

**ESTUDIO TECNICO DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN EL PRENSADO,
DESFIBRADO Y SEDIMENTACION DE UNA PLANTA DE BENEFICIO DE
ACEITE DE PALMA**

ALEXANDER HERNÁNDEZ BÁEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA
BUCARAMANGA**

2005

**ESTUDIO TECNICO DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN EL PRENSADO,
DESFIBRADO Y SEDIMENTACION DE UNA PLANTA DE BENEFICIO DE
ACEITE DE PALMA**

ALEXANDER HERNÁNDEZ BÁEZ

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Químico**

Director

MARIO ALVAREZ CIFUENTES

Ingeniero Químico Ph. D.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2005

DEDICATORIA

Este trabajo de grado esta dedicado a las personas que siempre me acompañaron:

A Dios , por el discernimiento en la vida y el regalo de la instrucción.

A mi Madre, Margarita por su cariño constante y valiosos consejos

A mi Padre, Manuel por su gran empeño y ejemplo haciendo las cosas en servicio de todos.

A toda mi familia, por confiar en todos mis proyectos

A todos mis amigos y compañeros

Gracias...

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis sinceros agradecimientos a las siguientes personas, como también a todas aquellas que de una u otra manera me brindaron su apoyo y valiosa colaboración en la realización del presente trabajo de grado.

Al Ingeniero Mario Álvarez Cifuentes Director del proyecto, por sus aportes y sugerencias y correcciones.

Al Ingeniero Omar Cadena Gómez, Director de la planta de extracción, por su valiosos aportes, consejos y su acertada orientación en el desarrollo de mi proyecto y de mi vida profesional.

A los Ingenieros Guido Sierra, Carlos Fernández y Edgar Yáñez. Investigadores del Centro de investigación de palma de Aceite (CENIPALMA). Por darme su apoyo y amistad, como orientación en el desarrollo del proyecto.

Al Doctor Guillermo Londoño Gómez, Gerente de la Empresa Agroince Ltda. y Cía. S.C.A. Por depositar su confianza en mi y facilitar las herramientas necesarias para elaborar este trabajo de grado.

Al cuerpo docente de la Escuela de Ingeniería Química, por toda la formación profesional y las bases para desarrollar este y muchos proyectos.

A todos los funcionarios de Agroince Ltda. y Cía. S.C.A la entregar desinteresadamente apoyo a este proyecto.

CONTENIDO

	pag.
1. INTRODUCCION	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. ANALISIS DE ANTECEDENTES	2
1.3. HIPOTESIS	3
1.4. OBJETIVOS	3
1.5. RESULTADOS	4
1.6. CONCLUSION	5
2. CONCEPTOS TEORICOS	6
2.1 GENERALIDADES	6
2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	7
2.2.1 RECEPCIÓN DEL FRUTO Y ESTERILIZACION	7
2.2.2 DEFRUTACION, DIGESTION Y EXTRACCIÓN MECÁNICA	10

2.2.2.1. PROCESO DE PRENSADO	16
2.2.2.2. PRENSAS	17
2.2.3. CLARIFICACIÓN	19
2.2.3.1. PROCESO DE CLARIFICACIÓN	21
2.2.3.2. FUNDAMENTOS DE LA CLARIFICACION ESTATICA	22
2.2.4. PALMISTERÍA.	24
3. DESARROLLO EXPERIMENTAL	27
3.1. CONSIDERACIONES	27
3.2. FASE PRELIMINAR (ESTANDARIZACION DE PRUEBAS)	28
3.2.1. METODOLOGÍA ESPECÍFICA DE MUESTREO	28
3.2.2. VARIABLES A EVALUAR	29
3.2.3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO PRELIMINAR	29
3.3. FASE I NIVEL ÓPTIMO DE PRENSADO	30
3.3.1. METODOLOGÍA ESPECÍFICA DE MUESTREO	30

3.3.2. VARIABLES A EVALUAR	31
3.3.3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO	31
3.4 FASE II OPTIMIZACIÓN PRENSADO Y SEPARACIÓN NEUMÁTICA	32
3.4.1. METODOLOGÍA ESPECÍFICA DE MUESTREO	32
3.4.2. VARIABLES A EVALUAR	32
3.4.3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO	33
3.5. PROCEDIMIENTO DEL LABORATORIO Y TOMA DE MUESTRAS EN LA PLANTA	33
3.5.1. ANALISIS SOXHLET	33
3.5.2. ANALISIS CENTRIFUGACION	37
3.5.3. ANALISIS DE RUPTURA Y NUEZ ENTERA (TAMIZADO)	38
3.5.4. ANALISIS DE SEDIMENTACION	40
3.5.5. ANALISIS DE MASA QUE PASA AL DIGESTOR (MPD)	42
3.5.6. LOGISTICA DE MUESTREO DE FIBRAS Y DE ACEITE CRUDO.	44
3.6. SISTEMA HIDRAULICO PRENSA DE EXTRACCION	44

3.6.1. DESCRIPCION CENTRAL, FUNCIONAMIENTO Y REGULACIÓN	44
3.6.1.1. DESCRIPCION	44
3.6.1.2. REGULACION	45
3.6.1.3. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE	45
4. RESULTADOS Y ANALISIS	50
4.1. ANALISIS PRENSA 1 POR PRESION CON DIFERENTES MATERIALES	51
4.1.1. PERDIDAS DE ACEITE	51
4.1.1.1. IHRO ADULTA(A)	51
4.1.1.2. PAPUA ADULTA (B)	52
4.1.1.3. FRUTO JOVEN(C)	53
4.1.2. PÉRDIDA DE ALMENDRA	55
4.1.2.1. IHRO ADULTA(A)	55
4.1.2.2. PAPUA ADULTA (B)	56
4.1.2.3. FRUTO JOVEN(C)	56

4.1.3. COMPORTAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEBIDA AL MATERIAL EN LAS PRENSAS VARIANDO LA PRESION	58
4.1.3.1. IHRO ADULTA(A)	58
4.1.3.2. PAPUA ADULTA (B)	58
4.1.3.3. FRUTO JOVEN(C)	59
4.1.4. VARIABLES DE SEDIMENTACION	60
4.1.4.1. IHRO ADULTA(A)	60
4.1.4.2. PAPUA ADULTA (B)	61
4.1.4.3. FRUTO JOVEN(C)	61
4.2. ANALISIS PRENSA 2 POR PRESION CON DIFERENTES MATERIALES	63
4.2.1. PERDIDAS DE ACEITE	63
4.2.1.1. IHRO ADULTA(A)	63
4.2.1.2. PAPUA ADULTA (B)	64
4.2.1.3. FRUTO JOVEN(C)	65
4.2.2. PÉRDIDA DE ALMENDRA	67

4.2.2.1. IHRO ADULTA(A)	67
4.2.2.2. PAPUA ADULTA (B)	68
4.2.2.3. FRUTO JOVEN(C)	68
4.2.3. COMPORTAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEBIDA AL MATERIAL EN LAS PRENSAS AL AUMENTAR LA PRESION	70
4.2.3.1. IHRO ADULTA(A)	70
4.2.3.2. PAPUA ADULTA (B)	71
4.4.3.3. FRUTO JOVEN(C)	71
4.2.4. VARIABLES DE SEDIMENTACION	73
4.2.4.1. IHRO ADULTA(A)	73
4.2.4.2. PAPUA ADULTA (B)	73
4.2.4.3. FRUTO JOVEN(C)	74
4.3. CICLON	75
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	77
4.4.1. DISCUSIÓN SOBRE PRENSA 1	77

4.4.2. DISCUSIÓN SOBRE PRENSA 2	77
4.4.3. DISCUSIÓN SOBRE OPTIMOS	78
4.4.4. DISCUSIÓN SOBRE MATERIAL	78
5. CONCLUSIONES	79
6 .RECOMENDACIONES	81
7. BIBLIOGRAFÍA	82
8. ANEXOS	83
Anexo A GLOSARIO DE VARIABLES	83
Anexo B TAMAÑO DE MALLAS PARA EL TAMIZADO	84
Anexo C CALCULO DE COSTOS COMPLEMENTARIOS	85
1. P1A (IHRO ADULTA)	85
1.1. PROCEDIMIENTO	85
1.2. RESULTADOS DE COSTOS	86
2. P1B (PAPUA ADULTA)	86

2.1. PROCEDIMIENTO	86
2.2 RESULTADOS	88
3. P1C (FRUTO JOVEN)	89
3.1. PROCEDIMIENTO	89
3.2. RESULTADOS	90
4. P2A (IHRO ADULTA)	91
4.1. PROCEDIMIENTO	91
4.2. RESULTADOS	92
5. P2B (PAPUA ADULTA)	93
5.1. PROCEDIMIENTO	93
5.2. RESULTADOS	94
6. P2C (FRUTO JOVEN)	95
6.1. PROCEDIMIENTO	95
6.2. RESULTADOS	96

7. ANALISIS DE CADA MATERIAL EN LAS DOS PRENSAS	96
7.1.1. PERDIDAS DE ACEITE	97
7.1.2. PÉRDIDA DE ALMENDRA	98
7.1.3. COMPORTAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEBIDA AL MATERIAL EN LAS PRENSAS	99
7.1.4. VARIABLES DE SEDIMENTACION	101
7.2. ANÁLISIS DE PRENSAS POR MATERIAL	102
7.2.1. PERDIDAS DE ACEITE	102
7.2.1.1. PRENSA N°1	102
7.2.1.2. PRENSA N°2	102
7.2.2. PÉRDIDA DE ALMENDRA	104
7.2.2.1. PRENSA N°1	104
7.2.2.2. PRENSA N°2	105
7.2.3. COMPORTAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEBIDA AL MATERIAL EN LAS PRENSAS	106
7.2.3.1. PRENSA N°1	106

7.2.3.2. PRENSA N°2	107
7.2.4. VARIABLES DE SEDIMENTACION	108
7.2.4.1. PRENSA N°1	108
7.2.4.2. PRENSA N°2	108

LISTA DE TABLAS

	pag.
Tabla 1. Nivel de prensado (amperios) a evaluar en cada prensa	29
Tabla 2. Diseño del experimento preliminar	30
Tabla 3. Nivel de prensado a evaluar en cada prensa	31
Tabla 4. Diseño del Experimento fase I	32
Tabla 5. Diseño del experimento fase II	33
Tabla 6. Lista de componentes del sistema hidráulico	46
Tabla 7. Descripción de la bomba de engranajes	48
Tabla 8. Resultados estadísticos de perdidas de aceite en fibras para el material ihro adulta en la prensa 1 variando la presión	51
Tabla 9. Promedios de las variables y grupos estadísticos de perdidas de aceite en fibras para el material ihro adulta en la prensa 1 variando la presión	46
Tabla 10. Resultados estadísticos de perdidas de aceite en fibras para el material papua adulta en la prensa 1 variando la presión	52
Tabla 11. Promedios de las variables y grupos estadísticos de perdidas de aceite en fibras para el material papua adulta en la prensa 1 variando la presión	52

Tabla 12. Resultados estadísticos de perdidas de aceite en fibras para el material papua joven en la prensa 1 variando la presión	53
Tabla 13. Promedios de las variables y grupos estadísticos de perdidas de aceite en fibras para el material papua joven en la prensa 1 variando la presión	53
Tabla 14. Resultados estadísticos de perdidas de almendra para el material ihro adulto en la prensa 1 variando la presión	55
Tabla 15. Promedios de las variables y grupos estadísticos de perdidas de almendra para el material ihro adulto en la prensa 1 variando la presión	55
Tabla 16. Resultados estadísticos de perdidas de almendra para el material Papua adulto en la prensa 1 variando la presión	56
Tabla 17. Promedios de las variables y grupos estadísticos de perdidas de almendra para el material Papua adulto en la prensa 1 variando la presión	56
Tabla 18. Resultados estadísticos de perdidas de almendra para el material Papua adulto en la prensa 1 variando la presión	56
Tabla 19. Promedios de las variables y grupos estadísticos de perdidas de almendra para el material Papua adulto en la prensa 1 variando la presión	57
Tabla 20. Resultados estadísticos estadísticos de la capacidad En la prensa 1 con ihro adulto, variando la presión.	58
Tabla 21. Promedios de las variables y grupos estadísticos de la capacidad En la prensa 1 con ihro adulto, variando la presión.	58
Tabla 22. Resultados estadísticos de la capacidad En la prensa 1 con papua adulto, variando la presión.	58
Tabla 23. Promedios de las variables y grupos estadísticos de la capacidad En la prensa 1 con papua adulto, variando la presión.	59

Tabla 24. Resultados estadísticos de la capacidad En la prensa 1 con papua joven, variando la presión.	59
Tabla 25. Promedios de las variables y grupos estadísticos de la capacidad En la prensa 1 con papua joven, variando la presión.	59
Tabla 26. Resultados estadísticos de sedimentación en le prensa 1 con ihro adulto variando la presión	60
Tabla 27. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación en le prensa 1 con ihro adulto variando la presión	61
Tabla 28. Resultados estadísticos de sedimentación en le prensa 1 con papua adulto variando la presión	61
Tabla 29. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación en le prensa 1 con papua adulto variando la presión	61
Tabla 30. Resultados estadísticos de sedimentación en le prensa 1 con papua joven variando la presión	61
Tabla 31. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación en le prensa 1 con papua joven variando la presión	62
Tabla 32. Resultados estadísticos de perdidas de aceite en fibras para el material ihro adulto en la prensa 2 variando la presión	63
Tabla 33. Promedios de las variables y grupos estadísticos de perdidas de aceite en fibras para el material ihro adulto en la prensa 2 variando la presión.	63
Tabla 34. Resultados estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.	64

Tabla 35. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.	64
Tabla 36. Resultados estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material papua joven en la prensa 2 variando la presión.	65
Tabla 37. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material papua joven en la prensa 2 variando la presión.	58
Tabla 38. Resultados estadísticos de pérdidas de almendra para el material ihro adulto en la prensa 2 variando la presión.	67
Tabla 39. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de almendra para el material ihro adulto en la prensa 2 variando la presión.	60
Tabla 40. Resultados estadísticos de pérdidas de almendra para el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.	68
Tabla 41. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de almendra para el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.	61
Tabla 42. Resultados estadísticos de pérdidas de almendra para el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.	68
Tabla 43. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de almendra para el material papua joven en la prensa 2 variando la presión.	69
Tabla 44. Resultado estadísticos de capacidad el material ihro adulto en la prensa 2 variando la presión.	70
Tabla 45. Promedios de las variables y grupos estadísticos de capacidad el material ihro adulto en la prensa 2 variando la presión.	70

Tabla 46. Resultados estadísticos de capacidad el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.	71
Tabla 47. Promedios de las variables y grupos estadísticos de capacidad el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.	71
Tabla 48. Resultados estadísticos de capacidad el material papua joven en la prensa 2 variando la presión.	71
Tabla 49. Promedios de las variables y grupos estadísticos de capacidad el material papua joven en la prensa 2 variando la presión.	72
Tabla 50. Resultados estadísticos de sedimentación en le prensa 2 con ihro adulto variando la presión	73
Tabla 51. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación en le prensa 2 con ihro adulto variando la presión	73
Tabla 52. Resultados estadísticos de sedimentación en le prensa 2 con papua adulto variando la presión	73
Tabla 53. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación en le prensa 2 con papua adulto variando la presión	74
Tabla 54. Resultados estadísticos de sedimentación en le prensa 2 con papua joven variando la presión	74
Tabla 55. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación en le prensa 2 con papua joven variando la presión	74
Tabla 56. Tamaño de mallas para tamizado	84
Tabla 57. Porcentaje de fibra sobre racimo de fruta fresca y de almendra que se recupera en el ciclon para ihro adulto en prensa 1	85

Tabla 58. Resultados de costos de perdidas en la prensa 1 con variedad de fruto ihro adulto.	86
Tabla 59. Porcentaje de fibra sobre racimo de fruta fresca y de almendra que se recupera en el ciclon para papua adulto en prensa 1.	87
Tabla 60. Resultados de costos de perdidas en la prensa 1 con variedad de fruto papua adulto.	88
Tabla 61. Porcentaje de fibra sobre racimo de fruta fresca y de almendra que se recupera en el ciclon para papua joven en prensa 1.	90
Tabla 62. Resultados de costos de perdidas en la prensa 1 con variedad de fruto papua joven.	90
Tabla 63. Porcentaje de fibra sobre racimo de fruta fresca y de almendra que se recupera en el ciclon para ihro adulto en prensa 2	92
Tabla 64. Resultados de costos de perdidas en la prensa 2 con variedad de fruto ihro adulto.	92
Tabla 65. Porcentaje de fibra sobre racimo de fruta fresca y de almendra que se recupera en el ciclon para papua adulto en prensa 2.	94
Tabla 66. Resultados de costos de perdidas en la prensa 2 con variedad de fruto papua adulto	94
Tabla 67. Porcentaje de fibra sobre racimo de fruta fresca y de almendra que se recupera en el ciclon para papua joven en prensa 2.	95
Tabla 68. Resultados de costos de perdidas en la prensa 2 con variedad de fruto papua joven.	96
Tabla 69. Resultados estadísticos de perdidas de aceite en fibra debida al material en las prensas	97

Tabla 70. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de aceite en fibra debida al material en las prensas	97
Tabla 71. Resultados estadísticos de pérdida de almendra y rotura por material	98
Tabla 72. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de almendra y rotura debida al material en las prensas	98
Tabla 73. resultados estadísticos de la capacidad debida al material en las prensas	99
Tabla 74. Promedios de las variables y grupos estadísticos de la capacidad debida al material en las prensas	100
Tabla 75. Resultados estadísticos de sedimentación debido al material en las prensas	101
Tabla 76. Promedios de las variables y grupos estadísticos	101
Tabla 77. Resultados estadísticos de pérdidas de aceite en fibra debida al material en la prensa 1	102
Tabla 78. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de aceite en fibra debida al material en la prensa 1	102
Tabla 79. Resultados estadísticos de pérdidas de aceite en fibra debida al material en la prensa 2	102
Tabla 80. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de aceite en fibra debida al material en la prensa 2	103
Tabla 81. Resultados estadísticos de pérdidas de almendra y rotura debida al material en la prensa 1	104

Tabla 82. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de almendra y rotura debida al material en la prensa 1	105
Tabla 83. Resultados estadísticos de pérdidas de almendra y rotura debida al material en la prensa 2	105
Tabla 84. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de almendra y rotura debida al material en la prensa 1	104
Tabla 85. Resultados estadísticos de la capacidad debida al material en la prensa 1	106
Tabla 86. Promedios de las variables y grupos estadísticos de la capacidad debida al material en la prensa 1	106
Tabla 87. Resultados estadísticos de la capacidad debida al material en la prensa 2	107
Tabla 88. Promedios de las variables y grupos estadísticos de la capacidad debida al material en la prensa 2	107
Tabla 89. Resultados estadísticos de sedimentación debido al material en la prensa 1	108
Tabla 90. Promedios de variables y grupos estadísticos de sedimentación debido al material en la prensa 1	108
Tabla 91. Resultados estadísticos de sedimentación debido al material en la prensa 2	108
Tabla 92. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación debido al material en la prensa 2	108

LISTA DE GRAFICOS

	pag.
Grafico 1. Palmera oleaginosa y fruto en corte	6
Grafico 2. Proceso de pesaje y Báscula Mecánica	7
Grafico 3. Esquema Sección Recepción	7
Grafico 4. Malacate y Línea de transporte de Vagonetas	8
Grafico 5. Esterizadores	9
Grafico 6. Tiempo vs. Presión en un proceso de esterilización	10
Grafico 7. Esquema Sección Extracción Mecánica	11
Grafico 8. Puente grúa y Alimentador. (a), (b) Carro motriz del Puente grúa;(c) Sensor de nivel ubicado en el Digestor 2; (d) Motorreductor del Alimentador.	12
Grafico 9. Tambor desfrutador	13
Grafico 10. Sistemas de Transporte desde Tambor Desfrutador a Digestores. (a) Sinfín elevado; (b) Elevador de cangilones; (c) Detalle de cangilones; (d) Sinfines de Distribución y Retorno	14
Grafico 11. Digestores y Pantalón	15
Grafico 12. Prensas doble tornillo	16
Grafico 13. Prensa de tornillo sinfín	17

Grafico 14. Canasta de una prensa de tornillo sinfín	18
Grafico 15. Esquema Sección Clarificación	20
Grafico 16. Tamiz Circular	20
Grafico 17. Clarificador	21
Grafico 18. Balance de fuerzas en suspensión de aceite	22
Grafico 19. Diagrama general y balance de masas en AGROINCE LTDA. Y CÍA. S.C.A.	26
Grafico 20. Etapas Metodologicas	27
Grafico 21. plano del sistema hidráulico	47
Grafico 22. Plano de la bomba de engranajes	49
Gráficos 23. a) %Aceite sobre sólidos secos no aceitosos b) % sólidos secos no aceitosos c) %fibra sobre torta por prensa, para la prensa 1 con diferentes materiales, variando la presión	54
Gráficos 24. a) % almendra retenida en malla 3 b) % rotura sobre torta. En la prensa 1 con diferentes materiales variando la presión.	57
Gráfico 25. Capacidad de cada prensa 1 con diferentes materiales, variando la presión.	60
Gráficos 26. a) Velocidad de sedimentación b) % de eficiencia de sedimentación, en la prensa 1 con diferentes materiales variando la presión.	62

Gráficos 27. a) %Aceite sobre sólidos secos no aceitosos b) % sólidos secos no aceitosos c) %fibra sobre torta por prensa, para la prensa 2 con diferentes materiales, variando la presión	66
Gráficos 28. a) % almendra retenida en malla 3 b) % rotura sobre torta. En la prensa 2 con diferentes materiales, variando la presión.	69
Gráfico 29. Capacidad de cada prensa 2 con diferentes materiales, variando la presión.	72
Gráficos 30. Velocidad de sedimentación b) % de eficiencia de sedimentación, en la prensa 2 con diferentes materiales variando la presión.	75
Gráficos 31. a) %Aceite sobre sólidos secos no aceitosos por material b) %sólidos secos no aceitosos por material c) %fibra sobre torta por material	97
Gráficos 32. a) % almendra retenida en malla 3 por material b) % rotura sobre torta por material.	99
Gráfico 33. Variación de la capacidad de las prensas por material	100
Gráficos 34. a) Velocidad de sedimentación por material b) % de eficiencia de sedimentación por material	101
Gráficos 35. a) %Aceite sobre sólidos secos no aceitosos por prensa variando al material b) % sólidos secos no aceitosos por prensa variando el material c) %fibra sobre torta por prensa variando el material	103
Gráficos 36. a) % almendra retenida en malla 3 por prensa variando el material b) % rotura sobre torta por prensa variando el material.	105
Gráfico 37. Capacidad de cada prensa variando el material	107

Gráficos 38. a) Velocidad de sedimentación por material b) % de eficiencia de sedimentación por material.

RESUMEN

TÍTULO:

ESTUDIO TECNICO DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN EL PRENSADO, DESFIBRADO Y SEDIMENTACION DE UNA PLANTA DE BENEFICIO DE ACEITE DE PALMA

AUTOR:

Alexander Hernández Báez. **

PALABRAS CLAVES:

Estudio técnico, Aceite de palma, prensado, Desfibrado, Sedimentación.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo de este proyecto fue estudiar en el beneficio de los racimos de palma de aceite los procesos de prensado de diferentes clases de frutos y su separación neumática de nueces a diferentes condiciones de operación, para reducir las pérdidas de aceite en fibras y de almendra en fibras ciclónicas, reconociendo su incidencia en la sedimentación del aceite logrando establecer márgenes de operación.

Se inicia identificando los factores importantes del proceso para posteriormente hacer experimentos y así evaluar en planta, como cambian las perdidas de aceite en fibras y almendra en el desfibrado. Variando la presión de prensado, la variedad y edad del fruto. También se evaluó económicamente esta perdidas por medio de un modelo matemático y los precios del aceite y de la almendra para encontrar unos márgenes favorables de operación de prensado de cada fruto.

Resultando que, aumentando la presión de prensado se hace disminuir la pérdida de aceite en fibra, lo que tiende a disminuir la velocidad y la eficiencia de sedimentación. Otra consecuencia es aumentar la cantidad de almendra en la torta lo cual causa mayor perdida de esta en el desfibrado o separación neumática. Lo anterior hace que sea necesario mantener las prensas en una operación intermedia para asegurar un desempeño económico favorable en el beneficio de fruto de palma de aceite, estos óptimos van a variar según el fruto que se este procesando y las condiciones mecánicas de la prensa

* Tesis de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Ingeniería Química, Ing. Mario Álvarez Cifuentes Ph.D.

SUMMARY

TITLE:

**TECHNICAL STUDY OF THE PROCESS VARIABLES ON THE PROCESSES OF
CALENDERING, SHREDDING AND SEDIMENTATION OF A PLANT OF BENEFIT
OF OIL OF PALM***

AUTHOR:

Alexander Hernández Báez. **

KEY WORDS:

Technical study, palm Oil, Calendering, shredding, sedimentation

DESCRIPTION:

The objective of this project was to study in the benefit of the bunches of palm of oil the processes of calendering of different kinds of fruits and its pneumatic separation and walnuts to different conditions of operation, to reduce as the losses of oil in fibers also the almond in cyclonic fibers, recognizing its incidence in the sedimentation of oil achieving to establish levels of operation.

It was started with the identification the factors of processing for subsequently to make experiments to evaluate in plant of process, the losses of oil in fibers and almond in the shredding when the press change. Varying the pressure of calendering and the kind of fruits. Also this loose was evaluated economically through of a mathematical model and the pricing of the oil and the almond, to find some better levels in the operation of calendering whit each fruit.

Resulting than, the increase in the pressure of calendering makes decrease the loss of oil in fiber, this tends to make less velocity and decrease the efficiency of sedimentation. Another consequence is to increase the quantity of almond in the cake it as cause lost of this in the shredding. The above does that it be necessary to maintain the presses in an intermediate level operation to insure a performance cheap in the benefit of fruit of palm of oil, its levels are going to vary according to the fruit than itself this processing and mechanical conditions.

