

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA LA TECNIFICACIÓN DEL
PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE DE COCO PARA LA EMPRESA
AMANOS ARTESANAL

ANGELA MARIA BECERRA SANCHEZ
MONICA ANDREA CLAVIJO SIERRA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2018

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA LA TECNIFICACIÓN DEL
PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE DE COCO PARA LA EMPRESA
AMANOS ARTESANAL

ANGELA MARIA BECERRA SANCHEZ
MONICA ANDREA CLAVIJO SIERRA

Proyecto integral de grado para optar por el título de:
INGENIERÍA QUÍMICA

Director
Néstor Restrepo Gómez
Administrador en negocios internacionales

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Diego Rodríguez Serrano

Mauricio Calle

Edgar Fernando Moreno

Bogotá D.C. Día ____ Mes____ Año_____

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUÍS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano General de Facultad de ingenierías

Ing. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI

Director del Programa de Ingeniería Química

Ing. LEONARDO DE JESUS HERRERA GUTIERREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente, no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo principalmente a Dios por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado la oportunidad de culminar este objetivo importante en mi vida. Por darme la vida, la fortaleza y la salud. A mis padres, Carlos Becerra y Angélica Sánchez por su incondicional apoyo, sus consejos y motivación constante en este proceso y a lo largo de mi vida; por su esfuerzo de darme un estudio profesional, su amor incondicional y educación. Los amo.

Ángela María Becerra Sánchez

Dedico este logro principalmente a Dios por darme la oportunidad de terminar esta etapa y por llenarme de fortaleza en cada paso que doy. A mi familia por sus palabras de aliento, porque creyeron en mi capacidad y esfuerzo para alcanzar siempre lo propuesto, por su amor y apoyo incondicional. A mi compañera quien a través del tiempo fortalecimos nuestros lazos de amistad, por la confianza y comprensión en los momentos difíciles que nos ayudaron a crecer juntas en esta nueva experiencia.

Monica Andrea Clavijo Sierra

AGRADECIMIENTOS

Quiero mostrar mis más sinceros agradecimientos a la empresa Amanos Artesanal, a sus dueños Néstor Restrepo y Xiomara Londoño por permitirnos trabajar con ellos, por brindarnos todo su apoyo, conocimientos e información necesaria para la realización de este trabajo. A nuestro orientador el Ingeniero Diego Rodríguez, a la ingeniera Martha Acosta y al ingeniero Luis Vélez por su guía, conocimientos y apoyo que brindaron en este proceso. Al Tecnoparque Nodo Bogotá por abrirnos sus puertas para el desarrollo de gran parte de este proyecto. Por ultimo a mi compañera, familia y amigos por su apoyo incondicional.

Ángela María Becerra Sánchez

Agradezco a la empresa Amanos Artesanal por permitirnos trabajar de la mano en el proyecto brindándonos toda su colaboración hasta su culminación. A mi asesor el ingeniero Diego Rodríguez y al ingeniero Luis Vélez por su experiencia profesional, dedicación y tiempo. Al Tecnoparque Nodo Bogotá por ayudarnos en el desarrollo de este proyecto. A mi familia por su colaboración y por siempre estar presente en cada etapa de mi vida.

Monica Andrea Clavijo Sierra

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	23
INTRODUCCIÓN	24
OBJETIVOS	25
1. MARCO TEÓRICO	26
1.1 COCO	26
1.1.1 Copra de coco	26
1.2 SITUACIÓN DEL COCO EN COLOMBIA	27
1.3 ACEITES VEGETALES	28
1.3.1 Procesos principales de extracción de aceite.	28
1.3.2 Aceite de coco	29
1.4 PROPIEDADES DE CARACTERIZACIÓN	32
1.4.1 Índice de humedad	32
1.4.2 Cenizas	32
1.4.3 pH	32
1.4.4 Densidad	33
1.4.5 Índice de saponificación	33
1.4.6 Índice de yodo	33
1.5 ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)	33
1.6 CONCLUSIONES DEL PRIMER CAPÍTULO	38
2. DIAGNÓSTICO DEL PROCEDIMIENTO ARTESANAL	39
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	39
2.1.1 Características	39
2.1.2 Dificultades	39
2.1.3 Obtención de la materia prima	40
2.2 PROCESO ARTESANAL ACTUAL PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE DE COCO	40
2.2.1 Diagrama de bloques	40

2.2.2 Descripción del proceso	42
2.2.3 Rendimiento actual del proceso	45
2.2.4 Costos actuales de producción	45
2.3 MATERIA PRIMA: PULPA DE COCO	46
2.3.1 Propiedades organolépticas	46
2.3.2 Propiedades físicas.	47
2.3.3 Propiedades químicas	47
2.4 PRODUCTO: ACEITE DE COCO	48
2.4.1 Propiedades organolépticas	48
2.4.2 Propiedades físicas	49
2.4.3 Propiedades químicas	49
2.5 COSTOS DE VENTA DEL PRODUCTO	50
2.6 DETERMINACIÓN DE VARIABLES CAUSA-EFECTO	51
2.7 CONCLUSIONES DEL SEGUNDO CAPITULO	64
3. ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE DE COCO	65
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS	65
3.1.1 Propiedades organolépticas	65
3.1.2 Índice de humedad.	66
3.1.3 Cenizas.	72
3.1.4 pH	77
3.2 ANÁLISIS DE INFLUENCIA DE VARIABLES DE PROCESO EN EL PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO	79
3.2.1 Diseño pre-experimental y experimentación de alternativas	79
3.2.2 Extracción de aceite con el uso de solventes	97
3.3 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO	105
3.3.1 Propiedades organolépticas	105
3.3.2 Índice de humedad	106
3.3.3 Cenizas	111
3.3.4 pH	114
3.3.5 Densidad	115
3.3.6 Índice de saponificación.	118
3.3.7 Índice de yodo.	122

3.4 SELECCIÓN DE MEJOR ALTERNATIVA DE PROCESO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO	125
3.5 CONCLUSIONES DEL TERCER CAPITULO	126
4. DISEÑO CONCEPTUAL PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE DE COCO	128
4.1 CRITERIOS INICIALES DE DISEÑO	128
4.1.1 Tipo de proceso.	128
4.1.2 Tamaño de planta	128
4.1.3 Obtención de la materia prima	132
4.2 OPERACIONES UNITARIAS	135
4.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PROPUESTO PARA LA EMPRESA AMANOS ARTESANAL	137
4.3.1 Diagrama de bloques	140
4.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (PFD)	140
4.5 DETERMINACIÓN DE MAQUINARIA NECESARIA PARA EL PROCESO	152
4.6 CONCLUSIONES DEL CUARTO CAPITULO	156
5. VALUACIÓN DE LA VIABILIDAD FINANCIERA DE LA PROPUESTA TÉCNICA PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE DE COCO	157
5.1 SUPUESTOS FINANCIEROS	157
5.1.1 Impuesto de renta.	157
5.1.2 Proyección ingresos anuales mes de agosto (situación actual)	157
5.1.3 Tasa interna de retorno	157
5.1.4 Incremento anual de los ingresos	157
5.1.5 Costos de instalación	158
5.2 FLUJOS DE CAJA	158
5.2.1 Situación actual	158
5.2.2 Situación con proyecto	167
5.3 TASA DE DESCUENTO	181
5.4 EVALUACIÓN FINANCIERA	183
5.4.1 Tasa interna de retorno	183
5.4.2 Valor presente neto	184
5.4.3 Relación beneficio-costos	185
5.4.4 Periodo de recuperación	185

5.5 CONCLUSIONES DEL QUINTO CAPITULO	187
6. CONCLUSIONES	188
7. RECOMENDACIONES	190
BIBLIOGRAFÍA	192
ANEXOS	199

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Escalas de evaluación de la severidad del efecto, probabilidad de ocurrencia y la facilidad de detección para cada falla.	36
Tabla 2. Tabla nutricional del aceite de coco Amanos Artesanal, por dosis personal y 100 gramos.	50
Tabla 3. Precio de venta del producto final y su respectiva la ganancia según la presentación en pesos colombianos (\$COP).	51
Tabla 4. Valores resultantes de la multiplicación de cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal.	60
Tabla 5. Números de prioridad de riesgo ordenadas de manera descendente.	61
Tabla 6. Porcentaje y porcentaje acumulado para cada falla.	62
Tabla 7. Resultados del peso de cada muestra más la capsula de porcelana.	68
Tabla 8. Resultados de peso de la muestra con respecto al tiempo de ejecución de la práctica.	69
Tabla 9. Resultados del porcentaje de humedad para cada muestra.	70
Tabla 10. Resultados del porcentaje de cenizas para cada muestra.	73
Tabla 11. Resultados de peso de las cenizas para cada muestra.	74
Tabla 12. Resultados del porcentaje de cenizas para cada muestra	75
Tabla 13. Composición nutricional del coco por 100g (minerales).	76
Tabla 14. Composición nutricional del coco por 100g (nutrientes).	76
Tabla 15. Resultados de la medición de pH en las muestras.	79
Tabla 16. Datos de porcentaje de extracción de aceite de coco obtenido en la experimentación para cada uno de las alternativas propuestas.	91
Tabla 17. Resumen datos cálculos para cada ecuación, usando como referencia los datos de la Tabla 16.	93
Tabla 18. Cálculos del análisis de varianza para los diferentes valores del porcentaje de aceite, usando como referencia los datos de la Tabla 16.	94
Tabla 19. Valor teórico de F con significancia del 0,05 para los factores e interacciones entre factores.	94
Tabla 20. Comparación de los porcentajes obtenidos en la extracción de aceite con la pulpa de coco húmeda en base seca.	96
Tabla 21. Resultados de extracción por solvente para la obtención de aceite de coco (Pulpa de coco húmeda).	101
Tabla 22. Resultados de extracción por solvente (Pulpa de coco seca).	102

Tabla 23. Resultados del peso de cada muestra más la capsula de porcelana.	107
Tabla 24. Resultados de peso de la muestra con respecto al tiempo de ejecución de la práctica.	108
Tabla 25. Resultados del porcentaje de humedad para cada muestra de aceite	109
Tabla 26. Resultados del porcentaje de cenizas para cada muestra de aceite.	112
Tabla 27. Resultados de peso de las cenizas para cada muestra de aceite.	112
Tabla 28. Resultados del porcentaje de cenizas para cada muestra de aceite.	113
Tabla 29. Resultados de la medición de pH en las muestras de aceite	114
Tabla 30. Resultados de la medición de densidad en las muestras de aceite.	116
Tabla 31. Resultados de la medición de densidad del agua destilada.	117
Tabla 32. Resultados de densidad para las muestras.	117
Tabla 33. Resultados de densidad relativa para las muestras de aceite.	118
Tabla 34. Resultados de índice de saponificación	120
Tabla 35. Resultados del cálculo del índice de saponificación.	121
Tabla 36. Resultados de índice de yodo.	124
Tabla 37. Resultados del cálculo del índice de yodo.	124
Tabla 38. Porcentaje de obtención de aceite de coco por ensayo (coco deshidratado).	130
Tabla 39. Promedio, desviación estándar y distribución normal de los datos de extracción de aceite de coco. (Datos obtenidos en Excel).	130
Tabla 40. Promedio del porcentaje de obtención de aceite de coco por ensayo (coco deshidratado).	132
Tabla 41. Tabla comparativa para la obtención de la materia prima.	132
Tabla 42. Estimación de alternativas para 5 kilos de materia prima.	134
Tabla 43. Balance de masa del proceso tecnificado de obtención de aceite de coco.	142
Tabla 44. Promedio del porcentaje de obtención de torta de coco y leche de coco.	145
Tabla 45. Promedio del porcentaje de obtención de agua residual y pasta de coco.	147
Tabla 46. Promedio del porcentaje de obtención de vapor de agua y aceite de coco más sólidos.	148
Tabla 47. Promedio del porcentaje de obtención de sólidos y de aceite de coco.	150

Tabla 48. Balance general del proceso.	151
Tabla 49. Activos fijos (depreciables y no depreciables) de la situación actual.	158
Tabla 50. Activos diferidos de la situación actual.	159
Tabla 51. Capital de trabajo necesario para la situación actual.	159
Tabla 52. Costos de producción de la situación actual.	160
Tabla 53. Gastos administrativos de la situación actual.	160
Tabla 54. Gastos de comercialización de la situación actual.	161
Tabla 55. Ingresos mes de Agosto de la empresa Amanos Artesanal según sus referencias.	161
Tabla 56. Ingresos para el primer año de la situación actual.	162
Tabla 57. Ingresos para los 5 años de proyección de la situación actual.	162
Tabla 58. Depreciación de activos fijos en línea recta de la situación actual.	163
Tabla 59. Amortización de activos diferidos de la situación actual.	163
Tabla 60. Tabla de amortización para la financiación del crédito de la situación actual.	164
Tabla 61. Liquidación total de los activos fijos depreciables de la situación actual	165
Tabla 62. Diagrama del flujo de efectivo de la situación actual.	166
Tabla 63. Valor total de los enseres necesarios para la situación con proyecto	168
Tabla 64. Activos fijos (depreciables y no depreciables) de la situación con proyecto	169
Tabla 65. Costo de instalación de la maquinaria para la situación con proyecto.	170
Tabla 66. Activos diferidos de la situación con proyecto.	170
Tabla 67. Capital de trabajo necesario para la situación con proyecto.	171
Tabla 68. Salarios.	172
Tabla 69. Costos de producción de la situación con proyecto.	173
Tabla 70. Gastos administrativos de la situación con proyecto.	174
Tabla 71. Gastos de comercialización de la situación actual.	174
Tabla 72. Ingresos para el primer año de la situación con proyecto.	175
Tabla 73. Ingresos para los 5 años de proyección de la situación con proyecto	175

Tabla 74. Depreciación de activos fijos en línea recta de la situación con proyecto.	176
Tabla 75. Amortización de activos diferidos de la situación con proyecto.	176
Tabla 76. Tasas de financiación para crédito comercial ordinario.	176
Tabla 77. Tabla de amortización para la financiación del crédito de la situación con proyecto.	177
Tabla 78. Liquidación total de los activos fijos depreciables de la situación con proyecto.	179
Tabla 79. Diagrama del flujo de efectivo de la situación con proyecto.	180
Tabla 80. Costo de la deuda después de impuestos (kd).	182
Tabla 81. Porcentaje de deuda en relación con el total de recursos (Wd).	182
Tabla 82. Porcentaje de recursos propios en relación con el total de recursos (Wp).	183
Tabla 83. Tasa de descuento.	183
Tabla 84. Tasa interna de retorno.	184
Tabla 85. Valor presente neto.	184
Tabla 86. Relación beneficio-costos.	185
Tabla 87. Periodo de recuperación.	186
Tabla 88. Comparación entre los periodos de recuperación.	186

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Composición nutricional del coco por 100 gramos de ácidos grasos.	48
Cuadro 2. Problemática en cada categoría a evaluar empleadas por la empresa Amanos Artesanal.	53
Cuadro 3. Efectos que generan cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal.	54
Cuadro 4. Calificaciones de la severidad del efecto de cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal.	55
Cuadro 5. Descripciones de cada potencial de causa de cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal.	56
Cuadro 6. Calificaciones de la probabilidad de ocurrencia de cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal.	57
Cuadro 7. Detecciones de causas de cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal	58
Cuadro 8. Calificaciones de las probabilidades de detecciones de causas de cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal.	59
Cuadro 9. Propiedades organolépticas para cada tipo de coco.	65
Cuadro 10. Clasificación de las variables involucradas en el proceso de acuerdo a sus características	84
Cuadro 11. Ecuaciones suma de cuadrados y cuadrados medios.	92
Cuadro 12. Matriz cualitativa de selección del mejor solvente.	104
Cuadro 13. Propiedades organolépticas para cada tipo de aceite.	105
Cuadro 14. Cuadro comparativa para la selección del mejor proceso.	126
Cuadro 15. Equipos y válvulas del proceso.	143
Cuadro 16. Selección de equipos para el proceso diseñado.	152

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de bloques para la obtención de aceite de coco a partir de pulpa de coco.	41
Figura 2. Diagrama de bloques para la obtención de aceite de coco a partir de coco rallado deshidratado.	42
Figura 3. Prensa utilizada para la extracción de aceite de coco.	80
Figura 4. Diagrama genérico de la distribución asimétrica de Fischer.	86
Figura 5. Diagrama de ejecución de alternativas para el diseño de experimentos	87
Figura 6. Diagrama de bloques para la obtención de aceite de coco para la empresa Amanos Artesanal.	140
Figura 7. Diagrama de flujo de proceso para la obtención de aceite de coco para la empresa Amanos Artesanal	141
Figura 8. Operación unitaria de molienda.	143
Figura 9. Operación unitaria de agitación I.	144
Figura 10. Operación unitaria de filtración I.	145
Figura 11. Operación unitaria de decantación.	146
Figura 12. Operación unitaria de agitación II.	148
Figura 13. Operación unitaria de filtración II.	149
Figura 14. Diagrama flujo de efectivo de la situación actual.	167
Figura 15. Diagrama flujo de efectivo de la situación con proyecto.	181

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica 1. Diagrama Pareto con análisis FMEA para analizar las causas y efectos del proceso artesanal actual para la obtención de aceite de coco	63
Gráfica 2. Diagrama lineal del porcentaje de humedad (%) con respecto al tiempo para cada muestra de coco.	71
Gráfica 3. Diagrama de columnas del porcentaje de cenizas (%) para cada muestra de pulpa de coco.	75
Gráfica 4. Diagrama lineal del porcentaje de humedad (%) con respecto al tiempo para cada muestra de aceite de coco.	110
Gráfica 5. Diagrama de columnas del porcentaje de cenizas (%) para cada muestra de aceite de coco.	113
Gráfica 6. Diagrama de distribución normal de los puntos del porcentaje de extracción de aceite por cada ensayo.	131

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Fórmula para calcular el peso de la muestra.	68
Ecuación 2. Fórmula para calcular el porcentaje de humedad (%).	69
Ecuación 3. Fórmula para calcular el peso final de las cenizas.	74
Ecuación 4. Fórmula para calcular el porcentaje de cenizas (%).	74
Ecuación 5. Fórmula para hallar el porcentaje de aceite obtenido (%).	84
Ecuación 6. Fórmula para determinar el valor de $F_{\text{calculado}}$ por medio de la distribución Fisher.	85
Ecuación 7. Fórmula para calcular la masa de coco seca.	95
Ecuación 8. Fórmula para hallar la densidad	117
Ecuación 9. Fórmula para hallar la densidad relativa.	117
Ecuación 10. Fórmula para hallar el índice de saponificación. de acuerdo a sus características	120
Ecuación 11. Fórmula para hallar el índice de yodo.	124
Ecuación 12. Costo instalado.	170
Ecuación 13. Tasa de descuento.	181
Ecuación 14. Tasa interna de retorno.	183
Ecuación 15. Valor presente neto.	184
Ecuación 16. Periodo de recuperación.	186

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Costos actuales de producción de amanos artesanal (2017).	200
Anexo B. Índice de humedad de la materia prima de humedad (%).	201
Anexo C. Cenizas de la materia prima.	202
Anexo D. Resultados de la experimentación para la realización del diseño de experimentos.	203
Anexo E. Experimentación para la realización del diseño de experimentos.	211
Anexo F. Resultados de la extracción por solvente	215
Anexo G. Extracción por solvente.	221
Anexo H. Índice de humedad del producto.	223
Anexo I. Cenizas del producto	224
Anexo J. Índice de saponificación.	225
Anexo K. Índice de yodo.	228
Anexo L. Evaluación financiera.	232

GLOSARIO

ACEITE DE COCO: aceite vegetal comestible que se obtiene de la nuez de coco.

ACEITE PURO: proveniente de una sola especie vegetal. No se admitirá presencia de otro aceite.

ACEITE VEGETAL: obtenido por distintos procedimientos de frutos y semillas sanas y limpias.

ÁCIDOS GRASOS: son componentes naturales de las grasas y los aceites. Son ácidos carboxílicos con cadenas hidrocarbonadas desde 4 a 28 carbonos, saturadas o insaturadas.

ÁCIDOS GRASOS MONO INSATURADOS: son ácidos grasos que poseen una sola insaturación (doble enlace) en la cadena de carbonos.

ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS: son ácidos grasos que poseen dos o más insaturaciones (doble enlace) en la cadena de carbonos.

COCO: es un fruto redondo y alargado de carne blanca, fibrosa y aceitosa cubierta por una cáscara dura, de color marrón y peludo.

COCO PULPA: pulpa de coco recién separada de la corteza.

COCO RALLADO: pulpa de coco tratada que venden deshidratada y rallada.

CORTADO: separación de la pulpa coco, en dos o más porciones, mediante el uso de fuerza.

DISTRIBUCIÓN NORMAL: es una distribución con forma de campana donde las desviaciones estándar sucesivas con respecto a la media establecen valores de referencia.

EXTRACCIÓN: la extracción es la técnica empleada para separar un producto orgánico de una mezcla de reacción o para aislarlo de sus fuentes naturales. Puede definirse como la separación de un componente de una mezcla por medio de un disolvente.

LICUADO: proceso para mezclar el agua con una fruta.

PRENSA: es una máquina empleada en la industria para comprimir distintos tipos de materiales, en este caso para separar un líquido de un sólido.

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS: son las características físicas que pueden percibir de ellos los distintos sentidos, como el sabor, el olor, la textura y el color.

REACTIVO WIJS: solución de yodo con ácido acético glacial al cien por ciento.

REPOSO: permitir que un objeto (mezcla) permanezca en quietud a temperatura ambiente.

TECNIFICAR: introducir procedimientos técnicos modernos en las ramas de producción que no los empleaban.

TRAPO DULCE ABRIGO: también llamado tela bayetilla. Su composición es de cien por ciento de algodón.

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolló con el fin de crear una alternativa de tecnificar el proceso de obtención de aceite de coco para la empresa AMANOS ARTESANAL, por medio de la experimentación para conocer las mejores variables de proceso.

Con base en lo anterior, el proyecto de grado se desarrolló a lo largo de siete capítulos principales. En el primero se expone el marco teórico relacionado con las generalidades de la materia prima: coco, la extracción de aceites vegetales, propiedades de los aceites, el aceite de coco, procesos artesanales, maquinarias, entre otros; el segundo capítulo contiene el diagnóstico realizado a la empresa donde se incluye la descripción de la empresa, el proceso artesanal actual para la obtención de aceite de coco, la materia prima, el producto, el rendimiento del proceso, los costos actuales de venta y la determinación de variables causa-efecto. El tercer capítulo contiene la especificación del proceso para la obtención de aceite de coco, el cual incluye la caracterización de las materias primas, el análisis de influencia de variables actuales de proceso en el porcentaje de extracción de aceite de coco, extracción del aceite con uso de solventes, la caracterización del producto y la selección de las mejores alternativas de proceso. El cuarto capítulo, comprende el diseño conceptual para el proceso seleccionado, en donde se realizó la determinación los criterios de diseño, la operaciones unitarias; también incluye la descripción del proceso, el diagrama de bloques, el diagrama de flujo de proceso, el balance de materia y la selección de maquinaria óptima para el proceso. En quinto capítulo se centra en la evaluación financiera de la situación actual de la empresa y de la situación con proyecto, el cual contiene los supuestos financieros, los flujos de caja de cada situación y la evaluación con los índices financieros. El sexto capítulo muestra las conclusiones del proyecto y por último el séptimo capítulo incluye las recomendaciones que fueron surgiendo en la realización del trabajo.

Los siete capítulos anteriormente nombrados se hicieron con base al desarrollo de los objetivos propuestos en el trabajo de grado, logrando crear una nueva alternativa de producción para mejorar la situación de la empresa. Se debe tener en cuenta que el capítulo dos responde al primer objetivo específico, los capítulos tres y cuatro abarcan la solución del segundo objetivo específico; y el capítulo cinco responde el tercer objetivo específico.

PALABRAS CLAVES: Diseño, Diseño de proceso, Proceso Químico, Extracción por solvente, Aceite puro, Coco, Aceite de coco, Tecnificar, Extracción.

INTRODUCCIÓN

AMANOS ARTESANAL es una empresa ubicada en la ciudad de Medellín y se dedica a la producción artesanal de aceite de coco para uso alimenticio y estético. En su inicio, la empresa manejaba una tasa de producción de 40-60L/mes y actualmente está llegando a los 200L/mes. Es decir que la expansión de la empresa ha sido acelerada para los 16 meses que han estado presentes en el mercado. Sin embargo, ese tipo de proceso artesanal genera muchas fallas en la empresa y en un futuro podrían llegar a impedir una alta producción de aceite de coco, generando pérdidas de producto y económicas.

Es por esa razón, que la empresa planea estrategias para un crecimiento en producción y en ventas. Esa estrategia es crear un posicionamiento en el mercado a partir de un proceso rentable, eficiente y no artesanal. De manera que cada vez más se reconozca los beneficios y el uso del aceite en la sociedad por sus grandes propiedades para la salud.

De acuerdo a lo anterior surge la necesidad de desarrollar una alternativa de tecnificación del proceso de obtención de aceite de coco a partir de la determinación de las mejores condiciones de operación y tipo de proceso, para poder definir los nuevos costos de producción y de inversión que se necesitarían para producir 800L/mes de aceite. Para ello, se realizó primero un diagnóstico de la situación actual de la empresa en el que se conoció la materia prima, propiedades de la materia prima y del producto, el proceso que realizan y su rendimiento, entre otros. Con esa información se determinaron las variables causa-efecto que genera la empresa actualmente y se calificaron con el método de análisis del modo y efectos de falla (AMEF). Se determinaron algunas propiedades de la materia prima que maneja la empresa. Después, se identificaron cuales variables del proceso actual afectaban el rendimiento para la obtención de aceite de coco con el uso de un diseño experimental factorial de 2^3 y con los resultados se determinaron las mejores opciones para el proceso. Además, se evaluó una nueva alternativa de extracción del aceite con el uso de solventes químicos. Se evaluó con la ayuda de la caracterización de los aceite obtenidos, cual alternativa de extracción era mejor: si la escogida por el diseño experimental o la del uso de solvente. Con esa selección, se diseñó la nueva propuesta del proceso con la respectiva selección de equipos. Finalmente, se realizó la evaluación financiera de la situación actual y de la nueva propuesta, para comparar su viabilidad en 5 años.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta para la tecnificación del proceso de obtención de aceite de coco para la empresa Amanos Artesanal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diagnosticar el procedimiento artesanal realizado por la empresa actualmente.
2. Especificar técnicamente equipos y procesos para la obtención de aceite de coco.
3. Evaluar la viabilidad financiera de la propuesta técnica para la obtención de aceite de coco.

1. MARCO TEÓRICO

El marco teórico que fundamenta esta investigación proporcionara definiciones claras acerca de cada uno de los temas generales manejados en todo el documento. Entre ellos se encuentra definiciones como la de la materia prima (coco) del proceso para la obtención del aceite de coco y su situación en Colombia; también sobre los aceites vegetales, propiedades de caracterización, y la definición del modo de análisis de falla (AMEF) para identificar las fallas potenciales actuales de la empresa Amanos Artesanal.

1.1 COCO

Cocos nucifera L., conocida comúnmente como palma de coco, es tal vez uno de los árboles de los trópicos mejor reconocidos y uno de los más importantes económicamente. De este árbol se obtiene el coco, que crece a lo largo de las costas arenosas y en la mayoría de las regiones subtropicales. Este fruto se usa como una fuente de alimento y bebida, aceite, fibra, combustible, madera y otros numerosos productos.¹

Su fruto tiene dos cascaras: una fibrosa, exterior y verde y otra dura, vellosa y marrón que tiene adherida la pulpa, que es blanca y aromática. Su principal uso es destinado a la alimentación, consumiendo el agua y copra del mismo, sin embargo a nivel mundial el fruto es mejor aprovechado en algunos sectores como en la industria para usar la copra como materia prima para la extracción de aceite de uso alimenticio, en productos de higiene corporal y cosmética. El hueso que cubre la copra se emplea para producir carbón y carbón activado, como combustible para calderas; Otra industria es la ganadera, donde la harina de coco es un subproducto de la extracción de aceite y se usa como alimento para el ganado. Las hojas se emplean como forraje para el ganado vacuno en épocas de escasez. Por otro lado en la medicina por su potencial de acción antiséptica y diurética, en muchos países tropicales se emplea como remedio popular contra el asma, la bronquitis, contusiones, quemaduras, estreñimiento, disentería, tos, fiebre, gripa, entre otros.²

1.1.1 Copra de coco. La copra es la almendra seca extraída del coco maduro. Su contenido de humedad se encuentra alrededor de 6% y se clasifica en dos tipos, comestible y para molido. La primera corresponde a una calidad superior y es

¹ PARROTA, J.A. 1993. *Cocos nucifera L. LA: US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.* New Orleans : s.n., 1993. págs. 152-158.

² Rigok. 2011. Scribd . *Scribd.* [En línea] 2011. [Citado el: 13 de Marzo de 2017.] [https://es.scribd.com/doc/63618397/Extraccion-de-Coco.](https://es.scribd.com/doc/63618397/Extraccion-de-Coco)

utilizado para diversas preparaciones comestibles, así como, para el consumo directo. La segunda, es utilizada para la extracción de aceite.³

1.2 SITUACIÓN DEL COCO EN COLOMBIA

“Colombia es un potencial productor de coco debido a las altas productividades de la palma, que superan los promedios mundiales. Esto se debe a que en las zonas productoras en la Costa del Pacífico se siembra en suelos fertilizados naturalmente por el aporte de nutrientes de los suelos de guandal y natal, ubicados detrás de los manglares, procedentes de las corrientes fluviales y de influencia marina, ya que el cultivo no solo soporta, sino que requiere sal para su desarrollo. En regiones como Tumaco en el Departamento de Nariño, y Timbiquí en el Departamento del Cauca, la producción supera las 20 toneladas por hectárea, mientras el promedio mundial apenas llega a 5 toneladas por hectárea. En la Costa Atlántica, aunque no existen las mismas condiciones de influencia fluvio marina, existe una extensa zona en ecorregiones de bosque seco tropical aptas para su cultivo”.⁴

“El país consume parte de la producción en nuez, y cerca del 70% de la fruta es procesada en el interior del país para la industria de cocos deshidratados y para producción de confitería. Adicionalmente se consume cerca del 70% del coco producido en los vecinos países de Panamá y Venezuela. No obstante, esta industria solamente aprovecha la pulpa, constituyendo cerca del 20% de la fruta. La estopa, la cáscara y el agua son desaprovechados, y en gran parte van a parar a los ríos y esteros, o a los basureros y alcantarillas de las ciudades, produciendo problemas ambientales. La pulpa, además de su consumo como alimento o como confite, también produce aceites, que pueden ser utilizados en la industria farmacéutica, cosmética o como alimento con propiedades dietéticas. Pese a que Colombia, Venezuela y Panamá no producen juntos más del 1% de los volúmenes mundiales, en la actualidad hay una sobreoferta de la fruta, que tiene estancado el comercio nacional. Esto conlleva la necesidad de ampliar la Industria de derivados para atender mercados no satisfechos, o como sustitución de importaciones. Para ello se están diseñando tres Proyectos de Industria de Derivados del Coco, ubicados en los tres municipios de mayor producción; Tumaco en Nariño, Timbiquí en el Cauca, y Moñitos en Córdoba, con la posibilidad de que puedan procesar no solo el coco nacional, sino gran parte del importado desde los países vecinos.

³ MARKOSE, V.T. NANDA KUMAR, T.B. 1998. Coconut statistics. s.l. : Libraries Australia, 1998.

⁴ JIMENEZ, C.A. 2012. agro20. [En línea] 11 de Octubre de 2012. [Citado el: 13 de Marzo de 2017.]
<http://agro20.com/group/proyectosdecooperacininternacional/forum/topics/situacion-del-coco-en-colombi>.

Estos Proyectos se enmarcan dentro del desarrollo de Centros de Servicios al Sector Cocotero, que articulen capacitación, investigación, servicio de maquila, desarrollo de emprendimientos, alianzas comerciales, servicios financieros, y demás aspectos que sean de utilidad para el sector”.⁴

1.3 ACEITES VEGETALES

Las sustancias a partir de las cuales se producen los aceites son semillas o frutos. En realidad, todas las semillas y frutos contienen aceite, pero sólo los llamados oleaginosos sirven para la producción industrial de aceite. En cuanto a los frutos oleaginosos, estos provienen principalmente del cocotero (copra), del nogal, de la palma de aceite (palma y palmito) y del olivo (aceitunas). La composición química de los aceites vegetales corresponde en la mayoría de los casos a una mezcla de 95% de triglicéridos y 5% de ácidos grasos libres, de esteroides, ceras y otros componentes minoritarios.⁵

1.3.1 Procesos principales de extracción de aceite.

1.3.1.1 Extracción por prensado. El prensado es la separación de líquido de un sistema de dos fases (sólido – líquido) que no se puede bombear con facilidad, mediante la compresión en condiciones que permiten que el líquido escape al mismo tiempo que retiene el sólido entre las superficies de compresión. En el proceso las fases sólida y líquida se separan por presión, mientras que la separación final del aceite de la fase acuosa y de otras sustancias, se hace por centrifugación. Este modelo es utilizado por las empresas Razeto de Chile, The Grove en Nueva Zelanda, La Carlotta en México. Además es el modelo más común en la producción del aceite de oliva virgen. El proceso inicia con la maceración y el batido de la pulpa hasta lograr una consistencia homogénea. Después se somete a la acción de prensas hidráulicas, generalmente, y se hace pasar a través de una serie de centrifugas. El prensado también se utiliza como una etapa previa a la extracción con solventes, para facilitar la acción y disminuir la cantidad necesaria del mismo.⁶

⁵ El aceite vegetal. [En línea] [Citado el: 13 de Marzo de 2017.] <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9403/3.4.%20EI%20aceite%20vegeta>.

⁶ MORENO, M.C. 2011. Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático. [En línea] 2011. [Citado el: 13 de Marzo de 2017.] <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/marthaceciliaacostamoreno.2011.pdf>.

1.3.1.2 Extracción por solvente. En la extracción por solventes el material debe ser laminado o molido, sin sufrir extracción, para permitir mayor área de contacto entre el sólido y el solvente. Los sistemas modernos de extracción por solventes parecen ser complejos, sin embargo, esta complejidad se debe en gran parte a los sistemas de control, automatización y recuperación de energía. La tecnología básica de extracción por solventes consta de cuatro funciones principales: extracción, remoción del solvente del aceite, destilación y recuperación del solvente, siendo el n-hexano el más comúnmente empleado.⁷

Este método: “Es la transferencia del aceite desde el sólido hasta el solvente/miscela se presentan distintos mecanismos: el material a extraer se pone en contacto con el solvente, el cual inunda los poros intra-partícula y disuelve el aceite formando la miscela, cuya composición queda establecida por el equilibrio logrado con el aceite contenido en el sólido. A través de esta miscela, el aceite difunde hacia el exterior de la partícula y posteriormente, es transportado hacia la salida del lecho por la corriente global. Cabe señalar que el lavado o arrastre del aceite desde su superficie es tan importante como la difusión del aceite dentro del sólido. El tipo de contacto es un factor de relevante importancia en la eficiencia de esta operación”⁸

1.3.2 Aceite de coco. El aceite de coco procede de la nuez de la palmera *Cocos nucífera*, nuez cococida mundialmente. El aceite de coco se puede extraer de la pulpa fresca, pero normalmente se extrae de la “copra”, palabra que deriva de khopra, la palabra india para coco, y que consiste en la pulpa de coco secada al sol o en secaderos artesanales calentados con fuegos de leña. El coco fresco tiene un contenido de alrededor del 23% que se eleva al 65% en la copra.²

De la carne se los frutos maduros (copra), se obtiene el importante producto conocido con el nombre de aceite o manteca de coco por expresión o por medio de una extracción sólido-liquido haciendo uso de disolventes y el residuo (turtó de coco) representa un buen alimento para el ganado.

Los cocos en su forma natural contienen de 30 a 40 % de aceite y la copra de 65 a 75%, esta se exprime en prensas expulsoras o de tornillo, luego el aceite se refina y si contiene de 1 a 12 % de ácidos grasos libres se emplea en la fabricación de productos comestibles, el resto (un 60% del total) se emplea para la producción de

⁷ SEGURA, A.V. 2013. Evaluación del proceso de extracción del aceite de *Jatropha curcas* L. para la producción de biodiésel . [En línea] 2013. [Citado el: 13 de Marzo de 2017.] <http://www.bdigital.unal.edu.co/45446/1/1015994950.2013.pdf>.

⁸ DEMARCO, A. 2009. Extracción por solvente en temas selectos en aceites y grasas. San Pablo : Blucher , 2009.

jabones, alcoholes, detergentes sintéticos, plastificantes, productos de tocador y repostería.⁹

El aceite de coco es muy rico en ácidos grasos saturados de longitud de cadena media. Dada su baja insaturación, es una grasa muy estable químicamente. Se utiliza sobre todo en la fabricación de margarina y como grasa para repostería, y también para aplicaciones no alimentarias, como la fabricación de jabones.²

Una de las propiedades más interesantes del aceite de coco es su composición de ácido laurico (C:12) con propiedades antiviricas y bacterianas, aproximadamente en un 45.4% en peso, seguido del palmítico, mirístico y otros ácidos grasos de bajo peso molecular. El hecho de que a temperatura ambiente solidifique se debe al bajo peso molecular de sus glicéridos, y por su bajo grado de insaturación resiste mucho al enranciamiento. Otras propiedades son el color que varía entre blanco o amarillo, su olor particular del coco, forma sólida a 20 °C y líquida a 30°C, el punto de fusión entre 20-26 °C, insoluble en agua y su densidad a 60 °C esta entre 0,917-0,919 g/ml.⁹

Los procesos de obtención más usados para la extracción de aceite de coco son:

1.3.1.2 Artesanal⁹. Partir el coco para separar la concha de la pulpa, este paso se realiza manualmente, utilizando un hacha partiéndolo por la mitad y se pone al sol aproximadamente por tres días, luego se separa de la concha y cascara de carne o pulpa:

- ✓ Descascarado: Quitar la concha obteniendo coco pelado con una punta de madera, se perfora la cascara y el extremo redondo del coco, luego se mueve para ir removiéndolo por partes.
- ✓ Separación del casco: El casco se separa con el fin de obtener la pulpa, se puede realizar con un cuchillo curvo pues se obtienen mayor rendimiento.
- ✓ Secado: El coco es secado a sol, pero se debe tener todas las precauciones necesarias para evitar la contaminación de este.
- ✓ Rallado o molido: La pulpa, ya lista se ralla o se pasa por un molino de martillos para obtener un producto rallado o molido, se coloca en un recipiente con agua, se deja en reposo por unos minutos; luego se forma una nata que se separa y se pone a cocinar hasta que se seque todo el agua presente, se deja en reposo y luego se prensa en forma manual, pasando el aceite a través de

⁹ CASTRO REINTERIA, A. 2012. Extracción de aceite de coco. *Universidad Nacional Pedro Luiz Gallo*. Lambayeque : s.n., 2012.

una tela de liencillo utilizado como filtro a fin de obtener la mayor cantidad de aceite.

1.3.1.3 Por secado.⁹

- ✓ Descascarado: Este paso se realiza manualmente, utilizando una estaca de madero o hierro afilado, fijada en la tierra. El coco se clava en la punta de la misma, para perforar la cascara y el extremos redondo del coco, luego se mueve para ir removiendo la cascara por partes.
- ✓ Auto clavado: Este proceso se realiza con el fin de ayudar a separar la concha de la pulpa, aplicando calor por unos minutos; luego se quiebra la concha y se obtiene la pulpa.
- ✓ Separación del coco: El casco se separa para obtener la pulpa, para tener el mayor rendimiento posible para facilitar las operaciones posteriores.
- ✓ Eliminación de la testa: Este proceso puede realizarse con un cuchillo curvo o con una máquina de pelado abrasivo.
- ✓ Rallado: La pulpa ya lista pasa por un molino de martillos para obtener un producto de rallado estándar y calidad uniforme.
- ✓ Secado: El método más recomendado es el que utiliza la circulación de aire caliente por bandejas conteniendo el producto fresco, extrayendo el agua del mismo hasta obtener un producto con la humedad deseada. La temperatura óptima de secado es de 70 grados Celsius. También se debe tener en cuenta la velocidad de flujo de aire, espesor de la capa de coco a secar y el tiempo de secado. El secado al sol también es otra opción, en este caso se debe tener todas las precauciones necesarias para no contaminar el coco.
- ✓ Prensado: Se realiza con una maquina especial, diseñada para esta labor del presando; obteniendo el aceite crudo de coco.
- ✓ Empaque: Los materiales más usados son el papel aluminio, polietileno de baja densidad o poliéster.
- ✓ Almacenamiento: Debe mantenerse en ambientes de humedad relativa uniforme y no extrema.

1.3.1.4 En húmedo⁹. Es la extracción húmeda, el proceso inicialmente es igual al procesamiento en seco, hasta el proceso de rallado, y después de este se procede al prensado para la obtención de una emulsión o leche que luego es separado por efecto del calor, eliminando las trazas de agua, obteniendo así el aceite crido de coco, sin embargo el proceso técnico mejorado es con el uso de la centrífuga.

1.4 PROPIEDADES DE CARACTERIZACIÓN

1.4.1 Índice de humedad. “Todos los alimentos contienen agua en mayor o menor proporción. El agua se encuentra en los alimentos en dos formas: agua libre y agua ligada. El agua libre es la forma predominante, se libera con facilidad por evaporación o por secado. El agua ligada está combinada o unida en alguna forma química a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y adsorbida en la superficie de las partículas coloidales”¹⁰.

La determinación de este índice en las materias empleadas (Pulpa de coco y coco rallado deshidrato) actualmente por la empresa, permitirá conocer su contenido total de humedad y así poder controlarlas para mantener la mejor eficiencia en el proceso de obtención de aceite de coco para:

- Evitar el crecimiento de microorganismos
- Evitar el rápido deterioro de la materia prima
- Mantener las propiedades organolépticas adecuadas del coco

Tener un primer criterio para seleccionar la más adecuada para la extracción de aceite.

1.4.2 Cenizas. Las cenizas se refieren a los residuos inorgánicos que permanecen después de la ignición completa de la materia orgánica¹¹. Esos residuos pueden ser elementos o minerales que se encuentran en combinaciones de sales inorgánicas²⁰, los cuales no se pueden oxidar en nuestro organismo para obtener energía. La importancia de realizar esta prueba ayuda a determinar la

¹⁰ GARCIA MARTINEZ. E, FERNANDEZ SEGOVIA.I. Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. *Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de tecnología de alimentos.* Valencia : s.n.

¹¹ PERALTA GONZÁLEZ, F. MALDONADO ENRÍQUEZ, E. CENTENO ZUÑIGA, M. Manual de prácticas de los laboratorios de alimentos. *Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.* Tabasco : s.n.

calidad, las propiedades organolépticas y nutricionales de algunos alimentos. También, ayuda a clasificar e identificar los alimentos según su porcentaje de cenizas. Por último, ayudaría a tener un segundo criterio para seleccionar la materia prima adecuada para la extracción de aceite.

1.4.3 pH. El pH puede definirse como una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14. Una solución con un pH menor a 7 se dice que es ácida, mientras que si es mayor a 7 se clasifica como básica. Una solución con pH 7 será neutra.¹²

1.4.4 Densidad. La densidad (masa por volumen convencional) es la relación de la masa (de una grasa) en aire con su volumen a una temperatura dada.¹³

1.4.5 Índice de saponificación. El índice de saponificación es el número de miligramos de hidróxidos de potasio que se requieren para saponificar 1 gramos de grasa bajo las condiciones especificadas.¹⁴

1.4.6 Índice de yodo. El índice de yodo es la determinación del grado de insaturación de una grasa, expresado como el número de gramos de yodo absorbidos por 100 gramos de muestra.¹⁵

1.5 ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)

Este análisis es un proceso para reconocer o identificar fallas potenciales en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos y causas para identificar acciones que reduzcan o eliminen las probabilidades de falla y documentar los hallazgos del análisis.¹⁶

El AMEF aplicado a un producto, puede prevenir o detectar posibles fallas en el diseño anticipándose así, a los efectos que esto puede tener en el usuario o en el proceso de producción. Por otro lado, en los procesos esta herramienta puede detectar fallas en las etapas de producción, para prever posibles efectos que

¹² GOYENOLA, G. 2007. Determinación del pH. Guía para la utilización de las valijas viajeras. *Red Mapsa*. 2007.

¹³ NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 336. Grasa y aceites animales y vegetales. Método de la determinación de la densidad (masa por volumen convencional). 2002.

¹⁴ NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 335. Grasa y aceites animales y vegetales. Determinación del índice de saponificación. 1998.

