotas.

El examen visual mostró que la tasa de flujo de la torta de la prensa es probablemente más baja a 85°C.

Tabla 5. Efectos de la temperatura

Vuelta	Temperatura °C		% del contenido de aceite en la prensa (base seca)		% de nueces rotas (sobre la muestra)	
	Temp. alta	Temp. baja	Temp. alta	Temp. baja	Temp. alta	Temp. baja
1	96,37	87,70	10,13	10,69	9,39	14,80
2	99,70	75,20	12,15	12,65	5,31	8,44
3	100,80	85,20	14,69	10,90	4,79	7,52
4	100,80	85,50	10,28	9,33	7,61	12,45
5	100,80	91,30	12,65	10,40	5,58	6,94
Promedio	99,70	85,40	11,98	10,79	6,54	10,03

## FRUTAS ESTERILIZADAS LA NOCHE ANTERIOR VS. FRUTAS ESTERILIZADAS RECIENTEMENTE

La Tabla 6 muestra que el porcentaje de nueces rotas es ligeramente más alto con RFF esterilizados la noche anterior, comparado con RFF recién esterilizados. La pérdida de aceite en la fibra no se afecta mucho. Una posible explicación para este fenómeno podría ser el ablandamiento de las nueces como un resultado de la larga demora entre la esterilización y el desgrane. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los RFF

Tabla 6. RFF esterilizados la noche anterior vs. RFF esterilizados recientemente.

Vuelta No.	Temperatura °C		% del contenido de aceite en la prensa (base seca)		% de nueces rotas (sobre el total de nueces)	
	Noche anterior	Fresco	Noche anterior	Fresco	Noche anterior	Fresco
1	-	-	9,59	9,28	16,93	8,43
2	-	-	9,31	9,46	16,79	16,58
3	87,9	92,3	12,12	10,42	5,66	6,73
4	84,7	92,2	7,94	9,13	15,69	8,37
5	88,3	91,7	7,84	9,13	15,69	8,72
6	73,0	78,8	11,91	12,02	6,63	10,27
Promedio	83,5	88,8	9,79	9,89	12,89	9,85
Desv. Estád.	7,2	5,8	1,87	1,14	5,27	3,48

esterilizados la noche anterior son procesados durante el comienzo del período de inició de la planta, cuando las condiciones todavía no se han estabilizado. La Tabla 6 muestra que la temperatura promedio en el digestor mientras procesaba RFF esterilizados la noche anterior fue de 83,5°C, mientras que la temperatura promedio mientras procesaba RFF recién esterilizados fue de 88,8°C. Estudios anteriores han de mostrado que la temperatura puede tener una influencia significativa en el porcentaje de nueces rotas.

### DRENAJE DEL DIGESTOR

El sistema de prensa de tornillo Stork que estaba siendo investigado, permitió una cantidad limitada de drenaje del digestor, lo cual pudo ser controlado con una válvula. Una cantidad substancial de aceite se drenó de la sección del tornillo de alimentación, pero no se pudo ejercer ningún control de esto durante la operación normal.

La Tabla 7 compara los efectos de mantener la válvula de drenaje del digestor totalmente abierta vs. totalmente cerrada. No hay cambios en la corriente consumida por el agitador que indique que la cantidad de drenaje debe ser muy pequeña. A pesar de esto, la pérdida de aceite es ligeramente más baja con drenaje.

Un estudio hecho para determinar la relación entre la tasa del drenaje del digestor y la pérdida de aceite tuvo que ser abandonado debido a la altamente impredecible tasa de drenaje del digestor debida a factores tales como la estrangulación de la válvula y el cambio en el nivel de frutos en el digestor.

Tabla 7. Efecto del drenaje en el digestor (con drenaje vs. sin drenaje)

Vuelta No.	Corriente del digestor (Amperios)		% del contenido de aceite en la prensa (base seca)		% de nueces rotas (sobre la muestra)	
	Con drenaje	Sin drenaje	Con drenaje	Sin drenaje	Con drenaje	Sin drenaje
1	16,3	17,3	9,46	8,99	5,27	5,44
2	18,7	18,0	9,02	9,27	3,98	3,60
3	17,5	17,0	10,76	11,41	2,75	1,91
4	17,0	17,0	11,95	12,21	2,95	3,70
5	16,8	17,0	9,05	9,41	4,60	3,16
Promedio	17,3	17,3	10,05	10,26	3,91	3,56