* Degree Work.

** Physical-Chemical Engineerings Faculty, Chemical Engineering, Eng. Mario Álvarez Cifuentes Ph.D.

1. INTRODUCCION

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los procesos agroindustriales ocupan un gran papel en el desarrollo del país y así mismo la ingeniería química cumple una función importante en el mejoramiento de la eficiencia de estos debido al diseño, control y evaluación del desempeño de las plantas y el planteamiento de mejoras y soluciones de problemas de procesamiento.

Para mejorar la eficiencia del procesamiento del fruto de aceite de palma, El control automático del prensado permite manejar apropiadamente parámetros de operación garantizando una buena estabilidad en la esterilización, el desfrutado, la digestión y la clarificación.

Es conocido que las plantas de beneficio procesan diferentes clases de frutos, con diferentes edades de siembra, los que están constituidos por una proporción diferente de materia orgánica que al prensarse ofrecen variaciones de la composición en la masa que generan cambios en la respuesta del sistema de control y por ende en las pérdidas de aceite en fibras y rompimiento de nuez.

Lo anterior justifica la necesidad de hacer estudios sobre la etapa de prensado y evaluar la incidencia de su optimización en el comportamiento de las operaciones de recuperación neumática de nuez y la clarificación del aceite, evaluando la incidencia económica en la planta de beneficio.

1.2. ANALISIS DE ANTECEDENTES

Implementando balances de pérdidas de aceite y almendra en el proceso de beneficio del aceite de palma, se puede determinar la incidencia de las diferentes operaciones del proceso en el total de pérdidas de una planta. Sin embargo, el proceso realizado en estas plantas, no puede ser concebido como una serie de

operaciones individuales ni aisladas y deben ser controladas conjuntamente mediante el establecimiento de las condiciones propias de operación de cada una de ellas en el proceso.

Teniendo en cuenta que en zona central las pérdidas totales de aceite promediaron en el 2004 el 1,98 % constituidas en: las pérdidas de aceite en fibra 0.6%; La pérdida de almendra 0.86 % y la almendra en fibras 0,52%.lo cual contribuye a la disminución de la eficiencia de las plantas y un menor porcentaje de la extracción del fruto que se expresa directamente en un margen económico menor para la plantas de beneficio de aceite de palma

1.3. HIPOTESIS

Hay una relación importante entre el prensado y operaciones posteriores como la recuperación de almendra y la clarificación del aceite, si se identifica el prensado como una operación clave del beneficio del fruto de palma para poder optimizar su operación en planta de beneficio, pues de este pueden depender la rotura de nuez, el porcentaje de sólidos disueltos en el aceite y las pérdidas de aceite por fibras, al observar las variaciones de estas variables dependiendo de las clases de fruto con diferentes edades de siembra y del nivel de prensado al que se procese

1.4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar en una planta de beneficio de aceite de palma, las principales variables de proceso y su influencia tanto en el prensado de tres tipos de fruto, como en su separación neumática de nueces a diferentes condiciones de operación, para reducir las pérdidas de aceite por impregnación en fibra, así como también las pérdidas de nueces en el ciclón, teniendo en cuenta sus efectos en la sedimentación del aceite.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la relación entre la presión de prensado con la pérdida de aceite en fibra de prensa y la eficiencia del proceso de clarificación.
- Definir las condiciones más favorables de prensado de acuerdo a tres diferentes tipos de fruta.
- Determinar las condiciones de operación más favorables para reducir las pérdidas de aceite en fibra y de almendra adherida en la nuez en el desfibrado.
- Evaluar la relación entre el rompimiento de nuez en prensas y la pérdida de almendra en la columna de separación de fibra.
- Reconocer las tendencias de la velocidad de sedimentación y eficiencia de sedimentación del aceite al variar el tipo de fruta (Ihro adulto, Papua adulto, Papua joven) y el nivel de prensado.

1.5. RESULTADOS

- para material ihro adulta se tiene una menor pérdida de aceite debido a que este material posee más porcentaje sólidos secos no aceitosos y mayor porcentaje de fibra sobre torta, se observa una menor pérdida de almendra debido a que tiene una menor rotura en las prensas, se obtiene una capacidad intermedia al ser procesada en las prensas, la velocidad y la eficiencia de sedimentación del aceite son mayores lo que hace más ventajosa su clarificación
- para el material papua adulta se tiene un desempeño de pérdidas intermedio debido a su composición intermedia de sólidos secos no aceitosos y fibra sobre torta entre materiales, se observa una mayor pérdida de almendra debido a una mayor rotura de éste material en las

prensas, se obtiene una mayor capacidad cuando es procesada en la prensas, se obtiene una velocidad y eficiencia de sedimentación intermedia.

- Para material joven se tiene una mayor pérdida de aceite debido a su composición menor de sólidos secos aceitosos y fibra sobre torta, se observa un comportamiento intermedio de pérdida de almendra debido a una rotura intermedia en las prensas para este material, se observa que al procesarlo se obtiene una menor capacidad en las prensas, se tiene la menor eficiencia y velocidad de sedimentación de su aceite, lo que hace más difícil el tratamiento de su posterior clarificación

1.6. CONCLUSION

El aumento en la presión de prensado produce dos efectos: aumenta la composición de sólidos secos no aceitosos es decir el porcentaje de fibra sobre torta y aumenta la rotura de la nuez, el primer efecto hace disminuir la pérdida de aceite en fibra al haber menor proporción de aceite en la masa a prensar, esta nueva composición tiende a disminuir la velocidad y la eficiencia de sedimentación por que se puede presentar sedimentación inhibida.

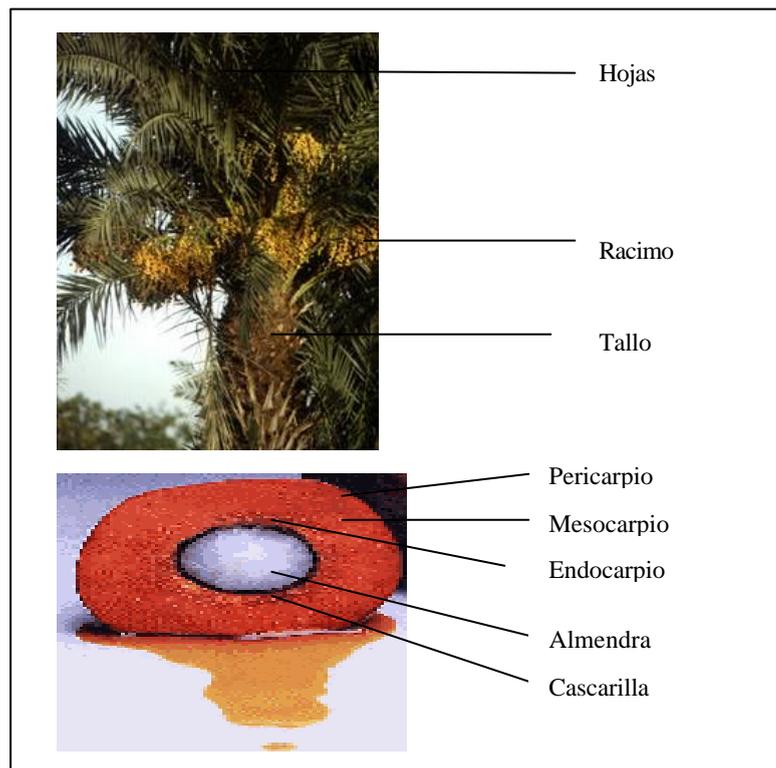
El segundo efecto tiende a aumentar la cantidad de almendra lo cual causa mayor perdida de esta en el desfibrado. Lo anterior hace que sea necesario mantener las prensas en una operación óptima intermedia para asegurar un desempeño económico favorable en el beneficio de fruto de palma de aceite

2. CONCEPTOS TEORICOS

2.1 GENERALIDADES

El fruto de aceite de palma se produce de la palma *Elaeis Guineensis*, que pertenece a la familia de Palmáceas, esta planta que forma de racimos, los cuales se componen de frutos externos y fruto internos y el raquis, estos frutos se componen de pericarpio, mesocarpio (pulpa y aceite), y endocarpio (nuez), la nuez tiene a su vez en el interior el cuezco y la almendra de la cual se extrae el palmiste. La palma requiere de suelos fértiles y estaciones lluviosas que produzcan inundaciones, en la figura 1 Se muestra la palmera oleaginosa y el fruto en corte.

Figura 1. Palmera oleaginosa y fruto en corte



El aceite o palmiste se obtiene simultáneamente en el proceso de extracción que se utilizará posteriormente en la elaboración de aceites, margarinas para consumo

de mesa y margarinas de tipo industrial. Adicionalmente la torta resultante de esta extracción, se utilizará para elaboración de alimentos concentrados para animales.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

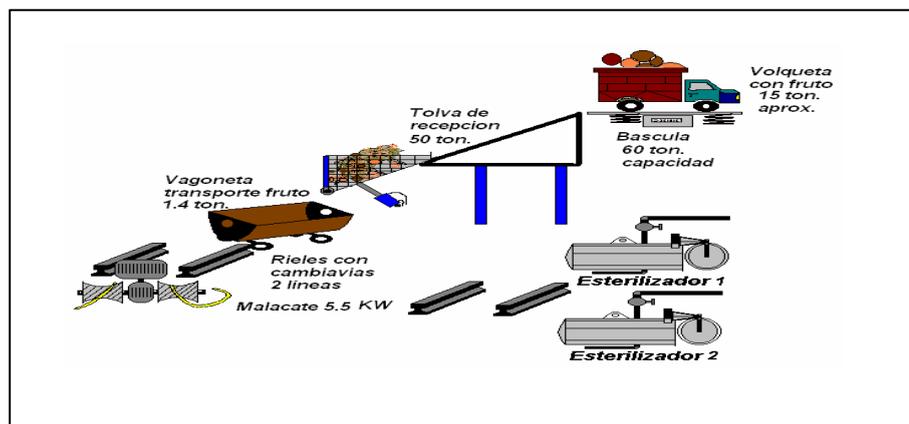
2.2.1 RECEPCIÓN DEL FRUTO Y ESTERILIZACION

Las volquetas provenientes de la plantación y cargadas con fruto, ingresan a la planta y son pesadas en una báscula electrónica, allí con un sensor de carga se determina la cantidad de fruto incorporado al proceso; y se realiza verificación con una bascula mecánica, en la figura 2 Se muestra una de las volquetas en el momento de pesaje y la báscula mecánica empleada para la verificación del proceso electrónico.

Figura 2. Proceso de pesaje y Báscula Mecánica



Figura 3. Esquema Sección Recepción.



El fruto es descargado enseguida en una tolva de alimentación por simple acción de volteo de la volqueta. La tolva de capacidad 50 toneladas esta constituida por platinas inclinadas con refuerzos de ángulos que descargan el peso sobre párales que trabajan como columnas además posee un sistema hidráulico a lo largo de cinco compuertas que liberan el fruto, para dejarlo caer sobre las vagonetas de transporte que han sido ubicadas justo debajo de las compuertas por acción manual de los operarios; las vagonetas de 1.4 toneladas de capacidad se desplazan sobre rieles gracias a la acción de un malacate y un lazo; el malacate esta compuesto por un motorreductor conectado a dos cilindros con superficies cóncavas y rizadas para crear un mayor arrastre al que se envuelve el lazo que ha sido conectado a las vagonetas con un gancho de esta manera se puede hacer tracción sobre la carga de aproximadamente nueve vagonetas que son llevadas hasta las autoclaves que representan el inicio del proceso de esterilización, En la figura 4 pueden verse el malacate además del transporte de rieles y vagonetas.

Figura 4. Malacate y Línea de transporte de Vagonetas



Durante este proceso inicial de esterilización, al cual entran siete vagonetas en cada una de las dos autoclaves, se suministra vapor sobrecalentado a presión en un corto método de cocción del fruto; esta presión oscila entre 0-40 psi. y es entregada en tres etapas; la primera que es una forma de desairear la recámara

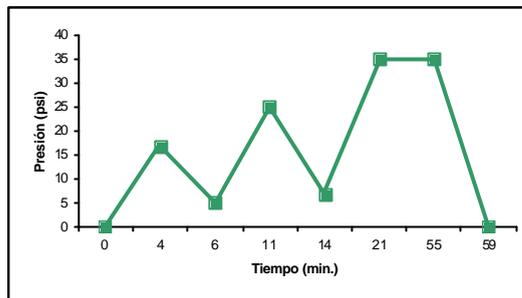
con el fin de no realizar el proceso con aire dentro de las autoclaves, pues acarrearía una porción no homogénea de cocción; consiste en aplicar una elevación de 0-17 psi. A continuación la presión desciende hasta 5-7 psi y nunca bajará a cero hasta el final del proceso para no provocar entrada de aire, después se eleva nuevamente hasta 25-27 psi. Esta segunda fase representa una homogenización de la temperatura dentro de la autoclave, luego se descarga hasta 5-7 psi para ascender por último a una presión de 35-37 psi que permanecerá por espacio de 35 minutos con una temperatura aproximada de 130°C, para dar una cocción uniforme sobre todo el fruto, y al final descargar todo el vapor y sacar las vagonetas para llevarlas a la sección de extracción.

El esterilizador o autoclave es un equipo tubular horizontal de aproximadamente 16 metros de largo y un diámetro de 1.8 metros que alberga las vagonetas y esta revestido de fibra de vidrio y lamina de aluminio para aislar su función térmica, recibe el vapor dado por las calderas (sección Auxiliares), descarga el vapor al final del ciclo por medio de un sistema escalonado de válvulas puesto que el vapor que cocinó el fruto ahora puede llegar a contener una cantidad mínima pero extraíble de aceite, que posteriormente se comentará en la recuperación de aceite, En la figura 6 se muestran los pasos consecutivos en elevación de presión contra tiempo para un proceso de cocción típico del fruto.

Figura 5. Esterilizadores



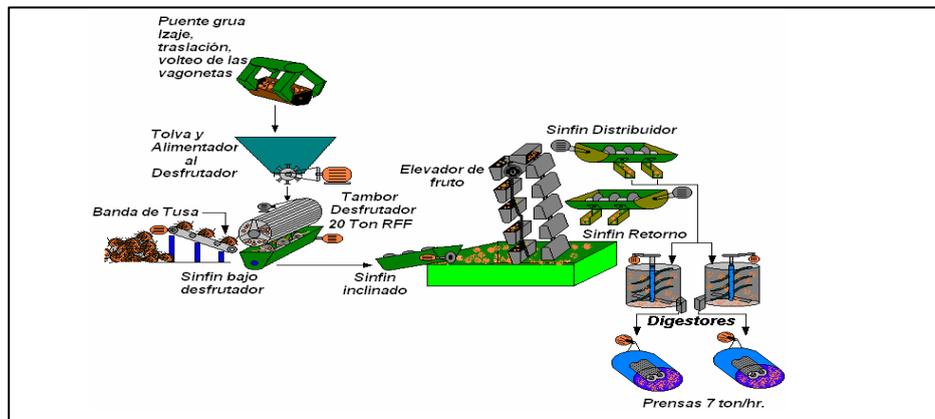
Figura 6. Tiempo vs. Presión en un proceso de esterilización



2.2.2 DEFRUTACION, DIGESTION Y EXTRACCIÓN MECÁNICA

Con el fruto cocido, se dirigen las vagonetas al puente grúa, siendo llevadas nuevamente a través del malacate; el puente grúa debe tomar una a una las vagonetas y vaciar su contenido en la tolva del alimentador del sistema de desfrutamiento; esto debe hacerse de esta manera pues cualquier impregnación del material no prensado (la tusa o pedúnculo) se incrementaría al descargar varias vagonetas de fruto cocido al mismo tiempo. El puente grúa realiza entonces tres operaciones; eleva la vagoneta, la traslada sobre la tolva y la voltea dejando caer los racimos cocidos; para la realización de estos tres movimientos el puente grúa esta dotado de tres motores que por transmisión de cadena ejercen acción, para el izaje gracias a guayas y contrapesos, para la traslación a través de un eje que conduce un carro sobre un riel, y para el volteo por dos ejes que al mismo tiempo que aseguran la vagoneta le permiten girar sobre el eje del puente grúa; todos estos movimientos se ejecutan por medio de control eléctrico y se restringe su movimiento gracias a interruptores que actúan como finales de carrera a lo largo de las tres trayectorias, en la figura 7 se ilustra en forma representativa el proceso de extracción mecánica.

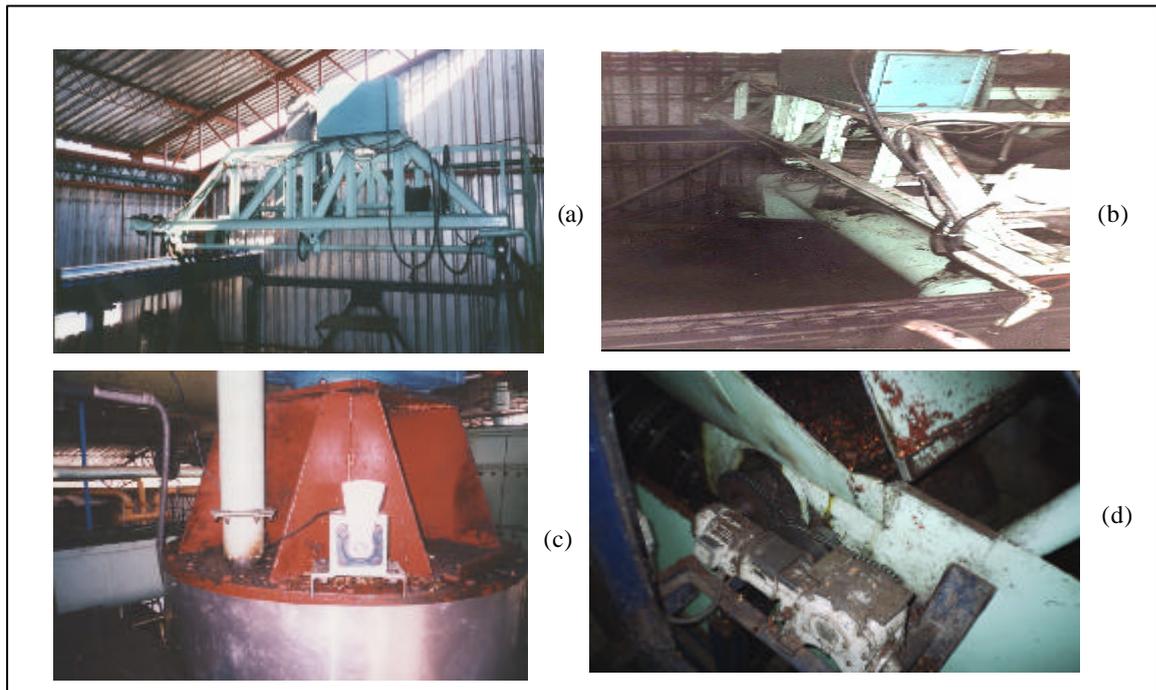
Figura 7. Esquema Sección Extracción Mecánica



La disposición del alimentador esta dada por un eje aleteado (alimentador) y conectado éste a un sensor de nivel ubicado en los equipos digestores que registra la cantidad de fruto remanente en ellos, esta variable permitirá decidir la dosificación en la entrada de racimos al tambor desfrutador conformando así un cuello de botella controlado a partir de un variador de velocidades acoplado directamente al motor del eje aleteado del alimentador; dando paso a cierta cantidad de fruto y reteniendo la demás en la tolva del desfrutador, en la figura 8 se muestran las disposiciones para el puente grúa así como el sensor ubicado en el Digestor 2 para la dosificación del alimentador y el motorreductor del alimentador .La entrada del tambor desfrutador esta conformada por unas platinas longitudinales donde los racimos liberados por el alimentador golpean y desprenden el fruto dejando aproximadamente el 70% de su contenido productivo; el pedúnculo cargado con el fruto adicional que no se desprendió en la primera caída entra al tambor propiamente dicho que está construido por unas platinas longitudinales unidas a unos aros transversales en disposición de estrella de tres puntas y conectadas a un eje principal estableciendo una disposición como de jaula de ardilla; provocando el choque continuo de los racimos y dejando caer a través de las platinas los frutos cocidos puntas y conectadas a un eje principal

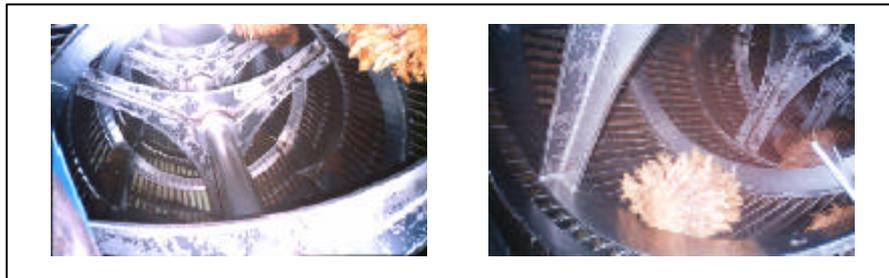
estableciendo una disposición como de jaula de ardilla; provocando el choque continuo de los racimos y dejando caer a través de las platinas los frutos cocidos

Figura 8 Puente grúa y Alimentador. (a), (b) Carro motriz del Puente grúa; (c) Sensor de nivel ubicado en el Digestor 2; (d) Motorreductor del Alimentador.



abandonando en el camino a las tusas que representan una parte voluminosa del racimo; estas tusas son revisadas a la salida del tambor desfrutador para verificar su aprovechamiento o su reingreso al proceso de esterilización, a partir de una inspección visual que se ejecuta por un operario, teniendo en cuenta que un racimo con un número superior a cinco granos de fruto sin desprender debe volver al proceso de cocción (esta condición de desperdicio se ve afectada por la vida del racimo, es decir si el racimo recogido esta en su estado verde, el fruto no se desprenderá fácilmente y debe volver a cocinarse; y si el fruto está sobre maduro ocasionará una pérdida por impregnación de aceite en la tusa o pedúnculo más elevada), en la figura 9 se observa la canasta del tambor desfrutador.

Figura 9. Tambor desfrutador



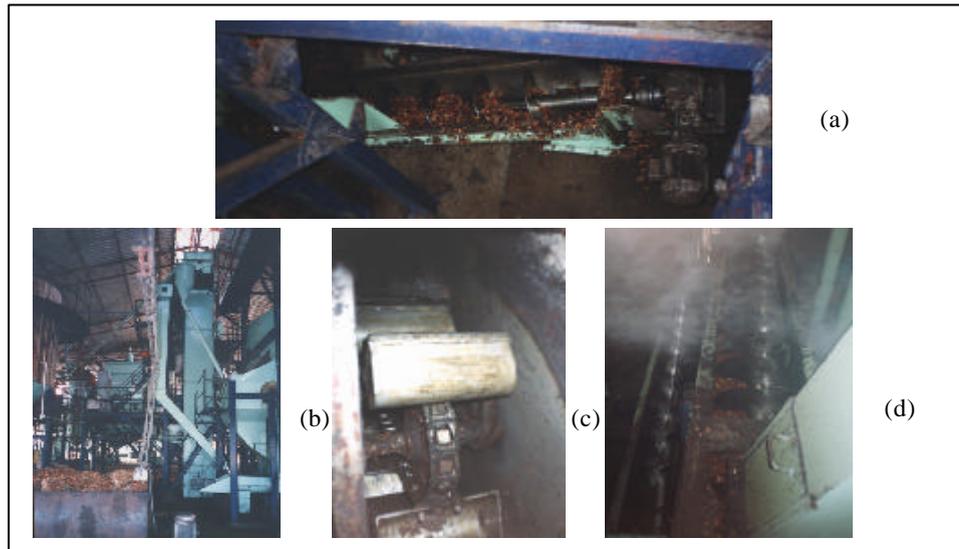
La tusa que no se reprocesa es transportada a través de una banda de transporte que la eleva y la deja caer sobre las volquetas para ser regada posteriormente como abono sobre la plantación de palma; la banda de tusa esta conformada por dos tambores principales y veinte rodillos guía que permiten el seguimiento de la banda; esta conectada a un motorreductor de 1.4 h.p. que eleva las tusas casi diez metros y posee también unos detectores de proximidad para desviación angular en caso de desalineamiento de la banda; el material de la banda es lona para no verse afectada por la característica abrasiva del material de la tusa.

Los frutos recogidos se transportan por un tornillo sinfín a través del desfrutador que conecta a otro tornillo que los eleva aproximadamente un metro (sinfín inclinado); de ahí caen a un elevador de cangilones que descarga sobre un tornillo sinfín a casi 20 metros de altura, este actúa como distribuidor en el proceso de digestión (sinfín distribuidor); cuando este transporte no alcanza a descargar todo su contenido en los digestores este fruto cae a otro tornillo sinfín que retorna a un canal y lo reincorpora al sinfín inclinado reprocesando el fruto (la segunda etapa de transporte); otros equipos esté disponible. En la figura 10. Se presentan los diferentes tornillos sinfines utilizados para transportar el fruto desde el tambor desfrutador y hacer la función de distribución a los digestores así como la recirculación en el momento de espera de los equipos; así como un detalle de los cangilones del elevador que transporta verticalmente al fruto.