¹⁵ NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 283. Grasa y aceites animales y vegetales. Determinación del índice de yodo. 1998

¹⁶ CONSULTORIA, ASESORIA Y CAPACITACIÓN PRESENCIAL Y VIRTUAL PARA LA COMPETITIVIDAD DE CLASE MUNDIAL. AMEF. [En línea] [Citado el: 14 de SEPTIEMBRE de 2017.] <http://www.icicm.com/files/CurAMEF.pdf> .

puedan llegar a tener en el usuario o en las etapas posteriores del proceso de producción. Por último, en los sistemas, el AMEF puede detectar fallas en el diseño del software aumentando la probabilidad de pronosticar los posibles efectos en el correcto desempeño del mismo.¹⁷

De manera resumida se puede decir que el AMEF es un método analítico estandarizado para detectar y erradicar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos son:¹⁸

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema e identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema
- Documentar el proceso

Los elementos que se utilizarán para el desarrollo del AMEF, son los siguientes:

Determinar los pasos críticos del proceso. En esta etapa debe realizarse un análisis inicial para identificar fallas potenciales que afecten de manera crítica el proceso. Es un buen factor de criticidad la salud, es decir, que debe iniciarse con un análisis para identificar riesgos potenciales para la salud de clientes y colaboradores; seguidamente pueden considerarse factores relacionados con la calidad y luego con la disponibilidad; de esta manera se identifican los pasos críticos del proceso. Vale la pena mencionar que esta etapa debe realizarse con soporte permanente de especialistas en el proceso.¹⁷

¹⁷ INGENIERÍA INDUSTRIAL ONLINE. Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF). [En línea] [Citado el: 14 de SEPTIEMBRE de 2017.] <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>.

¹⁸ GESTIOPOLIS. Manual AMEF Análisis de modo y efecto de fallas potenciales. [En línea] [Citado el: 1 de SEPTIEMBRE de 2017.] <https://www.gestiopolis.com/manual-amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-fallas-potenciales/>.

Determinar las fallas potenciales de cada paso del proceso (modos de falla), determinar sus efectos y evaluar su nivel de gravedad (severidad). Para cada uno de los pasos del proceso deben identificarse las fallas potenciales. En primer lugar, debe revisarse la información histórica y registrar las fallas que hayan ocurrido con anterioridad; en segundo lugar, deben identificarse con ayuda de los especialistas, todas las fallas que pudieran ocurrir en el paso del proceso. Esta identificación debe realizarse con espíritu crítico y analítico¹⁷. El siguiente paso del proceso de AMEF, luego de definir la función y los modos de falla, es identificar las consecuencias potenciales del modo de falla; ésta actividad debe de realizarse a través de la tormenta de ideas y una vez identificadas estas consecuencias, deben introducirse en el modelo como efectos. Se debe asumir que los efectos se producen siempre que ocurra el modo de falla. El procedimiento para Consecuencias Potenciales es aplicado para registrar consecuencias remotas o circunstanciales, a través de la identificación de modos de falla adicionales, el procedimiento es el siguiente¹⁶: Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Se utiliza una escala del 1 al 10: el '1' indica una consecuencia sin efecto. El 10 indica una consecuencia grave¹⁹.

Indicar las causas de cada falla y evaluar la ocurrencia de las fallas. En este paso se deben relacionar las causas asociadas a cada falla identificada en el paso anterior

Indicar los controles (medidas de detección) que se tienen para detectar fallas y evaluarlas. Los controles actuales son descripciones de las medidas que previenen que ocurra el modo de falla o detectan el modo de falla en caso de que ocurran. Los controles de diseño y proceso se agrupan de acuerdo a su propósito¹⁸. En este paso se debe describir el tipo de control que se tiene para detectar cada falla. Además, se debe evaluar, en una escala del 1 al 10, la capacidad de detección de la misma; entre mayor sea la posibilidad de detectar la falla, menor será la calificación¹⁷.

Los elementos anteriores se pueden calificar a partir de la siguiente tabla:

¹⁹ LEAN SOLUTIONS. AMEF, análisis de modo y efecto de la falla. [En línea] [Citado el: 1 de SEPTIEMBRE de 2017.] <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>>. /].

Tabla 1. Escalas de evaluación de la severidad del efecto, probabilidad de ocurrencia y la facilidad de detección para cada falla.

Severidad del efecto	Calificación	Probabilidad de ocurrencia	Calificación	Modo de detección	Calificación
Puede dar como resultado un problema de seguridad o una infracción reglamentaria sin previo aviso.	10	1 en 2	10	Absolutamente incierto que se detectará la falla.	10
Puede dar lugar a un problema de seguridad o violación de las reglamentaciones con advertencia.	9	1 en 10	9	Muy remota posibilidad de que se detecte la falla.	9
La función primaria se pierde o se degrada gravemente.	8	1 en 50	8	Posibilidad remota de que se detecte una falla.	8
La función primaria se reduce y el cliente se ve afectado.	7	1 en 250	7	Muy poca posibilidad de que se detecte un error.	7
La función secundaria se pierde o se degrada gravemente.	6	1 en 1000	6	Baja probabilidad de que se detecte la falla.	6

Tabla 1. (Continuación).

La función secundaria se reduce y se afecta al cliente.	5	1 en 5000	5	Probabilidad moderada de que se detecte una falla.	5
Pérdida de función o apariencia tal que la mayoría de los clientes devolverían el producto o dejarían de usar el servicio.	4	1 en 10000	4	Muy alto riesgo de que se detecte una falla.	4
Pérdida de función o apariencia tal que los clientes lo notan y no daría como resultado una devolución o pérdida de servicio.	3	1 en 50000	3	Alta probabilidad de que se detecte un error.	3
Pérdida de función o apariencia que los clientes no notarán y que no resultará en devolución o pérdida de servicio.	2	1 en 250000	2	Muy alta probabilidad de que la falla sea detectada.	2
Poco o ningún impacto.	1	1 en un millón	1	Casi seguro que se detectará la falla.	1

Fuente: https://courses.edx.org/assetv1:TUMx+QPLS1x+2T2017+type@asset+block@QPLS1X_8-3_FMEA.pdf

Como se puede observar de izquierda a derecha, la figura empieza con la escala de severidad del efecto, seguido por la probabilidad de ocurrencia y la facilidad de detección. Para poder realizar este diagrama se seguirán los siguientes pasos:

- Seleccionar categorías a evaluar: operaciones unitarias.
- Reunir datos: diagnostico
- Determinar las fallas o problemas de cada proceso, teniendo en cuenta las maquinas empeladas, el método, la mano de obra, materiales y el cuidado con el medio ambiente.
- Describir el efecto de cada una.

- Calificar la severidad del efecto según la escala de Failure Mode Effects Analysis (FMEA).
- Describir el potencial de causa para cada efecto.
- Calificar la probabilidad de ocurrencia según la escala de Failure Mode Effects Analysis (FMEA).
- Nombrar como se detectó la causa.
- Calificar la probabilidad de detección según la escala de Failure Mode Effects Analysis (FMEA).
- Se realiza la multiplicación entre los valores obtenidos en los numerales 5,7 y 9.
- Se ordenan los resultados de mayor a menor.

Se grafican los resultados en un diagrama de barras: en el eje x van las categorías, y en el eje y van los resultados obtenidos en el numeral 10, y trazar el gráfico lineal cuadrado.

1.6 CONCLUSIONES DEL PRIMER CAPÍTULO

La tesis está enfocada al uso único de copra de coco (pulpa) como materia prima para la obtención del aceite de coco, por lo que fue necesario dar a conocer que se obtiene directamente de la palma de coco y que su consumo en Colombia es de aproximadamente un 70% de lo que se produce en total en el país, y otro 70% de lo que se importa, debido a que existe sobreoferta del fruto.

La pulpa de coco se usa como alimento, confite o como fuente para producir aceite de coco de uso alimenticio y estético. El aceite como es extraído de un fruto, se considera un aceite de tipo vegetal que contiene principalmente ácidos grasos saturados, y que puede ser obtenido principalmente por extracciones mecánicas como el prensado o químicas como las que requieren del uso de solventes químicos. Para la pulpa y el aceite, se requiere de la identificación de las propiedades organolépticas, físicas y químicas de la materia, con el fin de establecer si estas cumplen o no con la normatividad establecida.

Por último, el análisis de modo de falla permite determinar las fallas potenciales actuales que presenta una empresa, con el fin de detectarlos y empezar a prevenir los efectos negativos y así poder erradicarlos, para obtener mayor eficiencia y confiabilidad en la producción y en la empresa.

2. DIAGNÓSTICO DEL PROCEDIMIENTO ARTESANAL

Este segundo capítulo contiene el diagnóstico realizado a Amanos Artesanal para determinar su situación actual con un análisis de modo de falla (AMEF) con el uso de información obtenida en una entrevista realizada a la empresa para conocer sus generalidades: características, dificultades y modo de obtención de la materia prima; también del proceso artesanal que realizan para la obtención de aceite de coco con sus operaciones unitarias y sus respectivas descripciones, su rendimiento actual, los controles de calidad que tienen en cuenta para el coco y el aceite de coco; y por último, los costos de producción y de venta. Con el fin de conocer cuáles son las causas que están generando efectos negativos y poder eliminarlos al momento de tecnificar el proceso.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1.1 Características. Amanos Artesanal es una empresa ubicada en la ciudad de Medellín, creada en el año 2016, por Néstor Restrepo (Administrador de negocios internacionales) y su esposa Xiomara Londoño. Como el nombre de la empresa indica, todos sus productos son totalmente realizados a mano, con procedimientos cien por ciento artesanales que abarcan desde la compra de la materia prima, su producción, envasado, etiquetado y venta del producto. La manufactura y ventas del aceite que alcanzan aproximadamente 100-200 L de aceite de coco por mes, dependen de las ferias a los que sean invitados, y de los pedidos por redes como: Facebook, Whatsapp e Instagram. Considerando la empresa pequeña por el tamaño de su producción.

La zona de fabricación del aceite de coco se encuentra en su hogar. De manera que, al producir el aceite adecuan correctamente la cocina, limpiando y desinfectando los espacios y utensilios necesarios para poder realizar el proceso. Para ello, cuentan con una prensa y una licuadora semi industrial, lo demás son utensilios básicos de cocina como ollas, estufa y cucharas de madera.

2.1.2 Dificultades. Amanos Artesanal ha pensado en crear un proceso más industrial con equipos adecuados para permitir optimizar la obtención de aceite de coco, lo que ocasionaría un aumento de producción, de ventas y la creación de departamentos para su óptimo funcionamiento. Para ello, requieren del alquiler de un inmueble y la adquisición de maquinaria necesaria para la producción; requiriendo una alta inversión, y ellos actualmente no poseen la estabilidad económica para poderlo llevar a cabo. Piensan que lo que más vale es el conocimiento que han adquirido con los años para poder obtener un producto de alta calidad.

No obstante, la marca ya es conocida en Medellín, debido al apoyo de la alcaldía al ganar el premio como mejores emprendedores el 18 de noviembre del 2016. El premio fue invertido para la obtención de los registros sanitarios del aceite de coco

para uso alimenticio y cosmético, otorgados por el INVIMA. Este tipo de incentivos permiten mantener la alternativa de crecimiento de la empresa en pie para establecerse en el mercado colombiano y tener llegada a otros países.

2.1.3 Obtención de la materia prima. Colombia es considerada un productor potencial de coco, debido a los altos rendimientos de la palma que superan los promedios mundiales; sin embargo existe un déficit del 40% debido a que todo el coco que se obtiene se exporta. Por esta razón, Amanos Artesanal hace parte de la federación nacional de cocoteros, la cual busca optimizar el proceso de cultivación de la palmera, proyecto que es impulsado por el ministerio de agricultura; con lo que ayudarían a cientos de familias a obtener ganancias a partir de sus cultivos y también a las empresas que trabajan con esta materia prima. Esta propuesta ha sido trabajada en México y Brasil obteniendo buenos resultados en su ejecución.

En año 2016, la empresa compraba los cocos en el Urabá (Antioquia), pero el déficit de este fue aumentando con los meses, consiguiéndolo en pocas cantidades pero a un alto costo. Por eso, se decidió para el año 2017 adquirir la materia prima en la plaza de mercado que también llega del Urabá, pero también de otros países como Panamá. Ahorrando así el desplazamiento de la materia prima desde el Urabá hasta esta Medellín. El coco se puede obtener en dos presentaciones: un bulto que contiene 100 cocos de los cuales aproximadamente un 10% se encuentran en mal estado. La otra alternativa es comprar el coco rallado deshidratado a un costo más elevado para disminuir el número de operaciones unitarias y obtener aceite de coco en menos tiempo.

2.2 PROCESO ARTESANAL ACTUAL PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE DE COCO

2.2.1 Diagrama de bloques. El proceso realizado por la empresa Amanos Artesanal es muy variable, debido a que manejan el coco en dos presentaciones diferentes: Pulpa de coco y coco rallado deshidratado. El uso de cada una, depende de la cantidad o rapidez en que quieran obtener el aceite de coco. Si se usa la primera alternativa el proceso consta de nueve operaciones unitarias; mientras que, para la segunda disminuyen a seis unidades de proceso. En esta fabricación, se pueden encontrar operaciones importantes que van desde la separación del agua de coco hasta su correspondiente envasado. Como se puede observar en los diagramas de bloques de las figuras 1 y 2.

Figura 1. Diagrama de bloques para la obtención de aceite de coco a partir de pulpa de coco.

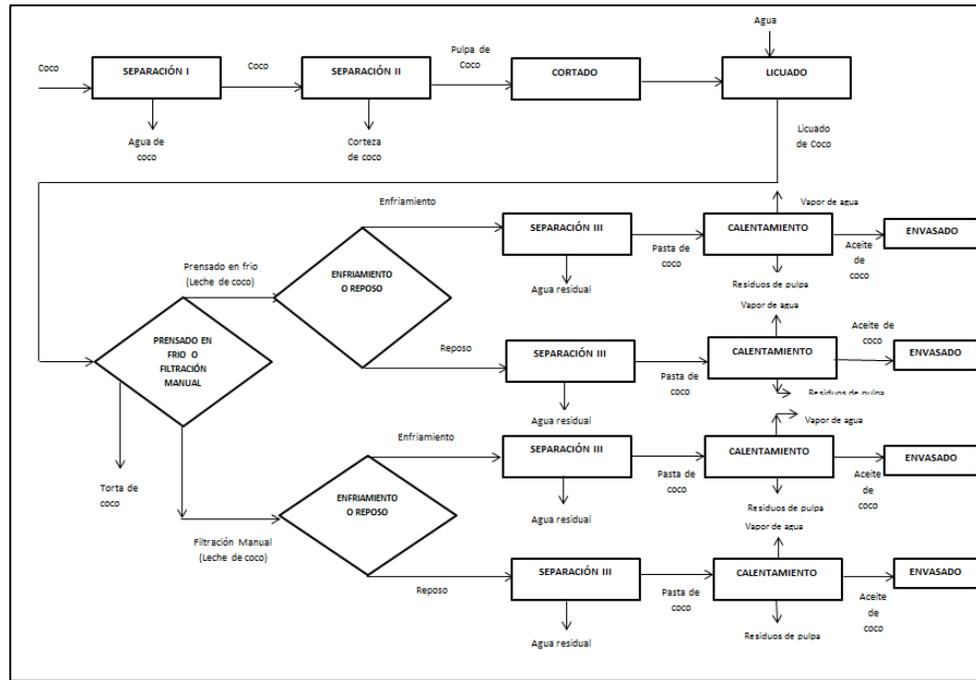
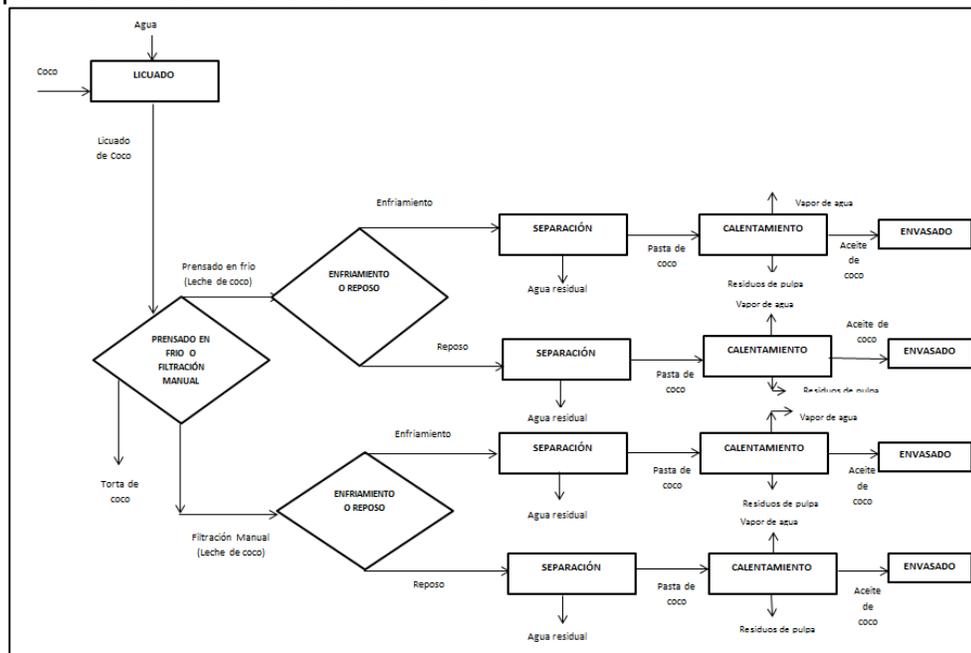


Figura 2. Diagrama de bloques para la obtención de aceite de coco a partir de coco rallado deshidratado.



2.2.2 Descripción del proceso. La empresa puede emplear dos alternativas de proceso:

En la primera alternativa que se ilustra en la figura 1, se muestra el proceso que se realiza en la empresa cuando se emplea como materia prima la pulpa de coco. Se inicia por una separación del agua contenida dentro del fruto, después se separa la pulpa de la corteza. Se corta la pulpa en varios pedazos y se licua con agua previamente calentada. La unidad de proceso siguiente corresponde a una decisión, que dependiendo de la cantidad de cocos usados se determina la operación. Si se usan más de 20 cocos (aproximadamente 10 kilogramos) se realiza prensado en frío, en cambio si la cantidad es menor realizan filtración manual. Sin embargo sea cual sea la decisión, se obtiene la leche de coco y la torta de coco (subproductos). La leche de coco llega a una operación de decisión; en este caso depende de la rapidez en que quieren producir el aceite. Si necesitan separar las fases en menos de 24 horas se refrigera la leche, en cambio si queda tiempo de entrega se deja en reposo durante más de 24 horas. Teniendo las dos fases separadas se procede a realizar una separación para poder apartar la pasta de coco, que se lleva inmediatamente a calentamiento para quitarle el exceso de agua y se obtenga el aceite de coco. Como residuos se tiene el agua que queda de la separación de fases y una pasta de pulpa de coco al realizar el calentamiento. La diferencia con la segunda alternativa de la figura 2, es que se cuenta con coco rallado deshidratado, que permite iniciar el proceso desde el licuado con la adición de agua previamente calentada.

Cada una de las operaciones unitarias empleadas en el proceso artesanal tiene una función importante para poder obtener un aceite cien por ciento natural, y con las características que debe tener para poder ser comercializado:

2.1.1.1 Separación I. Esta es la primera etapa del proceso cuando se emplea pulpa de coco. Para realizar esta etapa se requiere de un elemento puntudo, como un clavo o un tornillo, y de una herramienta que genera presión, como un martillo.

Se deben encontrar los agujeros del coco, y con ayuda de los elementos anteriores se debe presionar sobre ellos y abrir los orificios. Este proceso se realiza con el fin de separar el agua contenida dentro del fruto. Esa agua, se considera un subproducto del proceso, donde en algunos casos es desechada o consumida.

2.1.1.2 Separación II. Después de sacado todo el agua contenida dentro del coco, se procede a romperlo, sujetándolo y tirándolo con fuerza al piso. Si se parte en grandes pedazos, hay que seguir rompiéndolo hasta que quede en pequeños pedazos, para que la extracción de la pulpa se mas fácil. Esta operación existe con el fin de obtener la pulpa del coco, para extraer de ahí el aceite.

Para poder separar la corteza de la pulpa de coco, se forman triángulos en la pulpa con un cuchillo, se perfora entre la corteza y la pulpa, ejerciendo una fuerza hacia arriba, para poder sacar los pedazos más fácil. La corteza del coco es desechada.

Los procesos anteriormente descritos: separación I y separación II, lleva un tiempo de media hora por coco.

2.1.1.3 Cortado. Con un cuchillo bien afilado, la pulpa se corta en pequeños pedazos. Esta operación se realiza con el fin de disminuir el diámetro o tamaño de partícula para que pueda ser licuado fácilmente.

2.1.1.4 Licuado. Al tener la pulpa de coco lista se debe lavar con agua, para quitar restos de corteza. Luego se lleva a una licuadora semi industrial y se le adiciona agua hasta que tape la cantidad de fruta añadida y se licua hasta que la mezcla quede totalmente homogénea.

Este proceso permite obtener un mayor rendimiento de las propiedades al agregarle agua. Es decir, que la pulpa al ser sometido a una trituración con agua, permite que cada uno de sus componentes como proteínas, carbohidratos, minerales, vitaminas y grasas, sean desprendidos de la pulpa y no se queden contenidos en ella, si no en la mezcla con el agua. Obteniendo así una mayor cantidad de grasa, siendo el principal componente del coco²⁰.

2.1.1.5 Prensado en frío o filtración manual. El licuado de coco se introduce a un paño o trapo que recibe el nombre de “Dulce Abrigo” para separar las fases (sólidas y líquidas) contenidas en ella. Es por esa razón que se debe realizar un prensado en frío o una filtración manual. El proceso realizado depende de la cantidad de producción deseada, que se determina con los pedidos de los clientes.

El proceso de filtración es aquella operación de separación sólido-líquido en la que se produce la separación de partículas sólidas de líquidos a través de un medio filtrante o filtro²¹. En este caso el medio filtrante o filtro es el “Dulce Abrigo” o tela de algodón, que no deja pasar la mayoría de partículas sólidas (70% aproximadamente), separando la fase líquida (leche de coco) al dejarlo caer en un

²⁰ BOTANICAL . *Valor nutricional del coco (Coco nucifera L.)* . [En línea] [Citado el: 21 de Junio de 2017.] BOTANICAL. Valor nutricional del coco (Coco nucifera L.) http://www.botanical-online.com/coco_fruta.htm.

²¹ MARTÍN. I, SALCEDO. R, FONT. R. 2011. Mecánica de fluidos, Tema5. Operaciones separación, solido-fluido. San Vicente del Raspeig : s.n., 2011.

recipiente, con ayuda de la fuerza manual. Este se realiza cuando el pedido está por debajo de 1 Litro.

El prensado es la separación de líquido de un sistema de dos fases (sólido – líquido), mediante la compresión en condiciones que permiten que el líquido escape al mismo tiempo que retiene el sólido entre las superficies de compresión²². Es por eso que al tener producciones mayores a 1 Litro, la empresa debe usar este método, con el uso de una prensa mecánica y un paño para poder filtrar el licuado; y así optimizar el tiempo de obtención del aceite. En un recipiente queda la leche de coco (líquido) y en el paño queda harina de coco (sólido), esta última es destinada como alimento para Caballos.

2.1.1.6 Enfriamiento o reposo. Esta técnica se realiza para poder separar la fase acuosa de la oleosa, debido a que estas dos fases son insolubles y generan dos capas en el recipiente donde está ubicado el licuado. La capa de arriba es el aceite y la de abajo es el agua; esto pasa porque los aceites son menos densos que el agua y ascienden a la superficie. La densidad del aceite de coco varía entre 0.908-0.921 g/cm³ en temperaturas entre 20-40°C.²³ Confirmando así, que su densidad es inferior a la del agua (1 g/cm³ aproximadamente), permitiendo que se diferencien las fases.

En cuanto al tipo de técnica, se debe tener en cuenta si la entrega debe hacerse rápido o hay tiempo suficiente. En caso de la primera, se procede a enfriar el licuado en la nevera donde la temperatura oscila entre 4-5 °C, para que el aceite ascienda y se solidifique más rápido (120-300 minutos). Si no, se puede dejar reposando en un espacio cálido (720-1200 minutos).

2.1.1.7 Separación III. Una de las grandes ventajas del aceite de coco es que a temperatura ambiente (23-24°C), su estado es sólido⁴. Lo que hace que la separación del aceite en esta etapa sea mucho más fácil a comparación de otros aceites. Esta operación se realiza con ayuda de una cuchara grande, y el aceite se lleva a un sartén de cocina.

²² MORENO ACOSTA, M.C. 2011. Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático. *Universidad Nacional de Colombia*. [En línea] 2011. [Citado el: 21 de Junio de 2017.] <http://www.bdigital.unal.edu.co/4070/1/marthaceciliaacostamoreno.2011.pdf>.

²³ GOPALA KRISHNA A.G, RAJ G. SINGH BHATNAGAR, A, PRASANTH KUMAR P.K. CHANDRASHEKAR, P. Coconut Oil: Chemistry, Production and Its applications- A review. India. [En línea] [Citado el: 21 de Junio de 2017.] http://www.academia.edu/7874084/Coconut_Oil_Chemistry_Production_and_Its_Applications_-_A_Review.

2.1.1.8 Calentamiento. El calentamiento, como se mencionó anteriormente se hace en un sartén de cocina, y se empieza a calentar con el fuego de una estufa. Se debe revolver de manera constante hasta que se generen unas burbujas, se mantenga el color característico transparente del aceite de coco en estado líquido y los residuos de pasta sean mínimos. Si se deja mucho tiempo, se empieza a cambiar la tonalidad a café, y ya no sería apto para la venta.

Esta operación, cumple la función de eliminar el agua contenida en el aceite, después realizar los procesos anteriores.

2.1.1.9 Envasado. Amanos Artesanal envasa manualmente el aceite de coco en frascos de 32, 120, 250, 450 mililitros y 1 litro, y goteros de 32 y 120 mililitros.

2.1.1.10 Almacenamiento. El producto debe mantenerse en lugares oscuros, que no estén expuestos a los rayos de sol. En un rango de temperatura de 20-30°C.

2.2.3 Rendimiento actual del proceso. Los rendimientos en los procesos industriales dependen principalmente de la cantidad de materia prima empleada, las condiciones óptimas del proceso y el buen uso de los equipos. Por eso, con todas las operaciones unitarias realizadas adecuadamente se tiene que por cada coco pequeño de 400 gramos se obtienen 46 mL de aceite.

Entonces para poder envasar cada una de sus presentaciones más vendidas se necesita aproximadamente:

Envase de 32 mL: 1 coco o 400 gramos de coco rallado.

Envase de 120 mL: 3 cocos o 1.2 Kilogramos de coco rallado.

Envase de 250 mL: 6 cocos o 2.4 Kilogramos de coco rallado.

Envase de 450 mL: 10 cocos o 4 Kilogramos de coco rallado.

Envase de 1L: 22 cocos o 8.8 Kilogramos.

2.2.4 Costos actuales de producción. Amanos Artesanal ha concretado unos costos actuales de producción para el año 2017, en los que involucran los costos de los frascos (envases) del aceite, etiquetas, mano de obra y otros. Los otros, son los servicios públicos que se requieren para poder realizar el producto final como la luz, el gas y el agua, que generan gastos de \$4500 Pesos colombianos (COP) por día, también involucran el sueldo del contador que es de \$3334 COP por día y el software con \$2000 COP por día.

Existen unos costos fijos por cada envase, como la etiqueta que tiene un valor de \$200 COP, la mano de obra \$500 COP y los servicios públicos, sueldo del contador y el software \$1000 COP (excepto el gotero de 32 mL que tiene un valor de \$500 COP). Sin embargo, para cada presentación varían los valores de los frascos y el aceite producido:

Envase de 32 mL: Frasco \$610 COP, gotero \$166 COP y el aceite \$1120 COP

Envase de 120 mL: Frasco \$636 COP, gotero \$34 COP y el aceite \$4200 COP

Envase de 250 mL: Frasco \$887 COP y el aceite \$8750 COP

Envase de 450 mL: Frasco \$1668 COP y el aceite \$15750 COP

Envase de 1L: Frasco \$2000 COP y el aceite \$35000 COP

A partir de lo anterior, se puede calcular los costos finales por cada envase de aceite empacado, dando como resultado para volúmenes de 32 mL un valor de \$2930 COP en frasco y \$2086 COP en gotero; 120 mL con un valor de \$6536 COP en frasco y \$6240 en gotero; 250 mL con un valor de \$11337 COP en frasco; 450 mL con un valor de \$19118 COP en frasco; y finalmente, 1L con un valor de \$38700 COP en frasco. La tabla de los costos se puede observar en los anexos (Anexo A).

2.3 MATERIA PRIMA: PULPA DE COCO

2.3.1 Propiedades organolépticas. El coco es un fruto, considerado tropical por las zonas en las que se cultiva, obtenido de la palma que recibe el nombre de *Cocotero*. La parte comestible de la fruta de coco (coco carne y agua de coco) es el tejido del endospermo²⁴. Es decir, que extrayendo el agua de coco contenido en el endospermo, se obtiene la pulpa que puede comerse crudo o deshidrato, rallado o en pedazos; en cualquier presentación brinda las mismas propiedades.

Para obtener un aceite de coco, se requiere que la pulpa este en excelentes condiciones para consumirlo. Por lo que sus propiedades organolépticas más importantes son:

²⁴ JEAN W, H Yong. LIYA, Ge. YAN, Fei Ng. SWEE NGIN, Tan. 2009. JEAN W, H Yong. LIYA, Ge. YAN The Chemical Composition and Biological Properties of Coconut (*Cocos nucifera* L.) Water. *Natural sciences and science education academic group. Nanyang Technological University* . Singapur : s.n., 2009.

Color: Blanca

Olor: Característico del coco, suave.

Sabor: Característico del coco, entre neutro y dulce

Textura: Lisa y grasosa.

Para obtener las mejores propiedades y aspectos físicos del coco, se recomienda seleccionar el mejor, y almacenarlo correctamente, Para ello, se recomienda que el coco sea pesado y este se sienta lleno al agitarlo; también, se deben examinar los tres ojos, si estos están llenos de moho o no están secos es mejor no comprarlos. Si está muy dañado, suele pesar más de lo normal y puede explotar más rápido, con olores desagradables, con coloración amarillo y textura dura.

Se debe consumir en el menor tiempo posible si es la pulpa es extraída de su corteza; si no, se puede refrigerar, hasta que no cambie ninguna de sus propiedades organolépticas.

2.3.2 Propiedades físicas. La empresa no tiene en cuenta un estudio de calidad de propiedades físicas, para aprobar la pulpa de coco y poder utilizarla en el proceso de producción de aceite de coco.

2.3.3 Propiedades químicas. La empresa no tiene en cuenta un estudio de calidad de propiedades químicas, para aprobar la pulpa de coco y poder utilizarla en el proceso de producción de aceite de coco.

Sin embargo, la pulpa de coco tiene grandes propiedades nutricionales en los que se encuentran los 3 macronutrientes principales para un buen funcionamiento del cuerpo humano. Esos nutrientes son carbohidratos, proteínas y grasas. Siendo las grasas las más importantes por su mayor composición con aproximadamente 33,49 gramos en 100 gramos de pulpa, de los cuales 29-32 gramos son ácidos grasos saturados, 2 gramos son ácidos grasos mono insaturados; y 0,5-0,7 gramos son ácidos grasos poliinsaturados²⁵. Por su gran cantidad de ácidos grasos saturados, permite que el aceite obtenido de la pulpa sea de estado sólido a temperatura ambiente al tener los enlaces de las cadenas de triglicéridos saturados.

²⁵ DIETAS. *Calorías en coco fresco, frutas frescas*. [En línea] [Citado el: 21 de Junio de 2017.] DIETAS. *Calorías en coco fresco, frutas fresca*<http://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/frutas/frutas-frescas/coco-fresco.html>.

Los ácidos grasos con mayor composición en la pulpa son el mirístico con 6,1 gramos, palmítico con 3,1 gramos, el esteárico con 1,1 gramos y el oleico con 2,1 gramos, como se observa en el cuadro 1. Los tres primeros son ácidos grasos saturados, y el último es insaturado.

Cuadro 1. Composición nutricional del coco por 100 gramos de ácidos grasos.

Ácidos grasos	
Mirístico C14:0 [g]	6,10
Palmitico C16:0 [g]	3,10
Esteárico C18:0 [g]	1,10
Omega 3 [g]	0,00
Ac. Grasos cis	0,00
AGP cis	0,68
Palmitoleico C16:1 [g]	0,13
Oleico C18:1 [g]	2,10
Linoleico C18:2 [g]	0,68
Linolénico C18:3 [g]	0,00
Omega 6 [g]	0,68
Ac. Grasos trans	0,00
AGM trans	0,00

Fuente: DIETAS. Calorías en coco fresco, frutas frescas. [\[En línea\]](http://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/frutas/frutas-frescas/coco-fresco.html). Disponible en: <http://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/frutas/frutas-frescas/coco-fresco.html>. Citado el 21 de Junio de 2017.

2.4 PRODUCTO: ACEITE DE COCO

2.4.1 Propiedades organolépticas. Teniendo en cuenta que las propiedades organolépticas son todas las características que se pueden percibir con los sentidos; se puede evidenciar que el aceite de coco es sólido pero suave a temperatura ambiente, sin embargo a medida en que se tiene contacto con el aceite por la temperatura de corporal empieza a ponerse líquido.

Olor: Característico del coco y levemente dulce

Color: Blanco

Sabor: Se logra distinguir muy poco el sabor característico del coco.

Textura: Solido y grasoso a temperatura ambiente (menor o igual a 24 °C);
Liquido y aceitoso a altas temperaturas (mayor a 24°C).²⁶

2.4.2 Propiedades físicas. La empresa no tiene en cuenta un estudio de calidad de propiedades físicas, para aprobar el aceite de coco.

2.4.3 Propiedades químicas. Amanos Artesanal tiene el registro sanitario del producto aceite de coco debido a que realizaron sus respectivos análisis de calidad en un laboratorio especializado llamado laboratorios Funat S.A.S ubicado en la ciudad de Medellin.

Con estos análisis se logró obtener la tabla nutricional del producto y certificado de calidad del mismo para garantizar que es un aceite apto para uso cosmético y para el consumo alimentario.

Según la tabla 2, se destaca principalmente la composición del aceite por sus ácidos grasos saturados e insaturados sobresaliendo los ácidos grasos principales del aceite de coco: láurico, caprílico y el cáprico. Como se muestra a continuación:

²⁶ 2017. lamasía. *¿Por qué el Aceite de Coco Virgen Extra cambia de estado?* [En línea] 21 de Julio de 2017. [Citado el: 14 de Enero de 2018.] <http://www.lamasia.es/por-que-el-aceite-de-coco-virgen-extra-cambia-de-estado/>.

Tabla 2. Tabla nutricional del aceite de coco Amanos Artesanal, por dosis personal y 100 gramos.

	Por dosis	Por 100 g	% valor diario
Calorías	130	929	
Calorías de grasas	130	929	
Total grasas	14 g	100 g	22%
Saturadas	13 g	93 g	67%
Poliinsaturadas	< 0,5 g	3,5 g	*
Monoinsaturadas	< 1 g	7 g	*
Ácidos grasos de cadena media	9 g (8,694mg)		*
Ácido Láurico	7 g (6,657mg)		*
Ácido Caprílico	1g (1,043mg)		*
Ácido Cáprico	900 mg		*
Dosis: 1 cucharada de 5 ml.			
% Valor diario basado en una dieta de 2000 calorías			
	Energía (Kcal)		45

2.5 COSTOS DE VENTA DEL PRODUCTO

Actualmente, Amanos Artesanal se apoya en unos porcentajes que determinan el precio de venta que van a optar por cada presentación de aceite de coco. Como se mencionó anteriormente, Existen unos costos fijos por envase, etiqueta, mano de obra y los “otros” costos adicionales (servicios auxiliares, asesor de contabilidad y software). Destacando que cada presentación tiene un valor específico por el frascos y la cantidad del aceite producido.

Teniendo en cuenta lo anterior, se pueden calcular los costos del producto terminado pero además, se considera un aumento en el mismo para generar una ganancia que varía entre el 50-100% dependiendo de la presentación del producto y la comparación entre los mismos. Como se muestra a continuación:

Tabla 3. Precio de venta del producto final y su respectiva ganancia según la presentación en pesos colombianos (\$COP).

Presentación	Precio del Producto Final	Precio de Venta	Ganancia
32 ml (FRASCO)	\$ 2.930	\$ 4.395	91%
32 ml (GOTERO)	\$ 2.986	\$ 5.226	100%
120 ml (FRASCO)	\$ 6.536	\$ 11.438	95%
120 ML (GOTERO)	\$ 6.240	\$ 9.360	95%
250 ml (FRASCO)	\$ 11.337	\$ 19.840	95%
450 ml (FRASCO)	\$ 19.118	\$ 33.457	95%
1 L (FRASCO)	\$ 38.700	\$ 58.050	50%

2.6 DETERMINACIÓN DE VARIABLES CAUSA-EFECTO

A partir del diagnóstico realizado a la empresa Amanos artesanal, se puede evidenciar varias causas que generan pérdidas en el rendimiento en la obtención de aceite de coco, costos de producción, desaprovechamiento de subproductos, entre otros. Para ello, se utilizara el diagrama de Pareto, que se define como “una gráfica en donde se organizan diversas calificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades”.²⁷

Su fundamento parte de considerar que un pequeño porcentaje de las causas, el 20%, producen la mayoría de los efectos, el 80%. Se trataría pues de identificar ese pequeño porcentaje de causas “vitales” para actuar prioritariamente sobre él²⁸.

Es decir, que a partir de cada efecto encontrado se evaluará su causa para conocer de todo el proceso artesanal cuáles son los problemas menos y más

²⁷ FERREIRA MARTINEZ, M. Diagramas: Causa-Efecto, Pareto y de flujo. Elementos clave. [En línea] [Citado el: 14 de Agosto de 2017.] FERREIRA MARTINEZ. M, Diagramas: Causa-Efecto, Pareto y de flujo. Elementos clave. Págin<https://www.gestiopolis.com/diagramas-causa-efecto-pareto-y-de-flujo-elementos-clave/>.

²⁸ ROLDAN DOMENECH, J. Diagrama Pareto. Calidad. [En línea] [Citado el: 14 de Septiembre de 2017.] http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama_de_Pareto.pdf.

importantes, o como los nombra Pareto: pocos vitales o muchos triviales, para tomar decisiones y mejorar cada unidad de proceso, la calidad del producto (aceite de coco) y evaluar resultados de los cambios efectuados con ayuda de esta herramienta.

Esa evaluación se realizara a partir de un análisis del modo y efectos de falla (AMEF) o en inglés Failure Mode Effects Analysis (FMEA).

Siguiendo los pasos anteriormente explicados en el literal 1.5, para la empresa:

- Las categorías a evaluar serian cada una de las operaciones unitarias encontradas en las figuras 1 y 2, que son las empleadas actualmente por la empresa.

EJEMPLO: el envasado manual.

- Los datos cualitativos que se utilizaran para analizar cada categoría son los datos a conocer en los numerales anteriores que hacen parte del diagnóstico de toda la empresa. Evaluando así su proceso, materia prima, producto y los costos actuales.
- En el cuadro 2 se puede observar la problemática actual en cada categoría u operación unitaria.

Cuadro 2. Problemática en cada categoría a evaluar empleadas por la empresa Amanos Artesanal.

Proceso	Falla o problemática
Separación I	1 Tiempo de operación medio (1-6 horas)
	2 No cuentan con equipos industriales
	3 No han definida la materia prima óptima para el proceso
	4 No aprovechamiento del agua de coco
	5 No realizan caracterización de la materia prima
Separación II	6 Tiempo de operación alta (12-24 horas)
	7 No cuentan con equipos industriales
	8 No aprovechamiento de la corteza
Cortado	9 Tiempo de operación
	10 No cuentan con equipos industriales
Licuado	11 No cuentan con licuadora de alta capacidad (2 L)
Filtración Manual	12 Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%
	13 No aprovechamiento de la torta de coco
	14 Esfuerzo manual
	15 Tiempo de operación
Prensado en frío	16 Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%
Enfriamiento	17 No cuentan con equipo industrial
	18 No tienen condiciones de operación definidas
	19 En la nevera juntan el licuado de la producción de aceite y comida doméstica
Reposo	20 La zona de reposo es la cocina donde viven
Separación III	21 Herramientas de extracción con eficiencia del 80%
	22 No tienen condiciones de operación definidas
Calentamiento	23 Perdida de propiedades del aceite por alta temperatura (mayor 70°C)
	24 Las herramientas no son óptimas para grandes producciones de aceite
	25 La zona de calentamiento es la estufa de la cocina
	26 Envasado Manual
General	27 No realizan caracterización del producto
	28 No cuentan con un proceso fijo de producción
	29 Higiene
	30 No tienen suficiente espacio para la producción
	31 Mano de obra
	32 No manejan control del proceso (balance de masa)

- En el cuadro 3 se puede observar los efectos que generan cada problema o falla de las operaciones unitarias.

Cuadro 3. Efectos que generan cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal.

Proceso	Falla o problemática	Efecto
Separación I	1 Tiempo de operación medio (1-6 horas)	Producción lenta (retraso de 1-6 horas)
	2 No cuentan con equipos industriales	No pueden producir altas cantidades de aceite (mayor a 200L/mes) y deben manejar más tiempo de producción (1-7 días de retraso)
	3 No han definida la materia prima optima para el proceso	Producción variable y uso de materia prima inadecuada
	4 No aprovechamiento del agua de coco	Pierden la oportunidad de aprovechar un subproducto para la venta y afectación de fuentes hídricas
	5 No realizan caracterización de la materia prima	No conocer las propiedades químicas y físicas de la materia prima puede crear ineficiencias en la producción
Separación II	6 Tiempo de operación alta (12-24 horas)	Producción lenta (retraso de 12-24 horas)
	7 No cuentan con equipos industriales	No pueden producir altas cantidades de aceite (mayor a 200L/mes) y deben manejar más tiempo de producción (1-7 días de retraso)
	8 No aprovechamiento de la corteza	Pierden la oportunidad de aprovechar un subproducto para la venta y crear un producto como el carbón activado
Cortado	9 Tiempo de operación	Producción lenta (retraso de 1-6 horas)
	10 No cuentan con equipos industriales	No pueden producir altas cantidades de aceite (mayor a 200L/mes) y deben manejar más tiempo de producción (1-2 días de retraso)
Licuado	11 No cuentan con licuadora de alta capacidad (2 L)	No pueden producir altas cantidades de aceite (mayor a 200L/mes) y deben manejar más tiempo de producción (1-2 días de retraso)
Filtración Manual	12 Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	Perdidas en la producción entre 5-15%
	13 No aprovechamiento de la torta de coco	Pierden la oportunidad de aprovechar un subproducto para la venta
	14 Esfuerzo manual	Perdidas en la producción entre 1-5%
	15 Tiempo de operación	Producción lenta (retraso de 1-2 horas)
Prensado en frío	16 Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	Perdidas en la producción entre 5-15%
	17 No cuentan con equipo industrial	No pueden producir altas cantidades de aceite (mayor a 200L/mes) y deben manejar más tiempo de producción (1-7 días de retraso)
Enfriamiento	18 No tienen condiciones de operación definidas	Producción no constante
	19 En la nevera juntan el licuado de la producción de aceite y comida doméstica	Contaminación del producto
Reposo	20 La zona de reposo es la cocina donde viven	Contaminación del producto
Separación III	21 Herramientas de extracción con eficiencia del 80%	Perdidas en la producción del 20%
	22 No tienen condiciones de operación definidas	Producción no constante
Calentamiento	23 Pérdida de propiedades del aceite por alta temperatura (mayor 70°C)	Baja calidad del aceite
	24 Las herramientas no son óptimas para grandes producciones de aceite	Perdidas en la producción entre 1-5%
	25 La zona de calentamiento es la estufa de la cocina	Salto de temperatura altos que generan daños en el aceite
Envasado	26 Envasado Manual	Perdidas en la producción 1-5%
	27 No realizan caracterización del producto	No saber si el producto cumple o no con las propiedades físicas y químicas, para comercializarlo
General	28 No cuentan con un proceso fijo de producción	Producción no constante
	29 Higiene	Contaminación del aceite
	30 No tienen suficiente espacio para la producción	Desorden en la producción
	31 Mano de obra	Alto costo del producto
	32 No manejan control del proceso (balance de masa)	No conocen el rendimiento que ejerce su producción

EJEMPLO: se determinó el efecto negativo que causa el envasado manual actualmente a la empresa con las pérdidas en la producción. Eso se debe a no tener herramientas que les ayuden a envasar con más precisión, generando derrames fuera de los recipientes donde va el aceite de coco, perdiendo entre un 1-5% del producto.

- En el cuadro 4 se pueden observar las calificaciones de la severidad del efecto según la escala del análisis de modo de falla (AMFE) ubicada en la tabla 1.

Cuadro 4. Calificaciones de la severidad del efecto de cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal.