### VELOCIDAD DEL TORNILLO DE ALIMENTACION

El tornillo de alimentación es único para ciertas marcas de prensas de tornillo y permite que el rendimiento sea fácilmente variado. Esto se puede ver en la Tabla 8, lo cual muestra un incremento en el rendimiento de torta de la prensa de 3,85 t/hr a 5,23 t/hr cuando la velocidad del tornillo de alimentación se incrementa de 12 a 20 rpm. El incremento del rendimiento generalmente resulta en una pérdida más alta de aceite y en un porcentaje más bajo de nueces rotas.

### CONCLUSION

Aunque inicialmente se planeó estudiar el mayor número posible de variables, las dificultades que se tuvieron al tratar de organizar los experimentos y modificar las condiciones del proceso en una planta extractora comercial tendieron a limitar el alcance de la investigación que se pudo haber realizado.

Bajo condiciones normales de operación, la condición de la cosecha tiende a tener un impacto más significativo en el desempeño de la prensa de tornillo. Esto es obvio por las características de sesgamiento de las prensas que operan paralelamente. Las fluctuaciones que se observaron en las Figuras 1,2 y 3 son probablemente debidas a cambios en las condiciones de la cosecha.

Tabla 8. Efecto de la velocidad del tornillo de alimentación

Vuelta No.	Torta de la prensa (ton/ha)			% del contenido de aceite en la prensa (base seca)			% de nueces rotas (sobre la muestra)		
	12rpm	16rpm	20rpm	12rpm	16rpm	20rpm	12rpm	16rpm	20rpm
1	2,92	3,38	4,99	9,10	12,58	12,58	6,28	3,05	2,81
2	4,18	4,96	5,40	11,05	11,80	11,11	3,41	2,27	3,45
3	4,02	5,29	4,82	8,91	12,12	8,91	10,48	2,78	4,14
4	4,27	4,61	5,72	7,64	9,71	12,81	6,72	3,23	3,04
Prom.	3,85	4,56	5,23	9,18	11,55	11,35	6,65	2,82	3,36

Una consideración importante al estudiar el efecto de cualquier variable es la cantidad de cambio en la variable. Si la cantidad de variación es demasiado pequeña, entonces no se notarán cambios visibles en el rendimiento, especialmente si está superpuesto con el efecto de las alteraciones, tales como la condición de la cosecha, lo cual puede tener un impacto más significativo sobre el rendimiento. En muchos de los experimentos, la cantidad de cambio en la variable que estaba siendo estudiada fue muy pequeña, siendo determinada por los requisitos de operación de la planta extractora, y no se hizo ningún intento por controlar la condición de la cosecha. Por lo tanto, la dirección del cambio observado en la variable rendimiento, cuando se introdujo un cambio en la variable de entrada, a menudo no estuvo de acuerdo con las

expectativas. A pesar de ese problema, este estudio pudo examinar el efecto de algunos parámetros importantes tales como el nivel de frutos en el digestor, la temperatura y el drenaje del digestor. También se examinaron otros parámetros, pero no se presentan en este trabajo porque los resultados no llevaron a ninguna conclusión.

## AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer las contribuciones a este trabajo de la Golden Hope Plantations Berhad y el Malaysian Institute of Microelectronic Systems (MIMOS). Las gracias también se deben dar al Director General de PORIM por su permiso para publicar este trabajo.

### TARIFA PALMERA 1996

**\$ 35.000**

\* Sólo para palmicultores nacionales

- ✓ **PALMAS**
- ✓ **El Palmicultor**
- ✓ **CENIAVANCES**  
**CENIAVANCES**
- ✓ **PERSPECTIVAS**

**AlertA**

---

Suscripción anual

Revista Palmas	
\$ 57.000	US\$ 70
Boletín El Palmicultor	
\$ 42.000	US\$ 60



FONDO GANADERO DE CALDAS S.A.

**BUFALOS**

Cría - Leche - Trabajo

**VENTA PERMANENTE**

**Búfalos adiestrados y sin adiestrar**

INFORMES Y VENTAS

MANIZALES

COLISEO DE FERIAS Y EXPOSICIONES

Tel. (968) 89 15 03 Fax. 89 21 10