El digestor prepara el fruto para el prensado y logra hacer una pequeña pero muy pura extracción a la que se llama aceite virgen. Este equipo digestor es un tanque

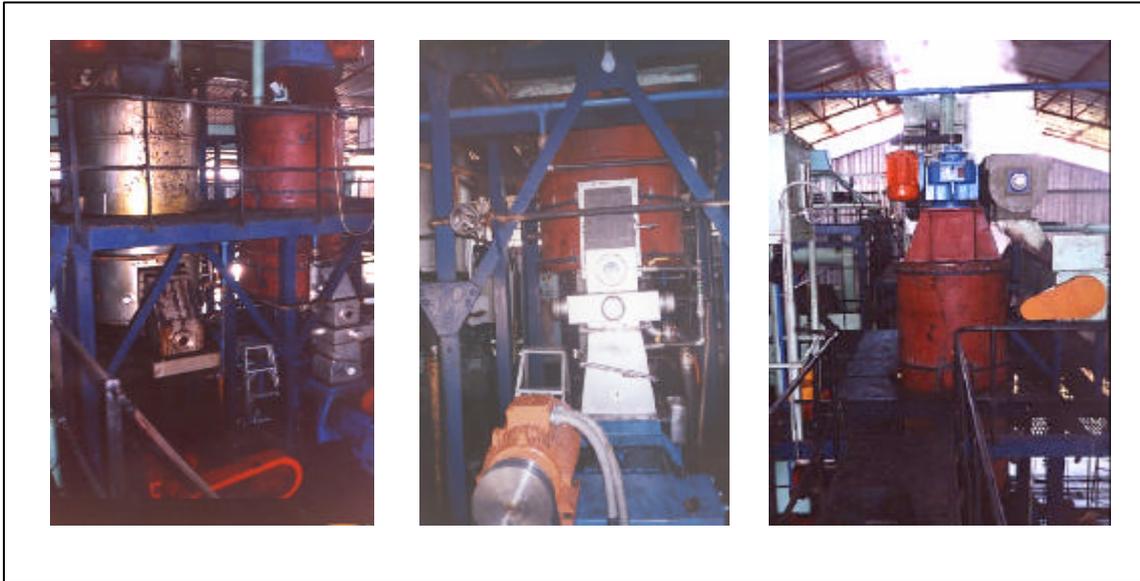
provisto de un eje vertical soportado por un buje inferior de teflón para evitar el desgaste excesivo y las fugas; con transmisión de potencia proveniente de un motorreductor de 18 h.p.

Figura 10. Sistemas de Transporte desde Tambor Desfrutador a Digestores. (a) Sinfín elevado; (b) Elevador de cangilones; (c) Detalle de cangilones; (d) Sinfines de Distribución y Retorno



El eje posee unas paletas que malaxan el fruto, esto es transformarlo en una masa pastosa y de fácil tránsito sobre el cuerpo de las prensas de modo que permita el máximo aprovechamiento y la menor pérdida de aceite a través del contacto directo con vapor y agua caliente que ingresan directamente al tanque y las paletas, que en general cumplen la tarea de revolver, zarandear y ablandar el fruto. Acto posterior el fruto descenderá a la prensa en una mezcla casi espesa, con una cantidad de agua proveniente de la operación realizada por el digestor inyección directa y vapor condensado que se adicionó inicialmente en el digestor; este fruto cruza la zona por medio de un bajante en lámina al que se le denomina pantalón, este canal posee un visor donde puede observarse la mezcla que se dirige al proceso de prensado; y además una porción de agua se adiciona para diluir aun más la mezcla que irá a las prensas, en la figura 11 se muestran varias tomas de los digestores así como del bajante llamado pantalón.

Figura 11. Digestores y Pantalón



Ya dispuesta la composición en la zona de prensado cae a la parte inicial de una prensa de tornillos provista con sendo motorreductor de 25 h.p. la transmisión principal se hace con una caja que contiene un par de engranajes rectos que comunican la potencia a los dos tornillos; que dispuestos sobre una canasta ejercen tres acciones de prensado; la primera donde se ejerce mayor presión y por ende hay mejor aprovechamiento de la extracción entre las hélices encontradas de los tornillos, la segunda zona contra las paredes de la canasta por donde finalmente es extraído el aceite a través de unos orificios que posee todo el cuerpo de la canasta; y por último el contacto entre las puntas de los tornillos y un cono conectado a un sistema hidráulico que atrapan todo el producto que cruza por las hélices; es en esta última zona donde se extrae la torta, una mezcla de fibras y nueces que constituyen la materia prima de la zona de Palmisteria, en la figura 12 se puede observar la disposición de las prensas. Aquí concluye la primera fase de aprovechamiento que se denomina la extracción mecánica.

Figura 12. Prensas doble tornillo



2.2.2.1. PROCESO DE PRENSADO

El fruto de aceite de palma lo produce la planta en forma de racimo, el cual se compone de frutos externos y fruto internos y el raquis, estos frutos se componen de pericarpio, mesocarpio (pulpa y aceite), y endocarpio (nuez), la nuez tiene a su vez en el interior el cuezco y la almendra de la cual se extrae el palmiste.

El beneficio del aceite de palma se hace de esta manera: después de cosechar en los cultivos se transporta hacia la planta, se almacena en tolvas rectangulares y se descarga a vagonetas para su posterior esterilización en autoclaves con vapor saturado, después se pasa a la defrutación en donde tiene lugar la separación del raquis de los frutos esterilizados.

después se transporta por tornillos sin fin y elevadores de cangilones a digestores de paletas donde se ablanda el fruto para su posterior prensado en presas de doble tornillo, allí se separa el aceite de la fibra y nuez (torta), el aceite se transporta hacia el tanque de aceite bruto y después a los clarificadores donde se sedimenta por gravedad, el aceite sobrenadante se pasa al secador y después a los tanques de aceite terminado, el lodo liviano se pasa a las deslodadoras para recuperar el aceite de esa capa intermedia y la del fondo que se forman en los

clarificadores. Este recuperado es secado y almacenado en otros tanques de aceite terminado.

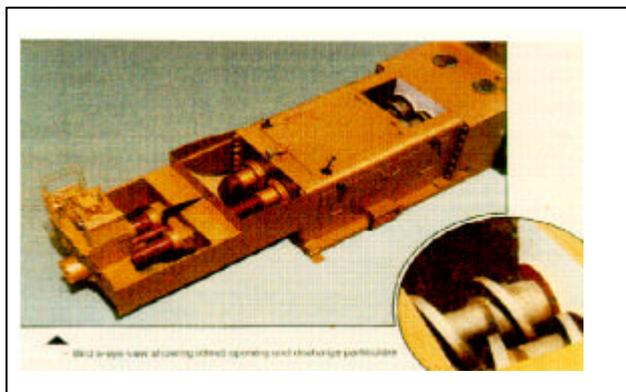
Por otro lado el agua, las impurezas, el lodo pesado de las desladora y los condensados de esterilización son bioremediados por medio de bacterias metanogenas en las lagunas de oxidación

la torta que sale de las prensas se separa por medios de una columna neumática la nuez entera, el cuzco de la nuez y la nuez rota, de la fibra la cual se transporta hacia las calderas para su alimentación como combustible, los demás elementos se transportan por medio de elevadores de cangilones y tornillos sin fin a los silos de almacenamiento los cuales dosifican los molinos de palmisteria los cuales se rupturan la nuez para obtener la almendra, en este proceso se obtiene la torta de palmisteria la cual es nuez rota que será utilizada para alimento de ganados, la nuez entera se almacena y se empaqueta para posterior venta a plantas de extracción del palmiste, el cuzco y material sobrantes separados por hidrociclones se secan y se utilizan como relleno de aglomerantes.

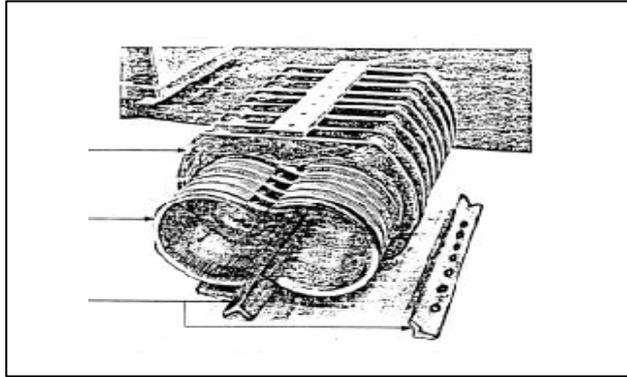
2.2.2.2. PRENSAS

El equipo en el cual se efectúa esta operación de prensado se denomina prensa la cual comúnmente es de tipo tornillo helicoidal y varían según su capacidad al tipo de doble tornillo. Las capacidades varían desde las 3 t/h hasta las 20 t/h. En su configuración las prensas están compuestas por una canasta perforada horizontal de forma cilíndrica y por tornillos del tipo de sinfín (ver figura.)

Grafica 13. Prensa de tornillo sinfín



Grafica 14. Canasta de una prensa de tornillo sinfín



Para el caso de prensas de doble tornillo las cuales abarcan capacidades de más de 6 t/ h, la extracción del aceite ocurre cuando los frutos digeridos son prensados dentro de la canasta por acción de los dos tornillos sinfín de paso regresivo que giran paralelamente en el mismo sentido. La contrapresión la ejerce cada tornillo, el uno contra el otro mutuamente, contra la camisa perforada y contra unas piezas cónicas colocadas en los extremos de la canasta y operadas hidráulicamente.(ver figura)

En algunos casos durante el prensado, se agrega agua caliente, cuya cantidad debe controlarse estrictamente para facilitar la posterior separación del aceite. El agua que se agrega en el prensado debe tener una temperatura entre 90 y 95°C.

La eficiencia de la etapa de prensado se mide según las pérdidas de aceite en las fibras y el contenido de nueces rotas en la torta, las cuales dependen de la presión (ajuste de los conos), la composición del fruto (% de pulpa / % de nueces) y el espesor del cuesco (cáscara que cubre la almendra). Algunas de las relaciones entre estos factores y la pérdida de aceite se describen a continuación:

- A mayor ajuste de los conos se disminuye la pérdida de aceite en fibra pero aumenta la cantidad de nueces rotas.

- En la medida en que la presión sobre la torta prensada aumenta, las nueces tienden a reunirse dentro de la torta y a transmitir a la fibra la fuerza ejercida por el sistema, pero dejando en la masa de fibras espacios libres entre las nueces que no son afectados suficientemente por la presión. Si el contenido de nueces en la torta aumenta a valores superiores, ocurre una disminución en las pérdidas de aceite y un aumento en la proporción de nueces rotas.
- Si el porcentaje de nueces en la torta es menor, las pérdidas de aceite se ven incrementadas, debido a que hay una alta resistencia entre las fibras, lo cual dificulta la transmisión de la presión dentro de la torta. Algunas veces se practica la adición de nueces a la masa de frutos contenida en el digestor, para mejorar la transmisión de la presión dentro de la torta.
- La cantidad de nueces rotas aumenta cuando tienen un espesor de cuesco muy delgado (más frágil).

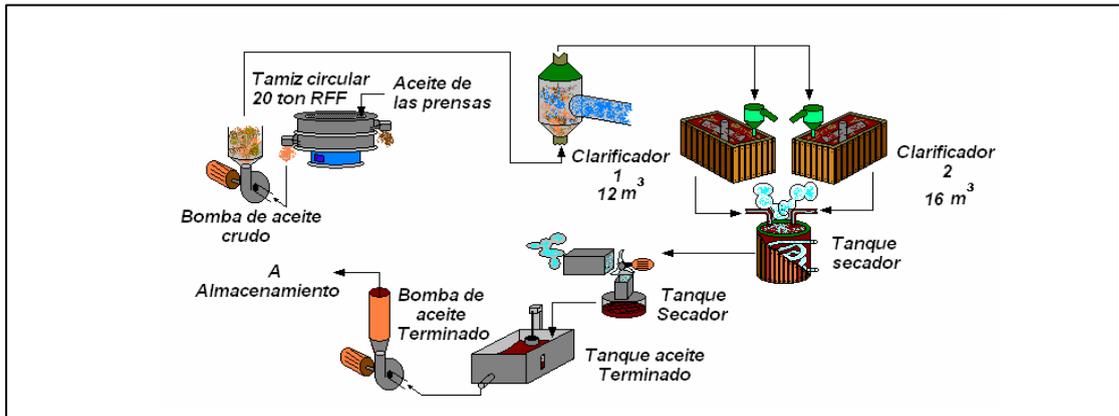
2.2.3 CLARIFICACIÓN.

Prosiguiendo con la fase de clarificación que inicia justo en la salida de las prensas; los productos extraídos de ellas (aceite crudo y torta), recorren caminos diferentes; la torta será la materia prima de la Palmistería y el aceite obtenido por las prensas pasa a una máquina desarenadora, que consiste simplemente de un tanque que recibe el aceite y por gravedad y vertimiento permite la deposición de arenas en el fondo, sin embargo el flujo que posee es continuo y su efectividad no es muy alta, en la figura 15 se muestra el esquema general de la sección de clarificación.

Después este aceite pasa al proceso de tamizado, que se realiza en el tamiz circular un equipo que consiste de un tanque y dos mallas de diferente capacidad de colado, el tanque se mueve por medio de un motor que acciona unos contrapesos generando un movimiento excéntrico y vibratorio a las mallas y en general a todo el equipo, el aceite es filtrado para pasarlo a la zona de

clarificación; todo aquello que no cruza el tamiz es depositado a través de unas salidas laterales por vibración en una carretilla, esta mezcla

Figura 15. Esquema Sección Clarificación



pastosa que es el resultado de esta selección regresa nuevamente al proceso de digestión siendo adicionado por el tornillo sinfín inclinado (para recircular), puesto que esta mezcla esta compuesta por aceite y torta, y debe aprovecharse su contenido de aceite, en la figura 16 se observa una imagen del tamiz circular.

Figura 16. Tamiz Circular



El aceite tamizado sigue y es bombeado a través de la bomba de crudos, hasta la columna precalentadora que es un tubo vertical provisto de unas entradas de vapor directo, aumentando la temperatura del aceite para iniciar el proceso de separación del agua que se añadió en la extracción y para provocar una

separación de sus componentes esenciales como los lodos; la columna sube el aceite que es repartido en un manifold (distribuidor) a los dos clarificadores, los clarificadores son tanques provistos de un agitador con unas paletas que remueven muy lentamente el contenido del tanque y permiten la deposición y decantación de cada uno de los elementos que acarrea el aceite crudo; así pueden entonces distinguirse cuatro elementos esenciales, el aceite portando cierto grado de humedad, los lodos livianos, el agua, y los lodos pesados; estos tres últimos son enviados al tanque de purgas donde se inicia el estudio de la recuperación y será descrito más adelante, en la figura 17 puede observarse uno de los clarificadores.

Figura 17. Clarificador



2.2.3.1. PROCESO DE CLARIFICACIÓN

La clarificación es el proceso mediante el cual se separa y limpia el aceite de la mezcla líquida extraída en las prensas (aceite bruto), la cual contiene aceite, agua, lodos livianos (compuestos por pectinas y gomas) y lodos pesados (compuestos por tierra, arena y otras impurezas). Para lograr dicha separación, se aprovecha la característica de inmiscibilidad entre el agua y el aceite.

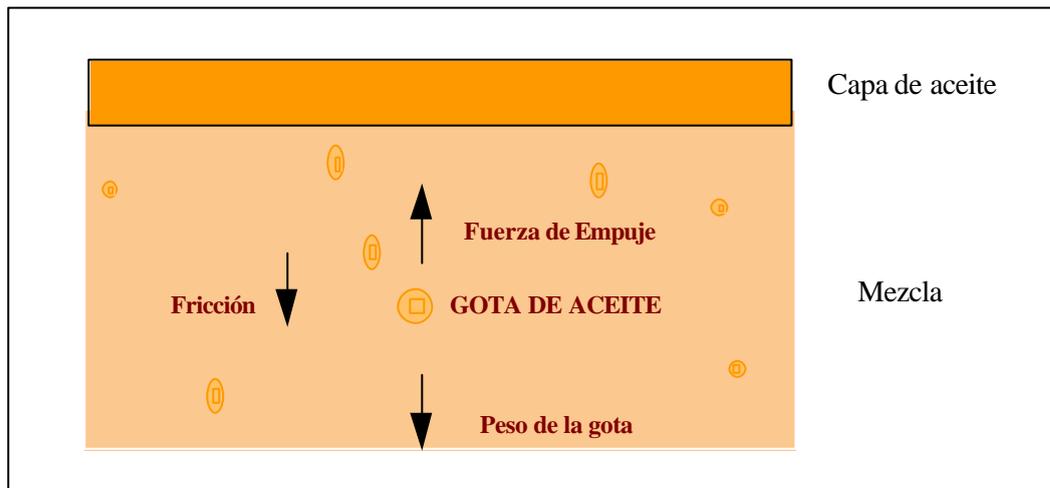
En el proceso de clarificación se aplican 2 principios:

a) Clarificación estática (por decantación): se basa en la separación natural del aceite de sus demás acompañantes en la mezcla de aceite bruto, como son agua, y lodos. La separación se logra por reducción de la viscosidad del medio y la diferencia de densidades.

b) Clarificación dinámica (por centrifugación): es de especial aplicación para líquidos que tienen pequeñas gotas de aceite dispersas en todo el fluido y las cuales se deben obligar a coalescer. Esta situación se presenta en los lodos ex - clarificación donde la fuerza centrífuga permite recuperar gran parte del aceite. En esta etapa se requiere movimiento por fuerza centrífuga para obtener la separación.

2.2.3.2. FUNDAMENTOS DE LA CLARIFICACION ESTATICA

Grafica 18. Balance de fuerzas en suspensión de aceite



Las gotas de aceite se encuentran dispersas en la mezcla que se va a clarificar. Debido a que la densidad del aceite es menor que la del agua, la gota tiende a subir. Existe sin embargo, una fuerza llamada fricción, la cual se define como el esfuerzo de rozamiento que hace la mezcla evitando que la gota suba fácilmente

A medida que la fricción aumenta, la fuerza con que sube la gota disminuye, impidiendo la separación.

La magnitud de la fricción depende principalmente de dos factores que deben tenerse en cuenta para controlar esa fuerza durante la clarificación y lograr una separación rápida y eficiente:

a) La viscosidad: Afectada por: la temperatura la cual influye inversamente en la viscosidad (grado de fluidez), y esta a su vez influye directamente en la fricción así:

Temperatura alta → viscosidad baja → fricción baja → la gota **SUBE**

Temperatura baja → viscosidad alta → fricción alta → la gota **NO SUBE**

La temperatura sólo puede incrementarse hasta unos 95°C para evitar la ebullición del líquido, la cual ocasiona turbulencia impidiendo la separación.

Para obtener una separación estática ideal se debe mantener una temperatura del medio entre 90 y 95°C.

b) La Dilución (cantidad de agua que contiene la mezcla): influye inversamente en la viscosidad, la cual, a su vez influye directamente en la fricción así:

Dilución alta → viscosidad baja → fricción baja → la gota **SUBE**

Dilución baja → viscosidad alta → fricción alta → la gota **NO SUBE**

Sin embargo los lodos livianos tienen una densidad similar a la del aceite y por lo tanto cuando la cantidad de agua es muy alta, estos tienden a subir con el aceite. Para evitar este inconveniente se debe regular la dilución hasta llegar a una determinada concentración de lodos, de modo que no suban con las gotas de aceite.

c) Las fuerzas cortantes: Debido a la naturaleza no newtoniana del aceite crudo de palma, disminuyen su viscosidad al incrementarse la fuerza cortante (líquido tixotrópico).

e) El tamaño de la gota de aceite: la velocidad de ascenso de las gotas de aceite dependen directamente del cuadrado del diámetro de la gota. Experimentalmente se ha encontrado que gotas con diámetros inferiores a 15 *mm* no son separables del aceite bruto.

f) los sólidos secos no aceitosos (SSNA) son un factor a tener en cuenta debido a que su presencia en alta cantidad es producida por una mayor presión de prensado. Esto influye en la velocidad de sedimentación debido a que la concentración de sólidos aumenta la viscosidad, lo cual afecta a una fricción mas alta y la gota de aceite no sube fácilmente, esto se refleja en un velocidad y eficiencia de sedimentación mas bajas.

El proceso de extracción de aceite de palma depende de numerosas variables que en la mayoría de los casos no son directamente manipuladas por el hombre; en muchas ocasiones el responsable es el medio ambiente o el clima, en otros casos el manejo inexperto de la materia prima; puede acarrear graves consecuencias. En la figura 8. Se muestra un diagrama general de todo el proceso y se incluye detalladamente el balance de masas efectuado para la empresa.

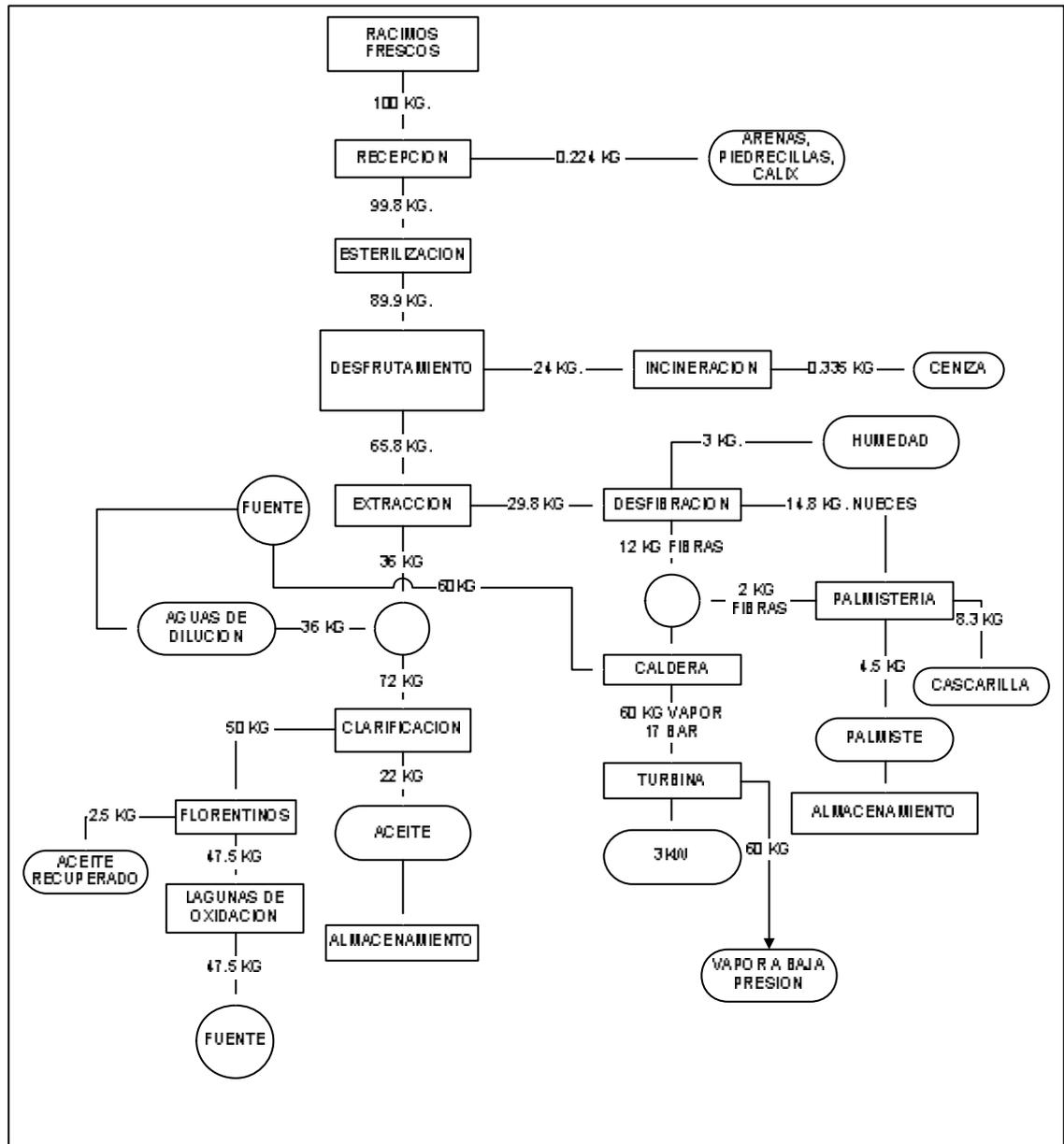
2.2.4. PALMISTERÍA.

El proceso de Palmisteria inicia en la salida de las prensas donde se obtiene la materia prima, la Torta; que es una mezcla de fibra y nueces, este material cae a un transportador de torta, como este transportador se utiliza para mezcla se trata de un eje horizontal con paletas desfasadas 120° es decir tres paletas por paso cuyo oficio es agitar y desmenuzar la mezcla, al mismo tiempo que da el avance, además en todo el recorrido del transportador de torta, existen sobre el canal unas camisas o cámaras con alimentación de vapor, que estando interconectadas y cada una con su respectiva trampa de condensado calientan la torta, para que al

final del recorrido la torta llega prácticamente seca, sin humedad y pueda hacerse fácilmente una separación entre fibra y nuez.