Proceso	Falla o problemática	Efecto	Severidad del efecto
Separación I	1 Tiempo de operación medio (1-6 horas)	Producción lenta (retraso de 1-6 horas)	2
	2 No cuentan con equipos industriales	No pueden producir altas cantidades de aceite (mayor a 200L/mes) y deben manejar más tiempo de producción (1-7 días de retraso)	2
	3 No han definida la materia prima optima para el proceso	Producción variable y uso de materia prima inadecuada	2
	4 No aprovechamiento del agua de coco	Pierden la oportunidad de aprovechar un subproducto para la venta y afectación de fuentes hídricas	2
	5 No realizan caracterización de la materia prima	No conocer las propiedades químicas y físicas de la materia prima puede crear ineficiencias en la producción	4
Separación II	6 Tiempo de operación alta (12-24 horas)	Producción lenta (retraso de 12-24 horas)	2
	7 No cuentan con equipos industriales	No pueden producir altas cantidades de aceite (mayor a 200L/mes) y deben manejar más tiempo de producción (1-7 días de retraso)	2
	8 No aprovechamiento de la corteza	Pierden la oportunidad de aprovechar un subproducto para la venta y crear un producto como el carbón activado	2
Cortado	9 Tiempo de operación	Producción lenta (retraso de 1-6 horas)	2
	10 No cuentan con equipos industriales	No pueden producir altas cantidades de aceite (mayor a 200L/mes) y deben manejar más tiempo de producción (1-2 días de retraso)	2
Licuado	11 No cuentan con licuadora de alta capacidad (2 L)	No pueden producir altas cantidades de aceite (mayor a 200L/mes) y deben manejar más tiempo de producción (1-2 días de retraso)	2
	12 Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	Perdidas en la producción entre 5-15%	2
Filtración Manual	13 No aprovechamiento de la torta de coco	Pierden la oportunidad de aprovechar un subproducto para la venta	2
	14 Esfuerzo manual	Perdidas en la producción entre 1-5%	2
	15 Tiempo de operación	Producción lenta (retraso de 1-2 horas)	2
	16 Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	Perdidas en la producción entre 5-15%	2
Enfriamiento	17 No cuentan con equipo industrial	No pueden producir altas cantidades de aceite (mayor a 200L/mes) y deben manejar más tiempo de producción (1-7 días de retraso)	2
	18 No tienen condiciones de operación definidas	Producción no constante	2
	19 En la nevera juntan el licuado de la producción de aceite y comida doméstica	Contaminación del producto	4
Reposo	20 La zona de reposo es la cocina donde viven	Contaminación del producto	4
	21 Herramientas de extracción con eficiencia del 80%	Perdidas en la producción del 20%	2
Calentamiento	22 No tienen condiciones de operación definidas	Producción no constante	2
	23 Pérdida de propiedades del aceite por alta temperatura (mayor 70°C)	Baja calidad del aceite	4
	24 Las herramientas no son óptimas para grandes producciones de aceite	Perdidas en la producción entre 1-5%	2
	25 La zona de calentamiento es la estufa de la cocina	Salto de temperatura altos que generan daños en el aceite	4
Envasado	26 Envasado Manual	Perdidas en la producción 1-5%	2
	27 No realizan caracterización del producto	No saber si el producto cumple o no con las propiedades físicas y químicas, para comercializarlo	7
General	28 No cuentan con un proceso fijo de producción	Producción no constante	1
	29 Higiene	Contaminación del aceite	5
	30 No tienen suficiente espacio para la producción	Desorden en la producción	2
	31 Mano de obra	Alto costo del producto	4
	32 No manejan control del proceso (balance de masa)	No conocen el rendimiento que ejerce su producción	2

EJEMPLO: para el envasado manual se escogió una severidad del efecto de 2, porque existe una pérdida de función o apariencia que los clientes no notarán y que no resultará en devolución o pérdida del aceite.

- En el cuadro 5 se puede observar las descripciones de cada potencial de causa para cada efecto

Cuadro 5. Descripciones de cada potencial de causa de cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal.

Proceso		Falla problemática	Potencial del efecto
Separación I	1	Tiempo de operación medio (1-6 horas)	Solo son dos personas separando para una cantidad alta de cocos (mas de 30), generando retrasos de tiempo
	2	No cuentan con equipos industriales	No cuentan con el personal adecuado para la selección de equipos y no tienen dinero
	3	No han definida la materia prima optima para el proceso	Seleccionan el tipo de materia prima según conveniencia
	4	No aprovechamiento del agua de coco	Solo les interesa la producción del aceite de coco
	5	No realizan caracterización de la materia prima	No cuentan con el personal adecuado para las caracterizaciones y los equipos
Separación II	6	Tiempo de operación alta (12-24 horas)	Solo son dos personas separando para una cantidad alta de cocos (mas de 30), generando retrasos de tiempo
	7	No cuentan con equipos industriales	No cuentan con el personal adecuado para la selección de equipos y no tienen dinero
Cortado	8	No aprovechamiento de la corteza	Solo les interesa la producción del aceite de coco
	9	Tiempo de operación	Solo son dos personas separando para una cantidad alta de cocos (mas de 30), generando retrasos de tiempo
Licuado	10	No cuentan con equipos industriales	No cuentan con el personal adecuado para la selección de equipos y no tienen dinero
	11	No cuentan con licuadora de alta capacidad (2 L)	No cuentan con el personal adecuado para seleccionar las mejores condiciones de operación
Filtración Manual	12	Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	Medio filtrante economico
	13	No aprovechamiento de la torta de coco	Solo les interesa la producción del aceite de coco
	14	Esfuerzo manual	Poca fuerza para extraer
	15	Tiempo de operación	Solo son dos personas cortando para una cantidad alta de cocos (mas de 30), generando retrasos de tiempo
Prensado en frio	16	Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	Medio filtrante economico
	17	No cuentan con equipo industrial	No cuentan con el personal adecuado para la selección de equipos y no tienen dinero
Enfriamiento	18	No tienen condiciones de operación definidas	No cuentan con el personal adecuado para seleccionar las mejores condiciones de operación
	19	En la nevera juntan el licuado de la producción de aceite y comida doméstica	Cuentan con este electrodomestico
Reposo	20	La zona de reposo es la cocina donde viven	Es su hogar
Separación III	21	Herramientas de extracción con eficiencia del 80%	No cuentan con el dinero
	22	No tienen condiciones de operación definidas	No cuentan con el personal adecuado para seleccionar las mejores condiciones de operación
Calentamiento	23	Perdida de propiedades del aceite por alta temperatura (mayor 70°C)	No manejan temperatura exacta
	24	Las herramientas no son óptimas para grandes producciones de aceite	No cuentan con el dinero
	25	La zona de calentamiento es la estufa de la cocina	Cuentan con este electrodomestico
Envasado	26	Envasado Manual	No cuentan con los instrumentos para evitar regar aceite de coco
	27	No realizan caracterización del producto	No cuentan con el personal adecuado para las caracterizaciones y los equipos
General	28	No cuentan con un proceso fijo de producción	No cuentan con el personal adecuado para diseñar el proceso
	29	Higiene	No manejan los parametros de calidad en su totalidad para producir un producto alimenticio.
	30	No tienen suficiente espacio para la producción	El apartamento es pequeño (50 metros cuadrados)
	31	Mano de obra	No tienen dinero para comprar equipos
	32	No manejan control del proceso (balance de masa)	No cuentan con el personal adecuado para realizar el balance de masa

EJEMPLO: el envasado manual tiene un potencial del efecto porque no cuentan con instrumentos para evitar regar el aceite de coco producido.

- En el cuadro 6 se pueden observar las calificaciones de la probabilidad de ocurrencia según la escala del análisis de modo de falla (AMFE) ubicada en la tabla 1.

Cuadro 6. Calificaciones de la probabilidad de ocurrencia de cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal.

Proceso	Falla problemática	Potencial del efecto	Probabilidad de ocurrencia
Separación I	1 Tiempo de operación medio (1-6 horas)	Solo son dos personas separando para una cantidad alta de cocos (mas de 30), generando retrasos de tiempo	10
	2 No cuentan con equipos industriales	No cuentan con el personal adecuado para la selección de equipos y no tienen dinero	10
	3 No han definida la materia prima optima para el proceso	Seleccionan el tipo de materia prima según conveniencia	10
	4 No aprovechamiento del agua de coco	Solo les interesa la producción del aceite de coco	8
	5 No realizan caracterización de la materia prima	No cuentan con el personal adecuado para las caracterizaciones y los equipos	10
Separación II	6 Tiempo de operación alta (12-24 horas)	Solo son dos personas separando para una cantidad alta de cocos (mas de 30), generando retrasos de tiempo	10
	7 No cuentan con equipos industriales	No cuentan con el personal adecuado para la selección de equipos y no tienen dinero	10
	8 No aprovechamiento de la corteza	Solo les interesa la producción del aceite de coco	10
Cortado	9 Tiempo de operación	Solo son dos personas separando para una cantidad alta de cocos (mas de 30), generando retrasos de tiempo	10
	10 No cuentan con equipos industriales	No cuentan con el personal adecuado para la selección de equipos y no tienen dinero	10
Licuado	11 No cuentan con licuadora de alta capacidad (2 L)	No cuentan con el personal adecuado para seleccionar las mejores condiciones de operación	10
	12 Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	Medio filtrante economico	10
Filtración Manual	13 No aprovechamiento de la torta de coco	Solo les interesa la producción del aceite de coco	10
	14 Esfuerzo manual	Poca fuerza para extraer	10
	15 Tiempo de operación	Solo son dos personas cortando para una cantidad alta de cocos (mas de 30), generando retrasos de tiempo	10
	16 Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	Medio filtrante economico	10
Prensado en frío	17 No cuentan con equipo industrial	No cuentan con el personal adecuado para la selección de equipos y no tienen dinero	10
	18 No tienen condiciones de operación definidas	No cuentan con el personal adecuado para seleccionar las mejores condiciones de operación	10
	19 En la nevera juntan el licuado de la producción de aceite y comida doméstica	Cuentan con este electrodomestico	7
Reposo	20 La zona de reposo es la cocina donde viven	Es su hogar	7
Separación III	21 Herramientas de extracción con eficiencia del 80%	No cuentan con el dinero	10
	22 No tienen condiciones de operación definidas	No cuentan con el personal adecuado para seleccionar las mejores condiciones de operación	10
Calentamiento	23 Perdida de propiedades del aceite por alta temperatura (mayor 70°C)	No manejan temperatura exacta	6
	24 Las herramientas no son óptimas para grandes producciones de aceite	No cuentan con el dinero	10
	25 La zona de calentamiento es la estufa de la cocina	Cuentan con este electrodomestico	10
	26 Envasado Manual	No cuentan con los instrumentos para evitar regar aceite de coco	8
General	27 No realizan caracterización del producto	No cuentan con el personal adecuado para las caracterizaciones y los equipos	10
	28 No cuentan con un proceso fijo de producción	No cuentan con el personal adecuado para diseñar el proceso	10
	29 Higiene	No manejan los parametros de calidad en su totalidad para producir un producto alimenticio.	3
	30 No tienen suficiente espacio para la producción	El apartamento es pequeño (50 metros cuadrados)	10
	31 Mano de obra	No tienen dinero para comprar equipos	10
General	32 No manejan control del proceso (balance de masa)	No cuentan con el personal adecuado para realizar el balance de masa	10

EJEMPLO: el potencial del ejemplo se estimó en 8, porque según la escala del AMFE significa: una probabilidad moderada con fallas ocasionales. Es decir que ocurriría de 1 en 50 veces.

- En el cuadro 7 se pueden observar las detecciones de las causas para cada falla o problema.

Cuadro 7. Detecciones de causas de cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal.

Proceso		Falla o problemática	Detección de la causa
Separación I	1	Tiempo de operación medio (1-6 horas)	Detección con medición automatizada
	2	No cuentan con equipos industriales	Detección visual
	3	No han definida la materia prima optima para el proceso	Detección visual
	4	No aprovechamiento del agua de coco	Detección visual
	5	No realizan caracterización de la materia prima	Detección al preguntar
Separación II	6	Tiempo de operación alta (12-24 horas)	Detección con medición automatizada
	7	No cuentan con equipos industriales	Detección visual
	8	No aprovechamiento de la corteza	Detección visual
Cortado	9	Tiempo de operación	Detección con medición automatizada
Licuado	10	No cuentan con equipos industriales	Detección visual
	11	No cuentan con licuadora de alta capacidad (2 L)	Detección al preguntar
Filtración Manual Prensado en frio	12	Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	Detección con prueba experimental
	13	No aprovechamiento de la torta de coco	Detección visual
	14	Esfuerzo manual	Detección visual
	15	Tiempo de operación	Detección con medición automatizada
Enfriamiento	16	Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	Detección con prueba experimental
	17	No cuentan con equipo industrial	Detección visual
	18	No tienen condiciones de operación definidas	Detección al preguntar
Reposo	19	En la nevera juntan el licuado de la producción de aceite y comida doméstica	Detección visual
Separación III	20	La zona de reposo es la cocina donde viven	Detección visual
	21	Herramientas de extracción con eficiencia del 80%	Detección con prueba experimental
Calentamiento	22	No tienen condiciones de operación definidas	Detección al preguntar
	23	Perdida de propiedades del aceite por alta temperatura (mayor 70°C)	Detección con prueba experimental
	24	Las herramientas no son óptimas para grandes producciones de aceite	Detección visual
	25	La zona de calentamiento es la estufa de la cocina	Detección visual
Envasado	26	Envasado Manual	Detección con prueba experimental
General	27	No realizan caracterización del producto	Detección al preguntar
	28	No cuentan con un proceso fijo de producción	Detección al preguntar
	29	Higiene	Detección visual
	30	No tienen suficiente espacio para la producción	Detección visual
	31	Mano de obra	Detección visual
	32	No manejan control del proceso (balance de masa)	Detección al preguntar

EJEMPLO: para la determinación de cómo se detectó la causa del envasado manual se tuvo en cuenta la experimentación realizada en el diagnóstico, donde se generaron derrames del aceite por fuera de los recipientes.

- En el cuadro 8 se pueden observar las calificaciones de la probabilidad de detección según la escala del análisis de modo de falla (AMEF), ubicada en la tabla 1.

Cuadro 8. Calificaciones de las probabilidades de detecciones de causas de cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal.

Proceso		Falla o problemática	Detección de la causa	Probabilidad de detección
Separación I	1	Tiempo de operación medio (1-6 horas)	Detección con medición automatizada	3
	2	No cuentan con equipos industriales	Detección visual	1
	3	No han definida la materia prima optima para el proceso	Detección visual	1
	4	No aprovechamiento del agua de coco	Detección visual	1
	5	No realizan caracterización de la materia prima	Detección al preguntar	4
Separación II	6	Tiempo de operación alta (12-24 horas)	Detección con medición automatizada	3
	7	No cuentan con equipos industriales	Detección visual	1
	8	No aprovechamiento de la corteza	Detección visual	1
Cortado	9	Tiempo de operación	Detección con medición automatizada	3
Licuado	10	No cuentan con equipos industriales	Detección visual	1
	11	No cuentan con licuadora de alta capacidad (2 L)	Detección al preguntar	4
Filtración Manual	12	Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	Detección con prueba experimental	3
	13	No aprovechamiento de la torta de coco	Detección visual	2
	14	Esfuerzo manual	Detección visual	2
	15	Tiempo de operación	Detección con medición automatizada	3
Prensado en frio	16	Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	Detección con prueba experimental	3
Enfriamiento	17	No cuentan con equipo industrial	Detección visual	2
	18	No tienen condiciones de operación definidas	Detección al preguntar	4
	19	En la nevera juntan el licuado de la producción de aceite y comida doméstica	Detección visual	2
Reposo	20	La zona de reposo es la cocina donde viven	Detección visual	1
Separación III	21	Herramientas de extracción con eficiencia del 80%	Detección con prueba experimental	3
	22	No tienen condiciones de operación definidas	Detección al preguntar	4
Calentamiento	23	Perdida de propiedades del aceite por alta temperatura (mayor 70°C)	Detección con prueba experimental	3
	24	Las herramientas no son óptimas para grandes producciones de aceite	Detección visual	2
	25	La zona de calentamiento es la estufa de la cocina	Detección visual	2
Envasado	26	Envasado Manual	Detección con prueba experimental	3
General	27	No realizan caracterización del producto	Detección al preguntar	4
	28	No cuentan con un proceso fijo de producción	Detección al preguntar	4
	29	Higiene	Detección visual	2
	30	No tienen suficiente espacio para la producción	Detección visual	1
	31	Mano de obra	Detección visual	1
	32	No manejan control del proceso (balance de masa)	Detección al preguntar	4

EJEMPLO: Esa detección se calificó con un 3 porque según la escala del AMEF tiene una alta probabilidad de detección.

- Se multiplicaron los valores de la severidad del efecto, su probabilidad de ocurrencia y su probabilidad de detección, dando como resultado los presentados en la tabla 4.

Tabla 4. Valores resultantes de la multiplicación de cada una de las fallas o problemáticas en la empresa Amanos Artesanal.

	Falla o problemática	Severidad del efecto	Probabilidad de ocurrencia	Probabilidad de detección	Número de prioridad de riesgo
1	Tiempo de operación medio (1-6 horas)	2	10	3	60
2	No cuentan con equipos industriales	2	10	1	20
3	No han definida la materia prima óptima para el proceso	2	10	1	20
4	No aprovechamiento del agua de coco	2	8	1	16
5	No realizan caracterización de la materia prima	4	10	4	160
6	Tiempo de operación alta (12-24 horas)	2	10	3	60
7	No cuentan con equipos industriales	2	10	1	20
8	No aprovechamiento de la corteza	2	10	1	20
9	Tiempo de operación	2	10	3	60
10	No cuentan con equipos industriales	2	10	1	20
11	No cuentan con licuadora de alta capacidad (2 L)	2	10	4	80
12	Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	2	10	3	60
13	No aprovechamiento de la torta de coco	2	10	2	40
14	Esfuerzo manual	2	10	2	40
15	Tiempo de operación	2	10	3	60
16	Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	2	10	3	60
17	No cuentan con equipo industrial	2	10	2	40
18	No tienen condiciones de operación definidas	2	10	4	80
19	En la nevera juntan el licuado de la producción de aceite y comida doméstica	4	7	2	56
20	La zona de reposo es la cocina donde viven	4	7	1	28
21	Herramientas de extracción con eficiencia del 80%	2	10	3	60
22	No tienen condiciones de operación definidas	2	10	4	80
23	Perdida de propiedades del aceite por alta temperatura (mayor 70°C)	4	6	3	72
24	Las herramientas no son óptimas para grandes producciones de aceite	2	10	2	40
25	La zona de calentamiento es la estufa de la cocina	4	10	2	80
26	Envasado Manual	2	8	3	48
27	No realizan caracterización del producto	7	10	4	280
28	No cuentan con un proceso fijo de producción	1	10	4	40
29	Higiene	5	3	2	30
30	No tienen suficiente espacio para la producción	2	10	1	20
31	Mano de obra	4	10	1	40
32	No manejan control del proceso (balance de masa)	2	10	4	80

EJEMPLO: la respectiva multiplicación para el envasado corresponde a 2 de la severidad del efecto, por 8 de la probabilidad de ocurrencia, por 3 de la probabilidad de detección, dando como resultado del número de prioridad de riesgo igual a 48.

- Ordenado cada falla o problema se obtiene:

Tabla 5. Números de prioridad de riesgo ordenadas de manera descendente.

	Falla o problemática	Severidad del efecto	Probabilidad de ocurrencia	Probabilidad de detección	Número de prioridad de riesgo
27	No realizan caracterización del producto	7	10	4	280
5	No realizan caracterización de la materia prima	4	10	4	160
11	No cuentan con licuadora de alta capacidad (2 L)	2	10	4	80
18	No tienen condiciones de operación definidas	2	10	4	80
22	No tienen condiciones de operación definidas	2	10	4	80
25	La zona de calentamiento es la estufa de la cocina	4	10	2	80
32	No manejan control del proceso (balance de masa)	2	10	4	80
23	Perdida de propiedades del aceite por alta temperatura (mayor 70°C)	4	6	3	72
1	Tiempo de operación medio (1-6 horas)	2	10	3	60
6	Tiempo de operación alta (12-24 horas)	2	10	3	60
9	Tiempo de operación	2	10	3	60
12	Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	2	10	3	60
15	Tiempo de operación	2	10	3	60
16	Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	2	10	3	60
21	Herramientas de extracción con eficiencia del 80%	2	10	3	60
19	En la nevera juntan el licuado de la producción de aceite y comida doméstica	4	7	2	56
26	Envasado Manual	2	8	3	48
13	No aprovechamiento de la torta de coco	2	10	2	40
14	Esfuerzo manual	2	10	2	40
17	No cuentan con equipo industrial	2	10	2	40
24	Las herramientas no son óptimas para grandes producciones de aceite	2	10	2	40
28	No cuentan con un proceso fijo de producción	1	10	4	40
31	Mano de obra	4	10	1	40
29	Higiene	5	3	2	30
20	La zona de reposo es la cocina donde viven	4	7	1	28
2	No cuentan con equipos industriales	2	10	1	20
3	No han definida la materia prima óptima para el proceso	2	10	1	20
7	No cuentan con equipos industriales	2	10	1	20
8	No aprovechamiento de la corteza	2	10	1	20
10	No cuentan con equipos industriales	2	10	1	20
30	No tienen suficiente espacio para la producción	2	10	1	20
4	No aprovechamiento del agua de coco	2	8	1	16

- Para graficar los resultados obtenidos con el análisis Pareto, se calculó el porcentaje que abarca cada falla o problemática para un cien por ciento. También, se calculó el porcentaje acumulado para ubicar el ochenta por ciento (80%) de los efectos, causados por aproximadamente el veinte por ciento (20%) de las causas.

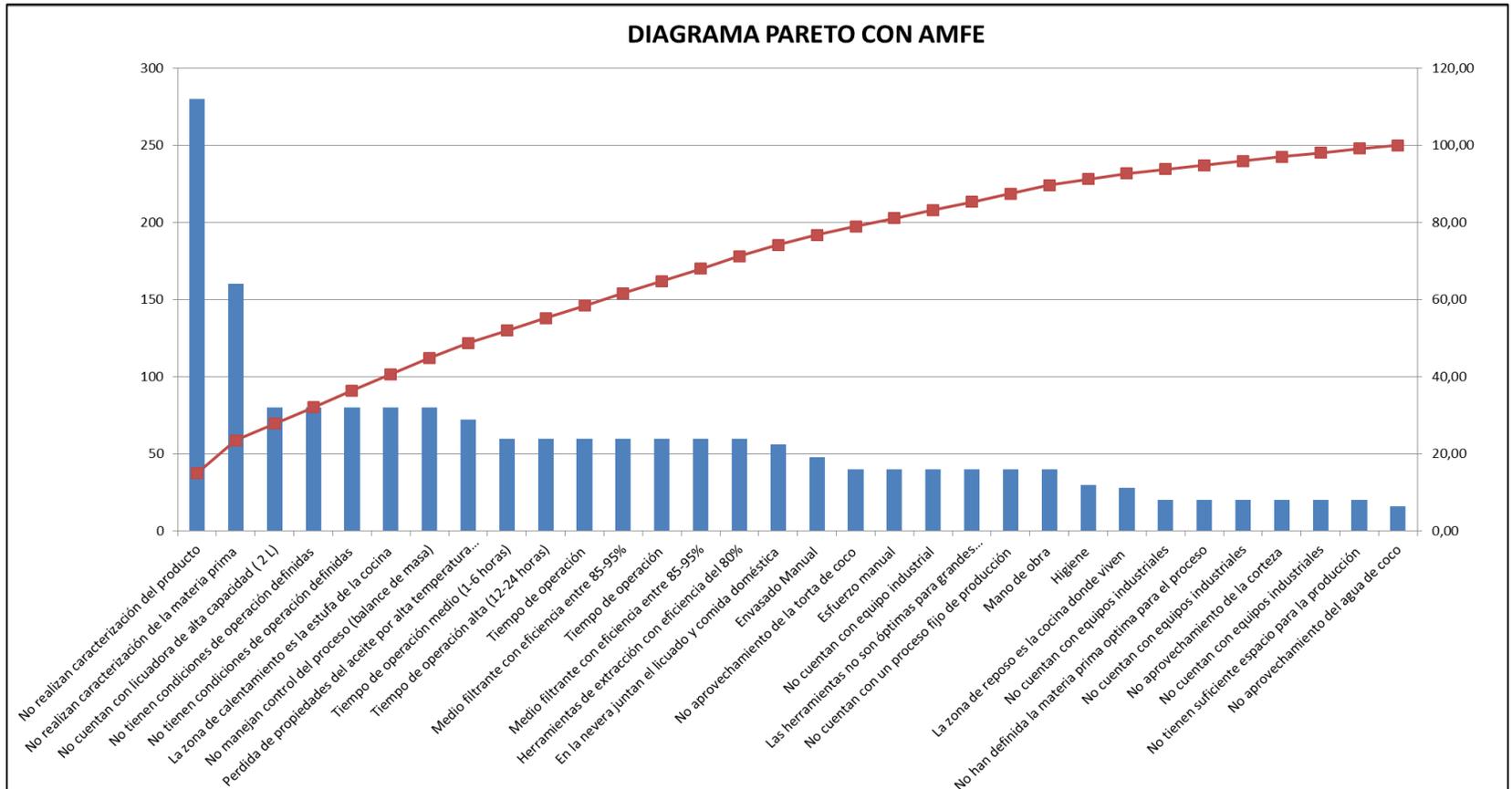
Tabla 6. Porcentaje y porcentaje acumulado para cada falla.

	Falla o problemática	RPN	Porcentaje	Porcentaje acumulado
27	No realizan caracterización del producto	280	14,97	14,97
5	No realizan caracterización de la materia prima	160	8,56	23,53
11	No cuentan con licuadora de alta capacidad (2 L)	80	4,28	27,81
18	No tienen condiciones de operación definidas	80	4,28	32,09
22	No tienen condiciones de operación definidas	80	4,28	36,36
25	La zona de calentamiento es la estufa de la cocina	80	4,28	40,64
32	No manejan control del proceso (balance de masa)	80	4,28	44,92
23	Perdida de propiedades del aceite por alta temperatura (mayor 70°C)	72	3,85	48,77
1	Tiempo de operación medio (1-6 horas)	60	3,21	51,98
6	Tiempo de operación alta (12-24 horas)	60	3,21	55,19
9	Tiempo de operación	60	3,21	58,40
12	Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	60	3,21	61,60
15	Tiempo de operación	60	3,21	64,81
16	Medio filtrante con eficiencia entre 85-95%	60	3,21	68,02
21	Herramientas de extracción con eficiencia del 80%	60	3,21	71,23
19	En la nevera juntan el licuado y comida doméstica	56	2,99	74,22
26	Envasado Manual	48	2,57	76,79
13	No aprovechamiento de la torta de coco	40	2,14	78,93
14	Esfuerzo manual	40	2,14	81,07
17	No cuentan con equipo industrial	40	2,14	83,21
24	Las herramientas no son óptimas para grandes producciones de aceite	40	2,14	85,35
28	No cuentan con un proceso fijo de producción	40	2,14	87,49
31	Mano de obra	40	2,14	89,63
29	Higiene	30	1,60	91,23
20	La zona de reposo es la cocina donde viven	28	1,50	92,73
2	No cuentan con equipos industriales	20	1,07	93,80
3	No han definida la materia prima optima para el proceso	20	1,07	94,87
7	No cuentan con equipos industriales	20	1,07	95,94
8	No aprovechamiento de la corteza	20	1,07	97,01
10	No cuentan con equipos industriales	20	1,07	98,07
30	No tienen suficiente espacio para la producción	20	1,07	99,14
4	No aprovechamiento del agua de coco	16	0,86	100,00
	SUMA	1870	100	

EJEMPLO: finalmente el envasado manual corresponde al 2,57% en daños negativos al proceso de todas las fallas, con un acumulado del 76,79%. Siendo una falla que genera fallas importantes al estar dentro del ochenta por ciento de las fallas vitales, es decir que es prioritaria.

La tabla 6 y la gráfica 1 a continuación permiten evidenciar fácilmente cuales son las fallas más negativas en la empresa actualmente:

Gráfica 1. Diagrama Pareto con análisis AMFE para analizar las causas y efectos del proceso artesanal actual para la obtención de aceite de coco.



Es decir que los efectos que abarcan el ochenta por ciento de todo el análisis son:

- No saber si el producto cumple o no con las propiedades químicas y físicas para poder ser comercializado.
- No conocer las propiedades físicas y químicas de la materia prima.
- No pueden producir altas cantidades de aceite (mayor a 200L/mes) y deben manejar más tiempo de producción.
- La producción no es constante.
- Existen saltos altos de temperatura que pueden generar daños en el aceite.
- No conocen el rendimiento que ejerce su producción.
- Pueden obtener aceite de mala calidad.
- Pueden tener producción lenta, debido a retraso generado en operaciones unitarias como: separación I, separación II, cortado y filtración manual.
- Pueden generar pérdidas en la producción.
- Pierden la oportunidad de aprovechar la torta de coco como subproducto.
- Pequeña probabilidad de contaminar el producto.

2.7 CONCLUSIONES DEL SEGUNDO CAPITULO

Todos los efectos anteriores, son los que generan problemas en la empresa y evitan que se pueda mejorar en la calidad del producto, aumento de producción y de ventas; por lo tanto centrándose en ese veinte por ciento de las fallas y ochenta por ciento de los efectos se reduciría el número de defectos para la empresa Amanos Artesanal.

Como el trabajo de grado consiste en tecnificar el proceso artesanal, se presentaran mejoras en no solo esas, si no en varias variables que tengan un porcentaje menor de impacto, como lo sería el mejorar equipos industriales al proceso.

3. ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE DE COCO

Este capítulo proporcionara la especificación técnica del proceso para la obtención del aceite de coco. Para ello se inició con la determinación de propiedades de caracterización de las materias primas (pulpa de coco y coco rallado deshidratado): propiedades organolépticas, índice de humedad, cenizas y pH. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se realizó un análisis de influencia de variables de proceso en el porcentaje de extracción de aceite de coco; primero con ayuda de un diseño experimental factorial de 2³ usando las opciones presentadas en el diagnóstico del proceso actual (tipo de materia prima, de prensado y temperatura de reposo); y segundo, se evaluó el porcentaje de extracción con el uso de solventes químicos. Con el aceite de la mejor alternativa seleccionada de cada técnica y el aceite producido actualmente por la empresa se realizaron pruebas de caracterización: las propiedades organolépticas , índice de humedad, cenizas, pH, densidad, índice de saponificación e índice de yodo, con el fin de comparar los aceites entre sí y con la normatividad, para finalmente seleccionar la mejor alternativa del proceso que brinde un aceite de alta calidad.

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

Para la realización de estas pruebas de caracterización de las materias primas se contó con el apoyo de la línea de desarrollo de Biotecnología y Nanotecnología del Tecno parque Nodo Bogotá ubicado en la calle 54 No.10-39.

3.1.1 Propiedades organolépticas. Son pruebas sensoriales, tales como la vista, el olfato, el gusto y el tacto. Sus resultados se presentan a continuación:

Cuadro 9. Propiedades organolépticas para cada tipo de coco.

Pulpa de coco	Coco rallado deshidratado
COLOR: Blanco	COLOR: Blanco
OLOR: Característico del coco, suave.	OLOR: Característico del coco, suave.
SABOR: Característico del coco, entre neutro, dulce y húmedo.	SABOR: Característico del coco, entre neutro, dulce y seco.
TEXTURA: Lisa, grasosa y húmeda.	TEXTURA: Lisa, grasosa y seca.

Estos resultados muestran que la única diferencia de las materias primas es su humedad, debido a que uno es deshidratado y el otro es pulpa recién sacada del casco del coco. Pero en el caso contrario, las propiedades como el sabor y la textura no cambian drásticamente por esta característica. El olor y el color no tienen ninguna diferencia.

3.1.2 Índice de humedad.

3.1.2.1 Materiales e insumos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ 8 gramos de pulpa de coco
- ✓ 8 gramos de coco rallado deshidratado
- ✓ 1 espátula
- ✓ 4 cápsulas de porcelana
- ✓ 1 Vidrio reloj

3.1.2.2 Equipos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Mufla entre 105-110°C
- ✓ Desecador

3.1.2.3 Procedimiento. Se tuvo como guía el procedimiento de secado realizado por el departamento de alimentos y biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En donde se calcula el porcentaje de la pérdida de agua (evaporación) en peso por el calentamiento de las muestras bajo condiciones normalizadas²⁹:

Nota: En vez de usar la estufa mencionada en el documento se usó la mufla.

- Precalentar la mufla a 110°C

²⁹ 2007-2008. Fundamentos de técnicas de análisis de alimentos. *Universidad Autónoma de México. Departamento de alimentos y biotecnología. Facultad de química.* México : s.n., 2007-2008.

- Con el uso de la balanza analítica pesar aproximadamente 4 gramos para tipo de coco con dos muestras cada una.
- Lavar las cápsulas de porcelana
- Secar las cápsulas de porcelana en la mufla por aproximadamente 20 minutos.
- Sacar las capsulas de porcelana e insertaras inmediatamente al desecador por 15 minutos para que se enfríen.
- Enfriadas las cápsulas de porcelana, se deben pesar en la balanza analítica.
- Se agregan cada muestra en las capsulas de porcelana.(Para mayor facilidad de reconocer cada capsula se nombraron con números del 1 al 4)
- Se pesan las cápsulas de porcelana con las muestras.
- Las cuatros cápsulas se ingresan al tiempo a la mufla durante 1 hora.
- A la hora se sacan y se llevan al desecador por 15 minutos.
- Se pesan las cápsulas con las muestras.
- Repetir el procedimiento VIII hasta el XI hasta que el peso sea constante.
- Calcular el porcentaje de humedad.

3.1.2.4 Resultados. Las muestras empleadas se enumeraron de la forma:

1. Coco pulpa
2. Coco pulpa (duplicado)
3. Coco rallado
4. Coco rallado (duplicado)

El procedimiento tuvo una duración de 18900 segundos, es decir 5 horas aproximadamente. Dando como resultado en cada hora, el peso de la cápsula más la muestra:

Tabla 7. Resultados del peso de cada muestra más la cápsula de porcelana.

Muestra	Tiempo (s)		Peso Cápsula + muestra (gramos)						
	Peso Cápsula (gramos)		0	3600	7920	11100	16200	18900	
1	27,81	4,09	31,9	29,92	29,72	29,66	29,65	29,63	
2	18,49	4,09	22,58	20,51	20,37	20,33	20,31	20,31	
3	17,09	4,008	21,1	20,95	20,95	20,95	20,94	20,93	
4	19,8012	4,007	23,81	23,66	23,66	23,66	23,66	23,66	

Para conocer el peso únicamente de la muestra se realizó la resta del peso total (peso capsula de porcelana más la muestra de coco) con el peso de la capsula de porcelana, como se puede observar en la ecuación 1:

Ecuación 1. Fórmula para calcular el peso de la muestra.

$$\text{Peso muestra} = (\text{Peso capsula de porcelana} + \text{muestra}) - \text{Peso capsula de porcelana}$$

Por ejemplo, para la muestra 1 transcurridos 3600 segundos:

$$\text{Peso de la muestra} = 29,92 - 27,81 = 2,11g$$

Dando como resultados los siguientes datos:

Tabla 8. Resultados de peso de la muestra con respecto al tiempo de ejecución de la práctica.

Tiempo (s)	0	3600	7920	11100	16200	18900
Muestra	Peso muestra (gramos)					
1	4,09	2,12	1,91	1,86	1,84	1,83
2	4,09	2,02	1,88	1,84	1,82	1,82
3	4,008	3,86	3,86	3,86	3,85	3,84
4	4,007	3,86	3,86	3,86	3,86	3,85

Con los datos del peso de cada muestra se pudo calcular el porcentaje de humedad con el uso de la siguiente ecuación¹⁸:

Ecuación 2. Fórmula para calcular el porcentaje de humedad (%).

$$\%Humedad = \frac{(Peso\ cápsula + muestra)_{tiempo\ 0} - (Peso\ cápsula + muestra)_{tiempo\ t}}{Peso\ de\ la\ muestra\ húmeda} * 100$$

Por ejemplo, para la muestra 1 transcurridos 3600 segundos:

$$\%Humedad = \frac{31,9g - 29,92g}{4,09g} * 100 = 48,26g$$

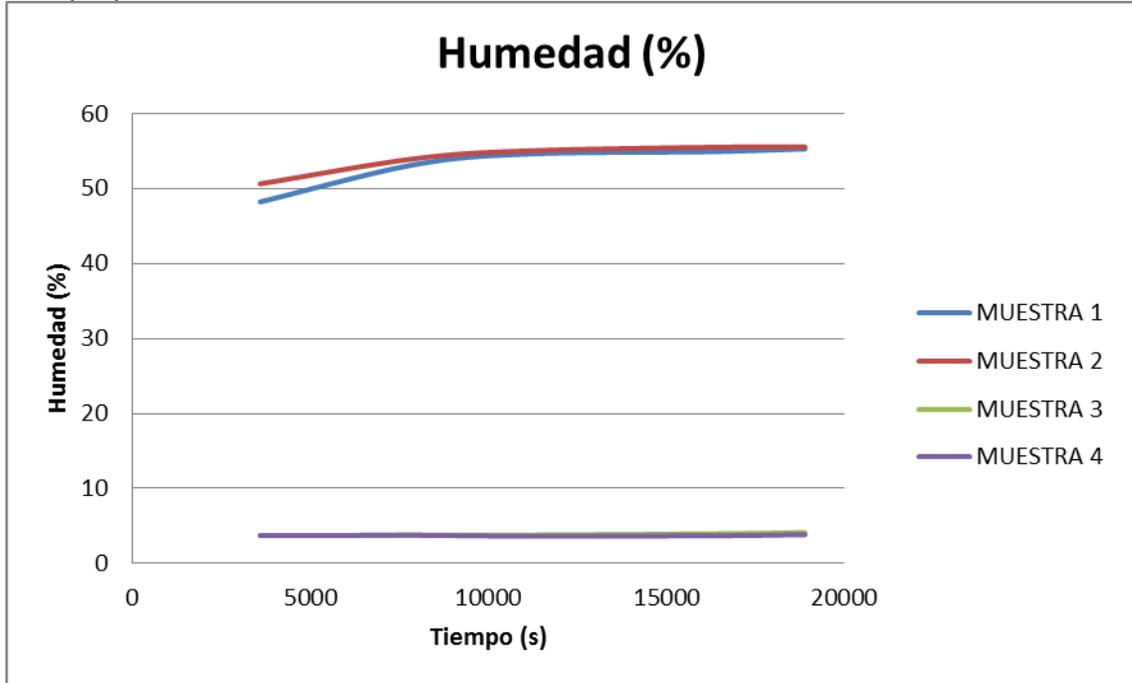
Dando como resultados los siguientes porcentajes de humedad para cada muestra con respecto al tiempo:

Tabla 9. Resultados del porcentaje de humedad para cada muestra.

Tiempo (s)	3600	7920	11100	16200	18900
Muestra	Humedad	Humedad	Humedad	Humedad	Humedad
1	48,26%	53,21%	54,64%	54,94%	55,32%
2	50,67%	54,02%	55,07%	55,54%	55,60%
3	3,73%	3,74%	3,77%	3,94%	4,10%
4	3,71%	3,74%	3,63%	3,68%	3,82%

3.1.2.5 Análisis de resultados.

Gráfica 2. Diagrama lineal del porcentaje de humedad (%) con respecto al tiempo para cada muestra de coco.



Como se puede observar en la gráfica 2, se demuestra que las muestras de pulpa de coco (1 y 2) tienen un alto contenido de humedad que abarca en promedio un 55%. Mientras que, las muestras de pulpa de coco rallada deshidratada (3 y 4) tienen un porcentaje de humedad aproximadamente del 4%, lo cual significa que el producto a pesar de ser “etiquetado” como deshidratado, tiene cierto porcentaje de humedad.

El comportamiento de cada muestra con respecto a sus repeticiones fue muy similar a medida que el tiempo avanzaba, dando a entender que el porcentaje de humedad se mantenía igual en cada una y no generó ninguna variación a lo largo del tiempo en los datos de la experimentación. Al principio en las muestras 1 y 2 se presentó una variación de humedad a los 3600 segundos, eso se podría atribuir a que la humedad en toda la pulpa no es uniforme o se presentó un error en la medición del peso; sin embargo, a los 7920 segundos se empezaron a igualar los datos. Mientras que las muestras 3 y 4 si estuvieron equitativas durante todo el tiempo de ejecución del secado.

Esta determinación ayuda a relacionar el contenido de humedad más alta con la más baja que sería la diferencia con el peso seco del coco, la cual sería aproximadamente de un 51%. Esa diferencia podría causar en el coco seco un crecimiento menor de microorganismos debido a que la composición de agua el

cual es uno de sus medios de crecimiento más importantes es muy baja, lo que haría que el coco durara más tiempo. También, se tendría que al adquirir este alimento en seco se tendría más cantidad de pulpa que al comprar el coco con humedad debido a que tiene más cantidad de sólidos totales.

Como se mencionó al principio de este numeral, estos resultados se tendrán en cuenta para tener un primer criterio de selección para saber si esta variable afecta en gran cantidad el porcentaje de extracción de aceite de coco.

3.1.3 Cenizas.

3.1.3.1 Materiales e insumos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ 6 gramos de pulpa de coco
- ✓ 6 gramos de coco rallado deshidratado
- ✓ 1 espátula
- ✓ 4 capsulas de porcelana

3.1.3.2 Equipos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Mufla entre 550°C
- ✓ Desecador

3.1.3.3 Procedimiento. Se tuvo como guía el procedimiento de cenizas realizado por el departamento de alimentos y biotecnología de La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En donde se calcula el porcentaje de residuos inorgánicos en peso por ignición.²⁹

- Precalentar la mufla a 550°C
- Con el uso de la balanza analítica pesar aproximadamente 3 gramos para tipo de coco con dos muestras cada una.
- Lavar las cápsulas de porcelana
- Secar las cápsulas de porcelana en la mufla por aproximadamente 20 minutos.

- Sacar las cápsulas de porcelana e insertarlas inmediatamente al desecador por 15 minutos para que se enfríen.
- Enfriadas las cápsulas de porcelana, se deben pesar en la balanza analítica.
- Se agregan cada muestra en las cápsulas de porcelana.(Para mayor facilidad de reconocer cada cápsula se nombraron con números del 1 al 4).
- Se pesan las cápsulas de porcelana con las muestras.
- Las cuatros cápsulas se ingresan al tiempo a la mufla durante 1 hora.
- A la hora se sacan y se llevan al desecador por 15 minutos.
- Se pesan las cápsulas con las muestras.
- Calcular el porcentaje de cenizas totales

3.1.3.4 Resultados. Al igual que en la práctica de índice de humedad, las muestras empleadas se enumeraron de la forma:

- Coco pulpa
- Coco pulpa (duplicado)
- Coco rallado
- Coco rallado (duplicado)

El procedimiento tuvo una duración de 3600 segundos, es decir 1 hora. Dando como resultado el peso de la cápsula más la muestra:

Tabla 10. Resultados del porcentaje de cenizas para cada muestra

Muestra	Peso Cápsula (gramos)	Tiempo (s)		Peso Cápsula + muestra (gramos)
		0	3600	
1	27,81	3,07	30,88	27,86
2	18,49	3,08	21,57	18,53
3	17,09	3,02	20,11	17,15
4	19,8	3,06	22,86	19,85

Para conocer el peso de las cenizas se realizó una resta entre el peso de las cápsulas más las muestras a los 3600 segundos y el peso de las cápsulas de porcelana, como se muestra en la ecuación 3:

Ecuación 3. Fórmula para calcular el peso final de las cenizas

$$\text{Peso cenizas} = (\text{Peso cápsula de porcelana} + \text{muestra}) - \text{Peso cápsula de porcelana}$$

Por ejemplo, para la muestra 1 transcurridos 3600 segundos:

$$\text{Peso cenizas} = 27,86g - 27,81g = 0,0544g$$

Dando como resultados los siguientes datos:

Tabla 11. Resultados de peso de las cenizas para cada muestra

Muestra	Peso muestra final (gramos)
1	0,0544
2	0,0416
3	0,0623
4	0,0536

Con los datos del peso de cada muestra se pudo calcular el porcentaje de cenizas con el uso de la siguiente ecuación³⁰:

Ecuación 4. Fórmula para calcular el porcentaje de cenizas (%).

$$\%CENIZAS = \frac{(\text{Peso de la cápsula} + \text{muestra calcinada (g)}) - \text{Peso de la cápsula (g)}}{(\text{Peso de la cápsula} + \text{muestra inicial (g)}) - \text{Peso de la cápsula (g)}} * 100$$

Por ejemplo, para la muestra 1 transcurridos 3600 segundos:

$$\%CENIZAS = \frac{27,8616g - 27,8072}{30,8794g - 27,8072} * 100 = 1,77\%$$

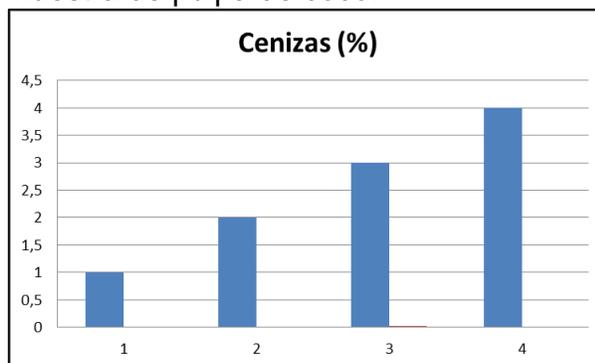
Dando como resultados los siguientes porcentajes de cenizas para cada muestra:

³⁰ PERALTA GONZÁLEZ, F. MALDONADO ENRÍQUEZ, E. CENTENO ZUÑIGA, M. Manual de prácticas de los laboratorios de alimentos. *Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*. Tabasco : s.n.

Tabla 12. Resultados del porcentaje de cenizas para cada muestra.

Muestra	Cenizas
1	1,77%
2	1,35%
3	2,06%
4	1,75%

Gráfica 3. Diagrama de columnas del porcentaje de cenizas (%) para cada muestra de pulpa de coco.



3.1.3.5 Análisis de resultados. El método de determinación de cenizas es muy práctico para la determinación de compuestos inorgánicos y volátiles de la materia o muestra que se analiza. Como se puede observar en la tabla 12 y gráfica 3, el porcentaje de cenizas de todas las muestras no tiene una variación importante, manteniéndose entre 1,35-2,06%. Ese porcentaje sería una parte de la composición total del coco que tiene principalmente minerales los cuales no son volátiles a los 550°C. Esos minerales se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 13. Composición nutricional del coco por 100g (minerales)¹.

Minerales (mg)	Contenido
Calcio	14
Magnesio	32
Fosforo	113
Sodio	20
Potasio	350
Hierro	2,43
Zinc	1,1
Cobre	0,44
Selenio	10,1
Manganeso	1,5

Como las cenizas son compuestos inorgánicos (residuos) y los más comunes en los alimentos son los minerales que quedan después de calcinar, se buscaron los minerales más comunes en el coco. La tabla 13 muestra que la mayor parte de esas cenizas al ser compuestos inorgánicos (residuos) puede estar compuesta por potasio y por fósforo. Que por otro lado, estos minerales permiten mantener los huesos y dientes sanos; y a tener una buena circulación de la sangre³¹.

El porcentaje restante que es aproximadamente de 97,95% es de principalmente el agua y de compuestos orgánicos volátiles como los carbohidratos, proteínas y las grasas, como se observa en la tabla 14:

Tabla 14. Composición nutricional del coco por 100g (nutrientes)¹.

Nutrientes	Contenido
Agua (g)	46,99
Carbohidratos (g)	15,23
Proteínas (g)	3,33
Grasas (g)	33,49
Fibra (g)	9

³¹ ALIMENTOS. *Alimentos ricos en fosforo y potasio*. [En línea] [Citado el: 5 de Octubre de 2017.] <https://alimentos.org.es/alimentos-ricos-en-fosforo-y-potasio>.

3.1.4 pH.

3.1.4.1 Materiales e insumos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó³²:

- ✓ Pulpa de coco
- ✓ Coco rallado deshidratado
- ✓ Agua destilada
- ✓ 2 vasos precipitados de 50 mL
- ✓ 1 espátula
- ✓ 1 Vidrio reloj

3.1.4.2 Reactivos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ Solución buffer de pH igual a 4
- ✓ Solución buffer de pH igual a 7
- ✓ Solución buffer de pH igual a 10

3.1.4.3 Equipos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ pH metro

3.1.4.4 Procedimiento. Se tuvo como guía el procedimiento para hallar el pH según la norma ISO 1842:1991 “pH determination in fruit and vegetables”.³²

- Se debe calibrar el pHmetro, insertando el electrodo con las soluciones buffer de 4,7 y 10.

NOTA: Lavar el electrodo con agua destilada cada que se cambie de solución.

- La preparación de las muestras:

³² 1991. NORMA ISO 1842. *Fruit and vegetable products- Determination of pH*. 1991.

NOTA: Las muestras se deben preparar de manera que el sólido (coco) quede bien sumergido en el agua.

En un vaso precipitado de 50 mL se agregaron 20,45g previamente pesados en la báscula con ayuda del vidrio reloj. Después, se licuo la muestra para disminuir el diámetro de partícula de la pulpa de coco. En el vaso se agregaron 30 mL de agua destilada. De manera que el agua cubriera la materia sólida. Agitando durante 10 minutos con el agitador de vidrio.

En un vaso precipitado de 50 mL se agregaron 32,067g previamente pesados en la báscula con ayuda del vidrio reloj. Después, se licuó la muestra para disminuir el diámetro de partícula la pulpa de coco rayada deshidratada. En el vaso de agregaron 50 mL de agua destilada. De manera que el agua cubriera la materia sólida. Agitando durante 10 minutos con el agitador de vidrio.

- Se introduce el electrodo en la primera muestra.
- Leer lectura del pH metro.
- Lavar electrodo con agua destilada.
- Repetir con la segunda muestra.
- Lavar electrodo con agua destilada.

NOTA: El electrodo se debe lavar con agua destilada cada vez que se vuelva a medir el pH.

3.1.4.5 Resultados. Las muestras empleadas fueron:

Coco pulpa

Coco rallado deshidratado

En esta prueba se midió tres veces el pH por cada muestra, dando como resultado los siguientes datos de pH:

Tabla 15. Resultados de la medición de pH en las muestras.

	Peso muestra (g)	Agua destilada (mL)	pH	pH (Límite)
Coco Pulpa	20,4541	30	6,14	5,5-7,8
			6,15	
			6,16	
Coco rallado	32,067	50	5,88	
			5,84	
			5,89	

3.1.4.6 Análisis de resultados. El pH de los alimentos se utiliza para saber el contenido ácido que aportan. Este valor de pH es utilizado como indicador del contenido ácido que existe en un determinado alimento o bebida, el cual varía entre 0 y 14. De esta manera, cuando un alimento o bebida presenta un valor de pH menor a 7 se considera ácido.³³

Los resultados de la prueba realizada permiten observar que el pH obtenido para las muestras de coco fue entre 5,8-6,1, lo que significaría que son ligeramente ácidos (tabla 15). Esa acidez se le podría atribuir a la gran composición de ácidos grasos saturados e insaturados que componen al coco, también a que tienen cierta composición de humedad.

Según la tabla de “The Engineering Toolbox” disponible en línea: http://www.engineeringtoolbox.com/food-ph-d_403.html; tienen como el rango aproximado del pH del coco entre 5.5-7,8. Rango que valida los datos obtenidos porque están dentro de los límites.

3.2 ANÁLISIS DE INFLUENCIA DE VARIABLES DE PROCESO EN EL PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO

3.2.1 Diseño pre-experimental y experimentación de alternativas. Esta prueba para el diseño experimental se realizó en el hogar (cocina) de una de las estudiantes. Teniendo en cuenta que se compraron todos los materiales necesarios para la realización de esta y también se tuvo una buena higiene en los procedimientos.

3.2.1.1 Materiales. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

³³ NATURSAN . *El pH de los alimentos*. [En línea] [Citado el: 5 de Octubre de 2017.] <https://www.natursan.net/el-ph-de-los-alimentos/>.

- ✓ 8 cocos
- ✓ 4 kilos de coco rallado deshidratado
- ✓ Agua
- ✓ Trapo “dulce abrigo”
- ✓ Olla
- ✓ Cuchara
- ✓ 2 recipientes de plástico
- ✓ 16 recipientes para las muestras

3.2.1.2 Equipos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ Balanza de alimentos
- ✓ Prensa (figura 7)
- ✓ Licuadora

Figura 3. Prensa utilizada para la extracción de aceite de coco



FUENTE: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-454525202-redline-prensa-rapida-6-pulgadas-23q106a-herramientas-h-9tec-_JM

3.2.1.3 Procedimiento.

✓ **Ensayos con pulpa de coco.** El proceso de extracción de aceite de coco esta descrito por el siguiente procedimiento:

- Inicialmente el coco entero se pesa.
- Siguiendo el procedimiento de la figura 2, se inicia con la Separación I donde el contenido de agua de coco se separa del fruto con ayuda de un tornillo largo y un martillo. El tornillo se ubica en uno de los ojos del coco y con ayuda del martillo se generaron golpes hasta abrir el agujero. Se saca el tornillo y enseguida se agita el coco para poder sacar el agua y envasarla en un recipiente previamente pesado para conocer el peso final. Para conocer el peso del fruto vacío, se restó el peso del coco entero con el del agua.
- En la separación II, el coco se coloca dentro de una bolsa plástica con el fin de que al romperse no se perdieran pedazos de pulpa. Ya el coco dentro de la bolsa se sujeta y se tira con fuerza al piso; este paso se realiza hasta que queden trozos pequeños para la pulpa sea más fácil de separar. Con un cuchillo de punta redonda se forman triángulos en la pulpa y se introduce entre la corteza y la pulpa, ejerciendo una fuerza hacia arriba para separar ambas partes. Se pesa la pulpa y para hallar el valor del peso de la corteza se resta el valor del coco vacío menos la pulpa.
- En el cortado con ayuda de un cuchillo afilado, se debe cortar la pulpa de coco en pedazos más pequeños.
- Para el licuado se debe calentar agua (80-85°C), después se agrega la pulpa de coco junto con el agua caliente en la licuadora. Encendida la licuadora en su máxima potencia, se debe dejar funcionar hasta que la mezcla está totalmente homogénea. Pesar el licuado.
- En esta etapa se toma la decisión de prensar en frio o filtrar manualmente:

Si se realiza prensado en frio, se coloca el trapo “dulce abrigo” de manera que cubra un recipiente y se agrega lentamente el licuado sobre el trapo. Con ayuda de las manos se enrolla la parte superior del trapo y sin soltarlo se coloca la parte donde está la muestra dentro de la prensa, generando presión hasta que deje de salir la fase liquida, quedando la torta de coco dentro del medio filtrante.

Para la filtración se debe realizar el mismo procedimiento, lo único que cambia es que no se genera presión con la prensa, si no que la fuerza se

debe realizar con las manos (filtración manual) hasta que deje de salir la fase líquida.

Para ambos procesos se debe pesar la fase líquida y fase sólida.

- En esta etapa se toma la decisión de refrigerar o dejar en reposo la muestra líquida anteriormente prensada o filtrada:

Si se realiza la refrigeración se debe ingresar el recipiente a la nevera o un refrigerador donde la temperatura oscile entre 3-4°C en un tiempo entre 2-5 horas hasta que se vea la diferencia de fases y se forme una pasta en la parte superior.

Para el reposo solo se debe dejar el recipiente en un sitio seguro que no llegue bastante luz solar por un tiempo entre 12-20 horas hasta que se vea la diferencia de fases y se forme una pasta en la parte superior.

- Para la separación III se necesita de una cuchara grande lisa. Con su uso se debe sacar lentamente la pasta generada en la parte superior del recipiente. La pasta y el agua residual se deben pesar.
- En el calentamiento se debe colocar la pasta en un sartén revolviendo constantemente con una cuchara hasta que la pulpa residual sea mínima y se logre ver bastante cantidad de aceite de color transparente. La temperatura no supere aproximadamente los 63°C. En caso de que aumente más, se debe empezar a reducir la temperatura. Se debe pesar la pulpa residual y el aceite obtenido.
- El aceite se envasa con ayuda de una cuchara en los recipientes seleccionados. Para el envasado se debe aprovechar el aceite caliente para mayor facilidad.

✓ **Ensayos con coco rallado.**

- Usando el procedimiento de la figura 2. El primer procedimiento que se realizó en esta alternativa fue licuar para disminuir el diámetro de partícula del coco rallado deshidratado, debido a que ocupaba muchos más volumen que la pulpa de coco habitual. Se pesa la cantidad a utilizar.
- Para el licuado se debe calentar agua (80-85°C), teniendo el coco triturado se agrega el agua caliente en la licuadora. Encendida la licuadora en su máxima potencia, se debe dejar funcionar hasta que la mezcla está totalmente homogénea. Pesar el licuado.

- Se repiten procedimientos VI, VII, VIII, IX y X de los ensayos realizados con pulpa de coco.

Por otro lado, AMANOS ARTESANAL actualmente no presenta ninguna estandarización de variables en las operaciones unitarias usadas en el proceso de obtención de aceite de coco. Con el propósito de encontrar las mejores condiciones en cuanto a la cantidad obtenida de aceite, se realizó el siguiente diseño de experimentos evaluando variables tales como el tipo de coco, proceso de prensado y temperatura de reposo.

Debido a que se desea trabajar a nivel de producción y no de laboratorio, se evaluaron cada una de las variables realizando dos repeticiones a cada una. Donde, la primera evaluación va seguida de la segunda, y luego a la tercera para realizar un encadenamiento de las alternativas propuestas. Todas las alternativas fueron evaluadas a nivel laboratorio.

3.2.1.4 Planeación pre-experimental. Esta etapa se ejecutó mediante los siguientes pasos para cada uno de los experimentos a realizar:

- ✓ **Clasificación de variables.** En primera instancia se definen las variables de acuerdo a sus características, las cuales pueden ser independientes y dependientes; las primeras son controlables cuando se pueden manipular durante la experimentación o no controlables cuando pueden influir en la variable respuesta pero no se pueden modificar; las segundas dependen de las primeras y son la respuesta a la interacción de las variables independientes.

Para la evaluación de todas las alternativas se definió como variable respuesta la cantidad de aceite de coco obtenido debido a que el propósito principal es lograr que el porcentaje de aceite sea el máximo posible.

Las variables a considerar en el experimento están relacionadas en el cuadro 10, en donde las que son controlables hacen parte de las pruebas referidas en este capítulo; las demás son variables que los experimentadores no pueden manipular pero deben tenerse en cuenta para analizar los datos obtenidos de porcentaje aceite de coco (análisis que se realiza en el capítulo siguiente).

Cuadro 10. Clasificación de las variables involucradas en el proceso de acuerdo a sus características.

Variables o factores	Controlable	No controlable	Justificación
Tipo de coco	X		Se considera una variable controlable en el diseño experimental debido a que es posible modificar el tipo de coco (pulpa o rallado deshidratado) como materia prima a utilizar.
Proceso de prensado	X		Es una variable controlable debido a que dependen de la alternativa a estudiar, pues se puede cambiar el método a utilizar según a las opciones que se propusieron.
Temperatura de enfriamiento	X		Se considera una variable controlable en el diseño experimental debido a que es posible elegir la temperatura adecuada y de fácil separación para el aceite y el agua obtenido en el proceso de prensado.
Porcentaje de aceite	X		Es la variable respuesta de todas las experimentaciones, se considera controlable debido a que con la modificación de otros factores, la cantidad de aceite puede aumentar o disminuir su valor.

La siguiente, es la ecuación con la que se calculó el porcentaje de aceite de coco obtenido en cada una de las alternativas analizadas.

Ecuación 5. Fórmula para hallar el porcentaje de aceite obtenido (%)

$$\% \text{ aceite} = \frac{\text{Peso obtenido de aceite}}{\text{Peso total de pulpa}} * 100\%$$

- ✓ **Nivel de significancia.** Valor que a partir de ahora se denotará como alpha (α), indica el nivel máximo aceptable de riesgo de rechazar una hipótesis nula verdadera, también se considera como la probabilidad de error que es inherente a la prueba.³⁴

En el diseño de experimentos existen dos tipos de errores: Tipo I, en donde se rechaza la hipótesis nula (la cual se define posteriormente) en caso de que esta sea verdadera y; Tipo II, cuando se acepta dicha hipótesis siendo falsa. Si

³⁴ Minitab . *¿Qué valor debo usar para el nivel de significancia?* . [En línea] [Citado el: 22 de Abril de 2017.] <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/introductory-concepts/p-value-and-significance-level/>.

α es muy pequeño ($< 0,05$), disminuye la probabilidad de caer en el error tipo I pero aumenta la posibilidad de caer en el de tipo II, por lo cual, según lo investigado en Minitab un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ es significativo (indicando un 5% de probabilidad de equivocación) y funciona adecuadamente.

Por lo anterior y por certeza de que los datos obtenidos en la experimentación son correctos, para el diseño experimental realizado se tomó un nivel de significancia de **0,05**.

- ✓ **Planteamiento de hipótesis.** Para cada factor e interacción entre factores de las diferentes alternativas, se exponen dos tipos de afirmaciones: hipótesis nula, la cual establece que no existe efecto de los factores sobre la variable respuesta³⁵ y es la afirmación que se quiere negar; e hipótesis alterna, enuncia lo contrario de la definición anterior y es la frase que se pretende demostrar.

Para la comprobación de las hipótesis, se utiliza un diseño factorial 2^3 ; este tipo de análisis utiliza la distribución de probabilidad continua de Fisher para aceptar o rechazar la hipótesis nula. La metodología de cálculo consiste en hallar por medio de ecuaciones una serie de valores que van a permitir calcular un valor final llamado $F_{\text{calculado}}$, el cual va a ser contrastado con un valor teórico que se encuentra en las tablas de Fisher. Cuando el valor teórico sea superior al calculado se acepta la hipótesis nula, cuando ocurra lo contrario se aceptará la hipótesis alterna.

A través de la siguiente ecuación se halla el valor de $F_{\text{calculado}}$:

Ecuación 6. Fórmula para determinar el valor de $F_{\text{calculado}}$ por medio de la distribución Fisher.

$$F_{\text{calculado}} = \frac{CME_{\text{TR}}}{CMD_{\text{ER}}}$$

Dónde:

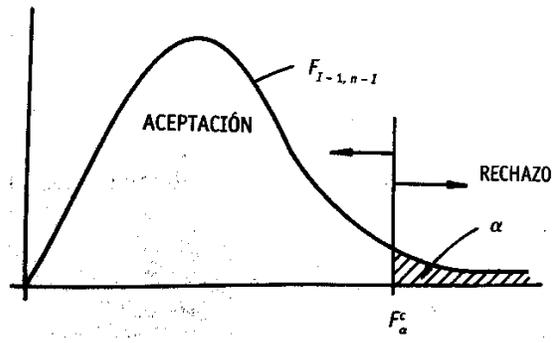
- CME_{TR} corresponde al valor de cuadrados medios entre tratamientos (factores) y,
- CMD_{ER} es el valor de cuadrados medios dentro de los tratamientos, mejor conocido como el error residual.

³⁵ CANAVOS, G. 1988. Probabilidad y estadística, aplicaciones y métodos. I s.l., España : McGraw Hill , 1988. pág. 407.

En cuanto al valor teórico de F, este corresponde a un valor crítico que está asociado con los grados de libertad ν_1 y ν_2 y el nivel de significancia α , por lo cual para buscar el dato hallado en tablas, se deben especificar previamente estos valores para cada experimentación.

La distribución Fisher es el cociente de dos distribuciones chi-cuadrado con grados de libertad ν_1 y ν_2 ³⁶. En la figura 4, se puede observar que es un tipo de distribución asimétrica, en donde todos los valores que puede tomar F (eje x) son positivos.

Figura 4. Diagrama genérico de la distribución asimétrica de Fisher³⁷

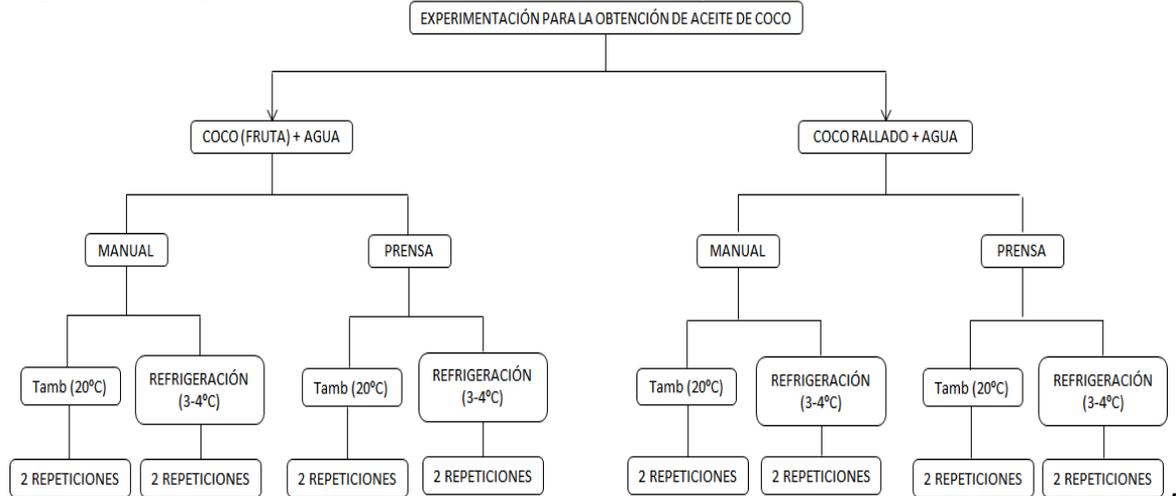


- ✓ **Elección del diseño experimental.** Teniendo en cuenta las variables e hipótesis previamente definidas y, de acuerdo al plan de ejecución de las alternativas (Figura 10), se decide ejecutar un diseño factorial 2^3 (tres factores y cada uno de ellos con dos niveles); gracias a que en cada una de las alternativas que se va a analizar la variable respuesta es el porcentaje de aceite de coco obtenido.

³⁶ SERRET, J. 1995. Manual de estadística universitaria. Madrid, España : ESIC , 1995. pág. 204.

³⁷ PEÑA, D. 2010. Regresión y diseño de experimentos. Madrid, España : Alianza , 2010. pág. 49.

Figura 5. Diagrama de ejecución de alternativas para el diseño de experimentos



3.2.1.5 Experimentación de alternativas. Se expone para el diseño experimental los factores a evaluar, la variable respuesta y los objetivos o alcances a los que se quieren llegar de acuerdo a los resultados obtenidos:

- Identificar si hay efecto del tipo de coco (TC), del proceso de prensado (PP), de la temperatura de reposo (TR), la interacción entre TC-PP, TC-TR, PP-TR y la interacción de las tres variables (TC-PP-TR) en la cantidad de aceite de coco obtenido
- Analizar el modelo matemático que escriba este proceso de acuerdo a los efectos identificados.
- Identificar los valores de las variables para maximizar la cantidad de aceite de coco a obtener.

Como se expresó en el numeral de clasificación de variables, la variable respuesta será la cantidad de aceite de coco obtenido en cada uno de los ensayos. Además, se establecieron los factores que podrían llegar a afectar el proceso de obtención del aceite y que se analizaran en el diseño;

Factor A: Tipo de coco, ya sea la pulpa de fruta o el coco rallado debido a que son las dos alternativas de materia prima que utiliza la empresa actualmente.

Factor B: Proceso de prensado, por prensa semi-industrial o presado manual son las dos opciones que emplea Amanos Artesanal. III)

Factor C: Temperatura de reposo, puede ser al temperatura ambiente (20°C) o a una temperatura de refrigeración (3-4°C) también alternativas de la empresa. Al

realizar el diagnóstico se evidenciaron estos factores como los más relevantes al momento de realizar el proceso de obtención del aceite de coco.

- ✓ **Variación del tipo de coco.** El objetivo principal de este experimento es comprobar la influencia del tipo de coco, ya sea la pulpa o el coco rallado deshidratado, sobre el porcentaje de aceite obtenido.

Para la evaluación de esta alternativa, se acordó utilizar la misma cantidad de pulpa de coco y de coco rallado para cada par de alternativa planteada en la Figura 7; de esta manera será más fácil comparar los resultados en la evaluación de factor C.

Planteamiento de hipótesis. De acuerdo a lo explicado en la planeación pre-experimental, se plantean las siguientes hipótesis. Para el factor A (tipo de coco):

- **Hipótesis nula:** No hay cambio en la cantidad de aceite de coco obtenido por efecto del tipo de coco seleccionado.
 - **Hipótesis alterna:** Si hay efecto del tipo de coco (pulpa de coco y coco rallado) sobre el porcentaje de aceite de coco.
- ✓ **Variación del proceso de prensado.** El propósito de este experimento es verificar la influencia del proceso de prensado, ya sea prensado en frío manual o con prensa semi-mecánica, sobre el porcentaje de aceite obtenido.

Planteamiento de hipótesis. De acuerdo a lo explicado en la planeación pre-experimental, se plantean las siguientes hipótesis. Para el factor B (proceso de prensado):

- **Hipótesis nula:** No hay cambio en la cantidad de aceite de coco obtenido por efecto del proceso de prensado a utilizar.
 - **Hipótesis alterna:** Si hay efecto del proceso de prensado sobre el porcentaje de aceite de coco.
- ✓ **Variación en la temperatura de reposo.** La finalidad de este experimento es comprobar si la temperatura de reposo tiene influencia sobre el porcentaje de aceite obtenido.

Planteamiento de hipótesis. De acuerdo a lo explicado en la planeación pre-experimental, se plantean las siguientes hipótesis. Para el factor C (temperatura de reposo):

- **Hipótesis nula:** No hay cambio en la cantidad de aceite de coco obtenido por efecto de la temperatura de reposo seleccionada.
- **Hipótesis alterna:** Si hay efecto de la temperatura de reposo sobre el porcentaje de aceite de coco.
- ✓ **Interacción del tipo de coco y la temperatura de reposo.** El objetivo principal de este experimento es comprobar si la interacción entre el factor A y B tiene influencia sobre el porcentaje de aceite obtenido.

Planteamiento de hipótesis. De acuerdo a lo explicado en la planeación pre-experimental, se plantean las siguientes hipótesis. Interacción entre el factor A y B (temperatura de reposo):

- **Hipótesis nula:** No hay efecto en la cantidad de aceite de coco obtenido por la interacción entre el factor A y B.
- **Hipótesis alterna:** Si hay efecto de la temperatura de reposo sobre el porcentaje de aceite de coco.
- ✓ **Interacción del tipo de coco y la temperatura de reposo.** La finalidad de este experimento es comprobar si la interacción del tipo de coco y la temperatura de reposo tienen influencia sobre el porcentaje de aceite obtenido.

Planteamiento de hipótesis. De acuerdo a lo explicado en la planeación pre-experimental, se plantean las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis nula:** No hay cambio en la cantidad de aceite de coco obtenido por efecto de la interacción del tipo de coco y la temperatura de reposo.
- **Hipótesis alterna:** Si hay efecto de la interacción del tipo de coco y la temperatura de reposo sobre el porcentaje de aceite de coco.
- ✓ **Interacción del proceso de prensado y la temperatura de reposo.** El propósito de este experimento es verificar la influencia de la interacción del proceso de prensado y la temperatura de reposo sobre el porcentaje de aceite obtenido.

Planteamiento de hipótesis. De acuerdo a lo explicado en la planeación pre-experimental, se plantean las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis nula:** No hay cambio en la cantidad de aceite de coco obtenido por efecto de la interacción del proceso de prensado y la temperatura de reposo

- **Hipótesis alterna:** Si hay efecto de la interacción del proceso de prensado y la temperatura de reposo sobre el porcentaje de aceite de coco.
- ✓ **Interacción del tipo de coco, el proceso de prensado y la temperatura de reposo.** La finalidad de este experimento es comprobar si la interacción del tipo de coco, el proceso de prensado y la temperatura de reposo tiene influencia sobre el porcentaje de aceite obtenido.

Planteamiento de hipótesis. De acuerdo a lo explicado en la planeación pre-experimental, se plantean las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis nula:** No hay cambio en la cantidad de aceite de coco obtenido por efecto de la interacción del tipo de coco, el proceso de prensado y la temperatura de reposo.
- **Hipótesis alterna:** Si hay efecto de la interacción del tipo de coco, el proceso de prensado y la temperatura de reposo sobre el porcentaje de aceite de coco.

3.2.1.6 Consolidación de datos. Durante dos semanas se realizó la experimentación a nivel laboratorio para la obtención de aceite de coco, estableciendo las variables que afectaran la cantidad de aceite de coco que se obtendrá para la posterior tecnificación del proceso.

Se obtuvieron los siguientes resultados, expresados en la Tabla 16. En donde se relacionan los diferentes factores que influyen en la variable respuesta para cada una de las propuestas mencionadas en la Figura 5.

Los resultados presentados en la tabla están resumidos (Datos generales se encuentran en el ANEXO D).

Cabe resaltar que según el diseño factorial 2^3 y el diagrama de la figura 5 se evidencia que para el primer factor (Tipo de coco) desglosan dos niveles (nivel 1: Fruta y nivel 2: Coco rallado), segundo factor (Proceso de prensado) tiene dos niveles (nivel 1: Manual y nivel 2: Prensa) y para el tercer factor (Temperatura de reposo) también posee dos niveles (nivel 1: Temperatura ambiente y nivel 2: Refrigeración).

Tabla 16. Datos de porcentaje de extracción de aceite de coco obtenido en la experimentación para cada uno de las alternativas propuestas.

A) Tipo de coco (i)	B) Proceso de Prensado (j)			
	Manual		Con prensa	
	C) Temperatura de Reposo (k)			
	Tamb	3-4°C	Tamb	3-4°C
Fruta	22,50%	15,16%	17,00%	21,00%
	21,35%	20,68%	20,68%	20,00%
Rallado	34,00%	31,61%	33,00%	36,77%
	23,78%	26,90%	30,81%	39,66%

3.2.1.7 Análisis de varianza. Se realizó mediante un diseño factorial 2^3 ; en donde el método exige hallar valores de suma de cuadrados, grados de libertad y cuadrados medios para encontrar los valores F calculados y contrastarlos con los valores teóricos.

- ✓ **Determinación de suma de cuadrados y cuadrados medios.** Con base en la literatura³⁸, se deben seguir una serie de ecuaciones para la determinación de la suma de cuadrados y cuadrados medios. Como se ilustra en el cuadro 10.

³⁸ MONTGOMERY, D. 2004. Diseño de experimentos y análisis de datos. II s.l. : LIMUSA WILEY, 2004.

Cuadro 11. Ecuaciones suma de cuadrados y cuadrados medios.

FACTOR	DESCRIPCIÓN	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS
A	Tipo de coco (TC)	$SCE_A = \frac{1}{bcn} * \sum Y_{i...}^2 - \frac{Y_{...}^2}{N}$	$CME_A = \frac{SCE_A}{GL}$
B	Proceso de prensado (PP)	$SCE_B = \frac{1}{acn} * \sum Y_{.j.}^2 - \frac{Y_{...}^2}{N}$	$CME_B = \frac{SCE_B}{GL}$
C	Temperatura de reposo (TR)	$SCE_C = \frac{1}{abn} * \sum Y_{..k}^2 - \frac{Y_{...}^2}{N}$	$CME_C = \frac{SCE_C}{GL}$
A-B	Interacción TC-PP	$SCE_{AB} = \frac{1}{cn} * \sum \sum Y_{ij.}^2 - \frac{Y_{...}^2}{N} - SCE_A - SCE_B$	$CME_{AB} = \frac{SCE_{AB}}{GL}$
A-C	Interacción TC-TR	$SCE_{AC} = \frac{1}{bn} * \sum \sum Y_{i.k}^2 - \frac{Y_{...}^2}{N} - SCE_A - SCE_C$	$CME_{AC} = \frac{SCE_{AC}}{GL}$
B-C	Interacción PP-TR	$SCE_{BC} = \frac{1}{an} * \sum \sum Y_{.jk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{N} - SCE_B - SCE_C$	$CME_{BC} = \frac{SCE_{BC}}{GL}$
A-B-C	Interacción TC-PP-TR	$SCE_{ABC} = \frac{1}{n} * \sum \sum \sum Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{N} - SCE_A - SCE_B - SCE_C - SCE_{AB} - SCE_{AC} - SCE_{BC}$	$CME_{ABC} = \frac{SCE_{ABC}}{GL}$
Error Residual		$SCT_{ER} = SCT - SCE_A - SCE_B - SCE_C - SCE_{AB} - SCE_{AC} - SCE_{BC} - SCE_{ABC}$	$CMD_{ER} = \frac{SCT_{ER}}{GL}$
TOTAL		$SCT = \sum \sum \sum Y_{ijkl}^2 - \frac{Y_{...}^2}{N}$	$CMT = \frac{SCT}{N - 1}$

Se debe tener en cuenta que: a, b y c son el número de parámetros de cada factor, n el número de datos por parámetro de factor y N el número total de datos del diseño experimental.

A continuación se mostrara el procedimiento para la determinación del factor A, entendiendo que se sigue el mismo para los diferentes factores e interacciones a evaluar según las ecuaciones del cuadro 11.

Factor A:

Suma de cuadrados.

$$SCE_A = \frac{1}{bcn} * \sum Y_{i...}^2 - \frac{Y_{...}^2}{N} = \frac{1}{2 * 2 * 2} * (158,8^2 + 256,5^2) - \frac{415^2}{16}$$

$$SCE_A = 602,21$$

Grados de libertad. Dependen del factor a evaluar y de sus respectivos números de parámetros. Para determinar los grados de libertad del factor A:

$$GL = a - 1 = 2 - 1 = 1$$

Cuadrados medios.

$$CME_A = \frac{SCE_A}{(a - 1)} = \frac{602,21}{1} = 602,21$$

Distribución de probabilidad continua de Fisher calculado y por tablas. Se debe utilizar la Ecuación 6 para determinar el $F_{\text{calculado}}$ de cada uno de los factores e interacciones establecidas anteriormente.

$$F_A = \frac{CME_A}{CMD_{ER}} = \frac{602,21}{11,63} = 51,77$$

En cuanto al valor teórico de F, este corresponde a un valor crítico que está asociado con los grados de libertad v_1 (grados de libertad de cada factor) y v_2 (grados de libertad del error residual) que se obtiene por medio de unas ecuaciones como se muestra en el cuadro 11; y el nivel de significancia ya anteriormente establecido α (0,05), por lo cual para buscar el dato hallado en tablas, se deben especificar previamente estos valores para cada experimentación.

$$F_{TA} = 5,32$$

Tabla 17. Resumen datos cálculos para cada ecuación, usando como referencia los datos de la Tabla 16.

A) Tipo de coco (i)	B) Proceso de Prensado (j)						Yi.k	Tamb	3-4°C
	Manual		Con prensa		---				
	Tamb	3-4°C	Yij..	Tamb	3-4°C	Yij..			
Fruta	22,50	15,16	79,69	17,00	21,00	78,68	158,37	a	2
	21,35	20,68		20,68	20,00				
Rallado	34,00	31,61	116,29	33,00	36,77	140,24	256,53	b	2
	23,78	26,90		30,81	39,66				
Y.jk.	101,63	94,35		101,49	117,43		Y....	n	2
Y.j..	195,98			218,92			414,90	N	16

Se realizó una sumatoria de datos para cada uno de los factores e interacciones entre factores. Se asignaron las letras i, j y k para resolver cada ecuación del cuadro 11 relacionando los factores del diseño. Cada Y_x se refiere a cada sumatoria de términos necesaria para el desarrollo del análisis, teniendo en cuenta

la relación de los resultados experimentales obtenidos con cada uno de los factores y sus respectivos índices (a, b, c y n). A continuación se ilustran los resultados obtenidos del diseño experimental 2^3 siguiendo el anterior procedimiento en cada uno de los factores. Se determinó la suma de cuadrados, los grados de libertad de cada uno de los factores y los cuadrados medios necesarios para la determinación de la distribución Fischer calculada.

Tabla 18. Resultados de los cálculos del análisis de varianza para los diferentes valores del porcentaje de aceite, usando como referencia los datos de la Tabla 16.

FUENTES DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
Entre Tipo de Coco	$SCE_A = 602,21$	$(a-1) = 1$	$CM E_A = 602,21$	$F_A = 51,77$
Entre Proceso de Prensado	$SCE_B = 32,89$	$(b-1) = 1$	$CM E_B = 32,89$	$F_B = 2,83$
Entre Temperatura de Reposo	$SCE_C = 4,69$	$(c-1) = 1$	$CM E_C = 4,69$	$F_C = 0,40$
Interacción TC-PP	$SCE_{AB} = 38,94$	$(a-1)(b-1) = 1$	$CM E_{AB} = 38,94$	$F_{AB} = 3,35$
Interacción TC-TR	$SCE_{AC} = 20,34$	$(a-1)(c-1) = 1$	$CM E_{AC} = 20,34$	$F_{AC} = 1,75$
Interacción PP-TR	$SCE_{BC} = 33,70$	$(b-1)(c-1) = 1$	$CM E_{BC} = 33,70$	$F_{BC} = 2,90$
Interacción TC-PP-TR	$SCE_{ABC} = 0,02$	$(a-1)(b-1)(c-1) = 1$	$CM E_{ABC} = 0,02$	$F_{ABC} = 0$

Para el análisis de diseño, se debe calcular el valor teórico de la distribución chi-cuadrado por medio de las tablas correspondientes a este método. Como se evidencia en la siguiente tabla se deben seguir las ecuaciones correspondientes a los grados de libertad v_1 y v_2 de cada factor anteriormente especificado. De esta manera, con la tabla de distribución de Fischer de intersección los tres datos para el resultado correspondiente. En este caso dio el mismo resultado de $F_{teórico}$ para todos los factores analizados.

Tabla 19. Valor teórico de F con significancia del 0,05 para los factores e interacciones entre factores.

Factor teórico F_T ($\alpha = 0,05$)

FACTOR	v_1	v_2	F_T
$F_{TA} =$	$(a-1)$		
$F_{TB} =$	$(b-1)$		
$F_{TC} =$	$(c-1)$		
$F_{TAB} =$	$(a-1)(b-1)$	$1 \quad abc(n-1)$	$8 \quad 5,32$
$F_{TAC} =$	$(a-1)(c-1)$		
$F_{TBC} =$	$(b-1)(c-1)$		
$F_{TABC} =$	$(a-1)(b-1)(c-1)$		

3.2.1.8 Análisis de resultados. Para el análisis de los datos calculados con los teóricos, no es necesario conocer la diferencia que separa los dos valores (factor teórico F_T y el factor calculado), basta únicamente saber si el valor de F calculado es mayor o menor al teórico para aceptar o rechazar la hipótesis nula.

Por otro lado, teniendo en cuenta las generalidades mencionadas en el planteamiento de hipótesis y de acuerdo a los datos de la tabla 16, para el tipo de coco el valor calculado es superior al teórico, por lo cual la hipótesis nula se rechaza y se afirma que si existe efecto sobre la cantidad de aceite de coco a obtener. En cambio para el proceso de prensado, la temperatura de enfriamiento y las interacciones entre los demás factores; la hipótesis nula es aceptada. Por lo tanto, la cantidad de aceite de coco obtenido no se verá afectado por ninguna de estas variables.

Comparando los datos del porcentaje de aceite expuestos en la tabla 16 y los resultados de las hipótesis, se concluye que al utilizar coco rallado se va a obtener mayor cantidad de aceite. Eso se debe a que el coco rallado tiene un 51% de humedad inferior a la de la pulpa de coco normal. Entonces, a la hora de utilizar pulpa de coco lo que se está pesando es más cantidad de pulpa más humedad en vez solo la pulpa. Lo que significaría que en la pulpa húmeda se está perdiendo la oportunidad de extraer más aceite y no solo lo obtenido en la experimentación. Si esa pulpa tuviera un previo secado se lograría extraer más producto. Eso se demuestra con el cálculo de la pulpa húmeda en peso seco:

Ecuación 7. Fórmula para calcular la masa de coco seca.

$$\text{Masa de coco seca} = (\text{Masa húmeda}) - (\text{Masa húmeda} * 51\%)$$

NOTA: El 51% de humedad fue el que se determinó en la caracterización de la materia prima del coco.

Por ejemplo, para el ensayo 1 con pulpa de coco (ANEXO D):

$$\text{Masa de coco seca} = (400g) - (400 * 51\%) = 196g$$

Para hallar el valor de esa extracción teniendo en cuenta lo extraído en aceite usando la Ecuación 5:

$$\% \text{ aceite} = \frac{90g}{196g} * 100\% = 45,92\%$$

Para todos los ensayos realizados con pulpa de coco:

Tabla 20. Comparación de los porcentajes obtenidos en la extracción de aceite con la pulpa de coco húmeda en base seca.

**Porcentaje de extracción
de aceite con pulpa de
coco**

	Base húmeda	Base seca
Ensayo 1	22,50%	45,92%
Ensayo 2	21,35%	43,57%
Ensayo 3	15,16%	30,94%
Ensayo 4	20,68%	42,22%
Ensayo 5	21,00%	42,86%
Ensayo 6	11,79%	24,07%
Ensayo 7	18,06%	36,87%
Ensayo 8	20,00%	40,82%

Según la tabla anterior, es probable que al manejar la pulpa de coco húmeda y llevarla a un procedimiento de secado, se podría obtener el doble de aceite de coco. Debido a que la mayoría de las partículas de grasa pueden desprenderse más fácil de la pulpa.

Por otro lado, el tamaño de partícula puede ser una variable que afecte el proceso; sin embargo, no se estudió específicamente el efecto de esta variable con el porcentaje de extracción de aceite de coco. Solamente se verificó que el diámetro de partícula del coco rallado deshidratado era más pequeño y delgado que la de la pulpa de coco. Pero teniendo en cuenta lo que menciona la Universidad de Granada: “El tamaño de partícula de sólidos, cuanto más pequeñas sean, mayor es la superficie interfacial y más corta la longitud de los poros. Por lo tanto mayor es la velocidad de transferencia”³⁹. Lo que si confirmaría que el tamaño si pudo ser una variable implícita que aumentara o disminuyera el porcentaje de extracción

Por eso se tomó la decisión de que la mejor alternativa de materia prima debe ser la pulpa de coco deshidratada (4% de humedad aproximadamente) y con tamaño de partícula pequeño. También, se tuvieron en cuenta las demás variables (tipo de reposo y extracción) el cual no tuvieron ningún efecto; sin embargo, se debe recordar que la empresa quiere tecnificar y obtener el mejor rendimiento de extracción por eso se tendrán en cuenta las operaciones de prensado en frio y de enfriamiento. Esta decisión final se tomó, teniendo en cuenta los datos obtenidos

³⁹ Universidad de Granada. Practicas docentes en la facultad de ciencias. *Extracción sólido-líquida y recuperación de solvente: obtención de aceite de girasol.*

en la experimentación del diseño experimental, dando como resultado que realizando un prensado y dejando en enfriamiento se obtiene un porcentaje de extracción de aceite mayor. Además que el proceso se realizaría en menos tiempo de lo habitual.

3.2.2 Extracción de aceite con el uso de solventes. Para la realización de esta prueba de extracción por solvente se contó con el apoyo de la línea de desarrollo de Biotecnología y Nanotecnología del Tecno parque Nodo Bogotá ubicado en la calle 54 No.10-39.

Esta metodología se basa en la separación de un componente de una mezcla por medio de un disolvente. Si la experimentación es exitosa, se pretende extraer aceite de coco (lípidos del coco) a partir de unos solventes previamente seleccionados.

En esta experimentación se realizó un montaje Soxhlet donde el disolvente se calienta, volatiliza y condensa, goteando sobre la muestra hasta que quede totalmente sumergida en él. Posteriormente, el sistema hace una digestión del solvente con lo extraído durante un tiempo en el matraz de calentamiento para empezar un nuevo ciclo.⁴⁰

3.2.2.1 Materiales. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ 1 coco
- ✓ 30 g de coco rallado deshidratado
- ✓ 2 matraz de fondo plano
- ✓ 2 digestores Soxhlet
- ✓ 2 condensadores de bolas
- ✓ 4 mangueras
- ✓ 2 Soportes universales
- ✓ Papel filtro
- ✓ Bomba

⁴⁰ Nielsen, S.S. 2003. III New York : Kluwer Academic/Plenum, 2003.

- ✓ 1 balde de plástico
- ✓ 1 Espátula
- ✓ 2 Vidrio reloj
- ✓ 4 pinzas de soporte

3.2.2.2 Equipos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Plancha calentadora
- ✓ Rotavaporador

3.2.2.3 Reactivos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ Éter de petróleo
- ✓ Acetona
- ✓ Etanol

Estos solventes fueron seleccionados por diferentes razones:

El éter de petróleo es uno de los solventes más usados industrialmente por su alta capacidad de extracción de aceites y por su punto bajo de Ebullición (35°C). También se utilizó por su disponibilidad en el tecno parque, el cual facilito la experimentación. De lo contrario se hubiera dificultado su uso debido a su alto costo.

La acetona también es reconocida por ser utilizada como solvente para la extracción de componentes y como químico de limpieza. Su punto de ebullición también se considera bajo (55°C). Su uso se facilitó al ser adquirido de forma gratuita por un familiar.

El etanol además de ser usado como limpiador y desinfectantes en varias industrias, ha permitido ser usado como un buen extractor de aceites. Su punto de ebullición si es más alto (78°C). En el tecno parque este químico es muy utilizado, agotándolo muy rápido. Por eso se decidió comprar un litro (1L) a la empresa FISYQUIMICA LTDA por un valor de \$40,000.

Existen muchos más solventes como el Hexano, que es el más conocido y el más usado en la industria de extracción de aceites. Pero hubo limitaciones debido a su alto costo y su no disponibilidad en el tecno parque.