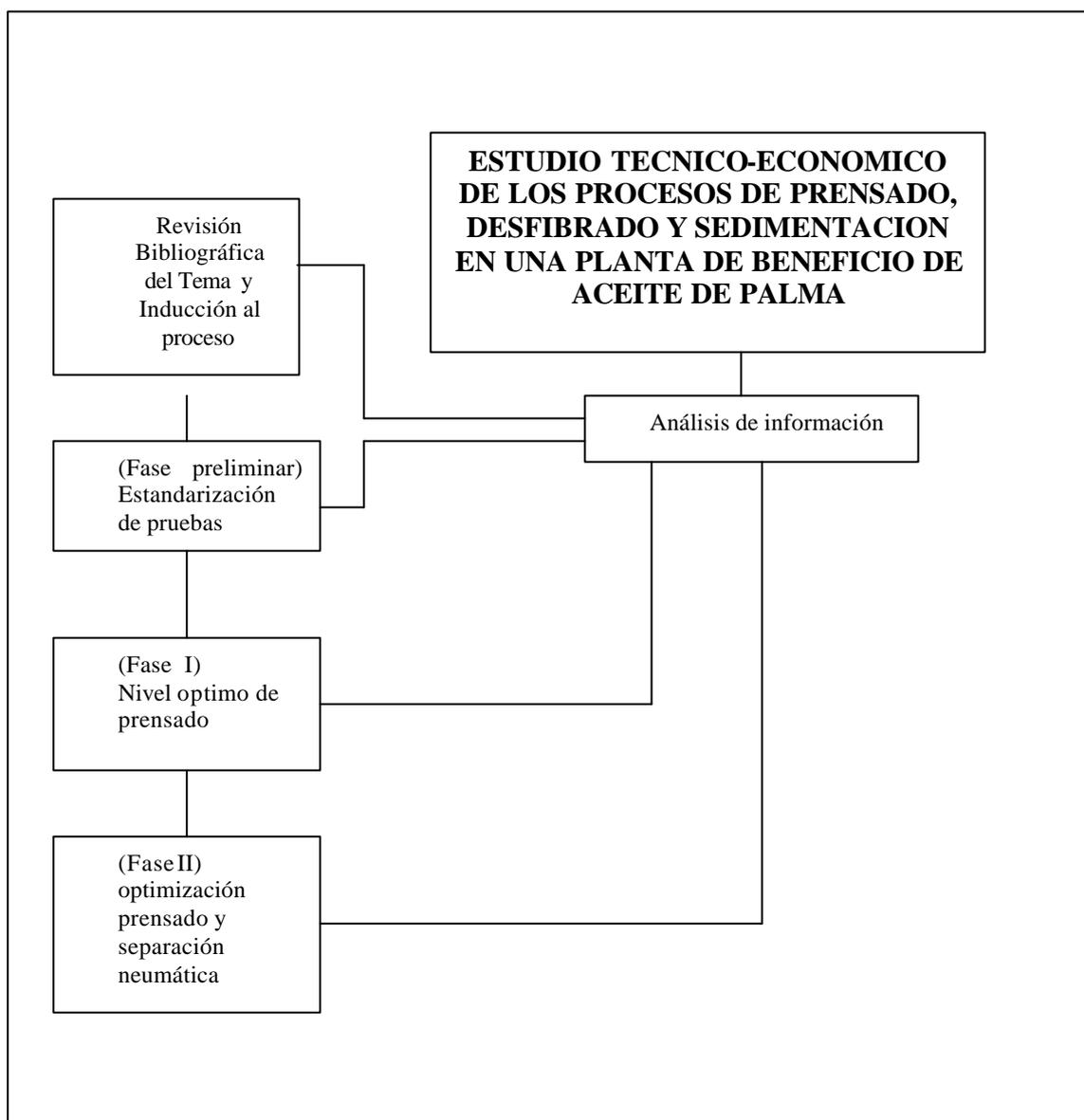
Al final de este transportador la torta cae en un separador de fibras es decir un ducto conectado a un ventilador que aspira la torta, la fibra es separada puesto que su peso específico es menor que el de las nueces y es succionada a un Transportador de fibras que llevará a está como combustible al hogar de alimentación de las calderas.

Figura 19. Diagrama general y balance de masas en AGROINCE LTDA. Y CÍA. S.C.A.



3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Figura 20. Etapas Metodologicas



3.1. CONSIDERACIONES

- Se suspenderá el caudal de agua durante la toma de muestra a realizar

debido a que se necesita que el aceite se considere licor de prensa sin diluir (LPSD)

- Se mantendrá la temperatura constante del aceite durante la sedimentación aproximadamente 85 C.
- Se está utilizando dos viajes o dos cochadas de RFF, cada viaje con un peso mínimo de 9000kg, para que se reparta como mínimo en doce vagonetas cada una con 1350 Kg. Para que el tiempo de procesamiento de estas dos cochadas, aseguren que se esté muestreando el tipo de fruto a analizar, debido a que los digestores son de capacidad del 4050kg, es decir que se llenan como mínimo con seis vagonetas, se llena primero el digestor que va hacia la prensa dos y cuando este está lleno se sigue el fruto hacia el siguiente digestor, para asegurar que el muestreo sea de fruto a analizar, se estima que al voltear la octava vagoneta se asegura esa condición.

3.2. FASE PRELIMINAR (ESTANDARIZACION DE PRUEBAS)

3.2.1. METODOLOGÍA ESPECÍFICA DE MUESTREO

Para realizar cada ensayo, inicialmente:

- se seleccionará y separará en tolva dos viajes de fruto del material a evaluar en condiciones normales de maduración, de manera que sea posible completar un tren de vagonetas a esterilizar.
- Una vez que el fruto haya sido esterilizado normalmente se procederá a establecer cada uno de los niveles de prensado determinados por un periodo de al menos 5 minutos, con los niveles de prensado se realizará un muestreo de torta de prensas cada minuto, durante tres minutos.
- A cada ensayo se realizará 5 repeticiones.

3.2.2. VARIABLES A EVALUAR

Se comprobara el manejo de el control automático de las prensa con diferente niveles de prensado expresados en amperaje de las prensas para **observar la estabilidad del sistema con respecto al control manual** de las prensas por medio de la válvula de escape del gato hidráulico .Con el propósito de verificar el tipo de material procesado en los ensayos, es necesario tomar muestras de mezcla de fruto desfrutado para **MPD** durante el volteo de vagonetas de experimentación para analizar **%aceite/pulpa**, con **%humedad/pulpa** y analizar su composición.(**%frutos normales, %abortos, %basura**) (ver procedimiento en anexos)

Tabla 1. Nivel de prensado (amperios) a evaluar en cada prensa

Prensa	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Nivel	A	B	C	A	B	C
4	55	50	45	55	50	45
3	50	45	40	50	45	40
2	45	40	35	45	40	35
1	40	35	30	40	35	30

A = Fruto lhro adulto. P1 = Prensa 1

B = Fruto Papua adulto. P2 = Prensa 2

C = Fruto Papua Joven.

3.2.3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO PRELIMINAR

Factores = material genético, nivel de prensado, prensa

Niveles = 3 de Material genético, 4 de Nivel de prensado,2 de prensa y 5 repeticiones

Tabla 2. Diseño del experimento preliminar

Factores	Niveles	Elementos
Material genético	3	Irho, Papua, Joven
Nivel de prensado	4	Según tabla 1
prensa	2	
Repeticiones	5	
TOTAL	120	

Teniendo en cuenta que los niveles de prensado se evalúan simultáneamente, se realizarían 40 ensayos en total (que contienen 120 muestras), desarrollando uno diariamente. El tiempo estimado para esta fase es de 40 días de proceso.

3.3. FASE I NIVEL ÓPTIMO DE PRENSADO

3.3.1. METODOLOGÍA ESPECÍFICA DE MUESTREO

Para realizar cada ensayo, inicialmente:

- Se seleccionará y separará en tolva dos viajes de fruto del material a evaluar en condiciones normales de maduración, de manera que sea posible completar un tren de vagonetas a esterilizar.
- Una vez que el fruto haya sido esterilizado normalmente se procederá a establecer cada uno de los niveles de prensado determinados por un periodo de al menos 5 minutos, Con los niveles de prensado se realizará un muestreo de torta de prensas, cada minuto durante tres minutos y de Licor de Prensas Sin Diluir (LPSD) al final de los tres minutos.
- Con el propósito de hacer un análisis de las capacidades con la variación del nivel de prensado y su repercusión en el análisis económico del óptimo se realizara un aforo en cada prensa, durante 20 segundos.

- A cada ensayo se realizará con al menos 5 repeticiones.

3.3.2. Variables a evaluar

Se realizará la determinación del contenido del **%aceite/ssna**, **%Humedad en torta de prensas** y **% de rompimiento de nuez**. También se realizará un histograma del tamaño de las partículas presentes en la mezcla, luego de determinar su composición másica.

La muestra de licor de prensas será sometida al análisis de su composición volumétrica en centrifugación (**%aceite**, **%lodos livianos**, **%agua**, **%lodos pesados**) y a la determinación de **la velocidad y eficiencia de sedimentación** en probetas de 250 ml.

Se tendrá en cuenta el peso del aforo de las prensas la capacidad de cada prensa en torta por hora, mediante un análisis de datos de mpd y análisis de racimo se calculara el **%torta/RFF** y con ello se calculara el **RFF/ Hora** que seria la **capacidad real de cada prensa**

Tabla 3. Nivel de prensado a evaluar en cada prensa

Nivel	P1A	P1B	P1C	P2 A	P2B	P2C
3	500	500	500	300	500	400
2	800	1000	1000	600	800	700
1	1100	1500	1500	900	1100	1000

3.3.3. Diseño del experimento

Factores = Material genético, Nivel de prensado, prensa

NIVELES= 3 de Material genético, 3 de Nivel de prensado, 2 de prensa y 5 repeticiones

Teniendo en cuenta que los niveles de prensado se evalúan simultáneamente, se realizarían 30 ensayos en total, desarrollando uno diariamente. El tiempo estimado para esta fase es de 30 días de proceso.

Tabla 4. Diseño del Experimento fase I

Factores	Niveles	Elementos
Material genético	3	Irho, Papua, joven
Nivel de prensado	3	Según Fase 1
prensa	2	
Repeticiones	5	
Total	90	

3.4 FASE II OPTIMIZACIÓN PRENSADO Y SEPARACIÓN NEUMÁTICA

3.4.1. Metodología específica de muestreo

Una vez analizados los resultados anteriores, se seleccionaran los niveles de prensado más favorables económicamente, para evaluar su incidencia real sobre la separación en la columna de desfibrado. Entonces, se replicaran las condiciones de variedad y edad del fruto a los niveles de prensado seleccionados previamente. Se realizará un muestreo de torta al final del transportador, fibra ciclónica. Se realizaran estos ensayos con un mínimo de 5 repeticiones

3.4.2. Variables a evaluar

se realizará la determinación del contenido de **%nuez entera en torta, almendra adherida en torta,%cuesco en torta %almendra en fibra en el torta**, por otro lado se medirá el **% almendra en fibra en el ciclón, %nuez entera en ciclón,%almendra adherida en ciclón,%cuesco en ciclón** con el fin de encontrar la el porcentaje de perdida del almendra en la columna y así realizar una optimización de esta con el calculo de los flujos masicos en el transportador de torta y en la columna neumática.

3.4.3. Diseño del experimento

Factores = material genético, Nivel de prensado, prensa

NIVELES = 3 de Material genético, 1 de Nivel de prensado, 1 de prensa combinada y 5 repeticiones

Tabla 5. Diseño del experimento fase II

Factores	Niveles	Elementos
Material genético	3	Irho, Papúa, joven
Nivel de prensado	1	
prensa	1	Combinación P1 y P2
Repeticiones	5	
TOTAL	15	

Los muestreos se realizarían en 15 días de proceso.

El tiempo total estimado para muestreos en el proyecto es de 75 días de proceso.

3.5. PROCEDIMIENTO DEL LABORATORIO Y TOMA DE MUESTRAS EN LA PLANTA

3.5.1. ANALISIS SOXHLET

La torta expelida por las prensas esta compuesta principalmente de fibras, nueces, aceite y agua.

Hasta la fecha no se ha desarrollado un sistema de extracción que produzca una torta sin contenido de aceite; este preferentemente queda impregnando las fibras. Por lo tanto la evaluación del aceite en fibras es un indicativo de la buena marcha de la extracción y también de la eficiencia global de la planta.

GENERALIDADES

- Conservar el recipiente en el cual se depositan las muestras tomadas: limpio, seco y bien tapado.
- Es muy importante mantener la frecuencia de muestreo establecida para este análisis, que es necesario en el control del proceso
- Identificar adecuadamente los balones o los matraces y las cápsulas utilizadas en el proceso de extracción para evitar confusiones.
- Al pesar en la balanza las cápsulas, matraces, crisoles y otros equipos, estos deben encontrarse limpios, secos y a temperatura ambiente, ya que pesar equipos calientes trae grandes errores en los cálculos.
- Si se tiene más de una prensa se debe realizar este análisis para cada una de ellas.

MATERIALES Y REACTIVOS

- Dedales para extracción.
- Cápsula de porcelana
- Desecadores con silica gel.
- Horno microondas para secamiento
- Balón de 500 ml, de fondo plano
- Papel filtro
- Espátula
- Extractor soxhlet, volumen nominal 100ml.
- Refrigerador de bolas según Allihn.
- Mangueras de látex.

- Pinzas para balón aforado.
- Soporte universal
- Estufa eléctrica
- Balanza analítica con exactitud al miligramo
- Papel filtro o servilletas
- hexano
- agua
- luz eléctrica

PROCEDIMIENTO

- Una muestra de aproximadamente 1000 g. debe ser tomada de tres puntos de la descarga de fibras de las prensas, dos laterales y una superior, para garantizar una muestra representativa
- Esta muestra debe depositarse en un recipiente limpio y seco destinado para tal fin, el cual deber siempre estar tapado para evitar perdidas de humedad.
- Se debe cuartear el total de la muestra obtenida y pesar aproximadamente 10g de solo fibra de la muestra tomada de las prensas (W_m) y que ha sido almacenada en bolsas plásticas impermeables
- Secar las muestras en un horno de microondas, graduado a potencia máxima durante 2,5 min.
- el secado termina cuando no haya cambio en el peso perdido.
- Formar un dedal para extracción con las fibras y con papel filtro, machacando con espátula, con cuidado de no llegar a perder muestra
- Aforar 250ml de hexano en un balón de 500ml previamente pesado

- Colocar en un cuerpo de soxhlet el dedal de extracción con la muestra y se monta en el balón con su respectivo condensador.
- Encender la estufa eléctrica en término medio.
- ubicar el arreglo con un soporte universal sobre la estufa
- se abre la llave del agua que pasa por el condensador para permitir que el hexano sea recuperado.
- Mantener encendida la estufa para lograr que el aceite se recupere de la fibra, gracias al hexano
- Si no se dispone de tiempo en el laboratorio se deja en remojo en hexano, el dedal de extracción con la muestra para que se facilite, después la extracción del aceite.
- Cuando se observe el hexano que esta en contacto con el cartucho trasparenten la columna de extracción y el que esta en el balón intensamente amarillo
- Recuperar el hexano desmontando el arreglo y vertiendo el hexano a su lugar de almacenamiento.
- y sacando el cartucho
- volver a montar el arreglo sobre la estufa eléctrica y se sigue el proceso hasta que se evapore totalmente el hexano
- Desmontar el arreglo y se deja secar el balón durante 5 min.
- Pesar el balón
- Hallar la diferencia entre el peso del balón actual con aceite (W_{B+AC}) y el del balón vacío originalmente (W_B), que corresponde al aceite recuperado (W_{AC})

$$W_{AC} = W_{B+AC} - W_B$$

- Hallar el peso de sólido seco no aceitoso (SSNA), que corresponde al

peso de muestra húmeda inicial (W_m) menos el peso de la humedad perdida (W_{H_2O}), menos el peso de aceite recuperado (W_{AC}).

$$W_{SSNA} = W_m - W_{H_2O} - W_{AC}$$

- Hallar %AC/ SSNA

$$\% AC / SSNA = \frac{W_{AC}}{W_{SSNA}} * 100$$

- Hallar %SSNA/TORTA

$$\% SSNA / TORTA = \frac{W_{SSNA}}{W_m} * 100$$

3.5.2. ANALISIS CENTRIFUGACION

GENERALIDADES

- Antes de llenar los tubos de ensayo, agitar fuertemente los frascos de las muestras. Identificar plena y claramente cada uno de los tubos de ensayo para evitar errores.
- Conservar los tubos completamente limpios y secos para evitar interferencias en la centrifugación
- La lectura de las interfases se debe hacer de inmediato para evitar la solidificación de la muestra lo cual altera la lectura de las interfases.

MATERIALES Y REACTIVOS

- Tubos para centrifuga de 15ml
- Centrifuga de cabezal flotante.
- pinzas para tubo

PROCEDIMIENTO

- tomar tubo para centrifuga de 15ml de capacidad.

- Muestrear aforando la muestra a 10ml en el tubo de toma muestras de en la parte inferior de las prensas
- Se almacena en el horno eléctrico
- Se centrifuga a 4000 rpm durante 5 min
- se lee el nivel de la capas de fluido (interfases) en los tubos de arriba hacia abajo: aceite (AC); lodo livianos (LV); agua (AG); lodos pesados (LP), observando su porcentaje del total de la muestra.

$$\% AC + \% LV + \% AG + \% LP = 100\%$$

$$\% FASE = \frac{VOL. - C / U - FASE}{VOLUMEN - TOTAL} * 100$$

3.5.3. ANALISIS DE RUPTURA Y NUEZ ENTERA (TAMIZADO)

GENERALIDADES

- Para una mejor comprensión del análisis a realizar, tener claro el concepto de nuez entera, nuez rota, almendra adherida a la cascara, almendra entera, almendra rota y cáscara (cuesco). A continuación se aclaran estas definiciones:
- Nuez Entera: Es aquella que conserva su cáscara en perfectas condiciones y no presenta rompimientos de ninguna especie.
- Nuez rota o Quebrada: Es aquella que sufrió rompimiento y separación de su cáscara.
- Almendra Entera: Es aquella que por efecto de la presión, se separo de la totalidad de la cáscara, y adicionalmente sufrió pérdidas o rompimiento de ella misma.

- Cáscara (Cuesco): Son partes que se desprendieron de las almendras y que se puede encontrar en grandes o pequeños trozos, y que no se presentan almendras adheridas.

MATERIALES Y REACTIVOS

- balde para muestras
- bandeja de aluminio
- balanza o granera de capacidad de 2500g.
- martillo
- tamices en forma de cilindros de diámetro 20 cm. y largo 30 cm., elaborados con las diferentes mallas. De seis tamaños (6 mallas de tamaños: malla 1 de ½ pulgadas, malla 2 de 3*3, malla 3 de 4*4, malla 4 de 6*6, malla 5 de 8*8, y malla 6 de 12*12 Calibres comerciales).

PROCEDIMIENTO

- cuartear muestra de fibra, tomada en las prensas y que fue almacenada en bolsas plásticas impermeables.
- pesar 200 gr. de muestra(torta)
- separar la fibra de la nuez entera y la nuez partida grande y también del particulado mas pequeño
- hacer pasar por los dos primeros tamices la parte de nuez entera y la nuez partida grande, después se pasa lo no retenido por los demás tamices
- pesar cada una de estas porciones retenidas
- calcular: %nuez/torta en cada malla, a partir del peso de la nuez entera

(W_{NE}) y del peso de la muestra que es representativo del peso de la torta (W_m)

$$\% \text{nuez/torta} = \frac{W_{NE}}{W_m} * 100$$

- Calcular %nuez/nuez en cada malla, a partir del peso de la nuez entera (W_{NE}) y del peso de la nuez partida en cada malla (W_p)

Nuez entera/(nuez +nuez partida)

$$\% \text{nuez/nuez} = \frac{W_{NE}}{W_{NE} + W_p} * 100$$

- Calcular %rotura en torta, a partir del peso de la nuez partida en cada malla (W_p) y del peso de la muestra que es representativo del peso de la torta (W_m)

$$\% \text{rotura en torta} = \frac{W_p}{W_m} * 100$$

- Calcular %rotura en nuez, a partir del peso de la nuez partida en cada malla (W_p) del peso de la nuez entera (W_{NE})

$$\% \text{rotura en nuez} = \frac{W_p}{W_{NE} + W_p} * 100$$

- se hace con los retenidos de la seis mallas.

3.5.4. ANALISIS DE SEDIMENTACION

GENERALIDADES

- Por tratarse de muestras liquidas, es muy importante que los recipientes utilizados al iniciar el muestreo estén completamente secos.

- Recordar siempre que el aceite tiende a separarse en los recipientes donde se almacena, por lo tanto se recomienda agitar vigorosamente antes de extraer las muestras de los recipientes.

MATERIALES Y REACTIVOS

- Balde toma muestra
- probeta de 250ml
- 2 vasos de precipitado de 500ml
- estufa eléctrica o horno eléctrico
- soporte universal
- termómetro de bulbo
- cronometro
- guantes de seguridad

PROCEDIMIENTO

- Por otra parte las lecturas de aceite y temperatura del fluido deben hacerse directamente con la probeta en el horno eléctrico.
- Las muestras para centrifugado se deben tomar directamente en los tubos y deben colocarse en el horno por unos minutos, antes de centrifugarlas.
- la toma de un volumen de aceite bruto de aproximadamente 1000 ml en un tarro plástico, en donde no se toma en cuenta la sedimentación previa pues posteriormente se hace un mezclado suave y un calentamiento. Parte de la muestra (250 ml) se lleva caliente y de la manera más homogénea se coloca en la probeta.
- Para la toma de muestras de aceite crudo es necesario tomar lo más cercano a 250 ml la muestra de aceite crudo pues Como no se agita en el calentamiento habrá sedimento que podría quedar en el beaker de tener un

volumen mayor. Toda la muestra deberá pasarse a la probeta.

- calentar la muestra en el vaso de precipitado hasta ebullición
- mezclar con el balde toma muestra para homogenizar
- traspasar a la probeta y se lleva al horno eléctrico o al baño María
- hacer lectura del tiempo con el cronometro y de la temperatura con el termómetro de bulbo, cada vez que descienda el nivel de sedimentación del aceite en dos ml.
- construir la curva de sedimentación, colocando los mililitros en el eje y, y ubicando el tiempo transcurrido en el eje x.
- calcular la velocidad de sedimentación
- calcular el nivel de aceite recuperado y expresarlo en porcentaje sobre el nivel total del fluido y compararlo con el porcentaje de aceite que se en la centrifugación de tal manera que se obtenga la eficiencia de sedimentación.

3.5.5. ANALISIS DE MASA QUE PASA AL DIGESTOR (MPD)

GENERALIDADES

- se debe tomar esta muestra en un punto de muestreo antes del digestor y después de la defrutacion.
- Tomar la muestra durante el volteo de las vagonetas en el puente grúa, asegurándose que se tenga el fruto a analizar.
- Se debe cuartear cuidadosamente para asegura una muestra representativa del masa que pasa al digestor.

MATERIALES Y REACTIVOS

- pala
- costal para tomar muestra en tornillo sin fin

- Balde de toma de muestra
- Bandeja de aluminio
- Balanza de pesas
- Cuchillo
- Cápsula de porcelana
- Horno eléctrico o microondas
- Balanza analítica

PROCEDIMIENTO

- Tomar la muestra de fruto esterilizado a la salida del defrutador
- Llevar al recipiente de toma muestra.
- cuartear debidamente y llevar al balde 1200gr de muestra.
- Separar los frutos normales de la basura y los frutos partenocarpicos.
- pesar fruto normales, frutos partenocarpicos y basura
- tomar del fruto normal 200gr, despulparlo con cuidado desfibrando completamente la nuez que esta dentro del fruto, de tal manera que queden bien limpias de fibra y aceite.
- pesar las nueces limpias y calcular por diferencia el peso de la pulpa
- pesar una cápsula de porcelana con papel filtro.
- pesar en cápsula 10 gr. de pulpa debidamente desfibrada
- secar en horno microondas 2min en potencia 4
- mantener por una hora mas secando en un horno eléctrico a 105⁰C
- pesar la cápsula con la muestra seca
- calcular %H₂O/pulpa

- calcular %AC/pulpa a partir de %H2O/pulpa

$$\%AC/pulpa = 0,78 - 0,743 * \%H2O/pulpa$$

3.5.6. LOGISTICA DE MUESTREO DE FIBRAS Y DE ACEITE CRUDO.

La logística de muestreo que se hizo de la siguiente manera:

- Tomar aproximadamente 1000 ml de aceite crudo en un tarro plástico y tres muestra en tubo de ensayo de 10ml. Hasta tener las 3 muestras en los 3 tarros, venir al laboratorio.
- Llevar al laboratorio y centrifugar las muestras de tubos de ensayo, enseguida llevar el tarro plástico a la estufa, calentando la mezcla hasta los 95 °C aproximadamente con la temperatura de la estufa a 130 °C. (mientras se este haciendo la primer y segunda muestra, Los demás tarros pueden quedar en el horno eléctrico para mantener su temperatura constante)
- Retirar de la estufa la mezcla y trasvasar 3 veces usando el tarro plástico inicial.
- Adicionar inmediatamente a la probeta de vidrio 250 ml de la mezcla e introducir el termómetro.
- Colocar la probeta en el horno eléctrico el cual debe estar a una temperatura de 115 °C aproximadamente.

Iniciar lecturas de volumen de aceite, temperatura y tiempo.

3.6. SISTEMA HIDRAULICO PRENSA DE EXTRACCION

3.6.1. DESCRIPCION CENTRAL, FUNCIONAMIENTO Y REGULACIÓN

3.6.1.1. DESCRIPCION

La unidad hidráulica consta de un tanque de 40 litros de capacidad, el sistema de bombeo, y las válvulas de control. El tanque tiene visor de nivel, tapa de llenado, filtro de succión, de retorno; El sistema de bombeo tiene la bomba, el motor eléctrico, el grupo de válvulas de control se compones de la válvula de alivio-descarga, el mando direccional y la válvula de alivio.

3.6.1.2. REGULACION

El sistema tiene básicamente dos regulaciones, la primera es la presión de trabajo, que se obtiene con el tornillo de ajuste de la válvula de alivio-descarga y mirando simultáneamente en el manómetro para tal fin. La segunda que es de la máxima presión que se obtiene en el tornillo de regulación de la válvula de alivio. Siempre debe estar el ajuste de presión de la segunda por encima de la primera con un valor no mayor a 100 psi, por ejemplo si la presión de trabajo debe ser de 600 psi y la de alivio de 700 psi máximo. Si queda al contrario, el sistema se calienta.