3.2.2.4 Procedimiento. Se tuvo como guía el procedimiento de extracción por solvente de un trabajo de grado en La Universidad de Cartagena⁴¹:

- Se pesaron 5g de pulpa de coco y 5g de coco rallado deshidratado.
- Cada muestra se fue puesta en un pedazo de papel filtro, bien cubiertas para que no se salgan las partículas sólidas en el momento de la extracción.
- Poner cada muestra en el tubo digestor Soxhlet.
- Agregar entre 130-180 mL de solvente en cada matraz de fondo plano.
- Ajustar o conectar cada matraz con la parte inferior de los tubos digestores.
- Ajustar con una pinza de soporte en el cuello del matraz al soporte universal.
- Conectar en la parte superior del tubo digestor, la parte inferior del condensador de bolas.
- En un balde lleno de agua fría, insertar la bomba y hacer las conexiones de las mangueras en los condensadores. (La manguera que sale de la bomba se debe conectar en la salida inferior del primer condensador; la otra manguera debe salir de la parte superior de ese condensador y entrar en la parte inferior del otro condensador. Por último, la tercera manguera se conecta en la parte superior del segundo condensador y da al balde para hacer la recirculación del agua).
- Poner cada montaje Soxhlet arriba de las planchas calentadoras y poner a calentar a la temperatura de ebullición.
- Pasados entre 6 a 7 ciclos se deben apagar las planchas de calentamiento.

⁴¹ CONTRERAS PUENTES, E. RUIZ PEREZ, J. 2012. *Estudio comparativo de dos métodos de extracción para el aceite esencial presente en la cascara de pomelo*. [Trabajo grado. Universidad de Cartagena. Facultad de ingeniería. Programa de Ingeniería Química]. Cartagena : s.n., 2012.

- Desmontar cada parte del montaje Soxhlet y envasar en el matraz el solvente restante en el tubo digestor.
- Para la recuperación se usó el rotavaporador marca **Heidolph**.

“El rotavaporador es el aparato que, mediante una destilación a vacío, permite la evaporación rápida de disolvente de una disolución, recuperando el soluto (líquido o sólido). Generalmente se utiliza una trompa o una bomba de membrana o de vacío”⁴²

Para su funcionamiento se debe³⁶:

- Colocar la disolución cuyo disolvente se quiere evaporar en un matraz de fondo redondo y llenarlo con la muestra obtenida.
- Comprobar que el matraz colector está vacío y que el tubo evaporador está limpio. Si no se debe lavar.
- Abrir el agua del refrigerante.
- Programar el rotavaporador a las condiciones adecuadas según el solvente.

NOTA: Las condiciones de temperatura, presión y revoluciones por minuto, las brinda el manual del equipo.

- Encender el equipo y la bomba al vacío.
- Bajar el montaje hasta que el matraz de destilación quede parcialmente sumergido en el baño de agua.
- Continuar la destilación hasta que no se observa más condensación de vapores en el matraz colector y el volumen del contenido del matraz de destilación no disminuya más.
- Apagar el equipo.
- Levantar con cuidado el montaje

⁴² RODAS5. *Rotavapor. Modulo general*. [En línea] [Citado el: 6 de Octubre de 2017.] https://rodas5.us.es/file/116d23b8-c458-2012-481b-2357ffa2b34/2/modulo_general_SCORM.zip/pagina_19.htm.

- Vaciar el contenido del matraz colector en los recipientes para las muestras y comprobar que el tubo evaporador está limpio.
- Lavar el matraz y el balón.
- Repetir procedimiento para cada tipo de solvente. (2 repeticiones cada uno).

3.2.2.5 Resultados.

Tabla 21. Resultados de extracción por solvente para la obtención de aceite de coco (Pulpa de coco húmeda)

	Aceite de coco obtenido con pulpa de coco (húmeda)	Aceite de coco obtenido con coco rallado deshidratado
Éter de petróleo	1,73%	55,64%
	1,86%	51,36%
Acetona	3,78%	65,84%
	3,23%	59,67%
Etanol	12,80%	57,42%
	13,85%	52,86%

Con los datos del peso de cada muestra del peso de la pulpa de coco (Anexo D), se hayo el valor de porcentaje de extracción si esa masa estuviera un 4% de humedad como la muestra de coco rallado deshidratado, es decir reducirla en un 51% de humedad aproximadamente con ayuda de la ecuación 7:

Por ejemplo, para la extracción 1 de éter de petróleo:

$$\text{Masa de coco seca} = (5,4849g * 51\%) - (5,4849 - 2,797299) = 2,687601g$$

Para hallar el valor de esa extracción teniendo en cuenta lo extraído en aceite usando la Ecuación 5:

$$\% \text{ aceite} = \frac{0,0951g}{2,687601g} * 100\% = 3,53847167\%$$

Tabla 22. Resultados de extracción por solvente (Pulpa de coco seca).

	Aceite de coco obtenido con pulpa de coco (seca)	Aceite de coco obtenido con coco rallado deshidratado
Éter de petróleo	3,54	55,64
	3,8	51,36
Acetona	7,71	65,84
	6,6	59,67
Etanol	26,2	57,42
	28,26	52,86

3.2.2.6 Análisis de resultados y selección del solvente. Al comparar los resultados obtenidos, respecto a la extracción de aceite de coco, se puede observar que el cambio de solvente si afecta el porcentaje de obtención del producto, porque todos obtuvieron valores diferentes. Sea por el tipo de materia prima o de solvente. El mayor rendimiento se tuvo al extraer con la acetona, usando el coco rallado deshidratado (4% de humedad) con 56-66% de extracción de aceite, comparando con los demás solventes con la misma materia prima: el etanol entre 52-57% y el éter de petróleo entre 51-56%. La diferencia más grande fue con el uso de la pulpa de coco con 55%de humedad, lo cual afecto mucho la extracción. La mayor extracción la tuvo el etanol con un rango entre 12-14%, después la acetona entre 3-4% y finalmente el éter de petróleo entre 1-2%.Estos datos variaron al convertir esa masa húmeda a seca lo que aumento casi el doble en cada muestra en porcentaje de aceite obtenido según la tabla 22. La variabilidad de los datos es muy grande al usar materias primas con una diferencia de humedad alta; según lo que menciona Marcela Martínez en su tesis de doctorado⁴³ “se obtiene mejor rendimiento cuando la humedad de la semilla (en este caso pulpa) es más cercana al 5%”. Eso se atribuye a que el solvente entra más en contacto con las partículas de grasa para disolverlas debido a que hay más concentración. Mientras que con un alto contenido de humedad algunas partículas de grasa pueden estar disueltas en el agua, dificultando su extracción debido son insolubles.

Por otro lado, como en la experimentación para el diseño experimental, el efecto del tamaño de partícula no se estudió específicamente Pero teniendo en cuenta lo que mencionado anteriormente, es una variable implícita que entre menor diámetro de partícula se puedo obtener mayor aceite de coco. Otra variable que

⁴³ Martínez, M. 2010. . *Extracción y caracterización de aceite de nuez (juglans regia l.): influencia del cultivar y de factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa.* [Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba]. Córdoba, Argentina : s.n., 2010.

no se tuvo en cuenta para la evaluación de la mejor alternativa fue el tiempo. Debido a que todos los montajes se dejaron el mismo tiempo de ciclos cada uno de 6 horas (6 ciclos). Esos resultados fueron parecidos debido a que se dejó que el solvente extrajera a su punto de ebullición, sin un aumento o disminución de esta.

En cuanto a la selección del mejor solvente no solo se tuvo en cuenta el mayor porcentaje de extracción, si no más criterios, tal como:

NOTA: Cada uno se evaluó con colores que indican la mejor cualidad para la obtención del aceite según el criterio entre el éter de petróleo, etanol y la acetona. El blanco para comparar fue el aceite de coco de Amanos Artesanal.

- **Porcentaje de extracción para la pulpa de coco.** Es el criterio más importante porque entre más porcentaje de aceite obtenido, más se podrá tener ingresos de venta:

Verde: Mayor porcentaje de extracción
Amarillo: porcentaje de extracción medio
Rojo: Menor porcentaje de extracción.

- **Porcentaje de extracción para el coco rallado deshidratado.** Es el criterio más importante porque entre más porcentaje de aceite obtenido, más se podrá tener ingresos de venta:

Verde: Mayor porcentaje de extracción
Amarillo: porcentaje de extracción medio
Rojo: Menor porcentaje de extracción.

- **Color.** Una de las cualidades más características del aceite de coco es el color blanco que se asimila al de la pulpa:

Verde: Color blanco.
Amarillo: Color blanco-amarillento.
Rojo: Otro color.

- **Olor.** El olor de aceite de coco es igual al del coco:

Verde: Olor a coco
Amarillo: Leve olor a coco
Rojo: Otro olor.

- **Textura.** La textura del aceite debe ser suave y aceitosa:

Verde: Suave y aceitosa
 Amarillo: Medio suave y aceitosa
 Rojo: Aceitoso pero pegajoso.

- **Solidificación.** A temperatura ambiente el aceite de coco se solidifica:

Verde: Sólido
 Amarillo: Sólido-Líquido
 Rojo: Líquido.

- **Costo del solvente:** Este criterio es importante, debido a que no se puede escoger un solvente costoso que no extraiga lo suficiente para cubrir el gasto generado:

Verde: Más económico
 Amarillo: Precio medio
 Rojo: Más costoso

Teniendo todas las características en cuenta, se obtuvo como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro 12. Matriz cualitativa de selección del mejor solvente.

	Éter de petróleo	Acetona	Etanol
Extracción pulpa de coco	Rojo	Amarillo	Verde
Extracción pulpa rallada	Rojo	Verde	Amarillo
Color	Amarillo	Amarillo	Verde
Olor	Rojo	Amarillo	Amarillo
Textura	Rojo	Verde	Verde
Solidificación	Amarillo	Verde	Verde
Costo de solvente	Rojo	Amarillo	Verde

Según el cuadro 12, se puede observar que el solvente menos indicado es el éter porque obtuvo el porcentaje menor de extracción de aceite, el color era un poco más opaco, el olor percibido fue de caucho y al aplicarlo a la piel quedaba pegajoso, no se solidificaba del todo y es el más costoso de todos. Lo cual no justifica su uso para extraer aceite de coco porque es el más tóxico de los tres y pareciera según los resultados que desnaturaliza el producto.

En cuanto a la acetona y el etanol, tuvieron un mejor comportamiento para extraer el aceite de coco. Pero las mejores cualidades las obtuvo el etanol, donde

sobresalen el costo (económico) y la extracción de pulpa de coco. Es decir, que parte de la grasa disuelta en agua puede ser extraída por el alcohol debido a que es soluble en agua y aceite. Mientras que la acetona cambia el color del aceite a amarillo, disminuye el olor característico y es más costoso que el etanol.

Otras alternativas que se le atribuyen al etanol son que “El etanol anhidro podría ser un solvente alternativo para ser tomado en cuenta debido a su baja toxicidad y a su carácter renovable”⁴⁴. Lo cual ayuda a tomar la decisión final de seleccionar el etanol como el mejor solvente de los tres.

3.3 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO

Para la realización de estas pruebas de caracterización del aceite de coco se contó con el apoyo de la línea de desarrollo de Biotecnología y Nanotecnología del Tecno parque Nodo Bogotá ubicado en la calle 54 No.10-39.

3.3.1 Propiedades organolépticas. Al igual que para las materias primas se realizaron estas pruebas sensoriales. La única diferencia es que se evaluaron tres tipos de aceite: El aceite realizado por la empresa Amanos Artesanal, el obtenido en el diseño experimental (coco deshidratado, prensado y enfriado) y el extraído con etanol. Sus resultados se presentan a continuación:

Cuadro 13. Propiedades organolépticas para cada tipo de aceite.

Aceite Amanos	Aceite prensado y enfriado	Aceite etanol
COLOR: Blanco	COLOR: Blanco	COLOR: Blanco-Amarillo
OLOR: Característico del coco, suave.	OLOR: Característico del coco, suave.	OLOR: Característico del coco, suave. (Leve olor a etanol)
SABOR: Neutro	SABOR: Neutro	SABOR: Neutro (Leve sabor a etanol)
TEXTURA: Sólido y grasoso. Sin grumos.	TEXTURA: Sólido y grasoso. Sin grumos.	TEXTURA: Sólido y grasoso, Sin grumos.

Estos resultados muestran que la única diferencia la tiene el aceite extraído con etanol debido a que el olor y el sabor de este cambia con respecto a las otras muestras. Es evidente que el aceite fue afectado al tener contacto con el solvente.

⁴⁴ **BROSSARD GONZÁLEZ, C. 2010.** *Evaluación preliminar del etanol anhidro como solvente en la extracción de aceite de semillas de jatrofa (Jatropha curcas L.).* [Grasas y Aceites]. 2010. Vol. 61, 3, págs. 295-302.

En cuanto al aceite Amanos y el prensado, tienen las mismas características sensoriales.

3.3.2 Índice de humedad. Para esta prueba se usaron los mismos materiales, insumo, equipos y procedimiento del numeral 3.1.2. A excepción de que la materia prima a evaluar fueron los aceites en vez del coco.

3.3.2.1 Resultados. Las muestras empleadas se enumeraron de la forma:

1. Aceite de coco, prensado y enfriado.
2. Aceite de coco, prensado y enfriado (duplicado).
3. Aceite de coco extraído con etanol.
4. Aceite de coco extraído con etanol (duplicado).
5. Aceite de coco Amanos.
6. Aceite de coco Amanos.

El procedimiento también tuvo una duración de 18900 segundos, es decir 5 horas aproximadamente. Dando como resultado en cada hora, el peso de la cápsula más la muestra:

Tabla 23. Resultados del peso de cada muestra más la capsula de porcelana.

Muestra	Tiempo (s)		Peso Cápsula + muestra (gramos)						
	0	3600	7920	11100	16200	18900			
1	31,14	3,31	34,45	34,45	34,44	34,45	34,44	34,44	34,44
2	26,15	3,3	29,45	29,44	29,44	29,43	29,44	29,44	29,44
3	25,02	3,29	28,31	27,97	27,96	27,96	27,95	27,95	27,95
4	44,06	3,27	47,33	46,95	46,93	46,93	46,92	46,92	46,92
5	33,88	3,38	37,26	37,26	37,25	37,25	37,25	37,25	37,25
6	41,72	3,3	45,03	45,03	45,02	45,02	45,02	45,02	45,02

Para conocer el peso únicamente de la muestra se realizó la resta del peso total (peso capsula de porcelana más la muestra de coco) con el peso de la capsula de porcelana, teniendo en cuenta la ecuación 1.

Por ejemplo, para la muestra 1 transcurridos 3600 segundos:

$$\text{Peso de la muestra} = 34,45g - 31,14g = 3,31 g$$

Dando como resultados los siguientes datos:

Tabla 24. Resultados de peso de la muestra con respecto al tiempo de ejecución de la práctica.

Tiempo (s)	0	3600	7920	11100	16200	18900
Muestra	Peso muestra (gramos)					
1	3,31	3,31	3,31	3,31	3,3	3,3
2	3,3	3,29	3,29	3,28	3,29	3,29
3	3,29	2,96	2,95	2,94	2,93	2,93
4	3,27	2,9	2,88	2,88	2,86	2,86
5	3,38	3,38	3,37	3,37	3,37	3,37
6	3,3	3,3	3,3	3,29	3,29	3,29

Con los datos del peso de cada muestra se pudo calcular el porcentaje de humedad con el uso de la ecuación 2.

Por ejemplo, para la muestra 1 transcurridos 3600 segundos:

$$\%Humedad = \frac{3,3141g - 3,3098g}{3,3141g} * 100 = 0,13\%$$

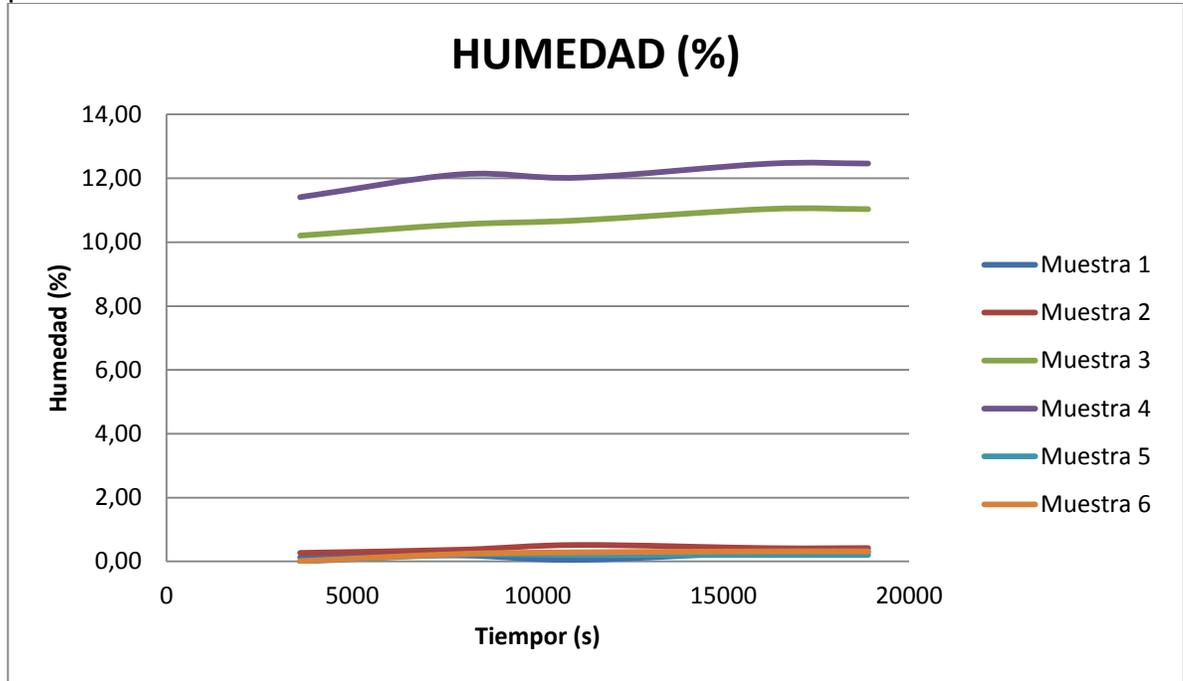
Dando como resultados los siguientes porcentajes de humedad para cada muestra con respecto al tiempo:

Tabla 25. Resultados del porcentaje de humedad para cada muestra de aceite.

Tiempo (s)	3600	7920	11100	16200	18900
Muestra	Humedad				
1	0,13%	0,19%	0,05%	0,30%	0,30%
2	0,27%	0,37%	0,52%	0,42%	0,42%
3	10,21%	10,55%	10,68%	11,04%	11,03%
4	11,41%	12,12%	12,02%	12,46%	12,46%
5	0,00%	0,22%	0,20%	0,20%	0,20%
6	0,02%	0,24%	0,29%	0,32%	0,32%

3.3.2.2 Análisis de resultados.

Gráfica 4. Diagrama lineal del porcentaje de humedad (%) con respecto al tiempo para cada muestra de aceite de coco.



Como se puede observar en la gráfica 4, se demuestra que las muestras de aceite de coco extraído por prensado en frío (1,2, 5 y 6) tienen un bajo contenido de humedad que abarca en promedio un 0,2-0,4%. Mientras que, las muestras de aceite de coco extraído con etanol (3 y 4) tienen un porcentaje de humedad aproximadamente del 11-12%, lo cual significa que la diferencia de este índice es muy notable según el tipo de extracción. Eso se puede atribuir a que como el etanol tiene una solubilidad en agua del 60% en peso⁴⁵, pudo haber extraído un porcentaje de agua contenida en el coco rallado deshidratado (4%), o el etanol no se separó un cien por ciento del aceite en el proceso de rotovaporación (eso explica el olor y sabor leve a etanol). Lo que convendría realizar un proceso de calentamiento o secado del aceite para evaporar el solvente o agua.

El comportamiento de las muestras 1, 2, 5 y 6 con respecto a sus repeticiones fue muy similar a medida que el tiempo avanzaba, dando a entender que el porcentaje de humedad se mantenía igual en cada una y no generó ninguna variación a lo largo del tiempo en los datos de la experimentación. En las muestras 3 y 4 se vio una variación de humedad de 1%.

⁴⁵ PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Ficha de seguridad del etanol.

La diferencia entre un proceso de prensado con extracción con solvente es de aproximadamente 10-11%. Esa diferencia podría causar en el aceite de coco un crecimiento mayor de microorganismos como se mencionó también en el análisis de resultados del índice de humedad de las materias prima, lo que generaría un daño prematuro del producto. Además, teniendo en cuenta la resolución 2154 de 2012 del Ministerio de salud y Protección Social de Colombia donde menciona que el requisito de calidad de humedad para aceites vegetales es de máximo 0,2%⁴⁶. Lo que quiere decir que el porcentaje de humedad es muy bajo para los aceites vegetales, para evitar que se dañen rápidamente y que sus propiedades se mantengan por su tiempo de uso hasta que se enrancie. En cuanto a las muestras evaluadas, la única muestra que cumpliría con esta norma sería la 5 (0,2% de humedad) que corresponde al aceite producido por la empresa Amanos Artesanal. Las muestras 1,2 y 6 no están lejos del requisito, están exactamente a 0,1%, 0,22% y 0,12% respectivamente. Se recomienda calentar por más tiempo el aceite para que disminuya el contenido de humedad del aceite y sea más uniforme.

En cuanto a las muestras 3 y 4, la humedad es de 10,83% y 12,26% respectivamente (la variabilidad de la diferencia de porcentaje se puede atribuir a un error en la medición), lo que se consideraría una humedad excesiva. Es decir, que este producto no es apto para la venta. Para estas muestras también se recomendaría un proceso de secado o calentamiento de más tiempo que las muestras 1,2 y 6, para cumplir aproximadamente con la normatividad.

Como se mencionó al principio de este numeral, estos resultados se tendrán en cuenta para tener un primer criterio de selección para escoger el mejor proceso de extracción para la empresa.

3.3.3 Cenizas. Para esta prueba se usaron los mismos materiales, insumo, equipos y procedimiento del numeral 3.1.3. A excepción de que la materia prima a evaluar fueron los aceites en vez del coco.

3.3.3.1 Resultados. Las muestras empleadas se enumeraron de la forma:

- Aceite de coco Amanos.
- Aceite de coco Amanos (duplicado)
- Aceite de coco extraído con etanol.
- Aceite de coco extraído con etanol (duplicado).

⁴⁶ **2012.** Ministerio de Salud y Protección Social de la Republica de Colombia. . *Resolución 2154 . 2012.*

- Aceite de coco, prensado y enfriado.
- Aceite de coco, prensado y enfriado (duplicado).

El procedimiento tuvo una duración de 3600 segundos, es decir 1 hora. Dando como resultado el peso de la cápsula más la muestra:

Tabla 26. Resultados del porcentaje de cenizas para cada muestra de aceite.

Muestra	Tiempo (s)		Peso Cápsula + muestra (gramos)	
	0	3600		
1	31,14	3,35	34,49	31,14
2	26,14	3,23	29,37	26,15
3	25,02	3,27	28,29	25,04
4	43,77	3,323	47,1	43,8
5	33,89	3,3	37,19	33,89
6	42	3,29	45,29	42,0001

Para conocer el peso de las cenizas se realizó una resta entre el peso de las cápsulas más las muestras a los 3600 segundos y el peso de las cápsulas de porcelana, utilizando la ecuación 3:

Por ejemplo, para la muestra 1 transcurridos 3600 segundos:

$$\text{Peso cenizas} = 31,1413g - 31,1371g = 0,0042g$$

Dando como resultados los siguientes datos:

Tabla 27. Resultados de peso de las cenizas para cada muestra de aceite.

Muestra	Peso muestra final (gramos)
1	0,0042
2	0,0043
3	0,0217
4	0,0215
5	0,0034
6	0,0049

Con los datos del peso de cada muestra se pudo calcular el porcentaje de cenizas con el uso de la ecuación 4:

Por ejemplo, para la muestra 1 transcurridos 3600 segundos:

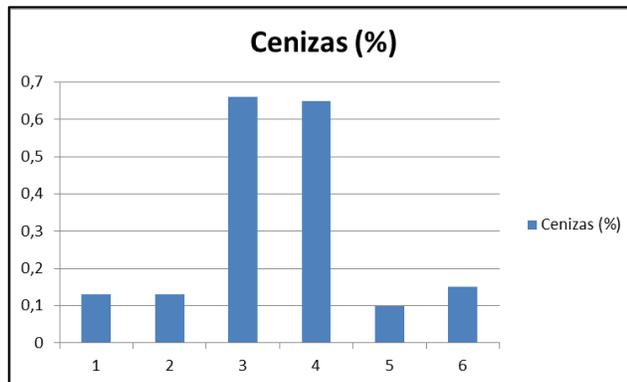
$$\%CENIZAS = \frac{31,14g - 31,14g}{34,49g - 31,14g} * 100 = 0,13\%$$

Dando como resultados los siguientes porcentajes de cenizas para cada muestra:

Tabla 28. Resultados del porcentaje de cenizas para cada muestra de aceite.

Muestra	Cenizas
1	0,13%
2	0,13%
3	0,66%
4	0,65%
5	0,10%
6	0,15%

Gráfica 5. Diagrama de columnas del porcentaje de cenizas (%) para cada muestra de aceite de coco.



3.3.3.2 Análisis de resultados. Como se mencionó anteriormente, esta determinación ayuda a identificar los compuestos inorgánicos y volátiles de las muestras.

En la tabla 28 y en la gráfica 5, los porcentajes de cenizas de cada muestra abarcan entre el 0,10% hasta 0,66%. Los menores porcentajes los obtuvieron las muestras 5, 1, 2 y 6 con 0,10%, 0,13%, 0,13% y 0,15% respectivamente. Mientras que las muestras 3 y 4 que corresponden a las muestras de aceite de coco extraídas con etanol obtuvieron de 0,65% y 0,66% de cenizas; lo que significaría

que en la hora de realización de la prueba conservaron mayor cantidad de minerales.

En cuanto a la normatividad, actualmente no hay requerimientos en cuanto a la caracterización para la evaluación de calidad del aceite de coco. Sin embargo, se puede asociar de que la cantidad de minerales en aceites debe ser lo más mínima posible, debido a que su composición es altamente de ácidos grasos saturados e insaturados en menor proporción. El aumento del porcentaje en las muestras de aceite extraído con etanol debió ser a que su composición alta en humedad tenía minerales adicionales a los de solo el aceite de coco.

3.3.4 pH. Para esta prueba se usaron los mismos materiales, insumos y equipos del numeral 3.1.4. A excepción de que la materia prima a evaluar fueron los aceites en vez del coco y que como la muestras son líquidos debido a que se calentaron por facilidad de medición, no es necesario preparar la muestra como en ese numeral, solo basta con agregar 31 mL de cada tipo de aceite en un vaso precipitado de 50 mL e introducir el electrodo.

3.3.4.1 Resultados. Las muestras empleadas fueron:

Aceite prensado

Aceite Etanol

Aceite Amanos

En esta prueba se midió tres veces el pH por cada muestra, dando como resultado los siguientes datos de pH:

Tabla 29. Resultados de la medición de pH en las muestras de aceite

	Volumen muestra (mL)	pH	pH (límite)
Aceite prensado	31	4,94	5
		4,98	
		4,95	
Aceite solvente	31	3,86	
		3,84	
		3,86	
Aceite Amanos	31	4,4	
		4,49	
		4,46	

3.3.4.2 Análisis de resultados. Lo resultados de la prueba realizada permite observar que el pH obtenido para las muestras de aceite de coco fue entre 3,84-4,98, lo que significaría que son ácidos. Esa acidez se le podría atribuir a la gran composición de ácidos grasos saturados aproximadamente el 92% e insaturados del 8%⁴⁷ que componen al aceite de coco.

Actualmente, en las normas de calidad colombianas para el aceite de coco no hay parámetros para controlar el pH del producto. Sin embargo, se encontró en una tabla del pH de los alimentos creada por Gabriel Gaviña en el año 2013, donde indica que esta tabla es más una guía para conocer la acidez/alcalinidad en aproximadamente 30 gramos de alimento. Para el aceite de coco indica que debe estar en una medida de 5⁴⁸ y es ligeramente ácido.

Comparando con los resultados obtenidos, se puede observar en la tabla 29 que el aceite prensado es el que más se acerca a este valor, seguido por el aceite de la empresa y finalmente está el extraído con etanol.

3.3.5 Densidad.

3.3.5.1 Materiales e insumos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ 1 Picnómetro Gay- Lussac de 25 mL
- ✓ 25 mL de aceite de coco prensado
- ✓ 25 mL de aceite de coco Amanos Artesanal
- ✓ 25 mL de aceite de coco extraído con etanol

3.3.5.2 Equipos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Termómetro laser
- ✓ Plancha

⁴⁷ KRISHNA, AG. 2010. *Coconut oil: chemistry, production and its applications-a review.* [Indian Coconut Journal]. 2010. Vol. 53, 3, págs. 15-27.

⁴⁸ GAVIÑA, G. 2013. MUYBIO. *Tabla del pH de los alimentos.* 2013.

3.3.5.3 Procedimiento. Se tuvo como guía el procedimiento de la Normas Técnica Colombiana NTC 336²⁰:

- Se deben preparar las muestras de aceite de coco por lo que a temperatura ambiente son sólidas, por lo que se ponen a fundir a 24°C (punto de fusión del aceite de coco⁴¹) en un plancha, hasta que estén totalmente líquidos.
- Limpiar el picnómetro con agua recientemente destilada y secar totalmente el picnómetro, evitando que queden gotas de agua dentro de él.
- Se pesa el picnómetro vacío en la balanza analítica.
- Se llena el picnómetro con la muestra de aceite y se coloca el tapón esmerilado, teniendo cuidado de no incluir burbujas de aire. (se deja que la muestra fluya hasta el límite).
- Limpiar el picnómetro hasta secar el exceso de la salida cónica.
- Con el termómetro laser registrar la temperatura, dirigiendo el láser hacia el picnómetro donde está la muestra. }
- Pesar el picnómetro lleno
- Realizar el mismo procedimiento con las demás muestras de aceite y con agua destilada para hallar la densidad relativa.

3.3.5.4 Resultados. Las muestras empleadas se enumeraron de la forma:

1. Aceite de coco prensado y enfriado
2. Aceite de coco extraído con etanol
3. Aceite de coco Amanos

Dando como resultados:

Tabla 30. Resultados de la medición de densidad en las muestras de aceite

Muestra	Temperatura (°C)	Peso Picnómetro vacío (gramos)	Peso Picnómetro más aceite (gramos)	Masa muestra (g)	Volumen (mL)
1	20	20,78	45,37	22,991	25
2	20	20,75	45,48	22,926	25
3	20	20,78	45,43	22,98	25

Tabla 31. Resultados de la medición de densidad del agua destilada

Muestra	Temperatura	Peso Picnómetro vacío (gramos)	Peso Picnómetro más aceite (gramos)	Masa muestra (g)	Volumen (mL)
Agua	20	20,78	47,5	26,72	25

Para hallar los valores de densidad, se usó la siguiente ecuación²⁰:

Ecuación 8. Fórmula para hallar la densidad

$$\rho(20^{\circ}\text{C}) = \frac{\text{Peso picnómetro lleno (g)} - \text{Peso picnómetro vacía(g)}}{\text{Volumen picnómetro(mL)}}$$

Por ejemplo, para la muestra 1:

$$\rho(20^{\circ}\text{C}) = \frac{45,37 \text{ (g)} - 22,991 \text{ (g)}}{25 \text{ (mL)}} = 0,919 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

Dando como resultados las siguientes de densidad para cada muestra:

Tabla 32. Resultados de densidad para las muestras

Muestra	Densidad (g/mL)
1	0,919
2	0,917
3	0,919
Agua destilada	1,07

Para el cálculo de densidad relativa:

Ecuación 9. Fórmula para hallar la densidad relativa.

$$\rho \text{ relativa} = \frac{\rho \text{ de aceite } \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}}\right)}{\rho \text{ de agua destilada } \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}}\right)}$$

Por ejemplo para muestra 1:

$$\rho \text{ relativa} = \frac{0,919 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{1,07 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 0,86$$

Dando como resultados los siguientes datos:

Tabla 33. Resultados de densidad relativa para las muestras de aceite

Muestra	Densidad relativa
1	0,86
2	0,86
3	0,86

3.3.5.5 Análisis de resultados Como se puede observar en la tabla 32, las densidades obtenidas en las pruebas son similares y lo primero que se puede analizar es que efectivamente la densidad de los aceites es menor que la del agua, lo cual es muy característico.

Otro aspecto es que se tuvo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 252, para poder evaluar y comparar la calidad del aceite obtenido. El rango óptimo para la densidad de aceite de coco a 25/15°C debe ser de 0,917-0,919 g/mL⁴⁹. Es decir, que las 3 muestras evaluadas cumplen con esta normatividad, porque están dentro del rango.

3.3.6 Índice de saponificación.

3.3.6.1 Materiales e insumos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ 1 Matraz aforado de fondo plano de 250mL
- ✓ Condensador de reflujo
- ✓ 1 Soporte universal
- ✓ 2 pinzas
- ✓ Agua destilada
- ✓ 1 bureta de 25 mL
- ✓ 1 pipeta de 10 mL
- ✓ 1 pipeteador
- ✓ Papel filtro

⁴⁹ 2001. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 252. *Grasas y aceites comestibles. Aceite de coco.* 2001.

- ✓ 1 vaso precipitado de 50 mL
- ✓ Tapón para cabeza del condensador

3.3.6.2 Equipos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Plancha

3.3.6.3 Reactivos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ Solución alcohólica de hidróxido de potasio al 0,5 N (KOH)
- ✓ Ácido clorhídrico 0,5 M
- ✓ Fenolftaleína al 1% en alcohol de 95%

3.3.6.4 Procedimiento. Se tuvo como guía el procedimiento de la Normas Técnica Colombiana NTC 335²¹:

- Preparar los reactivos (ANEXO J).
- Preparar las muestras de aceite, calentándolas a 24°C hasta que se estén completamente líquidas y después filtrarlas con papel filtro para evitar eliminar impurezas o turbidez. Se puede usar el vaso precipitado para que caiga la muestra filtrada.
- Pesar 2 g o medir 2,5 mL de muestra de aceite en el matraz de 250 mL.
- Agregar con una pipeta 25 mL de KOH
- Realizar el montaje: Conectar el condensador (colocar un tapón) al matraz y ajustar en el soporte universal con ayuda de las pinzas. (ANEXO J).
- Colocar la plancha de calentamiento debajo del montaje y dejar ebulir ligeramente por 30 minutos. Dejar enfriar
- Desmontar el montaje
- Purgar la bureta con la solución de HCl 0,5 N y llenarla hasta el límite 0.
- Ajustar la bureta con una pinza en el soporte universal

- Agregar al matraz 1 mL de fenolftaleína
- Titular el contenido del matraz con la solución dentro de la bureta hasta que el color rosa desaparezca.
- Realizar mismo procedimiento con las demás muestras de aceite.
- Realizar mismo procedimiento para el blanco (Sin muestra de aceite).

3.3.6.5 Resultados. Las muestras empleadas se enumeraron de la forma:

1. Aceite de coco Amanos
2. Aceite de coco Prensado
3. Aceite de coco Extraído con etanol

Dando como resultados:

Tabla 34. Resultados de índice de saponificación

	Muestra (g)	KOH Alcohólica (mL)	HCl consumido (mL)
1	2,299	25	1,02
2	2,293	25	1,025
3	2,298	25	2
BLANCO	0	25	21,61

Para hallar el índice de saponificación, se usó la siguiente fórmula²¹:

Ecuación 10. Fórmula para hallar el índice de saponificación

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{(V_0 - V_1) * N * 56,1}{M}$$

Dónde:

Vo: Volumen de HCl gastado en el blanco (mL)

V1: Volumen de HCl gastado en la muestra (mL)

N: Concentración exacta (moles/L) de HCl

M: Masa (g) de la porción de ensayo

Por ejemplo, para la muestra 1:

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{(21,61 \text{ mL} - 1,02 \text{ mL}) * 0,5 * 56,1}{2,298 \text{ g}} = 251,33$$

Dando como resultados los siguientes datos:

Tabla 35. Resultados del cálculo del índice de saponificación

Muestra	Índice de saponificación	Índice de saponificación (límite)
1	251,33	
2	251,27	250-264
3	239,36	

3.3.6.6 Análisis de resultados. Como se puede observar en la tabla 35, los índices de saponificación obtenidos en las pruebas son muy similares, lo único que cambia es la tercera muestra que corresponde al aceite extraído con etanol por una diferencia de 11,97 unidades.

Por otro lado, se puede analizar que para saponificar un gramo de aceite es necesario usar entre 239,36-251,27 miligramos de hidróxido de potasio según la experimentación realizada. Es decir, que se cumple la reacción que produce la formación de jabones usando aceite de coco. Disociando las grasas en un medio alcalino, Produciendo jabón y glicerina.

Otro aspecto es que se tuvo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 252, para poder evaluar y comparar la calidad del aceite obtenido. El rango óptimo para el índice de saponificación del aceite de coco debe ser de un rango entre 250-264⁴⁴. Es decir, que las muestras 1 y 2 serían aprobadas por el criterio de calidad, por lo que están dentro del rango. Mientras que la muestra 3 está por debajo del rango.

3.3.7 Índice de yodo.

3.3.7.1 Materiales e insumos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ 1 gotero
- ✓ 4 pipetas de 10 mL
- ✓ 1 pipeteador
- ✓ 1 bureta de 25 mL
- ✓ 1 soporte universal
- ✓ 2 pinzas
- ✓ 1 fiola de yodo

3.3.7.2 Equipos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Plancha

3.3.7.3 Reactivos. Para la elaboración de esta prueba experimental se necesitó:

- ✓ Cloroformo
- ✓ Yoduro de potasio al 15%
- ✓ Tiosulfato de sodio 0,1 N
- ✓ Solución de almidón al 1%
- ✓ Reactivo Wijs

3.3.7.4 Procedimiento. Se tuvo como guía el procedimiento de la Normas Técnica Colombiana NTC 283²²:

- Preparar los reactivos (ANEXO K).
- Preparar las muestras de aceite, calentándolas a 24°C hasta que se estén completamente líquidas y después filtrarlas con papel filtro para evitar

eliminar impurezas o turbidez. Se puede usar el vaso precipitado para que caiga la muestra filtrada.

- De acuerdo con el valor de yodo esperado que según la Norma Técnica Colombiana NTC 252⁴⁴ se espera un índice de yodo entre 7,5-10,5. Entonces, se debe pesar aproximadamente 1 g de muestra de aceite con 20 mL de cloroformo en la fiola de yodo.
- Adicionar con la pipeta 25 mL de reactivo Wijs.
- Como el índice de yodo es menor a 150, se debe cubrir con aluminio y poner en un sitio oscuro para que no se descomponga la solución por 30 minutos
- Pasados los 30 minutos se debe agregar 20 mL de yoduro de potasio y 100 mL de agua destilada.
- Purgar la bureta con la solución de Tiosulfato de sodio 0,1N y llenarla hasta el límite 0.
- Ajustar la bureta con una pinza en el soporte universal
- Titular el contenido de la fiola con la solución dentro de la bureta hasta que el amarillo casi desaparezca.
- Añadir 1mL de almidón y titular hasta que el color azul desaparezca.
- Realizar mismo procedimiento con las demás muestras de aceite.
- Realizar mismo procedimiento para el blanco (Sin muestra de aceite)

3.3.7.5 Resultados. Las muestras empleadas se enumeraron de la forma:

1. Aceite de coco Amanos
2. Aceite de coco Prensado
3. Aceite de coco Extraído con etanol

Dando como resultados:

Tabla 36. Resultados de índice de yodo

	Fiola			Bureta		
	Aceite (g)	Cloroformo (mL)	Wijs (mL)	KI (mL)	Tiosulfato	
BLANCO	0	20	25	20	24,3	
1	1	20	25	20	18	
2	1	20	25	20	18	
3	1	20	25	20	18,05	

Para hallar el índice de yodo, se usó la siguiente fórmula²²:

Ecuación 11. Fórmula para hallar el índice de yodo

$$\text{Índice de yodo} = \frac{(V_0 - V_1) * N * 12,67}{M}$$

Dónde:

V₀: Volumen de Tiosulfato de sodio gastado en el blanco (mL)

V₁: Volumen de Tiosulfato de sodio gastado en la muestra (mL)

N: Concentración exacta (moles/L) de Tiosulfato de sodio

M: Masa (g) de la porción de ensayo

Por ejemplo, para la muestra 1:

$$\text{Índice de yodo} = \frac{(24,3 - 18 \text{ mL}) * 0,1 * 56,1}{1 \text{ g}} = 7,9821$$

Dando como resultados los siguientes datos:

Tabla 37. Resultados del cálculo del índice de yodo

Muestra	Índice de yodo	Índice de yodo (límite)
1	7,98	
2	7,98	7,5-10,5
3	7,92	

3.3.7.6 Análisis de resultados. Como se puede observar en la tabla 37, los índices de yodo obtenidos en las pruebas son muy similares, lo único que cambia es la tercera muestra que corresponde al aceite extraído con etanol por una diferencia de 0,06 unidades.

Esta propiedad de los aceites como se mencionó en el marco teórico se mide para conocer el grado de insaturación presente en estos. El aceite de coco es conocido por tener una baja cantidad de ácidos grasos insaturados como se puede observar en la tabla 2, donde la empresa con ayuda de análisis de un laboratorio que determinó la composición de ácidos grasos insaturados que por una porción de 5mL de aceite de coco hay menos de 0,5 gramos de ácidos grasos poliinsaturados y menos de 1 gramo de ácidos grasos mono insaturados. Lo que significa su bajo índice de yodo en la prueba realizada, que por cada gramo de aceite se requieren aproximadamente 7-8 gramos de yodo.

Otro aspecto que se tuvo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 252, para poder evaluar y comparar la calidad del aceite obtenido. El rango óptimo para el índice de yodo del aceite de coco debe ser de un rango entre 7,5-10,5⁴⁴. Es decir, que las tres muestras cumplen con el requisito, debido a que están dentro del rango permitido.

3.4 SELECCIÓN DE MEJOR ALTERNATIVA DE PROCESO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO

Al comparar los resultados obtenidos, respecto a la extracción de aceite de coco, se puede observar que el cambio de proceso (prensado y extracción por solvente) afecta el porcentaje de obtención y la calidad del aceite de coco. El mayor rendimiento de extracción del aceite se tuvo al extraer con el etanol, usando el coco rallado deshidratado (4% de humedad) 52-57%. Mientras que el rendimiento con prensado en frío fue específicamente de 36-40%. La diferencia entre ambos métodos es de 16-17%, lo cual quiere decir que en cuanto a porcentaje de extracción es mejor el proceso por solvente.

El porcentaje de extracción no fue el único criterio a evaluar para determinar el mejor proceso para la empresa Amanos Artesanal. Cabe recordar que lo que quiere la empresa es que el aceite sea para uso alimenticio y cosmético; es por esa razón que se escogió metodologías de identificación de propiedades para uso alimenticio, debido a que estas son más exigentes, para que el producto brinde su mayor cantidad de beneficios. Si lo brinda en alimentación, también lo haría como insumo para productos cosméticos. Por eso, se evaluaron características y criterios de calidad para cada tipo de aceite de coco, para ver si cumplían con algunos de los que establece la NTC 252 (índice de saponificación, índice de yodo, densidad, humedad, entre otros). De estas pruebas el mejor resultado, lo obtuvieron los aceites de coco prensados debido a que cumplieron con los rangos

óptimos de calidad. Mientras que el aceite extraído con etanol no cumplió con la densidad, pH, humedad, cenizas e índice de saponificación reglamentados.

También se determinaron las propiedades organolépticas y el mejor resultado las brinda el aceite prensado debido a que cumple con el olor, sabor, textura y color característicos del aceite de coco. Mientras que el extraído con etanol tiene olor y sabor leve a etanol. Además, su coloración se vuelve amarilla.

Para la selección de la mejor alternativa se compararon las dos experimentaciones (prensado y extracción por solvente) a partir de tres criterios:

- Los resultados obtenidos en las pruebas químicas y físicas.
- La cercanía de los datos con respecto al aceite que está produciendo actualmente la empresa.
- El cumplimiento de la normatividad

Cuadro 14. Cuadro comparativa para la selección del mejor proceso.

	Aceite prensado	Aceite extraído con solvente
Extracción de aceite	24-40%	52,86-57,42%
Color	Blanco	Blanco-Amarillo
Olor	Característico del coco, suave	Característico del coco, suave. (Leve olor a etanol)
Textura	Sólido y grasoso. Sin grumos	Sólido y grasoso. Sin grumos
Solidificación	Solidifica a temperatura ambiente	Solidifica a temperatura ambiente
Sabor	Neutro	Neutro. (Leve sabor a etanol)
Humedad	0,2-0,42%	11-13%
Cenizas	0,1-0,15%	0,65-0,66%
pH	4,4-4,98	3,84-386
Densidad	0,919 g/mL	0,917 g/mL
Índice de saponificación	251,27-251,33	239,36
Índice de yodo	7,98	7,92

3.5 CONCLUSIONES DEL TERCER CAPITULO

Según el cuadro 14, se puede observar que el proceso menos indicado es la extracción con solvente porque obtuvo un sabor no característico, la humedad es muy alta, las cenizas con respecto al aceite base son altas, el pH al bajar la escala a 3 aumenta su acidez y no cumple con la norma del índice de saponificación. Lo cual lo hace menos deseado que el proceso por prensado en frío. Sin embargo, no significa que sea un proceso que genere un daño grande para el aceite porque el etanol en pocas concentraciones no es tóxico para el ser humano y se obtiene más cantidad de aceite siendo conveniente buscar un proceso de separación más eficiente para el solvente. También, al cambiar algunas propiedades organolépticas y propiedades físicas y químicas hace que el producto deje de ser

atractivo para la venta al compararlo con un aceite extraído con prensado el cual mantiene sus propiedades naturales intactas. Sin embargo, el proceso de extracción por solvente no se puede descartar para la industria porque al fin y al cabo tiene buen porcentaje de extracción, permitiendo usarlo en otras industrias como la cosmética y biodiesel. O en otro caso, encontrar un método de separación más eficiente, para eliminar el contenido restante de solvente en el aceite.

Teniendo en cuenta lo anterior, para la empresa Amanos Artesanal se seguirá empleando el prensado en frío el cual permite tener las mismas propiedades del aceite que producen actualmente. También, como se observó en el análisis del diseño de experimentos se fijaron los procedimientos de enfriamiento y el uso de coco rallado deshidratado. Por lo que serán los puntos clave para diseñar el nuevo proceso tecnificado de la empresa.

4. DISEÑO CONCEPTUAL PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE DE COCO

Este capítulo proporcionara el diseño conceptual para la obtención de aceite de coco. Para ello se inició con la selección de criterios iniciales de diseño como: el tipo de proceso, tamaño de la planta y presentación de la materia prima. Después, se realizó la selección, definición y descripción de las operaciones seleccionadas para el nuevo proceso junto con las condiciones de operación. Con lo anterior, se diseñó el respectivo diagrama de bloques y el diagrama de flujo de procesos (PFD) junto con el balance de masa por cada operación unitaria, selección de equipos y nomenclatura.

4.1 CRITERIOS INICIALES DE DISEÑO

Para el desarrollo de la nueva propuesta de diseño del proceso para la obtención de aceite de coco, se tendrán en cuenta ciertos criterios para lograr un proceso eficiente y económico. Logrando la producción de un aceite alto en calidad y apto para la venta.

4.1.1 Tipo de proceso. El tipo de proceso seleccionado para la empresa Amanos Artesanal es el discontinuo, debido a que “las principales etapas de un proceso por lo general operan de forma discontinua. Esto se traduce en que la temperatura, la concentración, la masa entre otras propiedades varían con el tiempo.”⁵⁰. Es decir que la empresa no generara aceite de coco de manera constante durante todo el tiempo, eso es debido a que la concentración de grasa en la pulpa de coco así este deshidratada varía en poca proporción (1-3%) como se pudo observar en los resultados de la extracción de aceite (ANEXO D). También, será necesario realizar paros y arranques en intervalos para cambiar de una operación unitaria a otra, debido a que se presentan varios cambios de estado de la y se requiere estar pendientes de que cada proceso para que se realice de la manera más eficiente (cambiar condiciones si es necesario). Todo eso podría causar pequeños cambios en la producción.

4.1.2 Tamaño de planta. La empresa Artesanal está proyectando un aumento de producción a 800 L/mes. Esa proyección se debe a que la empresa ha tenido bastante acogida porque brindan un producto de buena calidad, lo que hace que sus clientes se mantengan fieles, llegando a recomendar a otras personas el producto, generando un aumento en los pedidos y por lo tanto en la cantidad de aceite a producir.

⁵⁰ ALBERNAS CARVAJAL, Y. 2012. *Procedimiento para la síntesis y diseño óptimo de plantas discontinuas (Parte I)*. [Tecnología Química]. 2012. Vol. 32, 3, págs. 204-212.

Su estudio de mercado demuestra que: en sus inicios hasta los 7 meses estaban produciendo aproximadamente entre 40-60 L/mes; a los siguientes 9 meses subió la producción a 200 L/mes siendo una tasa alta respecto a lo esperado que era de 91 L/mes. Es decir, que por mes actualmente la producción está aumentando entre un 5% a un 15%. Si es así, entre 2-5 años deben estar llegando a producciones de 800 L/mes o más. De manera que, se contaría con el tiempo de preparación para lograr tener organizado el personal, lugar de producción, materia prima inicial y los equipos instalados antes de empezar con la cantidad de aceite proyectada por la empresa.

Sin embargo, el diseño sirve para producciones mayores a 200 L/mes hasta los 800 L/mes, de manera que empiecen a manejar un proceso técnico para ir mejorándolo con el tiempo y reducir o cambiar errores que se puedan ir presentando, Todo para obtener un proceso que logre buenos resultados en la planta, optimizando tiempo y mano de obra.

Teniendo en cuenta que se manejara como base de cálculo los 800 L/mes y que:

- Se laboraran 6 días a la semana (lunes a sábado).
- Al mes son aproximadamente 24 días.
- Se trabajaran de 8-12 horas al día.

$$800 \frac{L}{mes} * \frac{1 mes}{24 dias} = 33,33 \approx 34 \frac{L}{dia}$$

Teniendo en cuenta que la densidad es de 0,919 g/mL (Tabla 32):

$$34 \frac{L}{dia} * \frac{1000mL}{1 L} * \frac{0,919 g}{1 mL} = 31246 g \text{ de aceite/dia}$$

Para lograr producir aproximadamente 31246 g de aceite/día, se necesita tener en cuenta que de un cien por ciento de pulpa de coco y por el proceso de prensado en frio se puede extraer de a 24-40% de aceite de coco según los resultados obtenidos en (ANEXO D):

Tabla 38. Porcentaje de obtención de aceite de coco por ensayo (coco deshidratado)

Ensayo	Aceite de coco
9	34%
10	24%
11	32%
12	27%
13	33%
14	31%
15	37%
16	40%

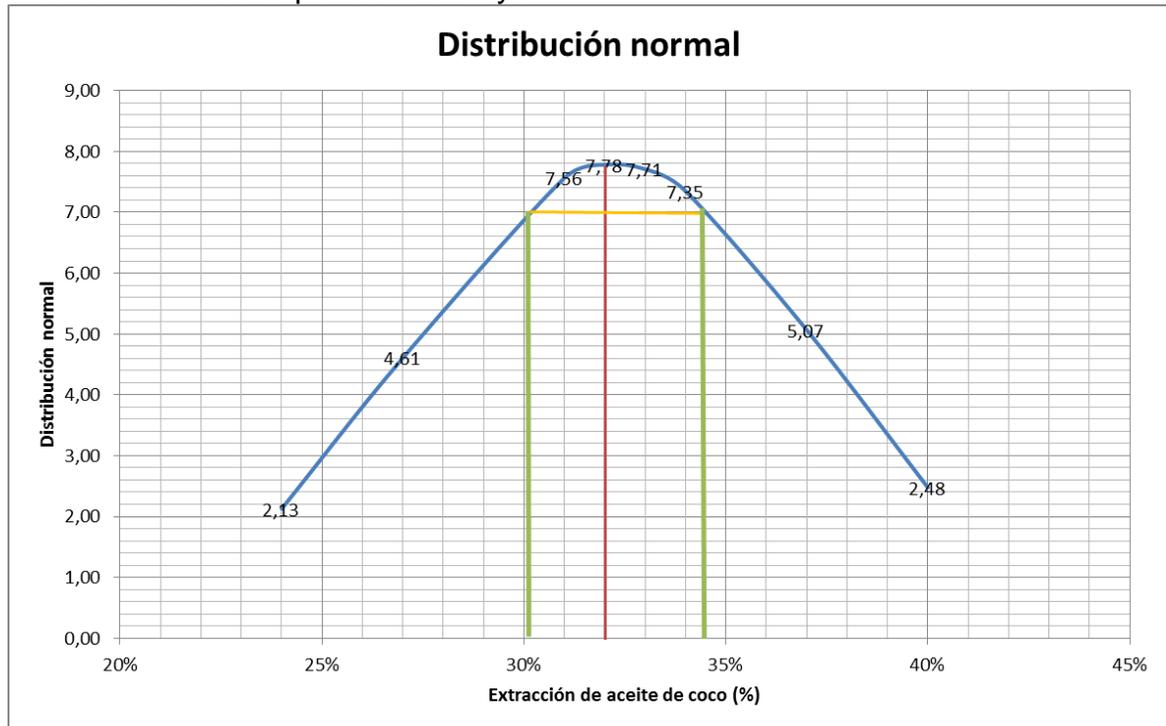
Para la selección de los datos más cercanos entre sí, se realizó una distribución normal para eliminar los datos más variables. El procedimiento fue tomado de una página web llamada *Trucos y Cursos*.⁵¹

Tabla 39. Promedio, desviación estándar y distribución normal de los datos de extracción de aceite de coco. (Resultados obtenidos en Excel)

Ensayo	Aceite de coco	Distribución normal
10	24%	2,13
12	27%	4,61
14	31%	7,56
11	32%	7,78
13	33%	7,71
9	34%	7,35
15	37%	5,07
16	40%	2,48
Promedio	32%	
Desviación	0,051	

⁵¹ Trucos y cursos. . *La distribución normal o campana de Gauss en Excel*. [En línea] [Citado el: 18 de Noviembre de 2017.] <http://trucosycursos.es/la-distribucion-normal-o-campana-de-gauss-en-excel/> .

Gráfica 6. Diagrama de distribución normal de los puntos del porcentaje de extracción de aceite por cada ensayo.



Según la gráfica 6:

- La línea azul es la distribución normal de los datos
- La línea roja es la media de los datos
- La línea amarilla es el rango de la desviación estándar considerado aceptable:

Límite inferior: 30,1% de aceite de coco (línea verde izquierda)

Límite superior: 34,5% de aceite de coco (línea verde derecha)

Como se puede observar en la gráfica 6 y en la tabla 39, los datos más alejados a la línea de distribución normal son los ensayos 10, 12, 15 y 16. Con los demás ensayos se obtuvo el promedio del porcentaje de obtención de aceite:

Tabla 40. Promedio del porcentaje de obtención de aceite de coco por ensayo (coco deshidratado)

Ensayos seleccionados	Porcentaje de aceite de coco
9	34%
11	32%
13	33%
14	31%
Promedio	32,5% ≈ 33%

El 33% se usa para hallar la cantidad de pulpa de coco para producir en un día:

$$\frac{31246 \text{ g de aceite}}{\text{dia}} * \frac{100\% \text{ pulpa}}{33\% \text{ aceite}} = 94684,8 \frac{\text{g coco}}{\text{dia}} = 94,68 \frac{\text{kg coco}}{\text{dia}} \approx 95 \text{ kg/dia}$$

Se necesitarían aproximadamente 95 kg/día de coco para producir 34 L/día de aceite de coco.

4.1.3 Obtención de la materia prima. Teniendo en cuenta la selección de que se usara la pulpa de coco al 4% de humedad, surgen dos probabilidades:

- A. Comprar el coco entero y agregar una operación de secado al proceso.
- B. Comprar el coco deshidratado.

Para decidir la mejor opción, se realizó una tabla comparativa entre las dos opciones:

Tabla 41. Tabla comparativa para la obtención de la materia prima.

	A	B
Presentación	Coco entero	Coco rallado
Humedad (%)	51%	4%
Peso total (g)	500-800	1000
Agua de coco (%)	26	0
Torta de coco (%)	30	39
Corteza de coco (%)	23	0
Pulpa de coco (g)	77	100
Costo total por unidad	\$ 5.000	\$ 9.000
Operación de secado	Requiere	No requiere
Cantidad de subproductos	3	1

Según la tabla 41:

- Para la alternativa A se puede rescatar que tiene a su favor 3 subproductos para la venta.
- Para la alternativa B se puede rescatar que ya tiene el porcentaje necesario de humedad para entrar al proceso y no requiere unidad de secado previo al proceso.
- En cuanto a las demás variables de comparación se puede analizar que es muy notable que en la alternativa B viene mucha más pulpa por \$9.000, mientras que en la alternativa A se compra un coco por \$5.000, el cual incluye la corteza y el agua de coco. Entonces si se quisiera completar 1000 gramos de pulpa de coco con la compra del coco entero, se necesitarían:

1 coco entero → 290-400 gramos de pulpa (345 gramos en promedio)

$$1000 \text{ g de pulpa} * \frac{1 \text{ coco entero}}{345 \text{ g de pulpa}} = 2,89 \approx 3 \text{ cocos enteros}$$

Esos cuatro cocos enteros tendrían un valor de:

$$3 \text{ cocos enteros} * \frac{\$5.000}{1 \text{ coco entero}} = \$15.000$$

Lo que significa que se gastarían \$6.000 de más a la hora de comprar el coco entero. Se estaría comprando agua de coco y corteza de coco adicional que serían los subproductos. Sin embargo, ese sería la única ganancia que se tendría con la alternativa A, porque a la hora de comprar más cantidad de cocos para una producción de aceite de coco, se necesitaría hacer varios viajes para transportarlos debido a que ocupan más volumen y se estaría llevando menos cantidad de pulpa en cada viaje a comparación de la alternativa B el cual se transportarían 200 gramos adicionales de pulpa por unidad de empaque; esos viajes significan gastos en gasolina, peajes y costo por cada trayecto. Además, para la alternativa A se requiere mano de obra para sacar el agua de coco contenida en el coco, romper y separar la pulpa de la corteza; por otro lado, está la operación de adicional de secado el cual se necesitaría comprarlo y pagar lo que genere el consumo de energía de este. O en caso de que esa operación se hiciera en al aire que con el tiempo el coco se deshidratara, generaría demora en la producción del aceite y más mano de obra.

La oportunidad de vender los subproductos adicionales de la alternativa A son:

- La corteza de coco se está usando como abono para las plantas y como materia prima para producir carbón activado. Se podría vender a una empresa que la procesara, pero el precio de la corteza del coco se mantendría en un valor más bajo de los \$1.300 entre cien y doscientos gramos. O Se podría procesar ahí mismo para venderla a un valor más alto, pero generaría más gastos de operación.
- El agua de coco ya se está vendiendo comercialmente para consumo en forma de bebida. Esta se podría vender a una empresa por un valor igual o menor de \$1.300 entre 100-200 mL. O Se podría procesar ahí mismo para venderla a un valor más alto, pero generaría más gastos de operación.

Sin embargo, la prioridad de la empresa es producir aceite de coco para uso alimenticio y cosmético. Por lo que actualmente, no están interesados en producir otro tipo de materia prima. Entonces, para evitar su tratamiento la empresa vendería la corteza y el agua de coco a un tercero para su manejo o escoger la alternativa B la cual optimizaría mano de obra, gastos adicionales de equipos y energía, obteniendo más materia prima por unidad de compra con un menor diámetro de partícula. Adicionalmente, se podría vender la torta de coco obtenida después de prensar el aceite a una empresa diferente, la cual tiene un valor agregado mayor a los demás subproductos anteriormente mencionados debido que al quitarle la humedad se convierte en harina de coco, mencionados (más de \$10.000 por 500 gramos). Por ejemplo para 5 kilos:

Tabla 42. Estimación de alternativas para 5 kilos de materia prima

	A	B
Cantidad por unidad	15 Cocos	5 paquetes
Precio total	\$ 75.000	\$ 45.000
Cantidad de corteza (g)	1150	0
Precio corteza	\$ 10.000	0
Cantidad agua de coco (g)	1300	0
Precio agua de coco	\$ 12.000	0
Cantidad torta de coco	1500	2750
Precio torta de coco	\$ 30.000	\$ 55.000
Valor neto en materia prima	-\$ 23.000	\$ 10.000
Mano de obra para obtener la pulpa de coco (personas)	5	2
Precio mano de obra (SMLV= \$737.717+\$83.140)	-\$4'104.208	-\$1'641.714
Valor Neto	-\$4'127.208	-\$1'631.714

Según la tabla 42, se puede analizar que es más rentable escoger la alternativa B, ya que a pesar de que no tiene corteza y agua de coco, genera menos pérdidas, debido a que la alternativa A necesita más personas que realicen las labores de separar el agua, romper el coco y sacar la pulpa. Además, se necesitaría una operación de secado adicional, generando más costos y gasto de energía.

4.2 OPERACIONES UNITARIAS

Para la selección de las operaciones unitarias se tuvo en cuenta la experimentación realizada en este documento y los fundamentos teóricos de cada tipo de operación, los cuales van desde el momento de recepción de la materia prima hasta el envasado. A continuación se muestran los procesos a emplear en el proceso para la obtención de aceite de coco:

- **Recepción de la materia prima.** Como primer procedimiento, se debe hacer la recepción de la materia prima. Que es la operación donde se recibirá el pedido de pulpa de coco, para su debido pesado y control de calidad que decida la empresa (podría ser por propiedades organolépticas). Para después ser almacenada en un tanque o tolva con la capacidad volumétrica e higiene adecuada para guardar la pulpa de coco y empezar con el proceso.
- **Molienda.** La pulpa de coco recibida es rallada, lo que significa que ya tiene un tamaño de partícula menor y más delgada que los trozos que se sacan del coco entero tradicional. Sin embargo, la presentación en la que viene el coco ocupa mucho volumen en un recipiente por lo que viene en forma de láminas largas. Por eso, primero en la experimentación realizada se debía reducir más el tamaño del coco con ayuda la licuadora, antes de mezclarlo con agua. Por eso, se quiso adicionar una operación unitaria de reducción de tamaño de partícula. La operación que se escogió es la molienda por lo que se está manejando un alimento seco⁵², el cual se entiende como: “el proceso en el cual se realiza la reducción de las dimensiones de las partículas involucradas”⁵³.
- **Agitación I.** “La agitación es la operación por la cual se crean movimientos violentos e irregulares en el seno de una materia fluida, o que se comporte como tal, situando las partículas o moléculas de una o más fases de tal modo que se obtenga el fin pretendido en el mínimo de tiempo y con un mínimo de

⁵² COLINA IREZABAL, M. Reducción de tamaño de alimentos. *Ingeniería de alimentos III*. [En línea] [Citado el: 26 de Octubre de 2017.] http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/red_tam_solidos_intro.pdf.

⁵³ ROSALES GUEVARA, J.J. 2009. Trabajo de grado. *Optimización del proceso de molienda y preparación de engobes, esmaltes y serigrafías*. [Universidad Simón Bolívar]. 2009. pág. 5.

energía. En el caso de que no sea una única sustancia la que reciba este movimiento, sino dos o más sustancias, miscibles o no, se llamará mezcla. En ella se pretende realizar una distribución al azar de dichas sustancias o fases”.⁵⁴ Permitiendo que el coco molido suelte las partículas de grasa más fácil. Para ello se debe poner en contacto con agua a su punto de ebullición. Por eso se selecciona una operación unitaria de agitación para integrar los dos componentes (agua y aceite) con ayuda de una agitación eficaz, con el movimiento de las palas o paletas, formando una mezcla heterogénea entre las partículas de coco, y una homogénea entre el aceite y el agua.

- **Filtración I.** Esta operación es la principal del proceso, porque es la que va a ayudar a extraer la mayor cantidad de aceite presente en la pulpa de coco. Como se mencionó anteriormente, es mucho más rentable optar por el prensado (frio), donde se separaría las fases líquida (leche de coco) y sólida (harina de coco) mediante la compresión que permite el escape del líquido, mientras que el sólido se retiene hasta que no salga más leche de coco.
- **Decantación.** La leche de coco saliente del proceso anterior, debe ser sometida a un proceso de enfriamiento como se indicó en el diseño de experimentos. Sin embargo, esa no es la operación exacta que sucedería en el proceso. Porque se está separando el agua del aceite. Esta operación recibe el nombre de decantación, que su fundamento físico se basa en las diferencias de densidades que tienen dos líquidos inmiscibles. En cuanto al enfriamiento, se tendrá en cuenta para disminuir el tiempo de separación de las fases.
- **Agitación II.** De la operación anterior queda una pasta, el cual contiene el aceite de coco con un alto contenido de humedad. Entonces para eliminar el exceso de humedad, la pasta se someterá a una operación de agitación en la que con ayuda de calor para elevar la temperatura y agitación, para finalmente evaporar el agua.
- **Filtración II.** De todas las operaciones anteriores pueden quedar partículas pequeñas de sólidos que permanecen en el aceite, por eso es necesario realizar una filtración por gravedad para poder separar esas partículas del fluido.
- **Envasado.** Por último, el envasado tiene como función principal conservar los alimentos, evitar que se contaminen y se llenen de humedad. Para poner el producto en venta al cliente interesado, y quede satisfecho con un producto calidad.

⁵⁴ URIBE RAMIREZ, A. RIVERA AGUILERA, R. AGUILERA ALVARADO, A. MUERRIETA LUNA, E. 2010. *Agitación y mezclado*. [Universidad de Guanajuato. Departamento de Ingeniería Química]. Guanajuato, México : s.n., 2010.

4.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PROPUESTO PARA LA EMPRESA AMANOS ARTESANAL

Cada una de las operaciones unitarias a emplear en el proceso tiene una función importante para poder obtener un aceite natural, y con las características que debe tener para poder ser comercializado.

Para empezar, se debe tener lista la recepción de la materia prima aprobada según criterios de calidad como el cumplimiento de las propiedades organolépticas y peso. También, tener la cantidad necesaria para operar un mes de producción en un tanque de almacenamiento. A continuación se describen el procedimiento por cada operación unitaria junto con sus condiciones de proceso:

- **Molienda.** En esta etapa se usa la molienda en vía seca debido a que el coco rallado deshidratado tiene aproximadamente 4% de agua y aplica para este tipo de proceso⁵⁵ y el cual entra al molino de martillos debido a que es el más apto para frutas y vegetales secos⁵⁶. “La pulpa entra en el molino y es golpeado por un conjunto de martillos girando a baja velocidad. De esta manera, se produce una primera rotura por impacto. Estos martillos lanzan el material contra el interior del molino, donde se encuentran una serie de placas de impacto, donde el material se rompe por segunda vez por impacto. Este proceso se repite mientras el material se mantiene en el interior del molino, la pulpa se corta en pequeños pedazos.”⁵⁷

El molido obtenido se ingresa a un recipiente, para disponerlo para el siguiente proceso.

- **Agitación I.** Primero se debe agregar el agua en el recipiente (cilíndrico) de agitación y después se debe insertar el coco molido y empezar la agitación. Al mismo tiempo se debe empezar a calentar el sistema por debajo del punto de ebullición del agua (80-85°C) por lo que se recomienda también que tanque sea cerrado para que el agua no se libere del sistema en caso de que se forme vapor. En cuanto a las revoluciones por minuto (RPM) no se sugiere manejar

⁵⁵ ANGULO, M. BECERRA, C. MONTANÉ, D. PERALTA, J. SORIA, J. VILLEGAS, F. *Molienda en seco y húmedo*. [Informe N.5 Laboratorio de Preparación Mecánica de Minerales. Ingeniería Civil Metalúrgica. Universidad Arturo Prat].

⁵⁶ COLINA IREZABAL, L. sgpwe . *Reducción de tamaño de alimentos. Ingeniería de alimentos*. [En línea] [Citado el: 1 de Noviembre de 2017.] http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/red_tam_solidos_intro.pdf .

⁵⁷ HERMANOS GRUBER . Gruber Hermanos. *Molinos de martillos*. [En línea] [Citado el: 1 de Noviembre de 2017.] <http://www.gruberhermanos.com/images/Catalogos/7-Molinos-de-martillos.pdf>.

revoluciones tan altas debido a que pueden generar turbulencias o remolinos en el sistema de agitación. Por eso se recomienda manejar RPM más bajas para que el agua y el coco entren más en contacto y se suelte el aceite (80-100 RPM) durante 40-60 minutos.

NOTA: El tipo de agitador se seleccionara más adelante.

- **Filtración I.** La mezcla obtenida (coco + agua) de coco se introduce en una prensa que tenga conjunto un filtro (Filtro prensa) para que se separe la leche de coco de la harina de coco. Este prensado es un sistema de filtración con la ayuda de la generación de presión. Es decir que es la unión de los dos procesos que venía haciendo la empresa. “El filtro prensa es uno de los medios más eficientes de separación líquido/sólido a través de filtración a presión; tanto para filtración de soluciones como para reducción de volumen de lodos. Brinda un método simple y confiable de alta presión de compactación para comprimir y deshidratar sólidos en tortas de 25-60% de concentración total, produciendo soluciones filtradas más claras que sistemas que sólo remueven el agua libre.”⁵⁸. Obteniendo finalmente la separación efectiva de la harina de coco que queda dentro de los filtros y la leche de coco que sale de la prensa a un contenedor.

El proceso se efectúa en tres pasos: cierre prensa, filtración y descarga.

- **Decantación.** Esta técnica se realiza para poder separar la fase acuosa de la oleosa, debido a que estas dos fases son insolubles y generan dos capas en el recipiente donde está ubicado la leche de coco. La capa de arriba es el aceite y la de abajo es el agua. Recordando que el agua es más densa que el aceite, como se vio anteriormente. Los contenedores (plástico) que tienen la leche de coco se llevaran a un refrigerador que mantenga su temperatura entre los 3-5 °C, para que el aceite ascienda y se solidifique formando una pasta en aproximadamente 60-120 minutos. Para ello, es preferible estar observando cómo va el procedimiento.
- **Agitación II.** La pasta obtenida de la decantación, se debe ingresar a un agitador que permita que esa pasta vaya desprendiendo el vapor de agua del aceite con ayuda de altas temperaturas y con la agitación. Es decir, que la pasta se someterá a una temperatura de 93-100°C para evaporar el agua y quede finalmente el aceite de coco. En cuanto a las revoluciones por minuto

⁵⁸ ACS Medio Ambiente . *Filtro prensa, Filtro Prensa de Placas y Marco, Deshidratación de lodos, Recuperación de Metales Preciosos, Filtro Prensa de Placas Empotradas.* [En línea] [Citado el: 24 de Noviembre de 2017.] <http://www.acsmedioambiente.com/filtros prensa.html>.

(RPM) se sugiere manejar revoluciones entre 100-200. El vapor de agua obtenido de la decantación se saca del proceso.

- **Filtración II.** El aceite de coco obtenido por la evaporación pasa directamente a un filtro que funciona por gravedad con el uso de un medio filtrante y un recipiente que reciba el filtrado. Obteniendo en el medio filtrante los sólidos a separar y como filtrado el aceite de coco limpio. En cuanto al medio filtrante se seleccionara teniendo en cuenta la porosidad del papel filtro empleado en el laboratorio que es de análisis cualitativo grado 1 y retiene partículas hasta de 11 micrómetros.
- **Envasado.** Teniendo el aceite de coco filtrado se procedería a envasarlo. Para ello, se recomienda que el equipo de la filtración II tenga en su parte inferior una conexión a una boquilla de pequeño diámetro que permita el paso del aceite con ayuda de una válvula manual para ayudar a controlar el flujo de aceite para el envasado. Si no, con ayuda de personal que este junto a la salida del filtro con un embudo que permita un eficiente evitando pérdidas en la producción.

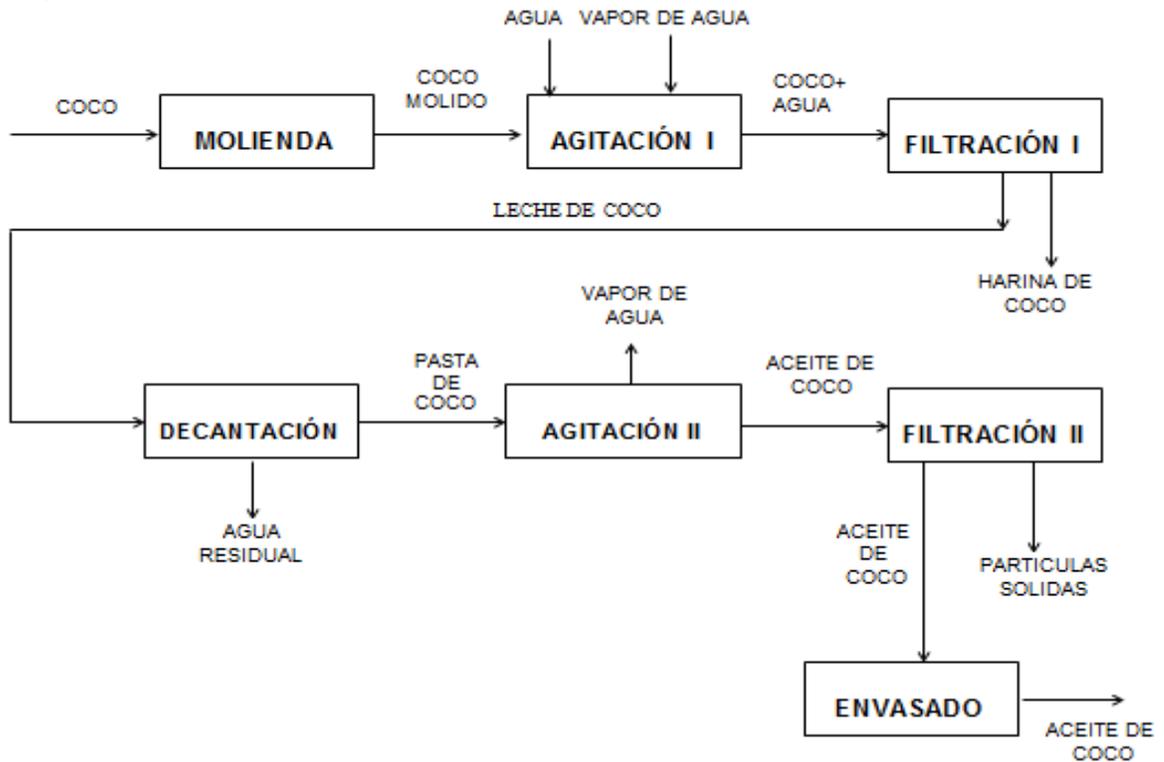
Amanos Artesanal seguirán envasando el aceite de coco en frascos de 32, 120, 250, 450 mililitros y 1 litro, y goteros de 32 y 120 mililitros.

- **Almacenamiento.** El producto debe mantenerse en lugares oscuros, que no estén expuestos a los rayos de sol. En un rango de temperatura de 20-30°C.

NOTA: Para las operaciones unitarias de agitación I y II, se recomendaría como medio de calentamiento vapor de agua, el cual requerirá de un sistema completo de generación de vapor de agua para los tanques de agitación en el que se debe incluir un tanque de almacenamiento de agua caliente, válvula de control, controlador y sensor, inyector del vapor, entre otros elementos que permitan generar un calentamiento eficiente y económico. Sin embargo, esta característica del proceso está fuera del alcance del proyecto, por lo que no se profundizara en este trabajo.

4.3.1 Diagrama de bloques. A continuación se presenta el diagrama de bloques para la producción de aceite de coco:

Figura 6. Diagrama de bloques para la obtención de aceite de coco para la empresa Amanos Artesanal



4.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (PFD)

Para la creación del diagrama de flujo, se utilizó la estandarización internacional ISO 10628: Flow diagrams for process plants-general rules.⁵⁹ El diagrama de flujo de procesos, la tabla general del balance de materia y la nomenclatura de equipos y válvulas se encuentran a continuación:

⁵⁹ 1997. ISO 10628. I *Flow diagrams for process plants-general rules*. 4 de Abril de 1997.

Figura 7. Diagrama de flujo de proceso para la obtención de aceite de coco para la empresa Amanos Artesanal

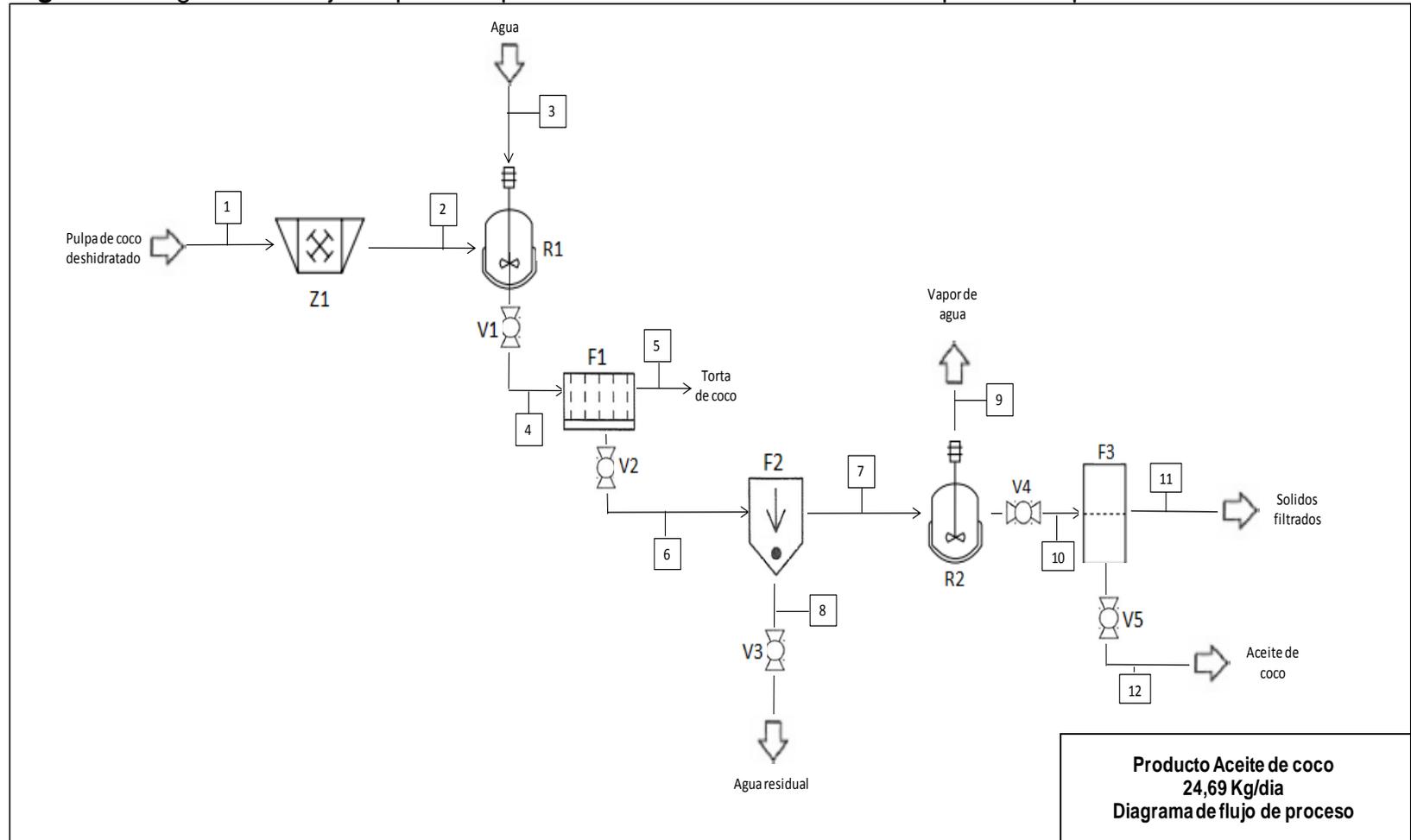


Tabla 43. Balance de masa del proceso tecnificado de obtención de aceite de coco.

Corrientes		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Flujo másico													
Pulpa de coco	Kg/día	95	95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kg/día	-	-	190	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agua	L/día	-	-	190	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agitación (pulpa de coco + agua)	Kg/día	-	-	-	285	-	-	-	-	-	-	-	-
Torta de coco	Kg/día	-	-	-	-	112,38	-	-	-	-	-	-	-
Leche de coco	Kg/día	-	-	-	-	-	172,62	-	-	-	-	-	-
Pasta de coco	Kg/día	-	-	-	-	-	-	77,26	-	-	-	-	-
Agua (residual)	Kg/día	-	-	-	-	-	-	-	95,36	-	-	-	-
Vapor de agua	Kg/día	-	-	-	-	-	-	-	-	39,40	-	-	-
Aceite de coco con solidos	Kg/día	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,86	-	-
Solidos filtrados	Kg/día	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,86	-
Aceite de coco	Kg/día	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,00
Flujo total	Kg/día	95	95	190	285	112,38	172,62	77,26	95,36	39,40	37,86	12,86	25,00
Fracción másica													
Pulpa de coco		1	1		0,33	-	-	-	-	-	-	-	-
Agua		-	-	1	0,67	-	-	-	-	-	-	-	-
Tortade coco		-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Pasta de coco		-	-	-	-	-	0,45	-	1	-	-	-	-
Agua (residual)		-	-	-	-	-	0,55	1	-	-	-	-	-
Vapor de agua		-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Solidos filtrados		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34	1	-
Aceite de coco		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,66	-	1
Temperatura	°C	20	20	20	80-85	80-85	80-85	20	20	93-100	93-100	93-100	73-93

Cuadro 15. Equipos y válvulas del proceso.

Código	Equipo	Unidad de proceso o corriente
Z1	Molino de martillos	Molienda
R1	Agitador	Agitación I
F1	Filtro prensa	Filtración I
F2	Decantador	Decantación
R2	Agitador	Agitación II
F3	Filtro	Filtración II
V1	Válvula	4
V2	Válvula	6
V3	Válvula	8
V4	Válvula	10
V5	Válvula	12

El balance de masa para cada operación unitaria:

- **Molienda**

Figura 8. Operación unitaria de molienda



Como en un balance de masa lo que entra debe ser igual a lo que sale:

Entrada (1): Pulpa de coco rallada deshidratada (95 Kg/día)

Salida (2): Pulpa de coco molida deshidratada

Como no existe una operación de reacción o separación, y no existe otro componente en esta operación, entonces:

M=Flujo másico

X=Fracción másica de cada componente

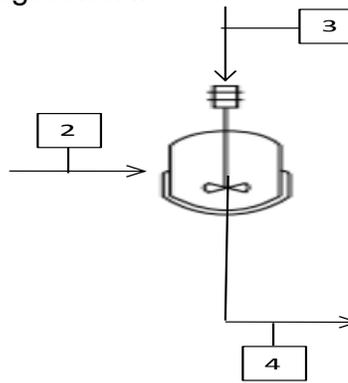
$$\begin{aligned} \text{Entrada} &= \text{Salida} - \text{Perdidas} \\ M1 &= M2 - 0 \rightarrow \text{Las perdidas se consideran despreciables} \\ M1 * X_{\text{pulpa}} &= M2 * X_{\text{pulpa}} \end{aligned}$$

Reemplazando:

$$\begin{aligned} 95 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} * 1 &= 95 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} * 1 \\ 95 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} &= 95 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} \end{aligned}$$

- **Agitación I**

Figura 9. Operación unitaria de agitación I.



Entrada (2): Pulpa de coco rallada deshidratada (95 Kg/día)

Entrada (3): Agua (152 Kg/día). Esta cantidad se determinó teniendo en cuenta que para medio kilo se necesita aproximadamente 1 Kg de agua para lograr una buena agitación y dispersión de las partículas de grasa. Por lo que:

$$95 \frac{\text{Kg coco}}{\text{dia}} * \frac{1 \text{ Kg agua}}{0,5 \text{ Kg coco}} = 190 \frac{\text{Kg agua}}{\text{dia}}$$

Salida (4): Agitación de pulpa de coco más agua.

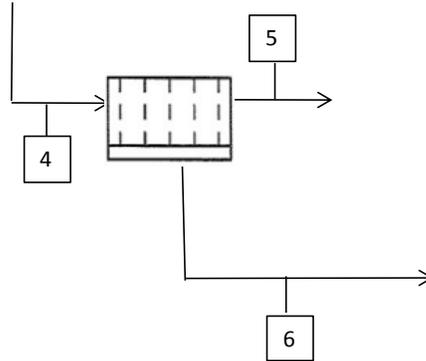
$$\begin{aligned} \text{Entrada} &= \text{Salida} \\ M2 + M3 &= M4 \end{aligned}$$

Reemplazando:

$$\begin{aligned} \left(95 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} \right) + \left(190 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} \right) &= \left(285 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} \right) \\ 285 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} &= 285 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} \end{aligned}$$

- **Filtración I**

Figura 10. Operación unitaria de filtración I.



Entrada (4): Agitación de pulpa de coco más agua (285 Kg/día)

Salida (5): Torta de coco

Salida (6): Leche de coco

Para la estimación del porcentaje que sale en promedio de la corriente 5 y 6, se escogieron los mismos ensayos seleccionados para saber el porcentaje de aceite de coco promedio obtenido en la experimentación (Tabla 40), pero para la torta de coco y leche de coco, como se muestra en la Tabla 44:

Tabla 44. Promedio del porcentaje de obtención de torta de coco y leche de coco.

N. ensayo	Torta	Leche
9	23%	77%
11	38%	62%
13	47%	53%
14	50%	50%
Promedio	39%	61%

Es decir, que de torta debe salir un 39% de la cantidad de agitación obtenida. Mientras que de leche debe salir aproximadamente un 61%.

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$M_4 = M_5 + M_6$$

Se decide reemplazar las dos incógnitas con las relaciones específicas mencionadas anteriormente:

$$M5 = 0,39M4 \quad y \quad M6 = 0,61M4$$

Entonces:

$$M4 = (0,4M4) + (0,6M4)$$

Reemplazando:

$$285 \frac{Kg}{día} = \left(0,39 * 285 \frac{Kg}{día}\right) + \left(0,61 * 285 \frac{Kg}{día}\right)$$

Hallando el valor de M5 y M6:

$$M5 = 112,38 \frac{Kg}{día}$$

$$M6 = 172,62 \frac{Kg}{día}$$

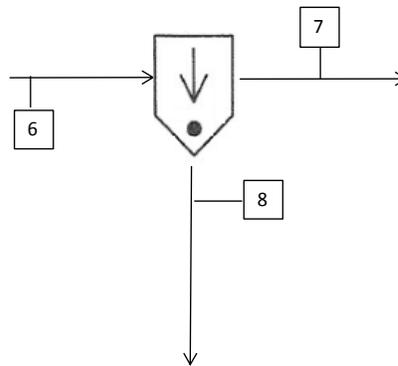
Confirmando:

$$285 \frac{Kg}{día} = \left(112,38 \frac{Kg}{día}\right) + \left(172,62 \frac{Kg}{día}\right)$$

$$285 \frac{Kg}{día} = 285 \frac{Kg}{día}$$

- **Decantación**

Figura 11. Operación unitaria de decantación.



Entrada (6): Leche de coco (172,62 Kg/día)

Salida (7): Pasta de coco

Salida (8): Agua residual

Para la estimación del porcentaje sale en promedio de la corriente 7 y 8, también se escogieron los mismos ensayos seleccionados para saber el porcentaje de aceite de

coco promedio obtenido en la experimentación (Tabla 40), pero usando las salidas del agua residual y la pasta de coco, como se muestra a continuación:

Tabla 45. Promedio del porcentaje de obtención de agua residual y pasta de coco.

N. ensayo	Agua	Pasta
9	63%	37%
11	71%	29%
13	46%	54%
14	41%	59%
Promedio	55%	45%

Es decir, que de agua residual debe salir 55% de la decantación obtenida. Mientras que de pasta debe salir aproximadamente un 45%.

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$M6 = M7 + M8$$

Se decide reemplazar las dos incógnitas con las relaciones específicas mencionadas anteriormente:

$$M7 = 0,45M6 \quad \text{y} \quad M8 = 0,55M6$$

Entonces:

$$M6 = (0,45M6) + (0,55M6)$$

Reemplazando:

$$172,62 \frac{Kg}{día} = \left(0,45 * 172,62 \frac{Kg}{día}\right) + \left(0,55 * 172,62 \frac{Kg}{día}\right)$$

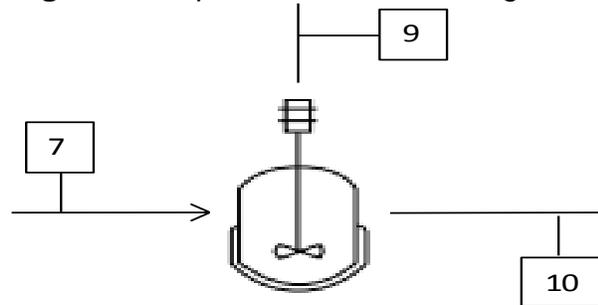
Dando como resultado:

$$172,62 \frac{Kg}{día} = \left(77,26 \frac{Kg}{día}\right) + \left(95,36 \frac{Kg}{día}\right)$$

$$172,62 \frac{Kg}{día} = 172,62 \frac{Kg}{día}$$

- **Agitación II**

Figura 12. Operación unitaria de agitación II.



Entrada (7): Pasta de coco (77,26 Kg/día)

Salida (9): Vapor de agua

Salida (10): Aceite más sólidos

Para la estimación del porcentaje sale en promedio de la corriente 9 y 10, también se escogieron los mismos ensayos seleccionados para saber el porcentaje de aceite de coco promedio obtenido en la experimentación (Tabla 40), pero usando las salidas del vapor de agua y del aceite más sólidos, como se muestra a continuación:

Tabla 46. Promedio del porcentaje de obtención de vapor de agua y aceite de coco más sólidos.