3.6.1.3. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE

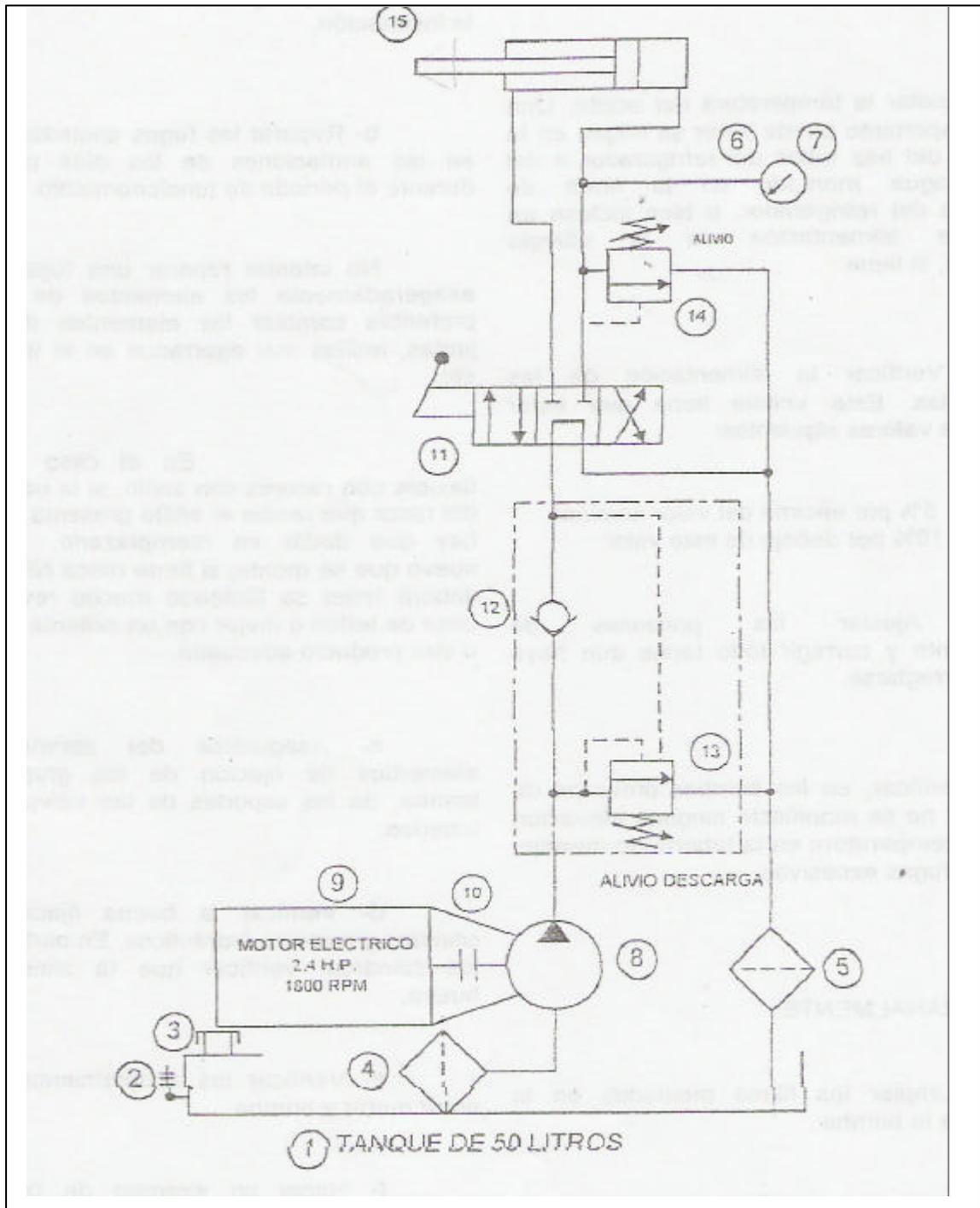
Cuando se prende el motor eléctrico, estando la palanca de mando direccional en neutro, el aceite circula sin levantar presión hacia al tanque, al mover la palanca en uno de los dos sentidos, se debe producir un movimiento del cilindro hidráulico sin presión hasta que encuentre la resistencia. Una vez suceda esto, la presión se debe subir al valor que esta prefijado en la válvula de alivio-descarga; Si este valor no es el que se desea, se debe proceder a reajustar hasta el valor adecuado, teniendo en cuenta que la válvula de alivio se debe tarar por encima de esta. Si la presión esta adecuadamente regulada, la presión en el manómetro debe marcar el valor requerido y cuando la carga trate de correr el cilindro hacia atrás la presión debe subir ligeramente por la regulación de la válvula de alivio.

Cuando se desee devolver el pistón, se debe mover la palanca en sentido opuesto y una vez llegue al fin de carrera, se debe retornar para que quede en neutral.

Tabla 6. Lista de componentes del sistema hidráulico

ITEM	CANT	DESCRIPCION	REFERENCIA
1	1	TANQUE DE 50Lts.	T-50
2	1	VISOR DE NIVEL Y TERMOMETRO	VNT-100
3	1	FLITRO DE AIRE-TAPA DE LLENADO	FA-200
4	1	FILTRO DE SUCCION	FS-800
5	1	FILTRO DE RETORNO	12AT10CN15BBL I
6	1	VALVULA AISLADORA DE MANOMETRO	PN400S
	1	MANOMETRO CON GLICERINA	MG-2000
8	1	BOMBA DE ENGRANAJES	HPI101
9	1	MOTOR ELECTRICO SIEMENS DE 2.4 HP @1800 RPM	
10	1	ACOPLE DE MOTOR-BOMBA	CAMP-ACOP
11	1	VALVULA DIRECCIONAL 4/3	
12	1	VALVULA DE RETENCION PILOTADA	VDA20
13	1	VALVULA DE DESCARGA	
14	1	VALVULA DE ALIVIO	RA101S30-8P
15	1	CILINDRO HIDRÁULICO 4''x 1 3/4'' x 30cm	

Figura 21.plano del sistema hidráulico



DATOS TECNICOS

CAUDAL: 0.6gal/MIN; **PRESION MAXIMA:** 140 BAR. (2000 psi.)
VELOCIDAD DE SALIDA: 4.7MM/seg.; **VELOCIDAD DE ENTRADA:** 5.8MM/seg.
POTENCIA INSTALADA: 2.4 H.P. @1800 RPM; **FUERZA DE SALIDA MAXIMA:** 1400 KILOS

Tabla 7.Descripción de la bomba de engranajes

MODEL	DESPLAZAMIENTO		PRESION bar		RANGO	DIMENSIONES MM		PESO
	Cm ³ /REV.	In ³ /REV.	STD	MAX	RPM	A	B	KG
101-1S	1.2	0.07	210	25	600- 4000	86.5	41	1.03
101-1E	1.2	0.07	210	250	600- 4000	85	39.5	1.01

4. RESULTADOS Y ANALISIS

Se realizo el análisis estadístico de la información observando la normalidad de los datos con el test de wilk-shapiro rankit plot, con un análisis de varianza posterior para aquellos que con normalidad estadística sea satisfactoria posteriormente se compararon sus medias estadísticas mediante el método de polinomios ortogonales encontrando así, el modelo que más se ajusto dentro del rango de significancia establecida, se tomo un nivel de significancia del 95% en ambos casos, para identificar el óptimo de operación en la prensas de extracción de fruto de palma de aceite.

A partir de establecer un comportamiento de las variables de las prensas. Se genero un modelo matemático que involucro las pérdidas de aceite y almendra en fibras, la capacidad de procesamiento y los costos fijos del proceso, para establecer las condiciones óptimas de operación para cada una de las condiciones establecidas en base a los precios del aceite y la almendra en el mercado.

Se realizaron los siguientes análisis:

- 1) Análisis prensa 1 por presión con diferentes materiales;
- 2) Análisis prensa 2 por presión con diferentes materiales

Se analizó la información desde cuatro frentes debido a que se asociaron las variables para sacar mayor provecho del experimento.

I. **Pérdidas de aceite:** que es el porcentaje de aceite sobre sólidos secos no aceitosos ($\%Ac/ssna$), los sólidos secos no aceitoso sobre torta ($\%ssna/torta$) y el porcentaje de fibra sobre torta ($\%fibra/torta$).

II. **Pérdida de almendra:** Que es El porcentaje de almendra sobre torta ($\%almendra/torta$) y el porcentaje de Rotura sobre torta ($\%Rotura/torta$)

III. **Comportamiento de la**

capacidad ,debida al material en las prensas: que es el numero de toneladas por hora que se procesan en cada prensa,variando elmaterial y el nivel de prensado.

IV. **Variables de Sedimentación:** que es la velocidad y el porcentaje de eficiencia de sedimentación del aceite bruto que sale de las prensas

ASIGNACIÓN DE NOMENCLATURA

1= Ihro adulta ; 2= Papua adulta; 3= Papua joven

C= Modelo ortogonal cuadrático

L= Modelo ortogonal lineal

4.1. ANALISIS PRENSA 1 POR PRE SION CON DIFERENTES MATERIALES

4.1.1. PERDIDAS DE ACEITE

4.1.1.1. IHRO ADULTA(A)

Tabla 8. Resultados estadísticos de perdidas de aceite en fibras para el material ihro adulta en la prensa 1 variando la presión

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%Ac/ssna	0.1390	C	0.9873
%ssna/torta	0.9814	C	0.6554
%fibra/torta	0.1562	C	0.6098

Ecuación del modelo ortogonal

$$\%AC/SSNA = 1E-07 * P^2 - 0,0025 * P + 8,0711$$

$$R2 = 1$$

$$\%SSNA/TORTA = 9E-06 * P^2 - 0,0157 * P + 12,329$$

$$R2 = 1$$

$$\%FIBRA/RFF = \%FIBRA/TORTA * 0,26$$

$$\%FIBRA/RFF = -3E-06 * P^2 + 0,010 * P + 6,6667$$

$$R2 = 1$$

Tabla 9. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material ihero adulta en la prensa 1 variando la presión

presión	Grupo Estad.	%Ac/ssna	Grupo Estad.	%ssna/torta	Grupo Estad.	%Fibra/torta
500	A	6,87	B	63,04	A	53,18
800	A	6,16	AB	65,73	A	49,64
1100	A	5,49	A	69,95	A	53,69

4.1.1.2. PAPUA ADULTA (B)

Tabla 10. Resultados estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material papua adulta en la prensa 1 variando la presión

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%Ac/ssna	0.8905	C	0.8470
%ssna/torta	0.5828	C	0.9648
%fibra/torta	0.4714	C	0.9223

Ecuación del modelo ortogonal

$$\%AC/SSNA = -6E-07 * P^2 + 0,001 * P + 5,7$$

$$R^2 = 1$$

$$\%SSNA/TORTA = 3E-07 * P^2 + 0,0041 * P + 60,96$$

$$R^2 = 1$$

$$\%FIBRA/RFF = \%FIBRA/TORTA * 0,27$$

$$\%FIBRA/RFF = 2E-19 * P^2 + 0,0044 * P + 9$$

$$R^2 = 1$$

Tabla 11. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material papua adulta en la prensa 1 variando la presión

presión	Grupo Estad.	%Ac/ssna	Grupo Estad.	%ssna/torta	Grupo Estad.	%Fibra/torta
500	A	6,00	B	63,08	B	40,94
1000	A	6,04	AB	65,34	AB	48,61
1500	A	5,70	A	67,72	A	57,05

4.1.1.3. FRUTO JOVEN(C)

Tabla 12. Resultados estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material papua joven en la prensa 1 variando la presión

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%Ac/ssna	0.0156	C	0.8856
%ssna/torta	0.8425	C	0.7201
%fibra/torta	0.9044	C	0.5907

Ecuación del modelo ortogonal

$$ACSSNA = 5E-07 * P^2 - 0,001 * P + 7,12$$

$$R2 = 1$$

$$SSNAM = -2E-06 * P^2 + 0,0084 * P + 58,1$$

$$R2 = 1$$

$$FIBRA/RFF = FIBRA/TORTA * 0,25$$

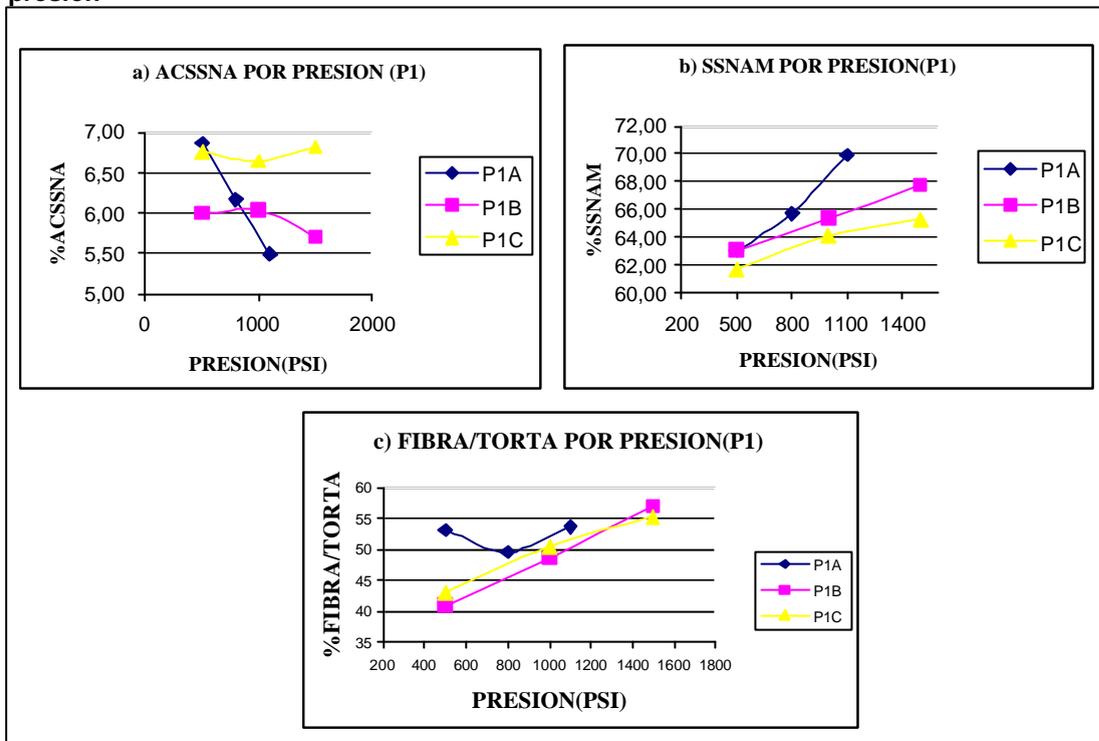
$$FIBRA/RFF = -4E-07 * P^2 + 0,0038 * P + 9,2$$

$$R2 = 1$$

Tabla 13. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material papua joven en la prensa 1 variando la presión

presión	Grupo Estad.	%Ac/ssna	Grupo Estad.	%ssna/torta	Grupo Estad.	%Fibra/torta
500	A	6,76	A	61,70	B	43,07
1000	A	6,64	A	64,11	A	50,52
1500	A	6,82	A	65,29	A	55,36

Gráficos 23. a) %Aceite sobre sólidos secos no aceitosos b) % sólidos secos no aceitosos c) %fibra sobre torta por prensa, para la prensa 1 con diferentes materiales, variando la presión



Observaciones

- En general para materiales a medida que aumenta la presión disminuye la pérdida de aceite, debido a que aumenta la composición de sólidos secos no aceitosos y el porcentaje de fibra sobre torta
- Se observa un una disminución marcada de las pérdida de aceite para material ihro adulta a medida que aumenta la presión
- para Papua adulta se observa una disminución leve de las pérdida aceite a medida que aumenta la presión
- para fruto joven no se observa un cambio en la pérdida de aceite a medida que aumenta la presión

- se observa que para presiones altas se marca una gran diferencia en las pérdidas de aceite para diferentes materiales dando en su orden mayor a menor en pérdida de aceite, el material joven, el material a Papua adulta y el material ihro adulta
- Se verifica la normalidad para los datos ihro adulta y se observan diferencias en ssnam
- Se verifica la normalidad en los datos para el material papua adulta y se observan diferencias estadísticas para ssnam y fibtor
- Se verifica normalidad para las variables ssnam y fibtor de los datos del material joven y se observan diferencias estadísticas para fibtor.

4.1.2. PÉRDIDA DE ALMENDRA

4.1.2.1. IHRO ADULTA(A)

Tabla 14. Resultados estadísticos de pérdidas de almendra para el material ihro adulto en la prensa 1 variando la presión

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%almendra/torta	0.0857	C	0.9395
%Rotura/torta	0.1201	C	0.9619

Ecuación del modelo ortogonal

$$\%Almendra/torta = -1E-06 * P^2 + 0,0051 * P + 2,3378$$

$$R^2 = 1$$

Tabla 15. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de almendra para el material ihro adulto en la prensa 1 variando la presión

presión	Grupo Estadístico	%almendra/torta	Grupo Estadístico	%rotura/nuez
500	A	4,58	A	16,48
800	A	5,60	A	28,58
1100	A	6,43	A	28,89

4.1.2.2. PAPIA ADULTA (B)

Tabla 16. Resultados estadísticos de pérdidas de almendra para el material Papua adulto en la prensa 1 variando la presión

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%almendra/torta	0.0719	C	0.9166
%Rotura/torta	0.2282	C	0.9213

Ecuación del modelo ortogonal

$$\%Almendra/torta = 5E-07 * P^2 + 0,0049 * P + 1,66$$

$$R^2 = 1$$

Tabla 17. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de almendra para el material Papua adulto en la prensa 1 variando la presión

presión	Grupo Estadístico	%almendra/torta	Grupo Estadístico	%rotura/nuez
500	B	4,22	A	26,41
1000	AB	7,05	A	29,14
1500	A	10,14	A	31,52

4.1.2.3. FRUTO JOVEN(C)

Tabla 18. Resultados estadísticos de pérdidas de almendra para el material Papua adulto en la prensa 1 variando la presión

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%almendra/torta	0.1298	C	0.9295
%Rotura/torta	0.6351	C	0.7540

Ecuación del modelo ortogonal

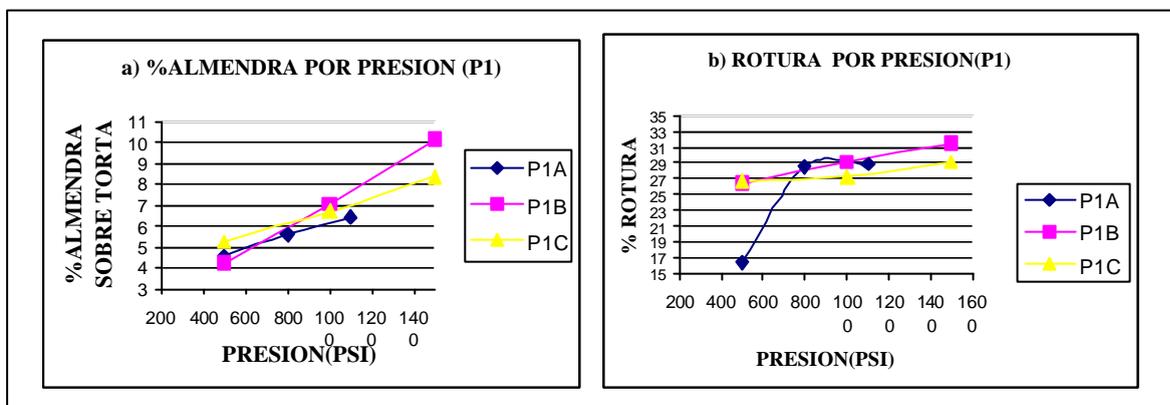
$$\%Almendra/torta = 5E-07 * P^2 + 0,0022 * P + 4,08$$

$$R^2 = 1$$

Tabla 19. Promedios de las variables y grupos estadísticos de perdidas de almendra para el material Papua adulto en la prensa 1 variando la presión

presión	Grupo Estadístico	%almendra/torta	Grupo Estadístico	%rotura/nuez
500	A	5,26	A	26,67
1000	A	6,70	A	27,29
1500	A	8,37	A	29,14

Gráficos 24. a) % almendra retenida en malla 3 b) % rotura sobre torta. En la prensa 1 con diferentes materiales variando la presión.



Observaciones

- se observa que en general a medida que aumenta la presión para todos materiales aumenta la cantidad de almendra debido a que aumenta la rotura
- para presiones altas se observa una diferencia marcada entre materiales en la producción de almendra dando su orden de mayor a menor el material papua adulta, el material joven y el material ihro adulta
- Se verifica la normalidad en los datos de toso los materiales y se encuentra diferencias estadísticas para almendra en el material papua adulta

4.1.3. COMPORTAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEBIDA AL MATERIAL EN LAS PRENSAS VARIANDO LA PRESION

4.1.3.1. IHRO ADULTA(A)

Tabla 20. Resultados estadísticos estadísticos de la capacidad En la prensa 1 con ihro adulto, variando la presión.

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Capacidad real(ton/h)	0.3350	L	0.5195

Ecuación del modelo ortogonal

$$RFF/H(\text{ton/h}) = 9E-06 * P^2 - 0,0157 * P + 12,329$$

$$R^2 = 1$$

Tabla 21. Promedios de las variables y grupos estadísticos de la capacidad En la prensa 1 con ihro adulto, variando la presión.

presión	Grupo Estadístico	Capacidad real(ton/h)
500	A	6,78
800	A	5,68
1100	A	6,23

4.1.3.2. PAPUA ADULTA (B)

Tabla 22. Resultados estadísticos de la capacidad En la prensa 1 con papua adulto, variando la presión.

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Capacidad real(ton/h)	0.0315	C	0.5430

Ecuación del modelo ortogonal

$$RFF/H(\text{ton/h}) = 2E-06 * P^2 - 0,006 * P + 10$$

$$R2 = 1$$

Tabla 23. Promedios de las variables y grupos estadísticos de la capacidad En la prensa 1 con papua adulto, variando la presión.

presión	Grupo Estadístico	Capacidad real(ton/h)
500	A	7,60
1000	A	6,40
1500	A	6,40

4.1.3.3. FRUTO JOVEN(C)

Tabla 24. Resultados estadísticos de la capacidad En la prensa 1 con papua joven, variando la presión.

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Capacidad real(ton/h)	0.2805	C	0.8602

Ecuación del modelo ortogonal

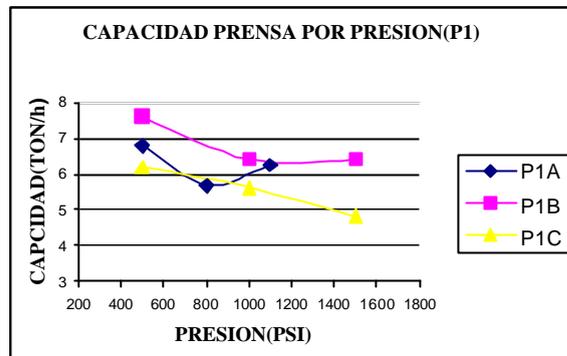
$$RFF/H(\text{ton/h}) = -5E-07 * P^2 - 0,0005 * P + 6,53$$

$$R2 = 1$$

Tabla 25. Promedios de las variables y grupos estadísticos de la capacidad En la prensa 1 con papua joven, variando la presión.

presión	Grupo Estadístico	Capacidad real(ton/h)
500	A	6,19
1000	A	5,62
1500	A	4,82

Gráfico 25. Capacidad de cada prensa 1 con diferentes materiales, variando la presión.



observaciones

- se observa en general para todos materiales a medida que aumenta la presión disminuye la capacidad
- se observa en orden de mayor a menor capacidad de procesamiento: el material papua adulta el material ihro adulta y el material joven.
- Se verifica la normalidad en los datos para el material ihro adulta y fruto joven, no se observan diferencias estadísticas significativas.

4.1.4. VARIABLES DE SEDIMENTACION

4.1.4.1. IHRO ADULTA(A)

Tabla 26. Resultados estadísticos de sedimentación en la prensa 1 con ihro adulto variando la presión

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Velocidad(ml/min)	0.2933	C	0.9212
%eficiencia	0.7365	C	0.9607

Tabla 27. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación en la prensa 1 con papa adulta variando la presión

presión	Grupo Estadístico	Velocidad(ml/min)	Grupo Estadístico	%Eficiencia
500	A	4,92	A	60,12
800	A	4,38	A	52,16
1100	A	3,62	A	43,26

4.1.4.2. PAPA ADULTA (B)

Tabla 28. Resultados estadísticos de sedimentación en la prensa 1 con papa adulta variando la presión

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Velocidad(ml/min)	0.0141	L	0.7841
%eficiencia	0.2904	L	0.4121

Tabla 29. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación en la prensa 1 con papa adulta variando la presión

presión	Grupo Estadístico	Velocidad(ml/min)	Grupo Estadístico	%Eficiencia
500	A	3,14	A	47,84
1000	A	2,08	A	28,36
1500	A	3,54	A	36,56

4.1.4.3. FRUTO JOVEN(C)

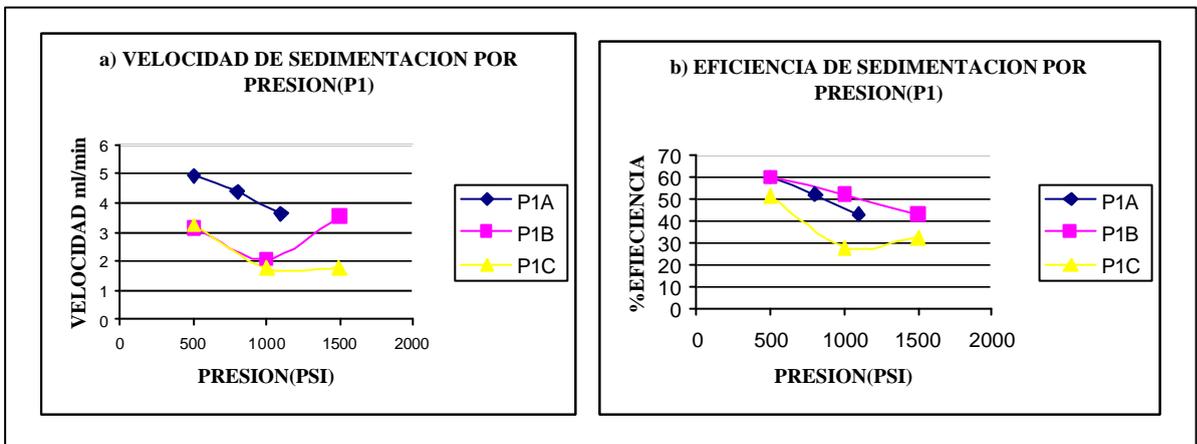
Tabla 30. Resultados estadísticos de sedimentación en la prensa 1 con papa joven variando la presión

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Velocidad(ml/min)	0.0051	C	0.4464
%eficiencia	0.2994	C	0.2168

Tabla 31. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación en la prensa 1 con papua joven variando la presión

presión	Grupo Estadístico	Velocidad(ml/min)	Grupo Estadístico	%Eficiencia
500	A	3,25	A	51,38
1000	A	1,76	A	28,24
1500	A	1,78	A	32,66

Gráficos 26. a) Velocidad de sedimentación b) % de eficiencia de sedimentación, en la prensa 1 con diferentes materiales variando la presión.