N. ensayo	Vapor	Sólidos + aceite
9	44%	56%
11	47%	53%
13	55%	45%
14	59%	41%
Promedio	51%	49%

Es decir, que de vapor de agua debe salir 51% de la agitación. Mientras que de aceite más sólidos debe salir aproximadamente un 49%.

$$Entrada = Salida$$

$$M7 = M9 + M10$$

Se decide reemplazar las dos incógnitas con las relaciones específicas mencionadas anteriormente:

$$M9 = 0,51M7 \text{ y } M10 = 0,49M7$$

Entonces:

$$M7 = (0,51M8) + (0,49M8)$$

Reemplazando:

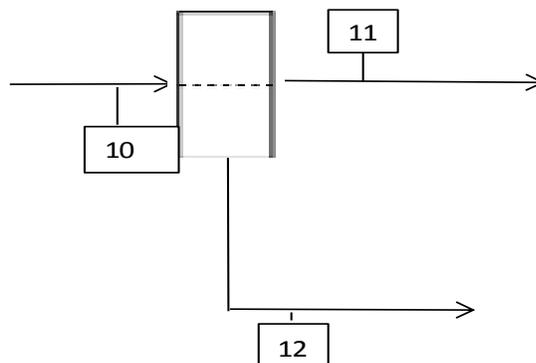
$$77,26 \frac{Kg}{día} = \left(0,51 * 77,26 \frac{Kg}{día}\right) + \left(0,49 * 77,26 \frac{Kg}{día}\right)$$

Dando como resultado:

$$77,26 \frac{Kg}{día} = \left(39,40 \frac{Kg}{día}\right) + \left(37,86 \frac{Kg}{día}\right)$$
$$77,26 \frac{Kg}{día} = 77,26 \frac{Kg}{día}$$

- **Filtración II**

Figura 13. Operación unitaria de filtración II.



Entrada (10): Aceite más sólidos (37,86 Kg/día)

Salida (11): Sólidos filtrados

Salida (12): Aceite de coco

Para la estimación del porcentaje sale en promedio de la corriente 11 y 12, también se escogieron los mismos ensayos seleccionados para saber el porcentaje de aceite de coco promedio obtenido en la experimentación (Tabla 40), pero usando las salidas de los sólidos filtrados y del aceite de coco, como se muestra a continuación:

Tabla 47. Promedio del porcentaje de obtención de sólidos y aceite de coco.

N. ensayo	Sólidos	Aceite
9	40%	60%
11	16%	84%
13	36%	64%
14	46%	54%
Promedio	34%	66%

Es decir, que de sólidos filtrados debe salir 34% de la agitación. Mientras que de aceite de coco debe salir aproximadamente un 66%.

$$Entrada = Salida$$

$$M_{10} = M_{11} + M_{12}$$

Se decide reemplazar las dos incógnitas con las relaciones específicas mencionadas anteriormente:

$$M_{11} = 0,34M_{10} \text{ y } M_{12} = 0,66M_{10}$$

Reemplazando:

$$37,86 \frac{Kg}{día} = \left(0,34 * 37,86 \frac{Kg}{día} \right) + \left(0,66 * 37,86 \frac{Kg}{día} \right)$$

Dando como resultado:

$$37,86 \frac{Kg}{día} = \left(12,86 \frac{Kg}{día} \right) + \left(25 \frac{Kg}{día} \right)$$

$$37,86 \frac{Kg}{día} = 37,86 \frac{Kg}{día}$$

Terminado el balance de masa se presenta a continuación el balance general del proceso:

Tabla 48. Balance general del proceso.

Operación unitaria	Corriente de entrada	Kg/día	Corriente de salida	Kg/día
Molienda	1	95	2	95
	2	95		
Agitación I	3	190	4	285
			5	112,38
Filtración I	4	285	6	172,62
			7	77,26
Decantación	6	172,62	8	95,36
			9	39,4
Agitación II	7	77,26	10	37,86
			11	12,86
Filtración II	10	37,86	12	25
	TOTAL	952,74	TOTAL	952,74

NOTA: se puede observar que hay dos salidas del proceso (corrientes 8 y 9), se podrían volver a reutilizar en el proceso. La corriente 8 es agua residual donde su composición podría tener cierto porcentaje de pasta de coco, siendo apropiado hacer un proceso de purificación; y la corriente 9 es vapor de agua que se podría condensar a partir de un intercambiador de calor. Ambas propuestas están fuera del alcance del proyecto, servirían para poder recircular las corrientes en el proceso y gastar diariamente menos agua de la red de suministro.

4.5 DETERMINACIÓN DE MAQUINARIA NECESARIA PARA EL PROCESO

A continuación se muestran los equipos seleccionados para el proceso de obtención de aceite de coco:

Cuadro 16. Selección de equipos para el proceso diseñado.

Proceso	Capacidad requerida (Kg/día)	Equipo	Marca	Imagen	Especificaciones	Capacidad	Material	Valor (\$COP)
Molienda ⁶⁰	95,00	Molino de martillo	CASEN hexie		* Potencia: 5.5 HP.	100 kg/h	Acero inoxidable	\$4.700.000
Agitación I ⁶¹	285,00	Marmita de volteo a gas con tapa	Inoxi Mexico		* Control de Temperatura por resistencia eléctrica * Mecanismo de volteo de corona sin fin (90) * Sist. Agitación: 29 rpm con motor de 2HP. * Agitador: Tipo ancla con raspador. * Temperatura: 0=150C.	400 L	Acero inoxidable	\$14.709.777

⁶⁰ CASEN hexie . *Molino de martillo*. [En línea] https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-449465583-molino-martillo-industrial-o-despulverizadora-_JM.

⁶¹ InoxiMexico . *Marmita de volteo a gas con tapa*. [En línea] <http://www.inoximexico.com/index.php/marmitas/marmita-de-volteo-con-sistema-de-agitacion-de-400l-detail>.

Cuadro 16. (Continuación)

Filtrado I ⁶²	285,00	Filtro prensa	Empresa China		* Rango de temperatura: 0-180°C. * Área de filtro: 0,078 m ² . * Presión del filtro: 0,15 Mpa. * Energía: 0,55 kW. * Voltaje: 220 V. * Modelo: RVS-235-S.	800 kg/h	Acero inoxidable	\$ 4.600.000
Decantación ⁶³	172,62	Refrigerador	Sobrinox		*Motor: 1/2 HP. *Condensador dinámico de alta eficiencia. *Sist. Enfriamiento: Aire forzado. *Refrigerante ecológico R-134A.	991 L	*Frente, costados e interior: Acero inoxidable.	\$ 5.978.091

⁶² Empresa China. *Filtro prensa* . [En línea] <https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-food-grade-sanitary-stainless-steel-small-wine-filter-press-60169442190.html>.

⁶³ Sobrinox . *Refrigerador* . [En línea] <http://www.sobrinox.com.mx/refrigeradores/rvs-235-s>.

Cuadro 16. (Continuación)

Agitación II⁶⁴	95,36	Marmita de volteo a gas sin tapa	Inoxi Mexico		*Control de Temperatura por resistencia eléctrica *Mecanismo de volteo de corona sin fin (90) *Sist. Agitación: 29 rpm con motor de 1HP. *Agitador: Tipo ancla con raspador. *Temperatura: 0=150C.	170 L	Acero inoxidable	\$10.939.085
Filtrado II⁶⁵	37,60	Filtro industrial	DY		*Modelo: DY450. *Energía: 180W. *Tamaño malla: 5-500.	165 L	Acero inoxidable	\$ 4.504.785

⁶⁴ InoxiMexico. *Marmita de volteo a gas sin tapa*. [En línea] <http://www.inoximexico.com/index.php/marmitas/marmita-de-volteo-con-sistema-de-agitacion-de-170l-detail>.

⁶⁵ DY. *Filtro industrial*. [En línea] <https://spanish.alibaba.com/product-detail/automatic-industrial-juice-filter-60365596769.html?spm=a2700.8698675.29.240.1ef38ef0UjdOpp>.

El acero inoxidable se utiliza en todas las instalaciones y maquinas que se encuentran en contacto con alimentos.⁶⁶ Los beneficios que brinda este material en el proceso son verdaderamente importantes, principalmente porque es higiénico. Cuenta con una elevada resistencia a la corrosión, lo cual evitaría algún desgaste, fisura o aporte alguna partícula por desprendimiento en el proceso.

Es resistente a variaciones térmicas, por lo que se puede usar fácilmente en cualquier proceso. La superficie es totalmente compacta y posee una alta capacidad de limpieza, de allí su alto grado de eliminación de bacterias. Además de todo, es un material ecológico que se recicla una y otra vez; donde más del 80% del acero inoxidable nuevo se hace con su chatarra.¹

Existe un ente encargado de los requisitos que deben cumplir los materiales que se están en contacto con alimentos, la FDA (Food and Drug Administration). La cual especifica que materiales pueden y cuales no estar en contacto con los productos comestibles durante el proceso, resaltando que la maquinaria debe construirse con un material resistente a la oxidación como el AISI 304⁶⁷.

En la resolución 4142 de 2012⁶⁸, se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano. En la cual, permite materiales metálicos en los procesos industriales que se encuentren reportados en las listas positivas en la FDA (Food and Drug Administration), CE (Unión Europea o Estados Miembro de la Unión Europea) o Mercosur.

Por lo tanto, se eligió el acero inoxidable con el material que más se aproxima a los requerimientos de higiene, propiedades y requisitos normativos para la manipulación de alimentos como lo es el aceite de coco en el proceso.

⁶⁶ FERNÁNDEZ de CASTILLO, J, LUDEÑA, S y GUÍO, J. 2002. *El Acero Inoxidable en la Industria Alimentaria*. s.l. : DYNA, Enero-Febrero de 2002.

⁶⁷ 2017 . JNACEROS. *EL ACERO INOXIDABLE EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA* . [En línea] 2017 . [Citado el: 10 de Noviembre de 2017.] <http://www.jnaceros.com.pe/blog/acero-inoxidable-introduccion/industria-alimentaria/>.

⁶⁸ 2012. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. *RESOLUCIÓN NÚMERO 4142* . 2012.

4.6 CONCLUSIONES DEL CUARTO CAPITULO

Este capítulo permite reconocer cada una de las operaciones unitarias del proceso tecnificado con las condiciones óptimas de operación, su representación en el diagrama de bloques, diagrama de flujo con sus respectivos equipos, corrientes y balance de masa. Del balance de masa se concluye que 95 Kg/día de pulpa de coco, se estaría produciendo aproximadamente 35 Kg/día de aceite de coco. Lo que daría como resultado 6,25 Kg/día menos de lo estimado anteriormente. Significando que en el proceso existe pérdida de producto. Además, que hay que tener en cuenta que el porcentaje de aceite que tiene la pulpa de coco no es uniforme, generando cambios en los resultados de producción diarios. Por eso, se recomienda usar entre 95-120 Kg/día de pulpa de coco.

5 EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD FINANCIERA DE LA PROPUESTA TÉCNICA PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE DE COCO

En este capítulo se evaluará la viabilidad financiera del proceso actual de obtención de aceite de coco de la empresa Amanos Artesanal y se determinará también la viabilidad financiera de la propuesta técnica para la obtención de aceite de coco. Por lo tanto, se establecerán los activos fijos y diferidos, los costos de producción y gastos de administración, comerciales y financieros, la inversión necesaria para el inicio del proyecto, los ingresos, las respectivas amortización y depreciación de activos fijos y diferidos, la amortización del crédito, y finalmente se concluirá con un flujo de efectivo para cada una de las alternativas (primero la situación actual de la empresa y después el proceso con proyecto). Posteriormente, se realizará la evaluación financiera de las dos alternativas simultáneamente utilizando métodos como: la tasa de descuento (WACC), tasa interna de retorno (TIR), valor presente neto (VPN), relación costo beneficio (B/C) y finalmente periodo de recuperación (PR).

5.1 SUPUESTOS FINANCIEROS

5.1.1 Impuesto de renta. Se tendrá en cuenta la tarifa general del impuesto sobre la renta del 34%, que se usará en el flujo de efectivo proyectado para las utilidades de la situación actual y con proyecto. Esta tasa fue asignada por el Banco de la república para el año 2017.

5.1.2 Proyección ingresos anuales mes de agosto (situación actual). Se tomó como base la producción de aceite de coco del mes de Agosto suponiendo que será constante para todos los meses debido a que la cantidad de unidades de aceite varía por mes, pues se produce por pedido.

5.1.3 Tasa interna de retorno. Se tomará una tasa de oportunidad del 20% teniendo en cuenta que la empresa no maneja una tasa representativa de rentabilidad pero se acordó este valor promedio, el cual es el más adecuado para el beneficio que ofrece la inversión inicial; pues generará ganancias.

5.1.4 Incremento anual de los ingresos. Se tendrá en cuenta para el ingreso anual un incremento del 5% de las unidades vendidas en la situación actual y para la situación con proyecto se tomará un incremento del 10% para las cantidades de aceite de coco y torta de coco, durante los 5 años de proyección. Para el precio de venta por unidad y el precio de venta por Kg o L, se considerará un 3,5% de incremento anual.

5.1.5 Costos de instalación. Se realizó un supuesto del costo de instalación de la maquinaria necesaria para el proceso de obtención de aceite de coco. Según la teoría, se requiere el costo de todas las unidades principales que componen la planta para realizar un estimado multiplicando por unos factores de instalación.

5.2 FLUJOS DE CAJA

5.2.1 Situación actual

5.2.1.1 Ingresos de ventas (Inversión): A continuación se especificará la inversión inicial, las actividades e inmuebles, que se tuvieron en cuenta para la elaboración del análisis financiero actual de la empresa Amanos Artesanal.

- ✓ **Inversiones activos fijos.** Un activo fijo o tangible es definido como un bien de la empresa, normalmente son adquiridos para el desarrollo de la misma y no se destinan a la venta. A continuación se muestran los activos fijos (depreciables y no depreciables) del proyecto con su respectivo valor.

Tabla 49. Activos fijos (depreciables y no depreciables) de la situación actual.

Activos fijos	
ARTÍCULOS DEPRECIABLES	VALOR (COP\$)
Maquinaria	\$ 1.000.000
Muebles y enseres	\$ 300.000
Utensilios	\$ 199.500
Equipo de computo	\$ 1.000.000
Vehículo (Moto)	\$ 2.400.000
TOTAL ACTIVOS DEPRECIABLES	\$ 4.899.500
NO DEPRECIABLES	
Registro Sanitario (INVIMA)	\$ 7.500.000
TOTAL ACTIVOS NO DEPRECIABLES	\$ 7.500.000
TOTAL ACTIVOS FIJOS	\$ 12.399.500

- ✓ **Inversiones activos diferidos.** Los activos diferidos generalmente son intangibles, estos bienes son necesarios para el funcionamiento de la empresa y se realizan como pagos anticipados para gastos de constitución, en este caso. Los cuales se diferirán a 5 años (proyección), a pesar de que el monto es demasiado pequeño se tendrá en cuenta en el análisis de esta manera.

Tabla 50. Activos diferidos de la situación actual.

Activos diferidos	
ACTIVIDAD	VALOR (COP\$)
Gastos de constitución	\$ 500.000
TOTAL ACTIVOS DIFERIDOS	\$ 500.000

- ✓ **Inversión en capital de trabajo.** El capital de trabajo es el capital adicional con el que se debe contar para iniciar el funcionamiento de la empresa (materia prima, mano de obra, gastos diarios, primera producción). Es decir, lo que se debe financiar antes de empezar a recibir ingresos.

Se tendrá en cuenta para el capital de trabajo el crédito que se adquirió con Bancolombia a una tasa del 2,4 y se asignará para el primer año este monto.

Tabla 51. Capital de trabajo necesario para la situación actual.

Capital de trabajo	
CONCEPTO	VALOR (COP\$)
COSTOS DE PRODUCCIÓN	\$ 5.087.068
GASTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 1.360.000
GASTOS DE COMERCIALIZACIÓN	\$ 167.500
GASTOS FINANCIEROS	\$ 1.206.911
TOTAL CAPITAL DE TRABAJO (1 MES)	\$ 7.821.479

El capital de trabajo a invertir para el primer mes será de **\$ 7.821.479 COP**, ya que con el paso del tiempo se invertirá con las ganancias recibidas.

5.2.1.2 Costos y gastos de la situación actual.

- ✓ **Costos de producción.** Estos costos abarcan el dinero necesario para la producción de aceite de coco, su respectivo empaque y los servicios necesarios para el funcionamiento del área.

Tabla 52. Costos de producción de la situación actual.

Costos de producción			
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UND.	VALOR (COP\$)
Coco rallado	400 Kg	\$ 9.000	\$ 3.600.000
Envases	483	\$ -	\$ 361.051
Etiqueta	483	\$ 100	\$ 48.300
Costo MO	1 personas	\$ 737.717	\$ 737.717
Servicios	-	\$ -	\$ 40.000
Arriendo	-	\$ -	\$ 300.000
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN MENSUAL			\$ 5.087.068
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN ANUAL			\$ 61.044.816

- ✓ **Gastos administrativos.** Para los costos administrativos se va a tener en cuenta el salario mensual de las personas que están involucradas en las operaciones del proceso de obtención del aceite de coco. Cabe resaltar que no se va a evaluar para el salario, todos los requerimientos por ley que debe tener debido a que los dueños de la empresa disponen de los recursos de la misma (salario) para gastos personales directamente de los ingresos

Tabla 53. Gastos administrativos de la situación actual.

Gastos administrativos		
TRABAJADOR	CANTIDAD	SALARIO
Empresario	1	\$ 960.000
Administ. y Contabilidad	1	\$ 400.000
TOTAL G. ADMINISTRATIVOS MENSUAL		\$ 1.360.000
TOTAL G. ADMINISTRATIVOS ANUAL		\$ 16.320.000

- ✓ **Gastos de comercialización.** Para la situación actual de Amanos Artesanal, los gastos de comercialización anual abarcan los costos de transporte (combustible) de la mercancía adquirida y de la distribución de la misma a los clientes. Además de contar con publicidad para mayores ventas del producto.

Tabla 54. Gastos de comercialización de la situación actual.

Gastos de comercialización	
CONCEPTO	VALOR (COP\$)
Publicidad	\$ 142.500
Combustible	\$ 25.000
TOTAL MENSUAL	\$ 167.500
TOTAL ANUAL	\$ 2.010.000

5.2.1.3 Ingresos del proyecto. Los ingresos para el primer año se obtendrán de la cantidad de aceite de coco por mes que se produce. Se tomó como base la producción de aceite del mes de Agosto debido a que la cantidad de unidades de aceite varía por mes, teniendo en cuenta que se produce por pedido.

Tabla 55. Ingresos mes de Agosto de la empresa Amanos Artesanal según sus referencias.

Ingresos mes de Agosto 2017			
REFERENCIA	CANTIDAD	VALOR DE VENTA UND.	TOTAL (COP\$)
1 L	39	\$ 65.000	\$ 2.535.000
450 ml	21	\$ 38.000	\$ 798.000
230 ml	35	\$ 25.000	\$ 875.000
120 ml	120	\$ 14.000	\$ 1.680.000
32 ml	37	\$ 7.000	\$ 259.000
Labial	74	\$ 7.000	\$ 518.000
Spray 120 ml	50	\$ 18.000	\$ 900.000
Roll on	86	\$ 6.000	\$ 516.000
Gotero 32 ml	21	\$ 7.000	\$ 147.000
TOTAL INGRESOS MENSUAL			\$ 8.228.000

Datos tomados del mes de Agosto. Se supone que la producción es constante para todos los meses.

Por lo tanto se tiene un total de 483 unidades de todas las referencias fabricadas y se tomó un valor (\$COP) promedio de las unidades fabricada.

Tabla 56. Ingresos para el primer año de la situación actual.

Ingreso para el primer año	
PERIODO (MES)	1
Unidades	483
Aceite de coco	\$ 20.778
TOTAL (MES)	\$ 10.035.667
TOTAL (AÑO)	\$ 120.428.000

Asumiendo que las cantidades vendidas aumentarán un 5% cada año y el precio de venta por unidades también en un 3,5%, la predicción sería de:

Tabla 57. Ingresos para los 5 años de proyección de la situación actual.

Ingresos					
PERIODO (MES)	1	2	3	4	5
Unidades	483	507	533	559	587
Aceite de coco	\$ 20.778	\$ 21.505	\$ 22.258	\$ 23.037	\$ 23.843
TOTAL (MES)	\$ 10.035.667	\$ 10.906.261	\$ 11.852.379	\$ 12.880.573	\$ 13.997.962
TOTAL (AÑO)	\$ 120.428.000	\$ 130.875.129	\$ 142.228.546	\$ 154.566.873	\$ 167.975.549

5.2.1.4 Amortización de activos diferidos y depreciación de activos fijos. Conocer el tiempo de vida útil de los activos fijos es fundamental para dar una aproximación del valor de la depreciación anual en línea recta de cada artículo. Para nuestro proyecto la mayoría de activos poseen una vida útil entre los 5 y 10 años, según el decreto 3019 de 1989.

Tabla 58. Depreciación de activos fijos en línea recta de la situación actual.

Depreciación activos fijos (línea recta)			
ARTÍCULOS	VALOR (COP\$)	VIDA ÚTIL (AÑOS)	TOTAL
Maquinaria	\$ 1.150.000	10	\$ 115.000
Muebles y enseres	\$ 300.000	10	\$ 30.000
Utensilios	\$ 199.500	10	\$ 19.950
Equipo de computo	\$ 1.000.000	5	\$ 200.000
Vehículo (Moto)	\$ 10.000.000	5	\$ 2.000.000
TOTAL DEPRECIACIÓN ANUAL			\$ 2.364.950

Para la amortización de los activos diferidos se toma un periodo de 5 años, pues son los periodos en los que se va a realizar la proyección del proyecto.

Tabla 59. Amortización de activos diferidos de la situación actual.

Amortización activos diferidos			
ACTIVIDAD	VALOR (COP\$)	(AÑOS)	TOTAL
Gastos de constitución	\$ 500.000	5	\$ 100.000
TOTAL AMORTIZACIÓN ANUAL			\$ 100.000

5.2.1.5 Financiación (Tabla de amortización)- Amanos Artesanal adquirió un crédito con Bancolombia a una tasa del 2,4 anual para realizar la compra de la moto, necesaria principalmente para la distribución del producto a los clientes; y de la compra de materia prima inicial para el proceso de producción.

Se pidió un préstamo de **\$ 5.000.000 COP** para financiarlo en 2 años. Se determinó el valor de la cuota por anualidad **\$ 1.206.911 COP** durante los 24 meses.

Este monto se va a tomar como abono al capital de trabajo.

$$R = \frac{P}{\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}} = \frac{\$ 5.000.000 \text{ COP}}{\frac{(1+0,24)^{24} - 1}{0,24(1+0,24)^{24}}} = \$ 1.206.911 \text{ COP}$$

Tabla 60. Tabla de amortización para la financiación del crédito de la situación actual.

Tabla de amortización					
n	SALDO	INTERÉS	CUOTA	AMORTIZACIÓN	
0	\$ 5.000.000	---	---	---	
1	\$ 4.993.089	\$ 1.200.000	\$1.206.911	\$	6.911
2	\$ 4.984.519	\$ 1.198.341	\$1.206.911	\$	8.570
3	\$ 4.973.892	\$ 1.196.285	\$1.206.911	\$	10.627
4	\$ 4.960.715	\$ 1.193.734	\$1.206.911	\$	13.177
5	\$ 4.944.375	\$ 1.190.572	\$1.206.911	\$	16.340
6	\$ 4.924.114	\$ 1.186.650	\$1.206.911	\$	20.261
7	\$ 4.898.991	\$ 1.181.787	\$ 1.206.911	\$	25.124
8	\$ 4.867.837	\$ 1.175.758	\$ 1.206.911	\$	31.153
9	\$ 4.829.207	\$ 1.168.281	\$ 1.206.911	\$	38.630
10	\$ 4.781.305	\$ 1.159.010	\$ 1.206.911	\$	47.902
11	\$ 4.721.907	\$ 1.147.513	\$ 1.206.911	\$	59.398
12	\$ 4.648.254	\$ 1.133.258	\$ 1.206.911	\$	73.654
13	\$ 4.556.923	\$ 1.115.581	\$ 1.206.911	\$	91.330
14	\$ 4.443.674	\$ 1.093.662	\$ 1.206.911	\$	113.250
15	\$ 4.303.244	\$ 1.066.482	\$ 1.206.911	\$	140.430
16	\$ 4.129.112	\$ 1.032.779	\$ 1.206.911	\$	174.133
17	\$ 3.913.187	\$ 990.987	\$ 1.206.911	\$	215.924
18	\$ 3.645.441	\$ 939.165	\$ 1.206.911	\$	267.746
19	\$ 3.313.435	\$ 874.906	\$ 1.206.911	\$	332.005
20	\$ 2.901.749	\$ 795.224	\$ 1.206.911	\$	411.687
21	\$ 2.391.257	\$ 696.420	\$ 1.206.911	\$	510.492
22	\$ 1.758.247	\$ 573.902	\$1.206.911	\$	633.010
23	\$ 973.316	\$ 421.979	\$1.206.911	\$	784.932
24	\$ 0	\$ 233.596	\$1.206.911	\$	973.316

5.2.1.6 Flujo de efectivo proyectado. El flujo de caja permite registrar los movimientos de efectivo en un periodo de tiempo y saber si será viable o no el proyecto; además de ser una herramienta que resume todo el proyecto.

Primero, se debe determinar el valor de liquidación a recuperar de los activos fijos que se depreciaron para ubicarlo como en el último periodo de estudio del proyecto. Como se mostrará a continuación:

Tabla 61. Liquidación total de los activos fijos depreciables de la situación actual.

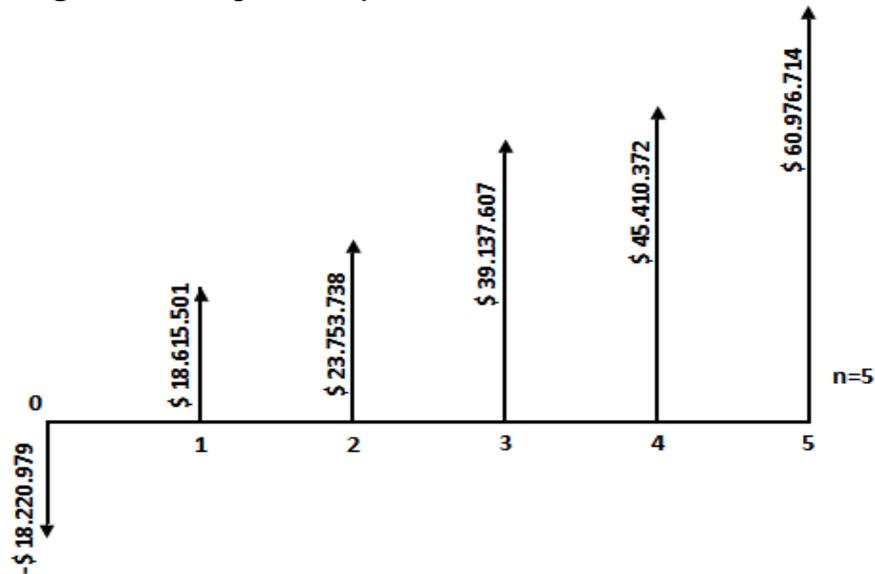
Valor libros (activos fijos)				
ARTÍCULOS	VALOR (COP\$)	AÑOS	VALOR DEPRECIACIÓN	TOTAL
Maquinaria	\$ 1.150.000	5	\$ 115.000	\$ 575.000
Muebles y enseres	\$ 300.000		\$ 30.000	\$ 150.000
Utensilios	\$ 199.500		\$ 19.950	\$ 99.750
Equipo de computo	\$ 1.000.000		\$ 200.000	-
Vehículo (Moto)	\$ 10.000.000		\$ 2.000.000	-
TOTAL LIQUIDACIÓN				\$ 824.750

Tabla 62. Diagrama del flujo de efectivo de la situación actual.

		Flujo de efectivo proyectado					
n	0	1	2	3	4	5	
(+) Ingresos		\$ 120.428.000	\$ 130.875.129	\$ 142.228.546	\$ 154.566.873	\$ 167.975.549	
(-) Costos de producción		\$ 61.044.816	\$ 63.181.385	\$ 65.392.733	\$ 67.681.479	\$ 70.050.330	
(-) Gastos Administrativos		\$ 16.320.000	\$ 16.891.200	\$ 17.482.392	\$ 18.094.276	\$ 18.727.575	
(-) Gastos comercialización		\$ 2.010.000	\$ 2.080.350	\$ 2.153.162	\$ 2.228.523	\$ 2.306.521	
(-) Gastos Financiación		\$ 14.482.935	\$ 14.482.935				
(-) Depreciación fijos		\$ 2.364.950	\$ 2.364.950	\$ 2.364.950	\$ 2.364.950	\$ 2.364.950	
(-) Amortización diferidos		\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS		\$ 24.105.299	\$ 31.774.310	\$ 54.735.309	\$ 64.097.646	\$ 74.426.172	
(-) Impuesto (34%)		\$ 8.195.802	\$ 10.803.265	\$ 18.610.005	\$ 21.793.199	\$ 25.304.898	
UTILIDAD DESPUÉS DE IMPUESTOS		\$ 15.909.498	\$ 20.971.044	\$ 36.125.304	\$ 42.304.446	\$ 49.121.274	
(+) Depreciación fijos		\$ 2.364.950	\$ 2.364.950	\$ 2.364.950	\$ 2.364.950	\$ 2.364.950	
(+) Amortización diferidos		\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000	
(-) Amortización crédito							
INVERSIONES							
Inversión fijos	\$ 12.399.500						
Inversión diferida	\$ 500.000						
Inversión de capital de trabajo	\$ 7.821.479						
(+) Recuperación de capital de trabajo						\$ 7.821.479	
(+) Valor de liquidación						\$ 824.750	
FLUJO DE CAJA NETO	\$ -15.720.979	\$ 18.374.448	\$ 23.435.994	\$ 38.590.254	\$ 44.769.396	\$ 60.232.453	

A continuación se muestra gráficamente el flujo de efectivo de las entradas y salidas de la proyección a cinco años de la situación actual de la empresa Amanos Artesanal. Como se evidencia en la **figura 14**, se recupera inmediatamente la inversión inicial en el primer año de proyección. Además, se refleja que a partir del segundo año ya se empiezan a recibir ganancias netas para la empresa.

Figura 14. Diagrama flujo de efectivo de la situación actual.



5.2.2 Situación con proyecto

5.2.2.1 Ingresos de ventas (Inversión). Se establece la inversión inicial, para la elaboración del análisis financiero de la situación con proyecto para la empresa Amanos Artesanal.

- ✓ **Inversiones activos fijos.** Como ya se había mencionado anteriormente, un activo es un bien de la empresa que no se destinará a la venta. A continuación se muestran los activos fijos (depreciables y no depreciables) del proyecto con su respectivo valor.

Se especifica el valor del arriendo del inmueble teniendo en cuenta que se tiene como opción de compra debido a que primero se va a invertir en la adquisición de la maquinaria; se realizó el estudio de localización (**Anexo M**) para seleccionar adecuadamente la mejor zona de instalación de la planta, dejando claro que este estudio no está dentro del alcance del proyecto.

La maquinaria necesaria para el proyecto se especificó anteriormente en la **tabla 50**, y solo se tiene en cuenta el precio total de los equipos para calcular los activos fijos depreciables.

En seguida, se muestran los muebles y enseres que se van a utilizar en el proyecto.

Tabla 63. Valor total de los enseres necesarios para la situación con proyecto.

Producto	Ubicación	Precio x Und	Cantidad	Total (\$COP)
Sillas	Gerencias	\$ 127.900	10	\$ 1.279.000
Escritorio	Gerencias	\$ 324.980	5	\$ 1.624.900
Computador	Gerencias	\$ 1.300.000	5	\$ 6.500.000
Impresoras	Gerencias	\$ 500.000	1	\$ 500.000
Mesa	Sala de juntas	\$ 450.000	1	\$ 450.000
Sillas	Sala de juntas	\$ 100.000	5	\$ 500.000
Silla	Recepción	\$ 127.900	1	\$ 127.900
Escritorio	Recepción	\$ 324.980	1	\$ 324.980
Computador	Recepción	\$ 1.300.000	1	\$ 1.300.000
Uniforme	Dotación	\$ 50.000	14	\$ 700.000
Cofia	Dotación	\$ 60.000	20	\$ 1.200.000
Zapatos	Dotación	\$ 30.000	13	\$ 390.000
Recipientes	Producción	\$ 10.000	10	\$ 100.000
TOTAL				\$ 14.996.780

Tabla 64. Activos fijos (depreciables y no depreciables) de la situación con proyecto.

Activos fijos	
ARTÍCULOS	VALOR (COP\$)
DEPRECIABLES	
Arriendo Inmueble	\$ 5.000.000
Maquinaria	\$ 45.431.738
Muebles y enseres	\$ 14.996.780
TOTAL ACTIVOS DEPRECIABLES	\$ 65.428.518
NO DEPRECIABLES	
NO SE POSEEN	\$ -
TOTAL ACTIVOS NO DEPRECIABLES	\$ -
TOTAL ACTIVOS FIJOS	\$ 65.428.518

- ✓ **Inversiones activos diferidos.** Los activos diferidos son los bienes necesarios para el funcionamiento de la empresa. En este caso, se tiene en cuenta los gastos de instalación de planta.

Se estimarán los costos de instalación de los equipos, teniendo en cuenta el precio de adquisición para el proceso de obtención de aceite de coco. Según la teoría, se requiere el costo de todas las unidades principales que componen la planta para realizar un estimado multiplicado por unos factores de instalación. En el **Anexo L**, se provee una guía para determinar los costos de material y trabajo asociados a una pieza dada; es decir, un estimado para el montaje de los equipos respecto al tipo de material que se trabaja y a las condiciones de temperatura y/o presión utilizadas en el proceso. También, es necesario contar que en el **Anexo L** se proporciona una tabla con un factor de ubicación (transporte, impuestos, aduanas, entre otros.); es decir, un estimado de traslado del equipo desde su sitio de fabricación al sitio del proyecto.

Se debe tener en cuenta la ecuación 12 para cada uno de los equipos que se implementarán en el proceso, y posteriormente calcular el precio total de instalación para el proyecto. (C_{FOB} es el costo del equipo).

$$C_{INSTALACIÓN} = C_{FOB} + C_{TRASLADO} + C_{MONTAJE}$$

$$C_{INST} = C_{FOB} + f_1 * C_{FOB} + f_2 * C_{FOB}$$

Ecuación 12. Costo instalado

$$C_{INST} = C_{FOB} (1 + f_1 + f_2)$$

En la siguiente tabla se especificarán los factores requeridos para cada equipo:

Tabla 65. Costo de instalación de la maquinaria para la situación con proyecto.

PROCESO	EQUIPO	C _{FOB} (\$COP)	f ₁	f ₂	C _{INST} (\$COP)
Molienda	Molino de martillo	\$ 4.700.000		0,25	\$ 9.964.000
Agitación I	Marmita de volteo a gas con tapa	\$ 14.709.777		0,20	\$ 30.449.238
Filtrado I	Filtro prensa	\$ 4.600.000	0,87	0,15	\$ 9.292.000
Decantación	Refrigerador	\$ 5.978.091		0,15	\$ 12.075.744
Agitación II	Marmita de volteo a gas sin tapa	\$ 10.939.085		0,20	\$ 22.643.906
Filtrado II	Filtro industrial	\$ 4.504.785		0,15	\$ 9.099.666
TOTAL		\$ 45.431.738	---		\$ 93.524.554

Se tomó el factor promedio (f₁=0,87) para el tipo de proceso empleado, debido que se tuvo en cuenta que se emplea sólidos y líquidos en el proceso, además de que se manejan distintas temperaturas y presiones. El f₂ se especifica para cada equipo individualmente.

El valor de instalación real, se calcula restando el C_{INST} calculado con el precio total de la maquinaria

Tabla 66. Activos diferidos de la situación con proyecto.

ACTIVOS DIFERIDOS	
ACTIVIDAD	VALOR (COP\$)
Gastos de instalación	\$ 48.092.816
TOTAL ACTIVOS DIFERIDOS	\$ 48.092.816

- ✓ **Inversión en capital de trabajo.** El capital de trabajo es el capital adicional con el que se debe contar para iniciar el funcionamiento de la empresa

Se tendrá en cuenta para el capital de trabajo el crédito que se adquirirá con Banco Popular a una tasa del 0,91 como gasto financiero.

Tabla 67. Capital de trabajo necesario para la situación con proyecto.

CAPITAL DE TRABAJO	
CONCEPTO	VALOR (COP\$)
COSTOS DE PRODUCCIÓN	\$ 49.770.546
GASTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 26.091.381
GASTOS DE COMERCIALIZACIÓN	\$ 4.564.350
GASTOS FINANCIEROS	\$ 864.500
TOTAL CAPITAL DE TRABAJO (1 MES)	\$ 81.290.778
TOTAL CAPITAL DE TRABAJO (2 MES)	\$ 162.581.555

El capital de trabajo a invertir para el primer mes será de **\$ 81.290.778 COP**, ya que con el paso del tiempo se invertirá con las ganancias recibidas.

5.2.2.2 Salarios. Se estimara la nómina mensual y anual que hay que pagar a cada uno de los empleados que va a estar involucrado en las operaciones del proyecto. Inicialmente se incluye el salario base que tendrá cada empleado mensualmente con su respectivo auxilio de transporte, los porcentajes respectivos a las prestaciones sociales, la seguridad social, los riesgos profesionales y los aportes parafiscales. De esta manera será más fácil asignar cada empleado con su respectivo sueldo y en el área respectiva, para posteriormente calcular los costos y gastos del proyecto. Se muestran a continuación en la siguiente tabla

Tabla 68. Salarios.

SALARIOS														
TRABAJADOR	CANTIDAD	SALARIO BASE	AUX. TRANSPORTE	PRIMA (8,33%)	CESANTIAS (8,33%)	VACACIONES (4,17%)	SEG. SOCIAL Y PENSIÓN (20,5%)	RIESGO PROFESIONAL (0,522-1,044-0,035%)	APORTES PARAFISCALES (4%)	SALUD (12,5%)	TOTAL PRESTACIONES + APORTES	TOTAL PRESTACIONES + APORTES + SALARIO	(+) AUX. TRANSPORTE	TOTAL
Gerente general	1	\$ 4.000.000	\$ -	\$ 333.200	\$ 333.200	\$ 68.000	\$ 820.000	\$ 1.400	\$ 160.000	\$ 500.000	\$ 2.055.800	\$ 6.055.800	\$ 6.055.800	\$ 6.055.800
Jefe de admistración	1	\$ 3.500.000	\$ -	\$ 291.550	\$ 291.550	\$ 59.500	\$ 717.500	\$ 1.225	\$ 140.000	\$ 437.500	\$ 1.658.825	\$ 5.158.825	\$ 5.158.825	\$ 5.158.825
Secretaria	1	\$ 1.000.000	\$ -	\$ 83.300	\$ 83.300	\$ 17.000	\$ 205.000	\$ 350	\$ 40.000	\$ 125.000	\$ 473.950	\$ 1.473.950	\$ 1.473.950	\$ 1.473.950
Área serv. generales	2	\$ 737.717	\$ 83.140	\$ 61.452	\$ 61.452	\$ 12.541	\$ 151.232	\$ 3.851	\$ 29.509	\$ 92.215	\$ 353.234	\$ 1.090.951	\$ 1.174.091	\$ 2.348.181
Jefe producción	1	\$ 4.000.000	\$ -	\$ 333.200	\$ 333.200	\$ 68.000	\$ 820.000	\$ 1.400	\$ 160.000	\$ 500.000	\$ 1.895.800	\$ 5.895.800	\$ 5.895.800	\$ 5.895.800
Operarios	10	\$ 737.717	\$ 83.140	\$ 61.452	\$ 61.452	\$ 12.541	\$ 151.232	\$ 7.702	\$ 29.509	\$ 92.215	\$ 357.085	\$ 1.094.802	\$ 1.177.942	\$ 11.779.415
Técnico mantenimiento	1	\$ 2.000.000	\$ -	\$ 166.600	\$ 166.600	\$ 34.000	\$ 410.000	\$ 20.880	\$ 80.000	\$ 250.000	\$ 968.080	\$ 2.968.080	\$ 2.968.080	\$ 2.968.080
Técnico de calidad	1	\$ 2.000.000	\$ -	\$ 166.600	\$ 166.600	\$ 34.000	\$ 410.000	\$ 700	\$ 80.000	\$ 250.000	\$ 947.900	\$ 2.947.900	\$ 2.947.900	\$ 2.947.900
Jefe finanzas y contabilidad	1	\$ 4.000.000	\$ -	\$ 333.200	\$ 333.200	\$ 68.000	\$ 820.000	\$ 1.400	\$ 160.000	\$ 500.000	\$ 1.895.800	\$ 5.895.800	\$ 5.895.800	\$ 5.895.800
Contador	1	\$ 3.500.000	\$ -	\$ 291.550	\$ 291.550	\$ 59.500	\$ 717.500	\$ 1.225	\$ 140.000	\$ 437.500	\$ 1.658.825	\$ 5.158.825	\$ 5.158.825	\$ 5.158.825
Jefe comercial	1	\$ 3.000.000	\$ -	\$ 249.900	\$ 249.900	\$ 51.000	\$ 615.000	\$ 1.050	\$ 120.000	\$ 375.000	\$ 1.421.850	\$ 4.421.850	\$ 4.421.850	\$ 4.421.850
TOTAL SALARIOS MENSUALES														\$ 54.104.427
TOTAL SALARIOS ANUALES														\$ 649.253.120

5.2.2.3 Costos y gastos de la situación con proyecto.

- ✓ **Costos de producción.** Estos costos abarcan el dinero necesario para la producción de aceite de coco y las personas necesarias en el proceso de producción.

Tabla 69. Costos de producción de la situación con proyecto.

Costos de producción			
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UND.	VALOR (COP\$)
Coco rallado	2280 Kg	\$ 9.000	\$ 20.520.000
Envases	483	\$ -	\$ 361.051
Etiqueta	483	\$ 100	\$ 48.300
promedio servicios (agua, luz, gas)	-	\$ -	\$ 250.000
Arriendo	-	\$ -	\$ 5.000.000
Jefe producción	1	\$ 5.895.800	\$ 5.895.800
Operarios	10	\$ 1.177.942	\$ 11.779.415
Técnico mantenimiento	1	\$ 2.968.080	\$ 2.968.080
Técnico de calidad	1	\$ 2.947.900	\$ 2.947.900
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN MENSUAL			\$ 49.770.546
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN ANUAL			\$ 597.246.556

- ✓ **Gastos administrativos.** Para los costos administrativos se va a tener en cuenta el salario mensual de las personas que están involucradas en las operaciones del proceso de obtención del aceite de coco.

Tabla 70. Gastos administrativos de la situación con proyecto.

Gastos administrativos		
TRABAJADOR	CANTIDAD	SALARIO
Gerente general	1	\$ 6.055.800
Jefe de administración	1	\$ 5.158.825
Secretaria	1	\$ 1.473.950
Área de servicios generales	2	\$ 2.348.181
Jefe finanzas y contabilidad	1	\$ 5.895.800
Contador	1	\$ 5.158.825
TOTAL COSTOS ADMINISTRATIVOS MENSUAL		\$ 26.091.381
TOTAL COSTOS ADMINISTRATIVOS ANUAL		\$ 313.096.576

- ✓ **Gastos de comercialización.** Para situación con proyecto para la empresa Amanos Artesanal, los gastos de comercialización anual abarcan los salarios de las personas que se contrataran para esta área. Además de contar con publicidad para mayores ventas del producto.

Tabla 71. Gastos de comercialización de la situación actual.

Gastos de comercialización		
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR (COP\$)
Publicidad	2	\$ 142.500
Jefe comercial	1	\$ 4.421.850
TOTAL GASTOS COMERCIALIZACIÓN MENSUAL		\$ 4.564.350
TOTAL GASTOS COMERCIALIZACIÓN ANUAL		\$ 54.772.200

5.2.2.4 Ingresos del proyecto. Los ingresos para el primer año se obtendrán de la cantidad de aceite de coco por mes como producto principal y la cantidad de torta de coco que se produce como subproducto. Se tomó como base el balance de materia que se calculó anteriormente.

Por lo tanto, se tiene un total de 2.280 L de aceite por mes y 2.809 Kg de torta de coco por mes de acuerdo a lo calculado en el capítulo 4.

Tabla 72. Ingresos para el 1er año de la situación con proyecto.

Ingreso para el primer año	
PERIODO (MES)	1
Cantidad (L)	2.280
Aceite de coco	\$ 20.000
Cantidad (Kg)	2809,50
Torta de coco	\$ 10.000
TOTAL (MES)	\$ 73.695.000
TOTAL (AÑO)	\$ 884.340.000

Asumiendo que las cantidades vendidas aumentarían un 10% cada año y el precio de venta por unidades también en un 3,5%, la predicción sería de:

Tabla 73. Ingresos para los 5 años de proyección de la situación con proyecto.

Periodo (MES)	1	2	3	4	5
Cantidad (L)	2.280	2.508	2.759	3.035	3.338
Aceite de coco	\$ 20.000	\$ 20.700	\$ 21.425	\$ 22.174	\$ 22.950
Cantidad (Kg)	2809,50	3090,45	3399,50	3739,44	4113,39
Torta de coco	\$ 10.000	\$ 10.350	\$ 10.712	\$ 11.087	\$ 11.475
TOTAL (MES)	\$73.695.000	\$ 83.901.758	\$ 95.522.151	\$108.751.969	\$123.814.116
TOTAL (AÑO)	\$884.340.000	\$1.006.821.090	\$1.146.265.811	\$1.305.023.626	\$1.485.769.398

5.2.2.5 Amortización de activos diferidos y depreciación de activos fijo.

Conocer el tiempo de vida útil de los activos fijos es fundamental para dar una aproximación del valor de la depreciación anual en línea recta de cada artículo. Para nuestro proyecto la mayoría de activos poseen una vida útil entre los 5 y 10 años, según el decreto 3019 de 1989.