Observaciones

- se observa general para todos materiales que a medida que aumenta la presión disminuye la velocidad y la eficiencia de sedimentación
- se observa mayor velocidad de sedimentación para el material y no adulta
- se observa menor velocidad de sedimentación para material joven
- se verifica la normalidad en los datos para el material ihro adulto, no se observan diferencias estadísticas significativas
- para los materiales papua adulta y fruto joven, se verifica la normalidad en los datos de eficiencia y no se encuentra diferencias estadísticas significativas

4.2. ANALISIS PRENSA 2 POR PRESION CON DIFERENTES MATERIALES

4.2.1. PERDIDAS DE ACEITE

4.2.1.1. IHRO ADULTA(A)

Tabla 32. Resultados estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material ihro adulto en la prensa 2 variando la presión

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
acssna	0.5577	C	0.0414
ssnam	0.3580	C	0.2455
fibtor	0.1300	C	0.8792

Ecuación del modelo ortogonal

$$\%AC/SSNA = 9E-06 * P^2 - 0,0132 * P + 9,84$$

$$R^2 = 1$$

$$\%SSNA/TORTA = -3E-05 * P^2 + 0,051 * P + 41,98$$

$$R^2 = 1$$

$$\%FIBRA/RFF = \%FIBRA/TORTA * 0,26$$

$$\%FIBRA/RFF = -3E-06 * P^2 + 0,0103 * P + 6,2$$

$$R^2 = 1$$

Tabla 33. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material ihro adulto en la prensa 2 variando la presión.

presión	Grupo Estadístico	%Ac/ssna	Grupo Estadístico	%ssna/torta	Grupo Estadístico	%Fibra/torta
300	A	6,74	B	55	B	34,73
600	AB	5,34	A	63	AB	42,87
900	B	5,62	A	66	A	49,79

4.2.1.2. PAPUA ADULTA (B)

Tabla 34. Resultados estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%Ac/ssna	0.4847	C	0.7590
%ssna/torta	0.0151	C	0.5293
%fibra/torta	0.8549	C	0.5837

Ecuación del modelo ortogonal

$$\%AC/SSNA = -4E-06 * P^2 + 0,0031 * P + 7,65$$

$$R2 = 1$$

$$\%SSNA/TORTA = 1E-05 * P^2 - 0,0164 * P + 63,317$$

$$R2 = 1$$

$$\%FIBRA/RFF = \%FIBRA/TORTA * 0,27$$

$$\%FIBRA/RFF = -3E-06 * P^2 + 0,0078 * P + 7,3056$$

$$R2 = 1$$

Tabla 35. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.

presión	Grupo Estad.	%Ac/ssna	Grupo Estad.	%ssna/torta	Grupo Estad.	%Fibra/torta
500	A	8,29	A	58,67	A	37,89
800	A	7,84	A	59,26	A	43,51
1100	A	6,77	A	62,41	A	45,61

4.2.1.3. FRUTO JOVEN(C)

Tabla 36. Resultados estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material papua joven en la prensa 2 variando la presión.

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%ac/ssna	0.0038	C	0.4043
%ssna/torta	0.3701	C	0.1217
%fibra/torta	0.6523	C	0.8477

Ecuación del modelo ortogonal

$$\%AC/SSNA = 1E-05 \cdot P^2 - 0,0215 \cdot P + 15,804$$

$$R^2 = 1$$

$$\%SSNA/torta = -2E-05 \cdot P + 0,0465 \cdot P + 39,787$$

$$R^2 = 1$$

$$\%FIBRA/RFF = \%FIBRA/TORTA \cdot 0,27$$

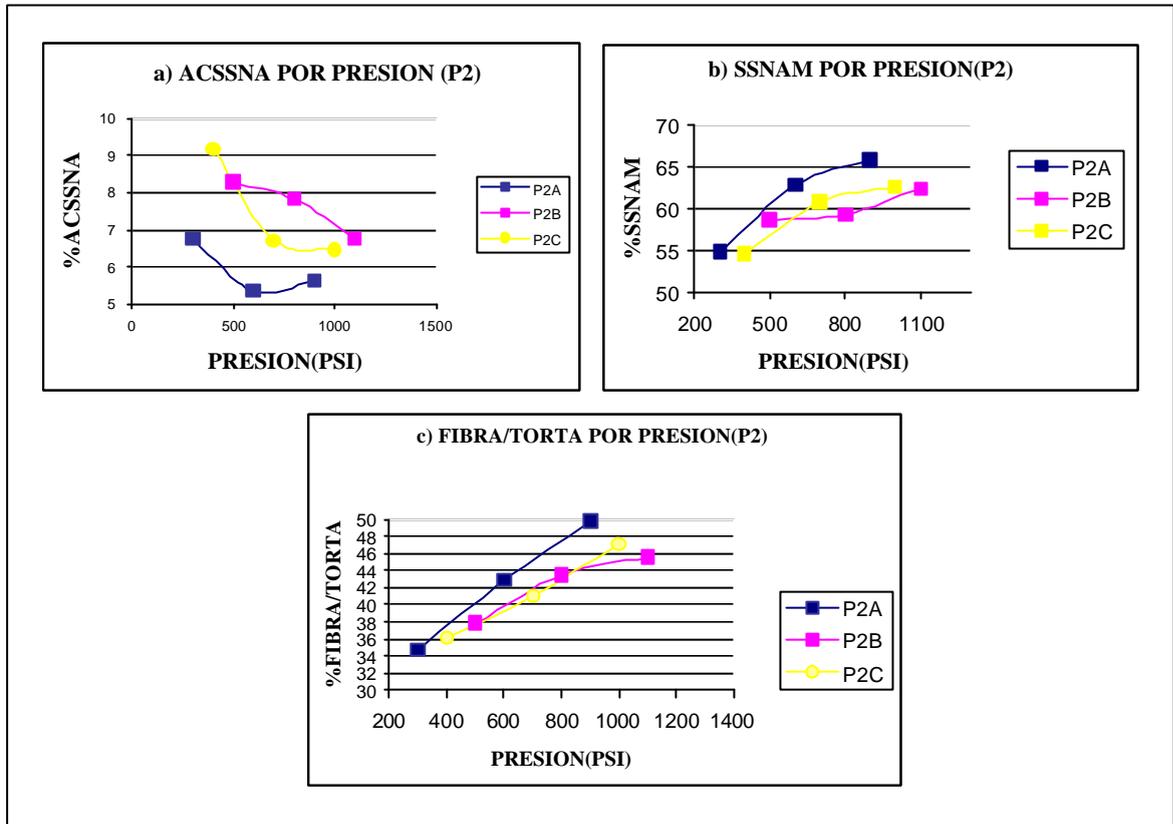
$$\%FIBRA/RFF = 1E-19 \cdot P^2 + 0,0047 \cdot P + 7,1333$$

$$R^2 = 1$$

Tabla 37. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de aceite en fibras para el material papua joven en la prensa 2 variando la presión.

presión	Grupo Estad.	%Ac/ssna	Grupo Estad.	%ssna/torta	Grupo Estad.	%Fibra/torta
400	A	9,17	B	54,59	B	36,17
700	A	6,72	A	60,75	AB	41,14
1000	A	6,46	A	62,64	A	47,13

Gráficos27. a) %Aceite sobre sólidos secos no aceitosos b) % sólidos secos no aceitosos c) %fibra sobre torta por prensa, para la prensa 2 con diferentes materiales, variando la presión



Observaciones

- En general para todos los materiales ya que aumenta la presión disminuye la pérdida de aceite debido que aumenta la composición de sólidos secos no aceitosos y el porcentaje de fibra sobre torta
- se observa que orden pérdida aceite de menor a mayor es: material ihro adulta, material Papua adulta y material joven.
- Se verifica la normalidad de las variables del material ihro adulta y se encuentran dos grupos estadísticos con diferencias significativas.

- Se verifica la normalidad de los datos del material papua adulta para las variables acssna y fibtor, no se encuentran diferencias estadísticas significativas.
- Se verifica la normalidad de los datos del material fruto joven en las variables ssnam y fibtor, encontrándose dos grupos estadísticos diferenciados.

4.2.2. PÉRDIDA DE ALMENDRA

4.2.2.1. IHRO ADULTA(A)

Tabla 38. Resultados estadísticos de pérdidas de almendra para el material ihro adulto en la prensa 2 variando la presión.

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%almendra/torta	0.9527	C	0.2329
%rotura/nuez	0.6824	C	0.2775

Ecuación del modelo ortogonal

$$\%Almendra/torta = -6E-07 * P^2 - 0,0023 * P + 10,97$$

$$R2 = 1$$

Tabla 39. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de almendra para el material ihro adulto en la prensa 2 variando la presión.

presión	Grupo Estadístico	%almendra/torta	Grupo Estadístico	%rotura/nuez
300	A	1,71	A	24,65
600	A	4,06	A	27,44
900	A	4,09	A	27,22

4.2.2.2. PAPUA ADULTA (B)

Tabla 40. Resultados estadísticos de pérdidas de almendra para el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%almendra/torta	0.7641	C	0.5349
%rotura/nuez	0.9606	C	0.7097

Ecuación de modelo ortogonal

$$\%Almendra/torta = -3E-06 * P^2 + 0,0112 * P - 2,45$$

$$R^2 = 1$$

Tabla 41. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de almendra para el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.

presión	Grupo Estadístico	%almendra/torta	Grupo Estadístico	%rotura/nuez
500	B	2,27	B	24,58
800	A	4,35	AB	26,37
1100	A	5,77	A	27,67

4.2.2.3. FRUTO JOVEN(C)

Tabla 42. Resultados estadísticos de pérdidas de almendra para el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	P<0.05(covarianza)	modelo ortogonal	p(modelo)
%almendra/torta	0.8218	0.7543	C	0.5049
%rotura/nuez	0.3523	0.1881	C	0.1894

Ecuación del modelo ortogonal

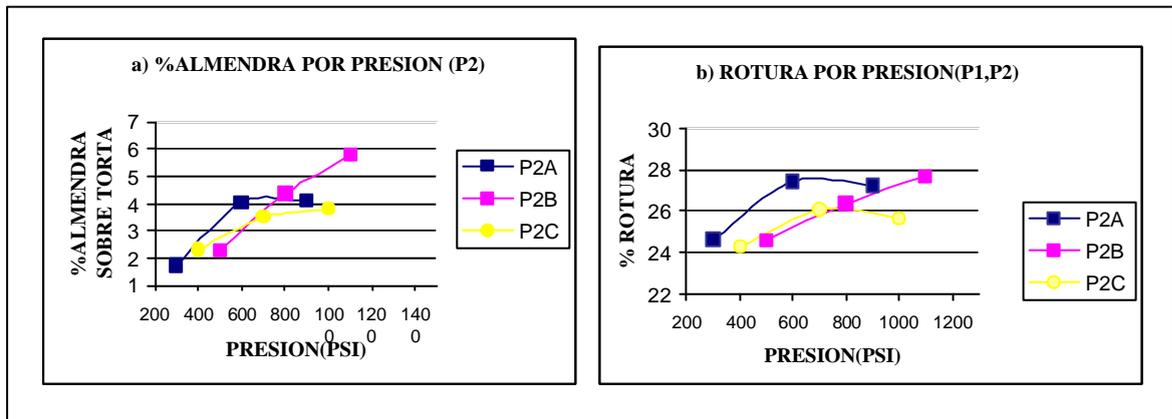
$$\%Almendra/torta = -5E-06 * P^2 + 0,0095 * P - 0,7$$

$$R^2 = 1$$

Tabla 43. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de almendra para el material papua joven en la prensa 2 variando la presión.

presión	Grupo Estadístico	%almendra/torta	Grupo Estadístico	%rotura/nuez
400	A	2,30	A	24,27
700	A	3,50	A	26,07
1000	A	3,81	A	25,64

Gráficos 28. a) % almendra retenida en malla 3 b) % rotura sobre torta. En la prensa 2 con diferentes materiales, variando la presión.



Observaciones

- se observa general para todos materiales a medida que aumenta la presión aumenta la producción de almendra debido que aumenta la rotura
- para presiones más se obtiene una diferencia en el comportamiento de la rotura y de la producción de almendra por el material en su orden de mayor a menor: material ihro adulta material Papua adulta y material joven

- se verifica la normalidad en los datos de todos los materiales
- Se observan diferencias estadísticas significativas para el material papua adulta, encontrándose dos grupos estadísticos diferenciados.

4.2.3. COMPORTAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEBIDA AL MATERIAL EN LAS PRENSAS AL AUMENTAR LA PRESION

4.2.3.1. IHRO ADULTA(A)

Tabla 44. Resultado estadísticos de capacidad el material ihro adulto en la prensa 2 variando la presión.

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Capacidad real(ton/h)	0.8206	C	0.9376

Ecuación de modelo ortogonal

$$RFF/H(\text{ton/h}) = -6E-07 * P^2 - 0,0023 * P + 10,97$$

$$R2 = 1$$

Tabla 45. Promedios de las variables y grupos estadísticos de capacidad el material ihro adulto en la prensa 2 variando la presión.

presión	Grupo Estadístico	Capacidad real(ton/h)
300	A	10,25
600	A	9,42
900	A	9,42

4.2.3.2. PAPIA ADULTA (B)

Tabla 46. Resultados estadísticos de capacidad el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Capacidad real (ton/h)	0.5106	C	0.8196

Ecuación del modelo ortogonal

$$RFF/H(\text{ton/h}) = -3E-068P^2 + 0,0074 * P + 6,95$$

$$R^2 = 1$$

Tabla 47. Promedios de las variables y grupos estadísticos de capacidad el material papua adulto en la prensa 2 variando la presión.

presión	Grupo Estadístico	Capacidad real(ton/h)
500	A	9,83
800	A	10,67
1100	A	10,92

4.4.3.3. FRUTO JOVEN(C)

Tabla 48. Resultados estadísticos de capacidad el material papua joven en la prensa 2 variando la presión.

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Capacidad real(ton/h)	0.1794	C	0.3102

Ecuación del modelo ortogonal

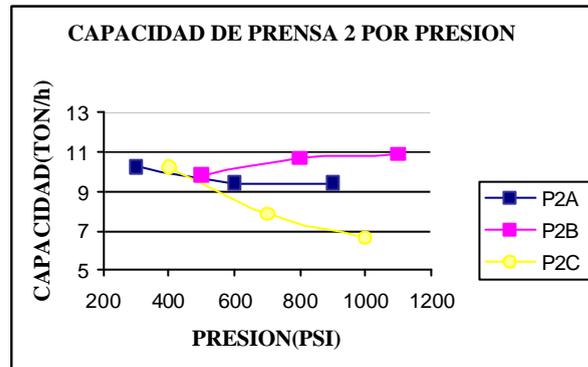
$$RFF/H(\text{ton/h}) = 6E-06 * P^2 - 0,0149 * P + 15,153$$

$$R^2 = 1$$

Tabla 49. Promedios de las variables y grupos estadísticos de capacidad el material papua joven en la prensa 2 variando la presión.

presión	Grupo Estadístico	Capacidad real(ton/h)
400	A	10,22
700	B	7,85
1000	B	6,62

Gráfico 29. Capacidad de cada prensa 2 con diferentes materiales, variando la presión.



Observaciones

- se observa general que para todos materiales al aumenta la presión disminuye la capacidad de procesamiento
- para presiones altas se observa una gran diferencia el comportamiento de la capacidad por material en su orden de mayor a menor: material Papua adulta, material ihro adulta y material joven
- para presiones no se observa gran diferencia material en la capacidad
- Se verifica la normalidad en los datos de todos los materiales
- Se encuentran dos grupos estadísticos diferenciados para el material joven.

4.2.4. VARIABLES DE SEDIMENTACION

4.2.4.1. IHRO ADULTA(A)

Tabla 50. Resultados estadísticos de sedimentación en le prensa 2 con ihro adulto variando la presión

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Velocidad(ml/min)	0.7375	C	0.9625
%eficiencia	0.9991	C	0.6933

Tabla 51. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación en le prensa 2 con ihro adulto variando la presión

presión	Grupo Estadístico	Velocidad(ml/min)	Grupo Estadístico	%Eficiencia
300	A	5,88	A	68,85
600	A	6,26	A	69,52
900	A	6,72	A	73,58

4.2.4.2. PAPUA ADULTA (B)

Tabla 52. Resultados estadísticos de sedimentación en le prensa 2 con papua adulto variando la presión

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Velocidad(ml/min)	0.0072	C	0.7224
%eficiencia	0.1119	C	0.7974

Tabla 53. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación en le prensa 2 con papua adulto variando la presión

presión	Grupo Estadístico	Velocidad(ml/min)	Grupo Estadístico	%Eficiencia
500	A	5,35	A	44,66
800	A	5,25	A	43,75
1100	A	7,93	A	48,28

4.2.4.3. FRUTO JOVEN(C)

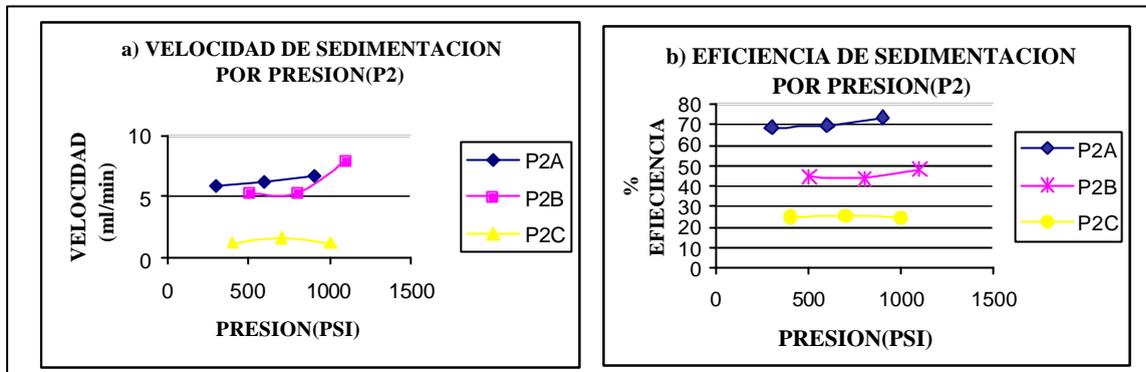
Tabla 54. Resultados estadísticos de sedimentación en le prensa 2 con papua joven variando la presión

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	P<0.05(covarianza)	modelo ortogonal	p(modelo)
Velocidad(ml/min)	0.0018	0.3555	L	0.9719
%eficiencia	0.6077	0.9831	L	0.9730

Tabla 55. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación en le prensa 2 con papua joven variando la presión

presión	Grupo Estadístico	Velocidad(ml/min)	Grupo Estadístico	%Eficiencia
400	A	1,18	A	24,85
700	A	1,76	A	25,47
1000	A	1,20	A	24,58

Gráficos30. Velocidad de sedimentación b) % de eficiencia de sedimentación, en la prensa 2 con diferentes materiales variando la presión.



Observaciones

- Se observa que está a medida que aumenta la presión no se observa un cambio en la velocidad y eficiencia de sedimentación
- se su orden de mayor a menor la velocidad y de sedimentación del aceite de los materiales son: ihro adulta, Papua adulta y fruto joven.
- La mejor velocidad y eficiencia de sedimentación del aceite para el fruto y adulta lo que lo hace más fácil para clarificación
- Se verifica la normalidad en los datos de eficiencia de todos los materiales
- Se verifica la normalidad de la velocidad en los datos del material ihro adulto
- No se encuentran diferencias estadísticas en estas variables

4.3. CICLON

Resultados estadísticos

Correlations (Pearson)

AlmM3

Almfibra 0.7694

P-VALUE 0.0003

Cases Included 17 Missing Cases 0

Observación

- Se encontró que la almendra libre total en la fibra ciclónica tiene el 76% de contribución de almendra de malla 3 (Deq=5,97mm)

Resultados estadísticos

Unweighted Least Squares Linear Regression of Total Predictor

Variables	Coefficient	Std Error	T	P	
Constant	2.48900	0.41480	6.00	0.0000	
Am3	1.25177	0.17637	7.10	0.0000	
R-Squared	0.7705	Resid. Mean Square (MSE)	0.67064		
Adjusted R-Squared	0.7552	Standard Deviation	0.81893		
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	33.7809	33.7809	50.37	0.0000
Residual	15	10.0596	0.6706		
Total	16	43.8406			

Cases Included 17 Missing Cases 0

Observación

- se encuentra una correlación entre la almendra total en el fibra ciclónica y la almendra en malla 3 (Deq=5,97mm)

$$\text{Almendra total} = 2,489 + 1,25177 * \text{almendra malla3}$$

$$R^2 = 0.7705$$

Resultados estadísticos

Correlations (Pearson)

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
M2	0.5057					
M3	0.7799	0.6969				
M4	0.3369	0.3982	0.5593			
M5	0.0306	0.2509	0.3889	0.5909		
M6	0.5434	0.0827	0.5431	0.2420	-0.2024	
Total	0.8152	0.7131	0.8625	0.4858	0.1799	0.3906

Cases Included 17 Missing Cases 0

Observación

- Se observa que el 86,25% de la almendra es de la malla 3 de diámetro equivalente de 5,97 mm entonces se decide medir la variable almendra con la cantidad de almendra producida en el tamizado de tamaño de la malla 3

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.4.1. DISCUSIÓN SOBRE PRENSA 1

- se observa para todos los materiales de la prensa 1 debe tener una **pérdida de aceite menor** que el que se observen la prensa 2, debido el porcentaje de fibra sobre torta y los sólidos secos no aceitosos de la prensa 1 son mayores que los presentados en la prensa 2, **la rotura es menor para material ihro, rotura mayor para papua adulta y fruto joven**, para el **material joven**, en la prensa 1 se obtiene mayor velocidad y eficiencia de sedimentación
- para presiones altas en la prensa 1 se observa una diferencia marcada entre materiales en la producción de almendra dando su orden de mayor a menor el material papua adulta, el material joven y el material ihro adulta

4.4.2. DISCUSIÓN SOBRE PRENSA 2

se tiene **menor porcentaje de pérdida de almendra** que el de la prensa 1, se tiene mayor velocidad y eficiencia de sedimentación del aceite, se tiene **mayor capacidad de procesamiento para el material Papua adulta**, se observa una **mayor velocidad y eficiencia de sedimentación** en la prensa ,

Para presiones altas en la prensa 2 se obtiene una diferencia en el comportamiento de la rotura y de la producción de almendra por el material en su orden de mayor a menor: material ihro adulta material Papua adulta y material joven

- en general para todos materiales en la prensa 2 se tiene mayor capacidad de procesamiento que en la prensa 1
- Así mismo, con una alimentación inadecuada se obtiene una muy baja capacidad de prensado, en relación con la velocidad de los tornillos de la prensa, incrementando el rompimiento de las nueces.

4.4.3. DISCUSIÓN SOBRE OPTIMOS

- Los óptimos encontrados son: para el material ihro adulta con la presiones de la prensa 1 a 500 PSI se obtiene una perdida de 46.861 \$/H, para la presa 2 se encontró un optimo a 700 PSI con una perdida de 74.489 \$/H
- Los óptimos encontrados son: para el material papua adulta con la presiones de la prensa 1 a 500 PSI se obtiene una perdida de 41113 \$/H, para la presa 2 se encontró un optimo a 700 PSI con una perdida de 43.525 \$/H
- Los óptimos encontrados son: para el material fruto joven con la presiones de la prensa 1 a 500 PSI se obtiene una perdida de 50.180 \$/H, para la presa 2 se encontró un optimo a 600PSI con una perdida de 32.324 \$/H

4.4.4. DISCUSIÓN SOBRE MATERIAL

- En general para materiales a medida que aumenta el nivel de prensado disminuye la pérdida de aceite, debido a que aumenta la composición de sólidos secos no aceitosos y el porcentaje de fibra sobre torta.
- En general para todos materiales que a medida que aumenta la presión disminuye la velocidad y la eficiencia de sedimentación
- en general a medida que aumenta la presión para todos materiales aumenta la cantidad de almendra debido a que aumenta la rotura y esta almendra producida se pierde en un 62% en la columna de separación de fibra.
- Cuando las prensa produzca una cantidad mayor de almendra en malla 3 (diámetro equivalente 5,97 mm) se perderá mas almendra en el ciclón, debido a esto hay que controlar la producción de almendra de este tamaño.
- Se encontró que el punto optimo de operación de las prensa para los diferentes materiales según el costo de la capacidad, siendo la capacidad un costo fijo

5. CONCLUSIONES

- El aumento en la presión de prensado produce dos efectos: aumenta la composición de sólidos secos no aceitosos es decir el porcentaje de fibra sobre torta y aumenta la rotura de la nuez, el primer efecto hace disminuir la pérdida de aceite en fibra al haber menor proporción de aceite en la masa a prensar, esta nueva composición tiende a disminuir la velocidad y la eficiencia de sedimentación por que se puede presentar sedimentación inhibida. El segundo efecto tiende a aumentar la cantidad de almendra lo cual causa mayor perdida de esta en el desfibrado. Lo anterior hace que sea necesario mantener las prensas en una operación óptima intermedia para asegurar un desempeño económico favorable en el beneficio de fruto de palma de aceite
- para material **ihro adulta** se tiene una **menor pérdida de aceite** debido a que este material posee más porcentaje sólidos secos no aceitosos y mayor porcentaje de fibra sobre torta, se observa una **menor pérdida de almendra** debido aquí tiene una menor rotura en las prensas, se obtiene una capacidad intermedia al ser procesada en las prensas, **la velocidad y la eficiencia de sedimentación del aceite son mayores** lo que hace más ventajosa su clarificación
- para el material **papua adulta** se tiene un desempeño de pérdidas intermedio debido a su composición de sólidos secos no aceitosos y fibra sobre torta intermedia entre materiales, se observa una mayor pérdida de almendra debido a una mayor rotura de éste material en las prensas, se

obtiene una **mayor capacidad** cuando es procesada en la prensas, se obtiene una velocidad y eficiencia de sedimentación intermedia.

- Para **material joven** se tiene una mayor pérdida de aceite debido a su composición menor de sólidos secos aceitosos y fibra sobre torta, se observa un comportamiento intermedio de pérdida de almendra debido a una rotura intermedia en las prensas para este material, se observa que al procesarlo se obtiene una menor capacidad en las prensas, se tiene la menor eficiencia y velocidad de sedimentación de su aceite, lo que hace más difícil el tratamiento de su posterior clarificación

6 .RECOMENDACIONES

- se recomienda que el estudio en la operación de desfibrado se puede hacer con más profundidad en la toma de muestra en el transportador de torta y en la descarga de la fibra ciclónica, haciendo un barrido mas extenso de los niveles de prensado y la variación del dumper de la columna neumática.
- Se recomienda el estudio de la velocidad del ventilador, para que se estandarice las aberturas de dumper y así junto con este estudio poder automatizar todo el sistema de prensado y desfibrado

7. BIBLIOGRAFÍA

- INDUSMETA. LTDA ,manual de Sitema Hidraulico Prensa de Extraccion, Noviembre 1998.
- CENTRO DE INVESTIGACION EN PALMA DE ACEITE,manual de laboratorio plantas de beneficio primario para fruto de aceite,1998.
- SIERRA RAMIREZ, Guido Alberto, Evaluación de factores que afectan las perdidas de aceite por impregnación en tusas durante el proceso de extracción de aceite de palma africana,Bucarmanga,tesis de grado Ingeniería Química, 2001.
- BOHORQUEZ BECERRA, Oscar Rodolfo, Sistema de información para el control de mantenimiento de la planta extractora de aceite de palma AGROINCE Ltda. Cia. S.C.A. Bucarmanga,tesis de grado Ingeniería Mecánica, 2004.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Normas colombianas para la presentación de trabajos de investigación.Santafe de Bogota D.C. 2005,6-35 pp, NTC 1486.
- HERNÁNDEZ, C.; YÁÑEZ, E. 2003. Manejo integrado de pérdidas de aceite y almendra. Conferencia internacional sobre palma de aceite. Colombia. Palmas volumen especial.
- ONG, S.; YONG, Y.1987. Comparison of two types of screw press control systems. Planter, Kuala Lumpur, 63, 448-463.
- RAVI, N. 2001. Advances in oil palm research. Factors affecting oil and kernel extraction rates. Chapter 18.
- SIVASOTHY, K. Some variables affecting the performance of screw press systems in palm oil mills. PORIM, Bulletin 27.
- WAMBECK, N. 2001. Oil palm process synopsis.

8. ANEXOS

Anexo A GLOSARIO DE VARIABLES

%Ac/ssna: el porcentaje aceite sobre sólidos secos no aceitosos

%Almendra/torta: el porcentaje de almendra retenido en la malla 3 de diámetro equivalente 5,97 milímetros sobre la torta de 200 gramos tomados de muestra.

Capacidad: el aforo que se recoge de torta durante 20 segundos, se expresa en toneladas por hora

Capacidad real (ton/h): el aforo que se recoge de torta durante 20 segundos, se expresa en toneladas por hora y se ajusta con el porcentaje de fibra/RFF de cada fruto procesado.

%Eficiencia: es la eficiencia de la clarificación alcanzada a los primeros 45 minutos, comparada con el porcentaje de Aceite de la Centrifugación de las muestras (ACE)

%fibra/torta: Es el porcentaje de fibra sobre la torta

P; Presión: el la presión en psi que marca el manómetro al manipular la válvula de seguridad del gato hidráulico.

%Rotura/nuez: el porcentaje tomado de la masa torta menos la masa de nuez entera, sobre torta.

Ssna/torta: sólidos secos no aceitoso sobre muestra seca.

Velocidad (ml/min): es la velocidad de sedimentación en mililitros por minuto.

Anexo B: TAMAÑO DE MALLAS PARA EL TAMIZADO

Tabla 56. Tamaño de mallas para tamizado

MALLA	Deq(mm)
1	13,72
2	8,36
3	5,97
4	4,184
5	2,584
6	1,784

Resultados estadísticos

Unweighted Least Squares Linear Regression of almm3ci

NOTE: Model Forced through origin

Predictor

Variables	Coefficient	Std Error	T	P
almm3tor	0.62604	0.10403	6.02	0.0003
R-Squared	0.8191	Resid. Mean Square (MSE)	2.087E-04	
Adjusted R-Squared	0.7965	Standard Deviation	0.01445	
Centered R-Squared	-1.5598			

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0.00756	0.00756	36.22	0.0003
Residual	8	0.00167	0.00021		
Total	9	0.00923			

Cases Included 9 Missing Cases 5

Observation

- Se encuentra que hay una relación entre el %almendra de malla 3 en la fibra ciclónica y el %almendra de malla 3 de la torta, lo cual se puede utilizar para calcular la almendra que se pierde en la columna neumática de desfibrado a partir de la almendra producida en la prensas

Anexo C. CALCULO DE COSTOS COMPLEMENTARIOS

1. P1A (IHRO ADULTA)

1.1. PROCEDIMIENTO

Todas la ecuaciones están en función de la presión (P) se remplaza la presión y se halla la variable

$$(1)\%AC/SSNA = 1E-07 * P^2 - 0,0025 * P + 8,0711$$

$$R2 = 1$$

$$(2)\%SSNA/TORTA = 9E-06 * P^2 - 0,0157 * P + 12,329$$

$$R2 = 1$$

$$\%FIBRA/RFF = \%FIBRA/TORTA * 0,26$$

$$(3)\%FIBRA/RFF = -3E-06 * P^2 + 0,010 * P + 6,6667$$

$$R2 = 1$$

$$(4)RFF/H(\text{ton/h}) = 9E-06 * P^2 - 0,0157 * P + 12,329$$

$$R2 = 1$$

$$(5)\%Almendra/torta = -1E-06 * P^2 + 0,0051 * P + 2,3378$$

$$R2 = 1$$

Perdida de aceite (\$/H) = (AC/SSNA)(SSNA/FIBRA)(FIBRA/RFF)(RFF/H)(\$/AC)
 Perdida de aceite (\$/H) = (1)(2)(3)(4)(\$/AC)

Ton almendra en torta/Hora = (flujo de torta)(almendra m3) = (flujo de torta)(5)

Ton almendra en ciclón/Hora = ton almendra en torta/H * 0,626

%Alm. en ciclón = ton almendra en ciclón/h / (RFF/H) = ton almendra en ciclón/h / (4)

Perdida de almendra (\$/H) = (ton almendra en ciclón/H)(\$/ton almendra)

\$/ton AC = 1000000

\$/ton almendra = 460000

Tabla 57. Porcentaje de fibra sobre racimo de fruta fresca y de almendra que se recupera en el ciclon para ihro adulto en prensa 1

% Fibra/RFF	13
Alm. en ciclón Alm. m3 * CTE	0,626

1.2. RESULTADOS DE COSTOS

Tabla 58. Resultados de costos de perdidas en la prensa 1 con variedad de fruto ihro adulto.

Presión	Acssna	ssna	almendra en malla 3 en torta	Kg/h alm en torta
500	6,86	63,04	4,56	0,082
600	6,6	63,82	5,04	0,079
700	6,37	64,74	5,42	0,078
800	6,16	65,72	5,6	0,084
900	5,9	67,12	6,12	0,080
1000	5,67	68,58	6,44	0,083
1100	5,48	69,98	6,42	0,103

Kg/h alm en torta	Kg/h alm en ciclón	% alm/rff (malla 3)	capacidad	\$ perdidos de aceite/h
0,082	0,054	0,80%	6,79	31125,47
0,079	0,052	0,85%	6,15	29298,03
0,078	0,052	0,90%	5,75	28431,46
0,084	0,055	0,98%	5,68	29433,14
0,080	0,053	0,96%	5,49	28241,35
0,083	0,055	0,97%	5,63	29138,49
0,103	0,068	1,09%	6,23	33448,03

\$ perdidos de almendra/h	\$ perdidos Parcial/h	\$ Costo por capacidad/h	\$ perdidos Totales/h
24919,49	56044,96	-7900	48144,96
24013,73	53311,76	-1500	51811,76
23695,37	52126,83	2500	54626,83
25502,40	54935,54	3200	58135,54
24154,42	52395,77	5100	57495,77
25221,87	54360,36	3700	58060,36
31185,79	64633,82	-2300	62333,82

2. P1B (PAPUA ADULTA)

2.1. PROCEDIMIENTO

Todas la ecuaciones están en función de la presión (P) se remplaza la presión y se halla la variable

$$(6)\%AC/SSNA = -6E-07 * P^2 + 0,001 * P + 5,7$$

$$R2 = 1$$

$$(7)\%SSNA/TORTA = 3E-07*P^2 + 0,0041*P + 60,96$$

$$R2 = 1$$

$$\%FIBRA/RFF=\%FIBRA/TORTA*0,27$$

$$(8)\%FIBRA/RFF = 2E-19*P^2 + 0,0044*P + 9$$

$$R2 = 1$$

$$(9)RFF/H(\text{ton/h}) = 2E-06*P^2 - 0,006*P + 10$$

$$R2 = 1$$

$$(10)\%Almendra/torta = 5E-07*P^2 + 0,0049*P + 1,66$$

$$R2 = 1$$

Perdida de aceite (\$/H)= (AC/SSNA) (SSNA/FIBRA) (FIBRA/RFF) (RFF/H) (\$/AC)

Perdida de aceite (\$/H) = (6) (7) (8) (9) (\$/AC)

Ton almendra en torta/Hora= (flujo de torta) (almendra m3)= (flujo de torta) (10)

Ton almendra en ciclón/Hora =ton almendra en torta/H *0,626

%Alm. en ciclón = ton almendra en ciclón/h/ (RFF/H) = ton almendra en ciclón/h/ (9)

Perdida de almendra (\$/H)= (ton almendra en ciclón/H) (\$/ton almendra)

\$/ton AC =1000000

\$/ton almendra =460000

Tabla 59. Porcentaje de fibra sobre racimo de fruta fresca y de almendra que se recupera en el ciclón para papua adulto en prensa 1.

% Fibra/RFF	14
Fracción almendra perdida	0,626

3.2.2 RESULTADOS

Tabla 60. Resultados de costos de perdidas en la prensa 1 con variedad de fruto papua adulto.

Presión	Acssna	ssna	almendra en malla 3	Kg/h alm en torta
500	6,02	63,08	4,22	0,086
600	6,08	63,53	4,78	0,093
700	6,11	63,98	5,34	0,099
800	6,12	64,43	5,9	0,105
900	6,11	64,89	6,48	0,112
1000	6,02	65,34	7,04	0,121
1100	6,07	65,83	7,66	0,126
1200	6,04	66,31	8,26	0,134
1300	5,99	66,8	8,88	0,143
1400	5,92	67,29	9,5	0,154
1500	5,7	67,74	10,12	0,174

Kg/h alm en ciclón	% alm/rff (malla 3)	capacidad	\$ perdidos de aceite/h	\$ perdidos de almendra/h
0,066	0,872%	7,6	32323,60	30492,37
0,071	1,001%	7,12	32033,25	32777,95
0,076	1,124%	6,78	31996,15	35067,08
0,081	1,251%	6,48	31990,34	37281,68
0,086	1,385%	6,22	31960,56	39615,43
0,093	1,457%	6,4	33733,42	42889,37
0,097	1,668%	5,82	32186,34	44658,81
0,103	1,818%	5,68	32485,72	47513,24
0,110	1,978%	5,58	32865,88	50765,08
0,118	2,141%	5,52	33335,77	54376,78
0,134	2,094%	6,4	38550,02	61653,47

\$ perdidos Parcial/h	\$ Costo por capacidad/h	\$ perdidos Totales/h
62815,97	-16000	46815,97
64811,20	-11200	53611,20
67063,22	-7800	59263,22
69272,02	-4800	64472,02
71575,99	-2200	69375,99
76622,79	-4000	72622,79
76845,15	1800	78645,15
79998,96	3200	83198,96
83630,96	4200	87830,96
87712,56	4800	92512,56
100203,49	-4000	96203,49

3.3. P1C (FRUTO JOVEN)

3.3.1. PROCEDIMIENTO

Todas la ecuaciones están en función de la presión (P) se remplaza la presión y se halla la variable

$$(11)\%AC/SSNA = 5E-07*P^2 - 0,001*P + 7,12$$

$$R2 = 1$$

$$(12)\%SSNA/TORTA = -2E-06*P^2 + 0,0084*P + 58,1$$

$$R2 = 1$$

$$\%FIBRA/RFF = \%FIBRA/TORTA * 0,25$$

$$(13)\%FIBRA/RFF = -4E-07*P^2 + 0,0038*P + 9,2$$

$$R2 = 1$$

$$(14)RFF/H(\text{ton/h}) = -5E-07*P^2 - 0,0005*P + 6,53$$

$$R2 = 1$$

$$(15)\%Almendra/torta = 5E-07*P^2 + 0,0022*P + 4,08$$

$$R2 = 1$$

$$R2 = 1$$

Perdida de aceite (\$/H) = (AC/SSNA) (SSNA/FIBRA) (FIBRA/RFF) (RFF/H) (\$/AC)

Perdida de aceite (\$/H) = (11) (12) (13) (14) (\$/AC)

Ton almendra en torta/Hora = (flujo de torta) (almendra m3) = (flujo de torta) (15)

Ton almendra en ciclón/Hora = ton almendra en torta/H * 0,626

%Alm. En ciclón = ton almendra en ciclón/h / (RFF/H) = ton almendra en ciclón/h / (14)

Perdida de almendra (\$/H) = (ton almendra en ciclón/H) (\$/ton almendra)

\$aceite/t = 1000000

\$Almendra/t =460000

Tabla 61. Porcentaje de fibra sobre racimo de fruta fresca y de almendra que se recupera en el ciclon para papua joven en prensa 1.

% Fibra/RFF	13
Fracción almendra perdida	0,625

3.3.2. RESULTADOS

Tabla 62. Resultados de costos de perdidas en la prensa 1 con variedad de fruto papua joven.

Presión	Acssna	ssna	almendra en malla 3	Kg/h alm en torta
500	6,76	61,7	5,28	0,0824
600	6,70	62,42	5,22	0,0788
700	6,67	63	5,38	0,0791
800	6,64	63,54	5,52	0,0809
900	6,63	64,04	5,66	0,0792
1000	6,66	64,1	6,72	0,0941
1100	6,63	64,92	5,9	0,0779
1200	6,64	65,3	6	0,0768
1300	6,67	65,64	6,1	0,0756
1400	6,7	65,94	6,18	0,0742
1500	6,82	65,3	8,4	0,1025

Kg/h alm en ciclón	% alm/rff (malla 3)	capacidad	\$ perdidos de aceite/h	\$ perdidos de almendra/h
0,035	0,572%	6,19	28399,79	16292,39
0,034	0,560%	6,05	28692,41	15590,99
0,034	0,573%	5,93	29054,92	15643,21
0,035	0,599%	5,81	29366,23	16009,54
0,034	0,601%	5,67	29755,44	15673,67
0,040	0,720%	5,62	30230,07	18609,02
0,033	0,624%	5,37	29816,46	15404,66
0,033	0,634%	5,21	29773,81	15191,04
0,033	0,647%	5,03	29642,00	14961,59
0,032	0,658%	4,85	29440,98	14668,85
0,044	0,914%	4,82	30051,95	20270,54

\$ perdidos Parcial/h	\$ Costo por capacidad/h	\$ perdidos Totales/h
44692,18	-1900	42792,18
44283,40	-500	43783,40
44698,13	700	45398,13
45375,77	1900	47275,77
45429,11	3300	48729,11
48839,09	3800	52639,09
45221,12	6300	51521,12
44964,85	7900	52864,85
44603,59	9700	54303,59
44109,82	11500	55609,82
50322,49	11800	62122,49

3.4. P2A (IHRO ADULTA)

3.4.1. PROCEDIMIENTO

Todas la ecuaciones están en función de la presión (P) se remplaza la presión y se halla la variable

$$(16) \%AC/SSNA = 9E-06 * P^2 - 0,0132 * P + 9,84$$

$$R2 = 1$$

$$(17) \%SSNA/TORTA = -3E-05 * P^2 + 0,051 * P + 41,98$$

$$R2 = 1$$

$$\%FIBRA/RFF = \%FIBRA/TORTA * 0,26$$

$$(18) \%FIBRA/RFF = -3E-06 * P^2 + 0,0103 * P + 6,2$$

$$R2 = 1$$

$$(19) RFF/H(\text{ton/h}) = -6E-07 * P^2 - 0,0023 * P + 10,97$$

$$R2 = 1$$

$$(20) \%Almendra/torta = -6E-07 * P^2 - 0,0023 * P + 10,97$$

$$R2 = 1$$

$$R2 = 1$$

Perdida de aceite (\$/H) = (AC/SSNA) (SSNA/FIBRA) (FIBRA/RFF) (RFF/H) (\$/AC)

Perdida de aceite (\$/Hora) = (16) (17) (18) (19) (\$/AC)

Ton almendra en torta/Hora = (flujo de torta) (almendra m3) = (flujo de torta) (20)

Ton almendra en ciclón/Hora = ton almendra en torta/H * 0,626

%Alm. en ciclón = ton almendra en ciclón/h / (RFF/H) = ton almendra en ciclón/h / (19)

Perdida de almendra (\$/H) = (ton almendra en ciclón/H) (\$/ton almendra)

\$aceite/t = 1000000

\$Almendra/t =460000

Tabla 63. Porcentaje de fibra sobre racimo de fruta fresca y de almendra que se recupera en el ciclon para ihro adulto en prensa 2.

% Fibra/RFF	13
Fracción almendra perdida	0,626

3.4.2. RESULTADOS

Tabla 64. Resultados de costos de perdidas en la prensa 2 con variedad de fruto ihro adulto.

Presión	Acssna	ssna	almendra en malla 3 en torta	Kg/h alm en torta
300	6,74	54,84	10,24	0,27
400	6	57,58	9,95	0,25
500	5,49	59,98	9,67	0,24
600	5,34	62,8	9,41	0,23
700	5,01	62,98	9,07	0,21
800	5,04	63,58	8,75	0,20
900	5,64	65,86	8,48	0,19

Kg/h alm en ciclón	% alm/rff (malla 3)	capacidad	\$ perdidos de aceite/h	\$ perdidos de almendra/h
0,18	0,017	10,24	34064,33	82074,01
0,17	0,017	9,95	33825,26	77332,99
0,16	0,016	9,67	33752,90	73101,72
0,15	0,016	9,41	35343,42	69707,77
0,14	0,016	9,07	34170,55	64710,82
0,13	0,015	8,75	35104,55	60568,20
0,12	0,015	8,48	40318,71	57154,52

\$ perdidos Parcial/h	\$ Costo por capacidad/h	\$ perdidos Totales/h
116138,34	-32400	83738,34
111158,25	-29500	81658,25
106854,62	-26700	80154,62
105051,19	-24100	80951,19
98881,37	-20700	78181,37
95672,75	-17500	78172,75
97473,23	-14800	82673,23

3.5. P2B (PAPUA ADULTA)

3.5.1. PROCEDIMIENTO

Todas la ecuaciones están en función de la presión (P) se remplaza la presión y se halla la variable

$$(21)\%AC/SSNA = -4E-06 * P^2 + 0,0031 * P + 7,65$$

$$R2 = 1$$

$$(22)\%SSNA/TORTA = 1E-05 * P^2 - 0,0164 * P + 63,317$$

$$R2 = 1$$

$$\%FIBRA/RFF = \%FIBRA/TORTA * 0,27$$

$$(23)\%FIBRA/RFF = -3E-06 * P^2 + 0,0078 * P + 7,3056$$

$$R2 = 1$$

$$(24)RFF/H(\text{ton/h}) = -3E-068P^2 + 0,0074 * P + 6,95$$

$$R2 = 1$$

$$(25)\%Almendra/torta = -3E-06 * P^2 + 0,0112 * P - 2,45$$

$$R2 = 1$$

$$R2 = 1$$

Perdida de aceite (\$/H) = (AC/SSNA) (SSNA/FIBRA) (FIBRA/RFF) (RFF/H) (\$/AC)

Perdida de aceite (\$/H) = (21) (22) (23) (24) (\$/AC)

Ton almendra en torta/Hora = (flujo de torta) (almendra m3) = (flujo de torta) (25)

Ton almendra en ciclón/Hora = ton almendra en torta/H * 0,626

%Alm. en ciclón = ton almendra en ciclón/h / (RFF/H) = ton almendra en ciclón/h / (24)

Perdida de almendra (\$/H) = (ton almendra en ciclón/H) (\$/ton almendra)

\$aceite/t = 1000000

\$Almendra/t = 460000

Tabla 65. Porcentaje de fibra sobre racimo de fruta fresca y de almendra que se recupera en el ciclon para papua adulto en prensa 2.

% Fibra/RFF	14
Fracción almendra perdida	0,626

3.5.2. RESULTADOS

Tabla 66. Resultados de costos de perdidas en la prensa 2 con variedad de fruto papua adulto.

Presión	Acssna	ssna	almendra en malla 3	Kg/h alm en torta
500	8,3	58,65	2,3	0,06
600	8,07	57,08	3,19	0,09
700	7,86	56,74	3,92	0,11
800	7,85	59,25	4,35	0,12
900	7,2	56,66	5,2	0,15
1000	6,75	56,92	5,75	0,17
1100	6,77	62,4	5,8	0,17

Kg/h alm en ciclón	% alm/rff (malla 3)	capacidad	\$ perdidos de aceite/h	\$ perdidos de almendra/h
0,05	0,005	10,24	52340,20	21588,49
0,07	0,007	9,95	50004,07	30733,23
0,08	0,009	9,67	48732,29	38738,15
0,10	0,010	9,41	51426,33	44220,10
0,12	0,013	9,07	44031,48	53229,18
0,13	0,015	8,75	40711,85	59470,18
0,13	0,016	8,48	44779,49	61014,49

\$ perdidos Parcial/h	\$ Costo por capacidad/h	\$ perdidos Totales/h
73928,69	-42400	31528,69
80737,29	-39500	41237,29
87470,43	-36700	50770,43
95646,43	-34100	61546,43
97260,66	-30700	66560,66
100182,03	-27500	72682,03
105793,98	-24800	80993,98

6. P2C (FRUTO JOVEN)

3.6.1. PROCEDIMIENTO

Todas la ecuaciones están en función de la presión (P) se remplaza la presión y se halla la variable

$$(26))\%AC/SSNA = 1E-05 * P^2 - 0,0215 * P + 15,804$$
$$R2 = 1$$

$$(27)\%SSNA/TORTA = -2E-05 * P + 0,0465 * P + 39,787$$
$$R2 = 1$$

$$\%FIBRA/RFF = \%FIBRA/TORTA * 0,27$$
$$(28)\%FIBRA/RFF = 1E-19 * P^2 + 0,0047 * P + 7,1333$$
$$R2 = 1$$

$$(29)RFF/H(\text{ton/h}) = 6E-06 * P^2 - 0,0149 * P + 15,153$$
$$R2 = 1$$

$$(30)\%Almendra/torta = -5E-06 * P^2 + 0,0095 * P - 0,7$$
$$R2 = 1$$
$$R2 = 1$$

Perdida de aceite (\$/H)= (AC/SSNA) (SSNA/FIBRA) (FIBRA/RFF) (RFF/H) (\$/AC)

Perdida de aceite (\$/H) = (26) (27) (28) (29) (\$/AC)

Ton almendra en torta/Hora= (flujo de torta) (almendra m3)= (flujo de torta) (30)

Ton almendra en ciclón/Hora =ton almendra en torta/H *0,626

%Alm. en ciclón = ton almendra en ciclón/h/ (RFF/H) = ton almendra en ciclón/h/ (29)

Perdida de almendra (\$/H)= (ton almendra en ciclón/H) (\$/ton almendra)

\$aceite/t =1000000

\$Almendra/t =460000

Tabla 67. Porcentaje de fibra sobre racimo de fruta fresca y de almendra que se recupera en el ciclon para papua joven en prensa 2.

% Fibra/RFF	13
Fracción almendra perdida	0,626

3.6.2. RESULTADOS

Tabla 68. Resultados de costos de perdidas en la prensa 2 con variedad de fruto papua joven.

Presión	Acssna	ssna	almendra en malla 3	Kg/h alm en torta
400	9,16	54,6	2,3	0,06
500	7,50	58,04	2,8	0,07
600	6,50	60,49	3,2	0,07
700	6,72	60,74	3,5	0,07
800	5	64,14	3,7	0,08
900	4,55	65,44	3,8	0,08
1000	6,46	62,62	3,8	0,06

Kg/h alm en ciclon	% alm/rff (malla 3)	capacidad	\$ perdidos de aceite/h	\$ perdidos de almendra/h
0,03	0,002	10,24	46092,53	11646,46
0,03	0,003	9,95	41060,11	13569,08
0,03	0,003	9,67	37830,88	14558,08
0,03	0,003	9,41	39945,42	13569,08
0,03	0,004	9,07	31676,28	15515,43
0,03	0,004	8,75	29596,55	15709,28
0,03	0,003	8,48	40478,41	12326,90

\$ perdidos Parcial/h	\$ Costo por capacidad/h	\$ perdidos Totales/h
57739,00	-32400	25339,00
54629,19	-29500	25129,19
52388,96	-26700	25688,96
53514,50	-24100	29414,50
47191,71	-20700	26491,71
45305,82	-17500	27805,82
52805,31	-14800	38005,31

4. ANALISIS DE CADA MATERIAL EN LAS DOS PRENSAS

Este análisis se realizo por cada material que se procesa en las dos prensas:

4.1.1. PERDIDAS DE ACEITE

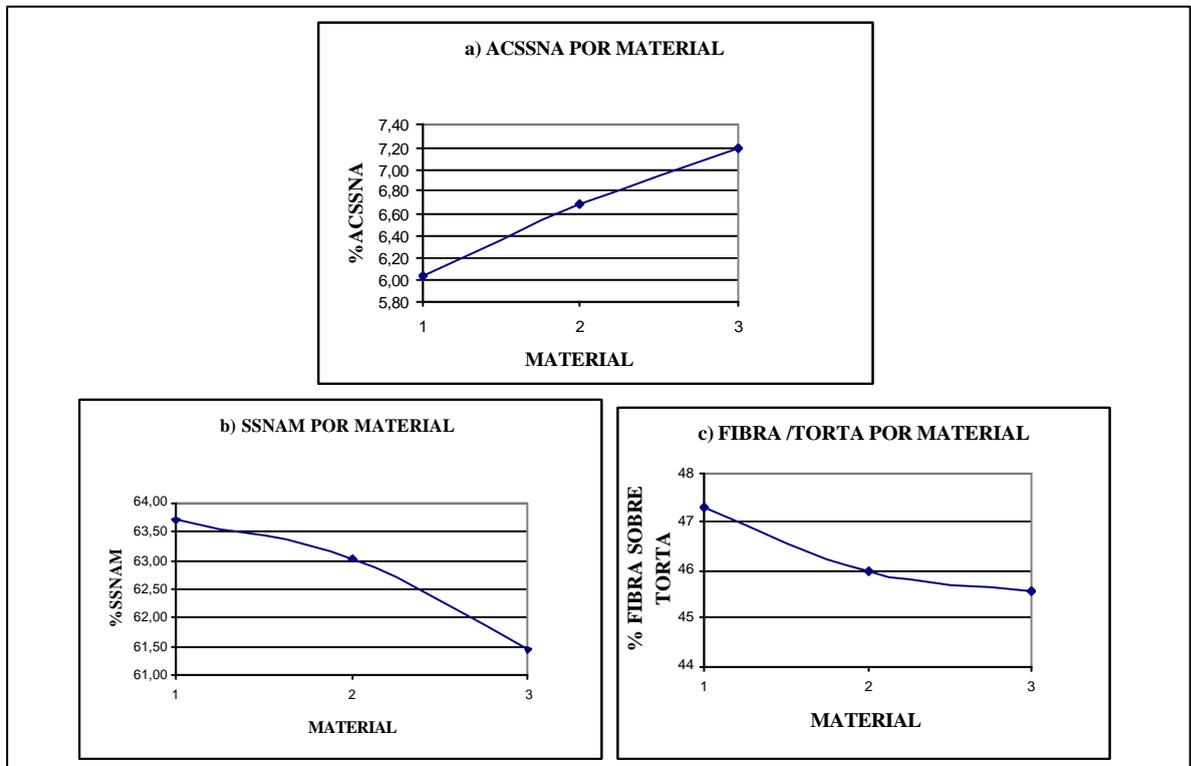
Tabla 69. Resultados estadísticos de perdidas de aceite en fibra debida al material en las prensas

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%Ac/ssna	0.0001	C	0.7906
%ssna/torta	0.4501	C	0.6973
%fibra/torta	0.8291	L	0.9137

Tabla 70. Promedios de las variables y grupos estadísticos de perdidas de aceite en fibra debida al material en las prensas

material	Grupo Estad.	%Ac/ssna	Grupo Estad.	%ssna/torta	Grupo Estad.	%Fibra/torta
1	A	6,04	A	63,71	A	47,32
2	A	6,67	A	63,04	A	45,96
3	A	7,18	A	61,46	A	45,56

Gráficos31. a) %Aceite sobre sólidos secos no aceitosos por material b) %sólidos secos no aceitosos por material c) %fibra sobre torta por material



Observaciones

- para material **ihro adulta** se tiene una **menor pérdida de aceite** debido a que este material posee más porcentaje sólidos secos no aceitosos y mayor porcentaje de fibra sobre torta
- para //el material Papua adulta se tiene un desempeño de pérdidas intermedio debido a su composición de sólidos secos no aceitosos y fibra sobre torta intermedia entre materiales.
- Para material joven se tiene una mayor pérdida de aceite debido a su composición menor de sólidos secos aceitosos y fibra sobre torta.
- No se encuentra normalidad para accssna debido a que se consideran las dos prensas con todas las variedades a diferentes presiones y se verifica normalidad para ssnam y para fibra sobre torta, No se encontraron diferencias

4.1.2. PÉRDIDA DE ALMENDRA

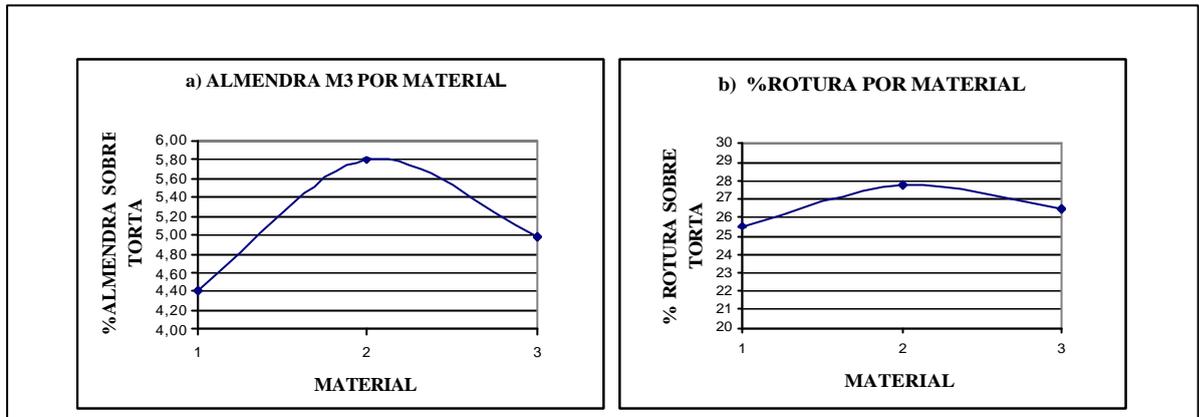
Tabla 71. Resultados estadísticos de perdida de almendra y rotura por material

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%almendra/torta	0.0000	L	0.4110
%rotura/nuez	0.0004	C	0.2773

Tabla 72. Promedios de las variables y grupos estadísticos de perdida de almendra y rotura debida al material en las prensas

Material	Grupo Estadístico	%almendra/torta	Grupo Estadístico	%rotura/nuez
1	A	4,41	A	25,54
2	A	5,80	A	27,77
3	A	4,99	A	26,51

Gráficos 32. a) % almendra retenida en malla 3 por material b) % rotura sobre torta por material.



Observaciones

- para el material **ihro adulta** se observa una **menor pérdida de almendra** debido aquí tiene una menor rotura en las prensas.
- Para el material Papua adulta se observa una mayor pérdida debido a una mayor rotura de éste material en las prensas.
- Para el material joven se observa un comportamiento intermedio de pérdida de almendra debido a una rotura intermedia en las prensas para este material.
- No se presenta normalidad en los datos y no se encontraron diferencias estadísticas significativas

4.1.3. COMPORTAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEBIDA AL MATERIAL EN LAS PRENSAS

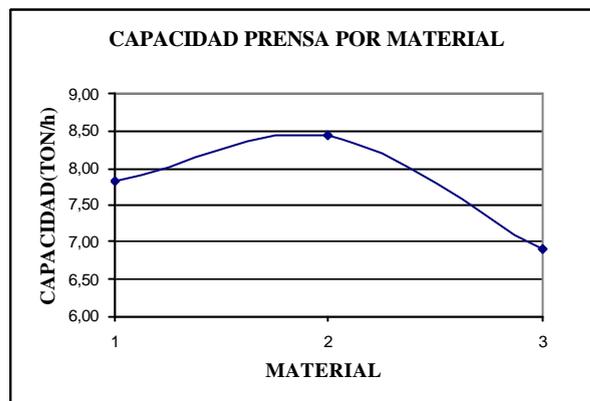
Tabla 73. resultados estadísticos de la capacidad debida al material en las prensas

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Capacidad real(ton/h)	0.1334	L	0.1140

Tabla 74. Promedios de las variables y grupos estadísticos de la capacidad debida al material en las prensas

material	Grupo Estadístico	Capacidad real(ton/h)
1	AB	7,80
2	A	8,43
3	B	6,89

Gráfico 33. Variación de la capacidad de las prensas por material



Observaciones

- para el material ihro adulta se obtiene una capacidad intermedia al ser procesada en las prensas
- para el material **papua adulta** se obtiene una **mayor capacidad** cuando es procesada en la prensas
- para el material joven se observa que al procesarlo se obtiene una menor capacidad en las prensas.
- Se encontró una diferencia poco significativa, mostrando dos grupos estadísticos

4.1.4. VARIABLES DE SEDIMENTACION

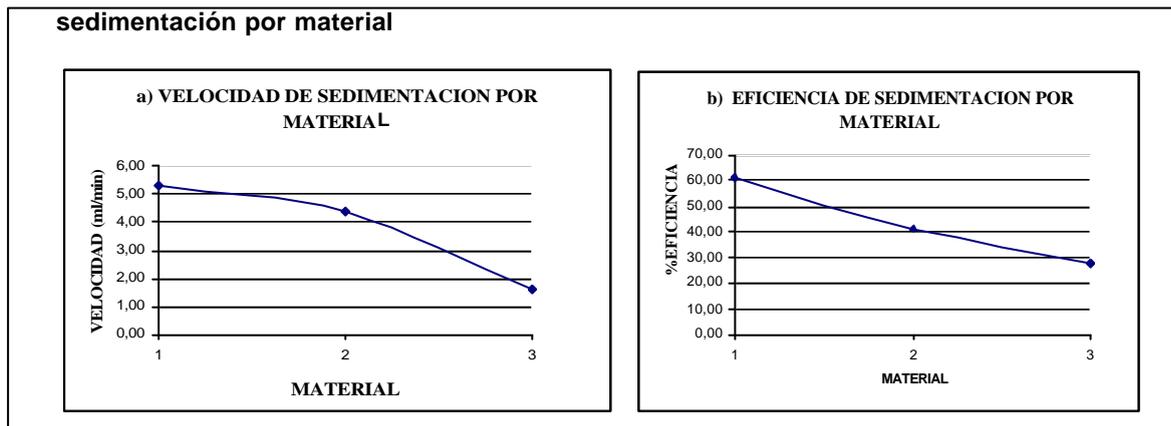
Tabla 75. Resultados estadísticos de sedimentación debido al material en las prensas

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Velocidad (ml/min.)	0.0000	C	0.2206
%eficiencia	0.0207	C	0.2132

Tabla 76.Promedios de las variables y grupos estadísticos

material	Grupo Estadístico	Velocidad (ml/min.)	Grupo Estadístico	%Eficiencia
1	A	5,30	A	61,25
2	A	4,37	B	41,13
3	B	1,63	B	27,72

Gráficos34. a) Velocidad de sedimentación por material b) % de eficiencia de sedimentación por material



Observaciones

- se observa que para **material ihro adulta**, a velocidad y la eficiencia de sedimentación del aceite son mayores lo que hace más ventajosa su clarificación
- para material papua adulta se obtiene una velocidad y eficiencia de sedimentación intermedia.

- Para fruto joven se tiene la menor eficiencia y velocidad de sedimentación de su aceite, lo que hace más difícil el tratamiento de su posterior clarificación
- Aunque no se presenta normalidad en los datos. Se encontró una diferencia poco significativa, mostrando dos grupos estadísticos para velocidad y eficiencia de sedimentación

4.2. ANÁLISIS DE PRENSAS POR MATERIAL

4.2.1. PERDIDAS DE ACEITE

4.2.1.1. PRENSA N^o1

Tabla 77. Resultados estadísticos de perdidas de aceite en fibra debida al material en la prensa 1

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%Ac/ssna	0.4083	L	0.3425
%ssna/torta	0.7046	C	0.7152

Tabla 78. Promedios de las variables y grupos estadísticos de perdidas de aceite en fibra debida al material en la prensa 1

presión	Grupo Estad,	%Ac/ssna	Grupo Estad.	%ssna/torta	Grupo Estad.	%fibra/torta
1	A	6,17	A	66,24	A	52,17
2	A	5,91	A	65,37	A	48,87
3	A	6,74	A	63,7	A	49,65

4.2.1.2. PRENSA N^o2

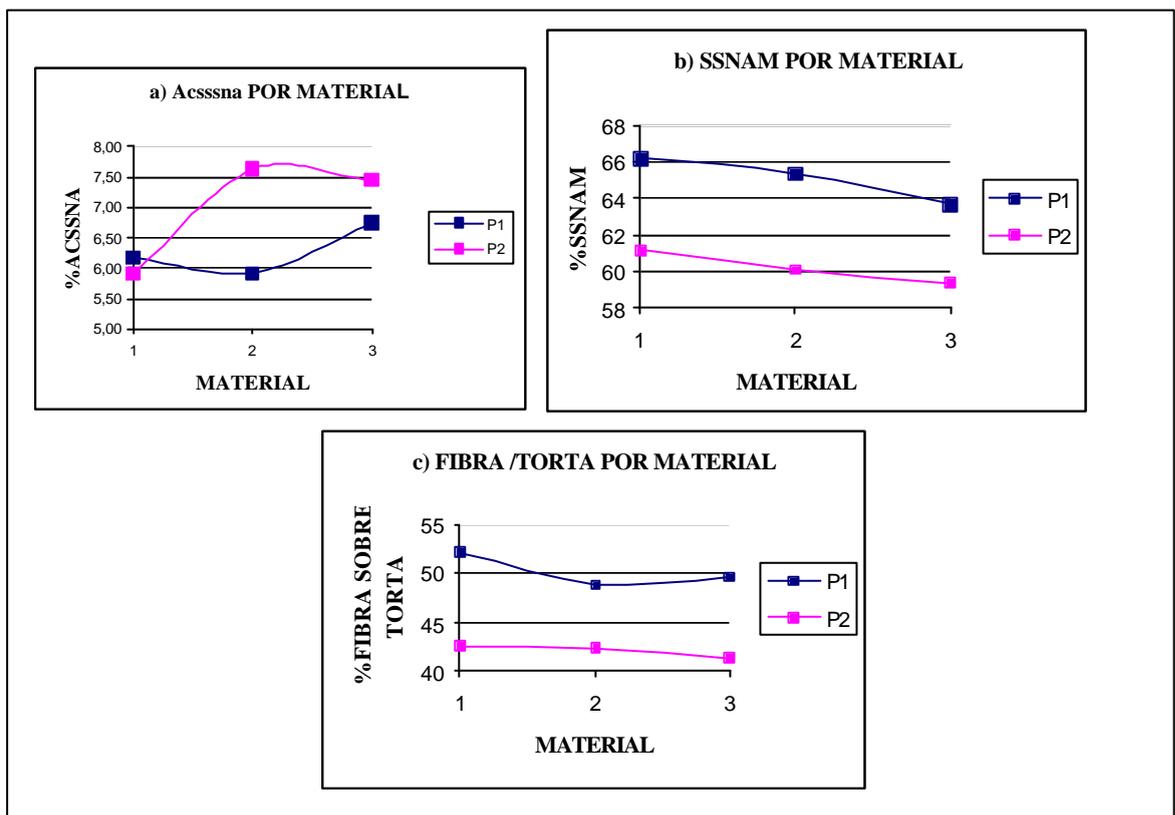
Tabla 79. Resultados estadísticos de perdidas de aceite en fibra debida al material en la prensa 2

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%Ac/ssna	0.0001	C	0.1278
%ssna/torta	0.5511	C	0.9332
%fibra/torta	0.1248	C	0.8862

Tabla 80. Promedios de las variables y grupos estadísticos de pérdidas de aceite en fibra debida al material en la prensa 2

presión	Grupo Estad.	%Ac/ssna	Grupo Estad.	%ssna/torta	Grupo Estad.	%fibra/torta
1	B	5,9	A	61,17	A	42,47
2	AB	7,63	A	60,11	A	42,34
3	A	7,44	A	59,32	A	41,48

Gráficos 35. a) %Aceite sobre sólidos secos no aceitosos por prensa variando al material b) % sólidos secos no aceitosos por prensa variando el material c) %fibra sobre torta por prensa variando el material



Observaciones

- se observa para material ihro adulta de la prensa 1 debe tiene una pérdida de aceite algo menor que el que se observen la prensa 2 , debido el porcentaje de fibra sobre torta y los sólidos secos no aceitosos de la prensa 1 son mayores que los presentados en la prensa 2
- para el material Papua adulta en la prensa 1se observa una pérdida de aceite menor que la prensa 2 debido a que sus porcentajes de fibra sobre torta y su composición de sólidos secos no aceitosos sus son mayores
- para el material joven en la prensa 1 se observa una pérdida de aceite menor que la prensa 2 debido a que sus porcentajes de fibra sobre torta y su composición de sólidos secos no aceitosos sus son mayores.
- Para la prensa 1 se obtiene normalidad en las variable pero no se observan diferencias estadísticas
- Para la prensa 2 se verifica la normalidad de las variables excepto para accsna aunque se encuentra diferencia estadística poco significativa para accsna diferenciándose dos grupos estadísticos.

4.2.2. PÉRDIDA DE ALMENDRA

4.2.2.1. PRENSA N⁰1

Tabla 81. Resultados estadísticos de perdidas de almendra y rotura debida al material en la prensa 1

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%almendra/torta	0.0015	C	0.2951
%rotura/nuez	0.0531	L	0.4331

Tabla 82. Promedios de las variables y grupos estadísticos de perdidas de almendra y rotura debida al material en la prensa 1

presión	Grupo Estadístico	%almendra/torta	Grupo Estadístico	%rotura/nuez
1	A	5,53	A	24,65
2	A	7,13	A	29,02
3	A	6,79	A	27,70

4.2.2.2. PRENSA N°2

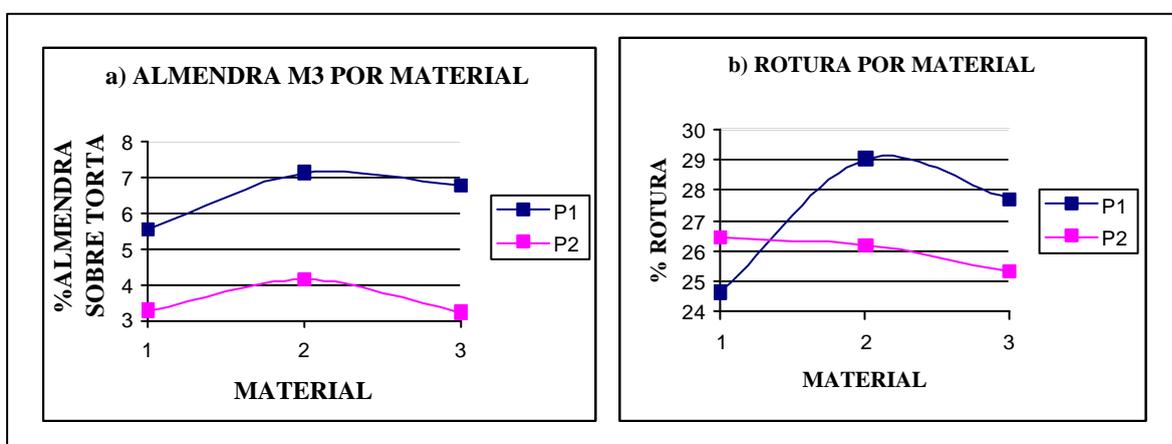
Tabla 83. Resultados estadísticos de perdidas de almendra y rotura debida al material en la prensa 2

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
%almendra/torta	0.7547	L	0.9029
%rotura/nuez	0.1755	C	0.6378

Tabla 84. Promedios de las variables y grupos estadísticos de perdidas de almendra y rotura debida al material en la prensa 1

presión	Grupo Estadístico	%almendra/torta	Grupo Estadístico	%rotura/nuez
1	A	3,28	A	26,44
2	A	4,15	A	26,21
3	A	3,21	A	25,33

Gráficos 36. a) % almendra retenida en malla 3 por prensa variando el material b) % rotura sobre torta por prensa variando el material.



Observaciones

- Para material ihro adulta en la prensa 1 se tiene mayor porcentaje de almendra mayor que de la prensa 2, aunque su rotura es menor
- para material papua adulta en la prensa 1 se obtiene un mayor porcentaje de almendra debido a su mayor porcentaje de rotura
- para material joven en la prensa 1 se tiene el mayor porcentaje de almendra debido a su mayor porcentaje de rotura
- para la prensa 1, la variable almendra no tiene normalidad estadística, no se observan diferencia estadísticas.
- Para la prensa 2 se verifica la normalidad de las variables, pero no se encuentran diferencias estadísticas.

4.2.3. COMPORTAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEBIDA AL MATERIAL EN LAS PRENSAS

4.2.3.1. PRENSA N^o1

Tabla 85.Resultados estadísticos de la capacidad debida al material en la prensa 1

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Capacidad real(ton/h)	0.2909	L	0.1923

Tabla 86.Promedios de las variables y grupos estadísticos de la capacidad debida al material en la prensa 1

presión	Grupo Estadístico	Capacidad real(ton/h)
1	A	6,23
2	A	6,80
3	A	5,54

4.2.3.2. PRENSA N^o2

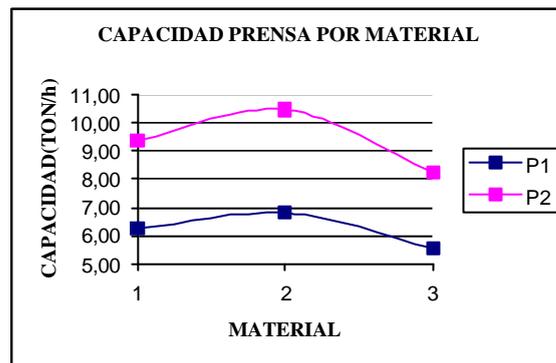
Tabla 87. Resultados estadísticos de la capacidad debida al material en la prensa 2

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Capacidad real(ton/h)	0.7624	L	0.0715

Tabla 88. Promedios de las variables y grupos estadísticos de la capacidad debida al material en la prensa 2

presión	Grupo Estadístico	Capacidad real(ton/h)
1	AB	9,38
2	A	10,47
3	B	8,23

Gráfico 37. Capacidad de cada prensa variando el material



Observaciones

- en general para todos materiales en la prensa 2 se tiene mayor capacidad de procesamiento que en la prensa 1
- se tiene mayor capacidad de procesamiento para el material Papua adulta
- En la prensa 1 se verifica la normalidad de la variable y no se encuentran diferencias estadísticas.
- En la prensa 2 se verifica su normalidad y se encuentra una diferencia poco significativa mostrando dos grupos estadísticos.

4.2.4. VARIABLES DE SEDIMENTACION

4.2.4.1. PRENSA N^o1

Tabla 89. Resultados estadísticos de sedimentación debido al material en la prensa 1

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Velocidad (ml/min.)	0.0014	C	0.5606
%eficiencia	0.1671	C	0.2655

Tabla 90. Promedios de variables y grupos estadísticos de sedimentación debido al material en la prensa 1

presión	Grupo Estadístico	Velocidad(ml/min)	Grupo Estadístico	%Eficiencia
1	A	4,3	A	51,84
2	AB	2,92	A	37,59
3	B	2,26	A	37,43

4.2.4.2. PRENSA N^o2

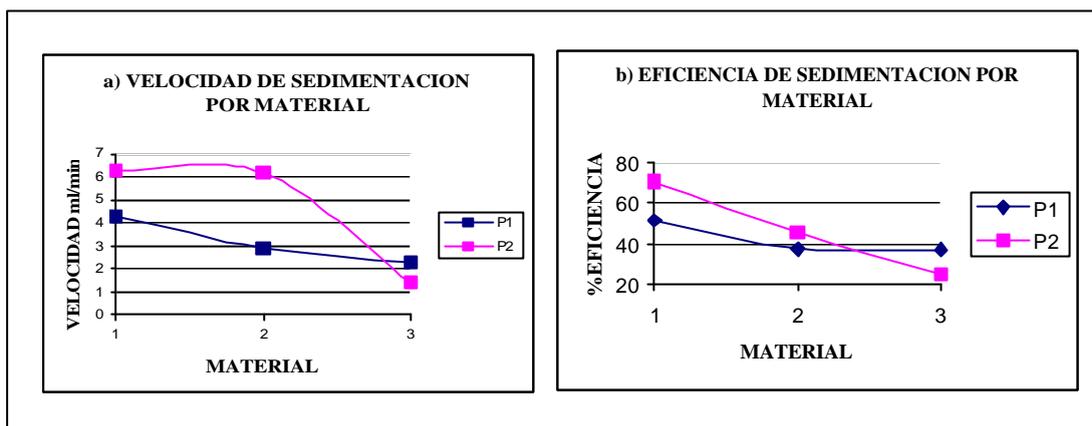
Tabla 91. Resultados estadísticos de sedimentación debido al material en la prensa 2

VARIABLE	P>0.05(normalidad)	modelo ortogonal	p(modelo)
Velocidad (ml/min.)	0.0000	C	0.0391
%eficiencia	0.0503	C	0.5699

Tabla 92. Promedios de las variables y grupos estadísticos de sedimentación debido al material en la prensa 2

presión	Grupo Estadístico	Velocidad (ml/min.)	Grupo Estadístico	%Eficiencia
1	A	6,28	A	70,65
2	A	6,17	B	45,57
3	B	1,38	C	24,97

Gráficos 38. a) Velocidad de sedimentación por material b) % de eficiencia de sedimentación por material.



Observaciones

- para material ihro adulta se tiene mayor velocidad y eficiencia de sedimentación del aceite en la prensa 2
- para material papua adulta se observa una mayor velocidad y eficiencia de sedimentación en la prensa 2 obteniendo gran diferencia en la velocidad de sedimentación
- para material joven en la prensa 1 se obtiene mayor velocidad y eficiencia de sedimentación
- En la prensa 1 no se encuentra normalidad en velocidad, pero se encuentran dos grupos estadísticos poco significativos y se verifica la normalidad para la eficiencia de sedimentación y no se encuentra diferencias estadísticas.
- En la prensa 2 no se encuentra normalidad en velocidad, pero se encuentran dos grupos estadísticos poco significativos y se verifica la normalidad para la eficiencia de sedimentación se encuentra diferencias estadísticas.