Tabla 74. Depreciación de activos fijos en línea recta de la situación con proyecto.

Depreciación activos fijos (línea recta)			
ARTÍCULOS	VALOR (COP\$)	VIDA ÚTIL (AÑOS)	TOTAL
Arriendo Inmueble	\$ 5.000.000	20	\$ 250.000
Maquinaria	\$ 45.431.738	10	\$ 4.543.174
Muebles y enseres	\$ 14.996.780	10	\$ 1.499.678
TOTAL DEPRECIACIÓN ANUAL			\$6.292.852

Para la amortización de los activos diferidos se toma un periodo de 5 años, ya que son los periodos en los que se va a realizar la proyección del proyecto.

Tabla 75. Amortización de activos diferidos de la situación con proyecto.

Amortización activos diferidos			
ACTIVIDAD	VALOR (COP\$)	(AÑOS)	TOTAL
Gastos de instalación	\$ 48.092.816	5	\$ 9.618.563
TOTAL AMORTIZACIÓN ANUAL			\$ 9.618.563

5.2.2.6 Financiación (Tabla de amortización). Para el proyecto se piensa tomar un crédito comercial ordinario con el Banco Popular que se dispondrá para la compra e instalación de la maquinaria necesaria. Este banco nos permite tener una tasa del 0,91% mensual, siendo la más económica en comparación con otros bancos:

Tabla 76. Tasas de financiación para crédito comercial ordinario.

Banco	Davivienda	Av. Villas	BBVA	Pichincha	Bancolombia	Banco de Bogotá	Banco Popular	Banco de Occidente
TASA ANUAL %	16,20	13,57	20,82	17,75	15,98	16,15	11,43	13,31
TASA MENSUAL %	1,26	1,07	1,59	1,37	1,24	1,26	0,91	1,05

Se pedirá un préstamo de **\$ 112.000.000 COP** para financiarlo en 5 años. Se determinó el valor de la cuota por anualidad **\$ 2.430.685 COP** durante los 60 meses.

$$R = \frac{P}{\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}} = \frac{\$ 95.000.000 \text{ COP}}{\frac{(1+0,0091)^{60} - 1}{0,0091(1+0,0091)^{60}}} = \$ 2.061.742 \text{ CO}$$

Tabla 77. Tabla de amortización para la financiación del crédito de la situación con proyecto.

Tabla de amortización				
n	SALDO	INTERÉS	CUOTA	AMORTIZACIÓN
0	\$ 95.000.000	---	---	---
1	\$ 93.802.758	\$ 864.500	\$ 2.061.742	\$ 1.197.242
2	\$ 92.594.621	\$ 853.605	\$ 2.061.742	\$ 1.208.137
3	\$ 91.375.490	\$ 842.611	\$ 2.061.742	\$ 1.219.131
4	\$ 90.145.265	\$ 831.517	\$ 2.061.742	\$ 1.230.225
5	\$ 88.903.845	\$ 820.322	\$ 2.061.742	\$ 1.241.420
6	\$ 87.651.128	\$ 809.025	\$ 2.061.742	\$ 1.252.717
7	\$ 86.387.011	\$ 797.625	\$ 2.061.742	\$ 1.264.117
8	\$ 85.111.391	\$ 786.122	\$ 2.061.742	\$ 1.275.620
9	\$ 83.824.162	\$ 774.514	\$ 2.061.742	\$ 1.287.228
10	\$ 82.525.220	\$ 762.800	\$ 2.061.742	\$ 1.298.942
11	\$ 81.214.458	\$ 750.980	\$ 2.061.742	\$ 1.310.763
12	\$ 79.891.767	\$ 739.052	\$ 2.061.742	\$ 1.322.690
13	\$ 78.557.040	\$ 727.015	\$ 2.061.742	\$ 1.334.727
14	\$ 77.210.167	\$ 714.869	\$ 2.061.742	\$ 1.346.873
15	\$ 75.851.038	\$ 702.613	\$ 2.061.742	\$ 1.359.130
16	\$ 74.479.540	\$ 690.244	\$ 2.061.742	\$ 1.371.498
17	\$ 73.095.562	\$ 677.764	\$ 2.061.742	\$ 1.383.978
18	\$ 71.698.990	\$ 665.170	\$ 2.061.742	\$ 1.396.572
19	\$ 70.289.709	\$ 652.461	\$ 2.061.742	\$ 1.409.281
20	\$ 68.867.603	\$ 639.636	\$ 2.061.742	\$ 1.422.106
21	\$ 67.432.556	\$ 626.695	\$ 2.061.742	\$ 1.435.047
22	\$ 65.984.450	\$ 613.636	\$ 2.061.742	\$ 1.448.106
23	\$ 64.523.167	\$ 600.458	\$ 2.061.742	\$ 1.461.284
24	\$ 63.048.586	\$ 587.161	\$ 2.061.742	\$ 1.474.581
25	\$ 61.560.586	\$ 573.742	\$ 2.061.742	\$ 1.488.000
26	\$ 60.059.045	\$ 560.201	\$ 2.061.742	\$ 1.501.541
27	\$ 58.543.840	\$ 546.537	\$ 2.061.742	\$ 1.515.205
28	\$ 57.014.847	\$ 532.749	\$ 2.061.742	\$ 1.528.993
29	\$ 55.471.940	\$ 518.835	\$ 2.061.742	\$ 1.542.907

Tabla 77. (Continuación)

30	\$	53.914.993	\$	504.795	\$	2.061.742	\$	1.556.947
31	\$	52.343.877	\$	490.626	\$	2.061.742	\$	1.571.116
32	\$	50.758.465	\$	476.329	\$	2.061.742	\$	1.585.413
33	\$	49.158.625	\$	461.902	\$	2.061.742	\$	1.599.840
34	\$	47.544.226	\$	447.343	\$	2.061.742	\$	1.614.399
35	\$	45.915.136	\$	432.652	\$	2.061.742	\$	1.629.090
36	\$	44.271.222	\$	417.828	\$	2.061.742	\$	1.643.914
37	\$	42.612.348	\$	402.868	\$	2.061.742	\$	1.658.874
38	\$	40.938.379	\$	387.772	\$	2.061.742	\$	1.673.970
39	\$	39.249.176	\$	372.539	\$	2.061.742	\$	1.689.203
40	\$	37.544.601	\$	357.167	\$	2.061.742	\$	1.704.575
41	\$	35.824.515	\$	341.656	\$	2.061.742	\$	1.720.086
42	\$	34.088.776	\$	326.003	\$	2.061.742	\$	1.735.739
43	\$	32.337.242	\$	310.208	\$	2.061.742	\$	1.751.534
44	\$	30.569.769	\$	294.269	\$	2.061.742	\$	1.767.473
45	\$	28.786.212	\$	278.185	\$	2.061.742	\$	1.783.557
46	\$	26.986.424	\$	261.955	\$	2.061.742	\$	1.799.787
47	\$	25.170.259	\$	245.576	\$	2.061.742	\$	1.816.166
48	\$	23.337.566	\$	229.049	\$	2.061.742	\$	1.832.693
49	\$	21.488.196	\$	212.372	\$	2.061.742	\$	1.849.370
50	\$	19.621.996	\$	195.543	\$	2.061.742	\$	1.866.199
51	\$	17.738.815	\$	178.560	\$	2.061.742	\$	1.883.182
52	\$	15.838.496	\$	161.423	\$	2.061.742	\$	1.900.319
53	\$	13.920.884	\$	144.130	\$	2.061.742	\$	1.917.612
54	\$	11.985.822	\$	126.680	\$	2.061.742	\$	1.935.062
55	\$	10.033.151	\$	109.071	\$	2.061.742	\$	1.952.671
56	\$	8.062.711	\$	91.302	\$	2.061.742	\$	1.970.440
57	\$	6.074.339	\$	73.371	\$	2.061.742	\$	1.988.371
58	\$	4.067.874	\$	55.276	\$	2.061.742	\$	2.006.466
59	\$	2.043.149	\$	37.018	\$	2.061.742	\$	2.024.724
60	\$	0	\$	18.593	\$	2.061.742	\$	2.043.149

5.2.2.7 Flujo de efectivo proyectado. El flujo de caja permite registrar los movimientos de efectivo en un periodo de tiempo y saber si será viable o no el proyecto; además de ser una herramienta que resume todo el proyecto.

Primero, se debe determinar el valor de liquidación a recuperar de los activos fijos que se depreciaron para ubicarlo como en el último periodo de estudio del proyecto. Como se mostrará continuación:

Tabla 78. Liquidación total de los activos fijos depreciables de la situación con proyecto.

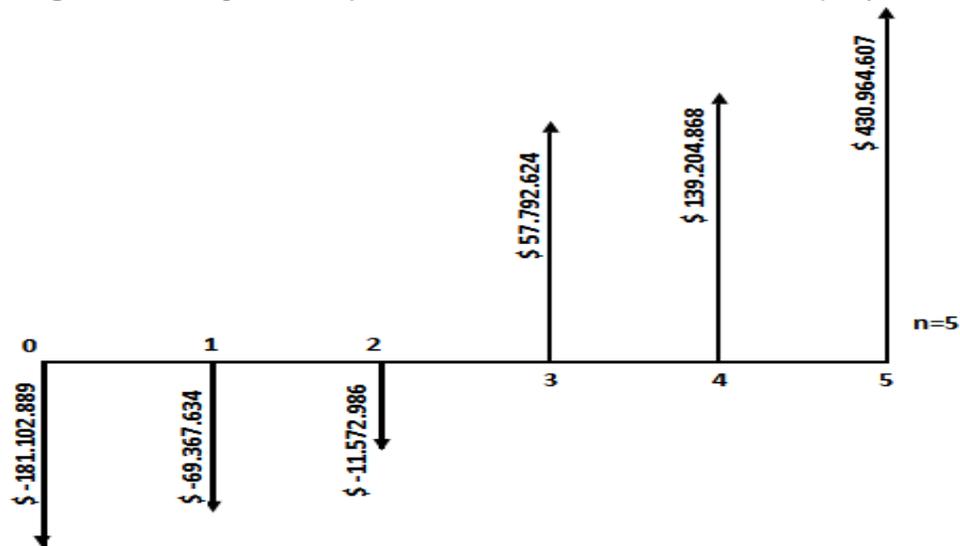
Valor libros (activos fijos)				
ARTÍCULOS	VALOR (COP\$)	AÑOS	VALOR DEPRECIACIÓN	TOTAL
Arriendo Inmueble	\$ 5.000.000		\$ 250.000	\$ 3.750.000
Maquinaria	\$ 45.431.738	5	\$ 4.543.174	\$ 22.715.869
Muebles y enseres	\$ 14.996.780		\$ 1.499.678	\$ 7.498.390
TOTAL LIQUIDACIÓN				\$ 33.964.259

Tabla 79. Diagrama del flujo de efectivo de la situación con proyecto.

		Flujo de efectivo proyectado					
n	0	1	2	3	4	5	
(+) Ingresos		\$ 884.340.000	\$ 1.006.821.090	\$ 1.146.265.811	\$ 1.305.023.626	\$ 1.485.769.398	
(-) Costos de producción		\$ 597.246.556	\$ 618.150.186	\$ 639.785.442	\$ 662.177.933	\$ 685.354.161	
(-) Gastos Administrativos		\$ 313.096.576	\$ 324.054.956	\$ 335.396.879	\$ 347.135.770	\$ 359.285.522	
(-) Gastos comercialización		\$ 54.772.200	\$ 56.689.227	\$ 58.673.350	\$ 60.726.917	\$ 62.852.359	
(-) Gastos Financiación		\$ 9.632.672	\$ 7.897.722	\$ 5.963.541	\$ 3.807.248	\$ 1.403.338	
(-) Depreciación fijos		\$ 6.292.852	\$ 6.292.852	\$ 6.292.852	\$ 6.292.852	\$ 6.292.852	
(-) Amortización diferidos		\$ 9.618.563	\$ 9.618.563	\$ 9.618.563	\$ 9.618.563	\$ 9.618.563	
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS		\$ -106.319.419	\$ -15.882.416	\$ 90.535.183	\$ 215.264.342	\$ 360.962.603	
(-) Impuesto (34%)		\$ -36.148.602	\$ -5.241.197	\$ 29.876.611	\$ 71.037.233	\$ 119.117.659	
UTILIDAD DESPUÉS DE IMPUESTOS		\$ -70.170.816	\$ -10.641.219	\$ 60.658.573	\$ 144.227.109	\$ 241.844.944	
(+) Depreciación fijos		\$ 6.292.852	\$ 6.292.852	\$ 6.292.852	\$ 6.292.852	\$ 6.292.852	
(+) Amortización diferidos		\$ 9.618.563	\$ 9.618.563	\$ 9.618.563	\$ 9.618.563	\$ 9.618.563	
(-) Amortización crédito		\$ 15.108.233	\$ 16.843.182	\$ 18.777.363	\$ 20.933.656	\$ 23.337.566	
INVERSIONES							
Inversión fijos	\$	65.428.518					
Inversión diferida	\$	48.092.816					
Inversión de capital de trabajo	\$	162.581.555					
(+) Recuperación de capital de trabajo						\$ 162.581.555	
(+) Valor de liquidación						\$ 33.964.259	
FLUJO DE CAJA NETO	\$	-181.102.889	\$ -69.367.634	\$ -11.572.986	\$ 57.792.624	\$ 139.204.868	\$ 430.964.607

A continuación se muestra gráficamente el flujo de efectivo de las entradas y salidas de la proyección a cinco años de la situación con proyecto para la empresa Amanos Artesanal. Como se evidencia en la **figura 15**, en los dos primeros años no se estará obteniendo ganancias debido a que, con lo que se estará generando de ingresos, se ira pagando el préstamo que se obtuvo para adquirir la maquinaria y realizar la instalación de la está en la planta. En el cuarto año de proyección, se estaría recuperando el 96% de total la inversión inicial. Por lo cual, en el último periodo evaluado se recupera todo el capital invertido y además se empiezan a recibir ganancias netas.

Figura 15.Diagrama flujo de efectivo de la situación con proyecto.



5.3 TASA DE DESCUENTO

La tasa de descuento se obtuvo a partir del costo de capital promedio ponderado (WACC), que mide el costo promedio que han tenido nuestros activos operativos, en función de la forma en que han sido financiados, ya sea a través de capital propio (patrimonio) o recursos de terceros (deuda). Así, de esta manera poder indagar sobre el rendimiento requerido por la empresa para sus inversiones es decir, si el proyecto dará retornos que compensan las inversiones realizadas. Su estimación se muestra a continuación:

Ecuación 13. Tasa de descuento

$$K_o = KdWd + KpWp$$

En donde:

- Kd = Costo de la deuda después de impuestos = $X\%(1-T\%)$.
 X = Tasa de interés de financiación

T = Tasa de impuesto de renta

Tabla 80. Costo de la deuda después de impuestos (kd).

	Situación actual	Situación con proyecto
X	2,40%	0,91%
T	34%	
Kd	0,158	0,006

- Wd = Porcentaje de deuda en relación con el total de recursos.

Es decir, se toma el valor de la financiación y se divide en el monto total de la inversión inicial, incluyendo el valor del crédito.

Tabla 81. Porcentaje de deuda en relación con el total de recursos (Wd).

	Situación actual	Situación con proyecto
Valor financiación	\$ 5.000.000	\$ 95.000.000
Inversión inicial + Valor crédito	\$ 20.720.979	\$ 276.102.889
Wd	0,241	0,344

- Kp = Costo de los recursos propios = TIO.

$$Kp = 20\%$$

- Wp = Porcentaje de recursos propios en relación con el total de recursos.

Es decir, se toma el valor de inversión inicial (sin incluir el valor de la financiación) y se divide en el monto total de la inversión inicial, incluyendo el valor del crédito.

Tabla 82. Porcentaje de recursos propios en relación con el total de recursos (Wp).

	Situación actual	Situación con proyecto
Inversión inicial sin Valor crédito	\$ 15.720.979	\$ 181.102.889
Inversión inicial + Valor crédito	\$ 20.720.979	\$ 276.102.889
Wp	0,759	0,656

A continuación, se muestra el valor de la tasa de descuento de la situación actual y de la situación con proyecto. De esta manera, saber si el proyecto compensará las inversiones realizadas.

Tabla 83. Tasa de descuento.

	Situación actual	Situación con proyecto
Kd	0,158	0,006
Wd	0,241	0,344
Kp	20%	
Wp	0,759	0,656
Ko	0,19	0,133
	19%	13%

5.4 EVALUACIÓN FINANCIERA

5.4.1 Tasa interna de retorno. Con la tasa interna de retorno se calcula la rentabilidad de los fondos invertidos en el proyecto. Se halla por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 14. Tasa interna de retorno

$$0 = VPN = -\frac{P_1}{(1+i)^1} + \frac{P_2}{(1+i)^2} + \frac{P_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{P_n}{(1+i)^n}$$

Se usó la función TIR de Excel y se obtuvo:

Tabla 84. Tasa interna de retorno.

	TIR		Ko
SITUACIÓN ACTUAL	148%	>	19%
SITUACIÓN CON PROYECTO	23%	>	13%

Comparando la tasa interna de retorno con la tasa de descuento obtenida se puede estar en capacidad de demostrar que la situación actual de la empresa es rentable, es decir, genera retornos que compensan las inversiones realizadas. Por lo tanto, se acepta la viabilidad.

En cuanto a la situación con proyecto, aunque no se muestra un alto porcentaje en comparación de la situación actual, es evidente que también generara retornos que retribuirán la inversión inicial. Además, como se mencionó antes el porcentaje no es tan alto debido a que en los dos primeros periodos de proyección no se está generando una ganancia neta para la empresa sino se está pagando el préstamo adquirido en la inversión inicial.

5.4.2 Valor presente neto. El valor Presente neto se determinó con la diferencia entre el valor actual de los ingresos y los costos obtenidos del flujo de caja neto de los 5 periodos y se utilizó la tasa de descuento calculada con el WACC.

Se halla por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 15. Valor presente neto

$$VPN = -\frac{P_1}{(1+i)^1} + \frac{P_2}{(1+i)^2} + \frac{P_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{P_n}{(1+i)^n}$$

Se usó la función VNA de Excel y se obtuvo:

Tabla 85. Valor presente neto.

	VPN	
SITUACIÓN ACTUAL	\$ 74.048.920	
SITUACIÓN CON PROYECTO	\$ 338.087.307	> 0

El valor presente neto calculado es positivo o mayor a 0, lo que significa que Amanos Artesanal está obteniendo ganancias respecto a la inversión inicial y la tasa de descuento calculada. Por lo tanto, se acepta la viabilidad del de la situación actual y de la situación con proyecto de la empresa debido a que el proceso de obtención de aceite de coco es rentable.

5.4.3 Relación beneficio-costos. Esta relación toma los ingresos y egresos presentes en el flujo neto de efectivo, y de esta manera establece cuales son los beneficios del proyecto.

De esta manera se tiene en cuenta que los ingresos netos son los que efectivamente se recibirán en los años proyectados y los egresos son las salidas de efectivo durante esos periodos.

Tabla 86. Relación beneficio-costos.

	Situación actual	Situación con proyecto
Ingresos netos	\$ 185.402.545	\$ 627.962.100
Egresos netos	\$ 15.720.979	\$ 181.102.889
B/C	11,79	3,47

Por lo tanto al ser la relación B/C mayor que 1, los beneficios que se obtienen tanto en la situación actual (11,79) como en la situación con proyecto (3,47) superan los costos del proyecto. Es decir, el proyecto debe ser considerado viable; pues los ingresos serán mayores a los egresos.

5.4.4 Periodo de recuperación. Se determina el periodo de recuperación, porque se requiere saber en qué periodo de los analizados en el flujo de caja se recupera la inversión. Se obtiene contando el número de periodos que toma igualar los flujos de acumulados con la inversión inicial.

Se halla por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 16.Periodo de
recuperación

$$PR = a + \left[\frac{b - c}{d} \right]$$

En donde:

- a = Periodo anterior inmediato al que se recupera la inversión.
- b = Inversión inicial.
- c = Suma de los flujos de efectivo anteriores.
- d = Flujo neto de efectivo del año en que se satisface la inversión.

Tabla 87. Periodo de recuperación.

	Situación actual	Situación con proyecto
a	0	4
b	\$ 15.720.979	\$ 181.102.889
c	0	\$ -65.046.016
d	\$ 18.615.501	\$ 430.964.607
PR	0,84 1	4,57 5

Tabla 88. Comparación de los periodos de recuperación.

Situación actual			Situación con proyecto		
n		FLUJO	n		FLUJO
0	\$	15.720.979	0	\$	181.102.889
1	\$	18.374.448	1	\$	69.367.634
2	\$	23.435.994	2	\$	11.572.986
3	\$	38.590.254	3	\$	57.792.624
4	\$	44.769.396	4	\$	139.204.868
5	\$	60.232.453	5	\$	430.964.607

Esto quiere decir que la inversión para la situación actual se estaría recuperando en el primer año y para la situación con proyecto en el quinto y último año de proyección. Es decir, que la rentabilidad del proceso es buena. Al ser el periodo de recuperación menor o igual al máximo periodo definido, el proyecto es viable y se acepta. Por lo que el proyecto es productivo y beneficioso la realización de este proyecto.

5.5 CONCLUSIONES DEL QUINTO CAPITULO

La evaluación financiera para ambas situaciones fue la esperada. Se obtuvo el flujo neto de efectivo, en los cuales se generaba capital suficiente para el pago de los créditos adquiridos y ganancias netas durante los periodos proyectados. Es decir, que tanto la situación actual como el proyecto son rentables.

La tasa de descuento fue del 19% para la situación actual y 13% para el proyecto, lo cual es aceptable para el proyecto de inversión. Por lo tanto, el proyecto proporcionara retornos que retribuirán los gastos realizados.

Se analizaron las diferentes evaluaciones financieras, ratificando la viabilidad de las situaciones. Se obtuvo una tasa interna de retorno (TIR) mayor a la tasa de descuento (19% y 13%) calcula con el supuesto del 20% de la tasa de oportunidad; siendo de 148% para la situación actual y 23% para el proyecto, lo que significa que ambas posibilidades generan las ganancias suficientes que compensan las inversiones realizadas inicialmente.

En cuanto a valor presente neto, se evidencio que para las dos situaciones es rentable la realización del proyecto. Se obtuvo un valor presente neto de \$ 74.048.920 y \$ 338.087.307 para la situación actual y con proyecto, respectivamente; siendo estos valores mayores a cero, se logra la viabilidad de las opciones evaluadas, indicando que el proyecto a largo plazo ofrecerá ganancias.

También, se demostró que toda la inversión inicial se recuperara para ambos casos durante los periodos evaluados en el flujo neto de efectivo, en el periodo 1 para la situación actual y en el periodo 5 para el proyecto.

Por lo tanto, es correcto afirmar que el proyecto es viable, dado los parámetros de evaluación empleados; ya que mostraron resultados satisfactorios a la hora de invertir, pues generan ganancias netas, se recupera todo el capital inicialmente invertido y se logra pagar en su totalidad el crédito adquirido.

6. CONCLUSIONES

- El diagnóstico realizado a la empresa Amanos Artesanal arrojo que actualmente existen efectos importantes como el no tener estándares de calidad de materia prima y del producto, no aprovechar los subproductos para la venta y manejan una producción lenta y variable, entre otros. Como la empresa quiere expandirse y aumentar el tamaño de producción es necesario empezar a combatir las causas y evitar que estos se acumulen, de lo contrario se seguirían presenciando problemas en la empresa, evitando que se pueda mejorar su situación obteniendo resultados negativos como el aumento de pérdidas del producto y gastos excesivos de dinero y de tiempo.
- A partir de la experimentación para la obtención de aceite de coco (prensado o filtración y extracción con solvente), se comprobó que el estado óptimo de la materia prima que permita un mayor rendimiento de extracción fue con el coco rallado deshidratado, obteniendo un 50% más de aceite de coco que con la pulpa de coco normal. Debido a que al tener un menor diámetro de partícula y este seco (4% de humedad), permite que el medio disolvente tenga mayor contacto con la pulpa y libere fácilmente las partículas de grasa. El manejo de esta alternativa de materia prima evitaría gastos adicionales de mano de obra y de operaciones de secado para obtener la pulpa de coco directamente de la nuez. También, se obtendría un subproducto que tiene por nombre torta de coco para venderla y que la traten para producir harina de coco.
- La operación principal de extracción de aceite se escogió a partir de los resultados obtenidos en la experimentación y en la caracterización de los diferentes tipos de aceite: aceite prensado y el extraído con solvente. Fue evidente que con el uso de etanol la extracción fue de un 17% mayor al proceso de prensado; sin embargo, el color, el olor, el sabor, la humedad, las cenizas y el índice de saponificación fueron afectadas por el uso del solvente químico. Por lo que se recomienda por ahora, seguir manejando el prensado como operación principal, el cual no afecta las características organolépticas, físicas y químicas del aceite. .
- Para la tecnificación del proceso de obtención de aceite de coco y una producción mensual de 800 L/mes se decidió manejar diariamente 95-120 Kg/día y seguir manejando partes de la secuencia del proceso que usa la empresa actualmente al manejar el coco rallado deshidratado. Lo novedoso en el proceso son las operaciones de molienda y la filtración final para evitar los sólidos en el aceite. También se asignaron los nombres exactos de cada operación unitaria, su respectivo balance de materia, condiciones óptimas de operación, los equipos seleccionados, y los diagramas de bloques y de flujo de proceso. En un futuro, con el diseño logrado se pueden llegar a eliminar las causas evaluadas en el diagnóstico de la empresa.

- En cuanto a la evaluación financiera de las dos alternativas estimadas, se puede concluir que es un proyecto netamente viable y que a pesar de requerir una gran cantidad de información, manejo y análisis de la misma; al mismo tiempo brinda resultados de fácil interpretación como lo son la tasa interna de retorno (TIR), el valor presente neto (VPN), relación costo-beneficio (B/C) y periodo de recuperación (PR); las cuales ayudan en la toma de decisión en cuanto a la factibilidad del proyecto. Pues, se obtuvieron resultados de inversión satisfactorios para el proyecto de obtención de aceite de coco para uso alimenticio o cosmético, ya que genera grandes utilidades. Y como se había dicho anteriormente compensan toda la inversión inicial aportada para la implementación del proyecto. Por lo tanto, la realización del proyecto es conveniente.

7. RECOMENDACIONES

- La extracción de aceite de coco por el método Soxhlet, fue realizada solo con tres tipos de solvente: etanol, éter y acetona. Por lo que se recomienda llevar a cabo pruebas con otros solventes para evaluar el porcentaje de extracción y la calidad final del aceite. Con el fin de comparar todos los resultados obtenidos para analizar y determinar cuál solvente permite obtener la mayor cantidad de aceite de coco sin afectar las propiedades organolépticas, físicas y químicas de este.
- Después de tener el solvente seleccionado se recomienda estandarizar el proceso de extracción Soxhlet con el diámetro óptimo de partícula de pulpa de coco, temperatura y tiempo de proceso. También, encontrar las condiciones óptimas de rotovaporación (presión, temperatura y revoluciones por minuto) u otro proceso de separación para la mezcla obtenida entre el aceite de coco y el solvente.
- Para evaluar otras alternativas de extracción del aceite de coco se recomienda estudiar la eficiencia de extracción y la calidad final del aceite de coco por medio de otros procesos como: hidrodestilación, arrastre de vapor y ultrasonido.
- Uno de los subproductos que se obtiene del proceso de obtención de aceite de coco es la torta de coco, el cual consta de pulpa de coco húmeda sin grasa que es actualmente utilizada para la elaboración de harina de coco por composición su alta composición final de carbohidratos (fibra y azúcares), que la hacen adecuada y atractiva para uso repostero. Por eso, se recomienda diseñar un proceso para el tratamiento de la torta de coco para la producción de harina de coco.
- Para poder integrar las dos corrientes salientes de vapor de agua y agua residual al proceso. Primero se recomienda estudiar las propiedades con las que sale el vapor de agua para que entre en un intercambiador de calor que permita su condensación. Segundo, para el agua residual se recomienda estudiar su composición, saber si de ahí se puede obtener más cantidad de aceite y/o hacerle un tratamiento para purificarla.
- Para la filtración II, se recomienda realizar una selección adecuada del tamaño de los poros del filtro y un análisis del rendimiento del sistema de filtración, para obtener mayor eficiencia en la operación unitaria y lograr retener la totalidad de los sólidos obtenidos en el calentamiento del aceite de coco.

- Para las operaciones unitarias de agitación I y II, se recomendaría establecer un sistema completo de generación de vapor de agua como medio de calentamiento para el proceso de obtención de aceite de coco.

BIBLIOGRAFÍA

ACS Medio Ambiente . *Filtro prensa, Filtro Prensa de Placas y Marco, Deshidratación de lodos, Recuperación de Metales Preciosos, Filtro Prensa de Placas Empotradas*. [En línea] [Citado el: 24 de Noviembre de 2017.] <http://www.acsmedioambiente.com/filtrosprende.html>.

ACOSTA MORENO, M. C. 2011. *EVALUACIÓN Y ESCALAMIENTO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA . 2011. Trabajo de grado .

ACOSTA MORENO, M.C. 2011. Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático. *Universidad Nacional de Colombia*. [En línea] 2011. [Citado el: 21 de Junio de 2017.] <http://www.bdigital.unal.edu.co/4070/1/marthaceciliaacostamoreno.2011.pdf>.

ACOSTA MORENO, M.C. 2011. Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático. [En línea] 2011. [Citado el: 13 de Marzo de 2017.] <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/marthaceciliaacostamoreno.2011.pdf>.

ALBERNAS CARVAJAL, Y. 2012. *Procedimiento para la síntesis y diseño óptimo de plantas discontinuas (Parte I)* . [Tecnología Química] . 2012. Vol. 32, 3, págs. 204-212.

ALIMENTOS. *Alimentos ricos en fosforo y potasio*. [En línea] [Citado el: 5 de Octubre de 2017.] <https://alimentos.org.es/alimentos-ricos-en-fosforo-y-potasio>.

ANGULO, M. BECERRA, C. MONTANÉ, D. PERALTA, J. SORIA, J. VILLEGAS, F. *Molienda en seco y húmedo*. [Informe N.5 Laboratorio de Preparación Mecánica de Minerales. Ingeniería Civil Metalúrgica. Universidad Arturo Prat].

BOTANICAL . *Valor nutricional del coco (Coco nucifera L.)* . [En línea] [Citado el: 21 de Junio de 2017.] BOTANICAL. Valor nutricional del coco (Coco nucifera L.) http://www.botanical-online.com/coco_fruta.htm.

BROSSARD GONZÁLEZ, C. 2010. *Evaluación preliminar del etanol anhidro como solvente en la extracción de aceite de semillas de jatrofa (Jatropha curcas L.)*. [Grasas y Aceites]. 2010. Vol. 61, 3, págs. 295-302.

CANAVOS, G. 1988. Probabilidad y estadística, aplicaciones y métodos. I s.l., España : McGraw Hill , 1988. pág. 407.

CASEN hexie . *Molino de martillo*. [En línea] https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-449465583-molino-martillo-industrial-o-despulverizadora-_JM.

CASTRO REINTERIA, A. 2012. Extracción de aceite de coco. *Universidad Nacional Pedro Luiz Gallo*. Lambayeque : s.n., 2012.

CASTRO RENTERÍA, A. CHAVEZ CABRERA, D. GUEVARA BRAVO, E. MORALES MORALES, J. SOSA SAAVEDRA, J. 2012. *EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo . Lambayeque : s.n., 2012.

COLINA IREZABAL, L. sgpwe . *Reducción de tamaño de alimentos. Ingeniería de alimentos*. [En línea] [Citado el: 1 de Noviembre de 2017.] http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/red_tam_solidos_intro.pdf .

COLINA IREZABAL, M. Reducción de tamaño de alimentos. *Ingeniería de alimentos III*. [En línea] [Citado el: 26 de Octubre de 2017.] http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/red_tam_solidos_intro.pdf.

COLOMBIANA, NORMA TÉCNICA. 2002. NTC 336. Grasa y aceites animales y vegetales. Método de la determinación de la densidad (masa por volumen convencional). 2002.

CONSULTORIA, ASESORIA Y CAPACITACIÓN PRESENCIAL Y VIRTUAL PARA LA COMPETITIVIDAD DE CLASE MUNDIAL. AMEF. [En línea] [Citado el: 14 de SEPTIEMBRE de 2017.] <http://www.icicm.com/files/CurAMEF.pdf> .

CONTRERAS PUENTES, E. RUIZ PEREZ, J. 2012. *Estudio comparativo de dos métodos de extracción para el aceite esencial presente en la cascara de pomelo*. [Trabajo grado. Universidad de Cartagena. Facultad de ingeniería. Programa de Ingeniería Química]. Cartagena : s.n., 2012.

DEMARCO, A. 2009. Extracción por solvente en temas selectos en aceites y grasas. San Pablo : Blucher , 2009.

DIETAS. *Calorías en coco fresco, frutas frescas*. [En línea] [Citado el: 21 de Junio de 2017.] DIETAS. Calorías en coco fresco, frutas fresca <http://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/frutas/frutas-frescas/coco-fresco.html>.

diferentes, Estudio de la viscosidad y densidad de. El aceite vegetal. [En línea] [Citado el: 13 de Maezo de 2017.] <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9403/3.4.%20E1%20aceite%20vegetal.pdf?sequence=6..>

DY. *Filtro industrial* . [En línea] <https://spanish.alibaba.com/product-detail/automatic-industrial-juice-filter-60365596769.html?spm=a2700.8698675.29.240.1ef38ef0UjdOpp>.

El aceite vegetal. [En línea] [Citado el: 13 de Marzo de 2017.] <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9403/3.4.%20El%20aceite%20vegeta>.

Empresa China. *Filtro prensa* . [En línea] <https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-food-grade-sanitary-stainless-steel-small-wine-filter-press-60169442190.html>.

FERNÁNDEZ de CASTILLO, J, LUDEÑA, S y GUÍO, J. 2002. *El Acero Inoxidable en la Industria Alimentaria*. s.l. : DYNA, Enero-Febrero de 2002.

FERREIRA MARTINEZ, M. Diagramas: Causa-Efecto, Pareto y de flujo. Elementos clave. [En línea] [Citado el: 14 de Agosto de 2017.] FERREIRA MARTINEZ. M, Diagramas: Causa-Efecto, Pareto y de flujo. Elementos clave. Págin<https://www.gestiopolis.com/diagramas-causa-efecto-pareto-y-de-flujo-elementos-clave/>.

2007-2008. Fundamentos de técnicas de análisis de alimentos. *Universidad Autónoma de México. Departamento de alimentos y biotecnología. Facultad de química*. México : s.n., 2007-2008.

GARCIA MARTINEZ. E, FERNANDEZ SEGOVIA.I. Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. *Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de tecnología de alimentos*. Valencia : s.n.

GAVIÑA, G. 2013. MUYBIO. *Tabla del pH de los alimentos*. 2013.

GESTIOPOLIS. Manual AMEF Análisis de modo y efecto de fallas potenciales. [En línea] [Citado el: 1 de SEPTIEMBRE de 2017.] <https://www.gestiopolis.com/manual-amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-fallas-potenciales/>.

GOPALA KRISHNA A.G, RAJ G. SINGH BHATNAGAR, A, PRASANTH KUMAR P.K. CHANDRASHEKAR, P. Coconut Oil: Chemistry, Production and Its applications- A review. India. [En línea] [Citado el: 21 de Junio de 2017.] http://www.academia.edu/7874084/Coconut_Oil_Chemistry_Production_and_Its_Applications_-_A_Review.

GOYENOLA, G. 2007. Determinación del pH. Guia para la utilización de las valijas viajeras. . *Red Mapsa*. 2007.

HERMANOS GRUBER . Gruber Hermanos. *Molinos de martillos*. [En línea] [Citado el: 1 de Noviembre de 2017.] <http://www.gruberhermanos.com/images/Catalogos/7-Molinos-de-martillos.pdf>.

INGENIERÍA INDUSTRIAL ONLINE. Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF). [En línea] [Citado el: 14 de SEPTIEMBRE de 2017.] <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>.

InoxiMexico. *Marmita de volteo a gas sin tapa*. [En línea] <http://www.inoximexico.com/index.php/marmitas/marmita-de-volteo-con-sistema-de-agitacion-de-170l-detail>.

InoxiMexico . *Marmita de volteo a gas con tapa*. [En línea] <http://www.inoximexico.com/index.php/marmitas/marmita-de-volteo-con-sistema-de-agitacion-de-400l-detail>.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá D.C.: El instituto, 2008.33p. c

_____. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1846. Bogotá D.C.: El instituto, 2008. 36p. 2008

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. Bogota D.C.: El instituo, 1998. 23p.

1997. ISO 10628. I *Flow diagrams for process plantas-general rules*. 4 de Abril de 1997.

JEAN W, H Yong. LIYA, Ge. YAN, Fei Ng. SWEE NGIN,Tan. 2009. JEAN W, H Yong. LIYA, Ge. YANThe Chemical Composition and Biological Properties of Coconut (Cocos nucifera L.) Water. *Natural sciences and science education academic group. Nanyang Technological University* . Singapur : s.n., 2009.

JIMENEZ, C.A. 2012. agro20. [En línea] 11 de Octubre de 2012. [Citado el: 13 de Marzo de 2017.] <http://agro20.com/group/proyectosdecooperacininternacional/forum/topics/situacion-del-coco-en-colombi>.

JIMENES QUINTANA, C. 2012. SITUACION DEL COCO EN COLOMBIA. *Agro 2.0*. [En línea] 11 de Octubre de 2012. [Citado el: 13 de Marzo de 2017.] <http://www.agro20.com/group/proyectosdecooperacininternacional/forum/topics/situacion-del-coco-en-colombia>.

2017 . JNACEROS. EL ACERO INOXIDABLE EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA . [En línea] 2017 . [Citado el: 10 de Noviembre de 2017.] <http://www.jnaceros.com.pe/blog/acero-inoxidable-introduccion/industria-alimentaria/>.

KRISHNA, AG. 2010. *Coconut oil: chemistry, production and its applications-a review.* [Indian Coconut Journal]. 2010. Vol. 53, 3, págs. 15-27.

2017. lamasía. *¿Por qué el Aceite de Coco Virgen Extra cambia de estado?* [En línea] 21 de Julio de 2017. [Citado el: 14 de Enero de 2018.] <http://www.lamasia.es/por-que-el-aceite-de-coco-virgen-extra-cambia-de-estado/>.

LEAN SOLUTIONS. AMEF, análisis de modo y efecto de la falla. [En línea] [Citado el: 1 de SEPTIEMBRE de 2017.] <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/> ./>.

MARKOSE, V.T. NANDA KUMAR, T.B. 1998. Coconut statistics. s.l. : Libraries Australia, 1998.

MARTÍN. I, SALCEDO. R, FONT. R. 2011. Mecánica de fluidos, Tema5. Operaciones separación, solido-fluido. San Vicente del Raspeig : s.n., 2011.

Martínez, M. 2010. *Extracción y caracterización de aceite de nuez (juglans regia l.): influencia del cultivar y de factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa.* [Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba]. Córdoba, Argentina : s.n., 2010.

2012. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. *RESOLUCIÓN NÚMERO 4142 . 2012.*

2012. Ministerio de Salud y Protección Social de la Republica de Colombia. . *Resolución 2154 . 2012.*

Minitab . *¿Qué valor debo usar para el nivel de significancia?* . [En línea] [Citado el: 22 de Abril de 2017.] <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/introductory-concepts/p-value-and-significance-level/>.

MONTGOMERY, D. 2004. Diseño de experimentos y análisis de datos. II s.l. : LIMUSA WILEY, 2004.

NATURSAN . *El pH de los alimentos.* [En línea] [Citado el: 5 de Octubre de 2017.] <https://www.natursan.net/el-ph-de-los-alimentos/>.

Nielsen, S.S. 2003. III New York : Kluwer Academic/Plenum, 2003.

1991. NORMA ISO 1842. *Fruit and vegetable productos- Determination of pH.* 1991.

2001. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 252. *Grasas y aceites comestibles. Aceite de coco.* 2001.

PARROTA, J.A. 1993. Cocos nucifera L. *LA: US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.* New Orleans : s.n., 1993. págs. 152-158.

PEÑA, D. 2010. Regresión y diseño de experimentos. Madrid, España : Alianza , 2010. pág. 49.

PERALTA GONZÁLEZ, F. MALDONADO ENRÍQUEZ, E. CENTENO ZUÑIGA, M. Manual de prácticas de los laboratorios de alimentos. *Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.* Tabasco : s.n.

PERALTA GONZÁLEZ, F. MALDONADO ENRÍQUEZ, E. CENTENO ZUÑIGA, M. Manual de prácticas de los laboratorios de alimentos. *Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.* Tabasco : s.n.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Ficha de seguridad del etanol. *Preparación de reactivos* . [En línea] [Citado el: 23 de Octubre de 2017.] <http://organica1.org/1545/reactivos.pdf>.

Rigok. 2011. Scribd . *Scribd*. [En línea] 2011. [Citado el: 13 de Marzo de 2017.] <https://es.scribd.com/doc/63618397/Extraccion-de-Coco>.

RODAS5. Rotavapor. Modulo general. [En línea] [Citado el: 6 de Octubre de 2017.] https://rodas5.us.es/file/116d23b8-c458-2012-481b-2357fffa2b34/2/modulo_general_SCORM.zip/pagina_19.htm.

ROLDAN DOMENECH, J. Diagrama Pareto. Calidad. [En línea] [Citado el: 14 de Septiembre de 2017.] http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama_de_Pareto.pdf.

ROSALES GUEVARA, J.J. 2009. Trabajo de grado. *Optimización del proceso de molienda y preparación de engobes, esmaltes y serigrafías.* [Universidad Simón Bolívar]. 2009. pág. 5.

SEGURA, A.V. 2013. Evaluación del proceso de extracción del aceite de *Jatropha curcas* L. para la producción de biodiésel . [En línea] 2013. [Citado el: 13 de Marzo de 2017.] <http://www.bdigital.unal.edu.co/45446/1/1015994950.2013.pdf>.

Segura, Andrea Viviana Yate. 2013. *Evaluación del proceso de extracción.* Universidad Nacional de Colombia. Bogota : s.n., 2013. Trabajo de grado.

SERRET, J. 1995. Manual de estadística universitaria. Madrid, España : ESIC , 1995. pág. 204.
Sobrincox . Refrigerador . [En línea] <http://www.sobrincox.com.mx/refrigeradores/rvs-235-s>.

Trucos y cursos. . *La distribución normal o campana de Gauss en Excel*. [En línea] [Citado el: 18 de Noviembre de 2017.] <http://trucosycursos.es/la-distribucion-normal-o-campana-de-gauss-en-excel/> .

Universidad de Granada.Practicas docentes en la facultad de ciencias. *Extracción solido-líquida y recuperación de solvente: obtención de aceite de girasol*.

URIBE RAMIREZ, A. RIVERA AGUILERA,R. AGUILERA ALVARADO,A. MUERRIETA LUNA,E. 2010. *Agitación y mezclado*. [Universidad de Guanajuato. Departamento de Ingeniería Química]. Guanajuato, México : s.n., 2010.

ANEXOS

ANEXO A
COSTOS ACTUALES DE PRODUCCIÓN DE AMANOS ARTESANAL (2017)

- Costos actuales de producción para frascos.

Costos actuales de producción

VOLUMEN	FRASCO	ACEITE	ETIQUETA	MANO DE OBRA	OTROS	TOTAL
32 mL	\$ 610,00	\$ 1.120,00	\$ 200,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 2.930,00
120 mL	\$ 636,00	\$ 4.200,00	\$ 200,00	\$ 500,00	\$ 1.000,00	\$ 6.536,00
250 mL	\$ 887,00	\$ 8.750,00	\$ 200,00	\$ 500,00	\$ 1.000,00	\$ 11.337,00
450 mL	\$ 1.668,00	\$ 15.750,00	\$ 200,00	\$ 500,00	\$ 1.000,00	\$ 19.118,00
1 L	\$ 2.000,00	\$ 35.000,00	\$ 200,00	\$ 500,00	\$ 1.000,00	\$ 38.700,00

- Costos actuales de producción para goteros.

Costos actuales de producción

VOLUMEN	GOTERO	ACEITE	ETIQUETA	MANO DE OBRA	OTROS	TOTAL
32 mL	\$ 166,00	\$ 1.120,00	\$ 200,00	\$ 500,00	\$ 1.000,00	\$ 2.986,00
120 mL	\$ 340,00	\$ 4.200,00	\$ 200,00	\$ 500,00	\$ 1.000,00	\$ 6.240,00

ANEXO B ÍNDICE DE HUMEDAD DE LA MATERIA PRIMA

- Mufla

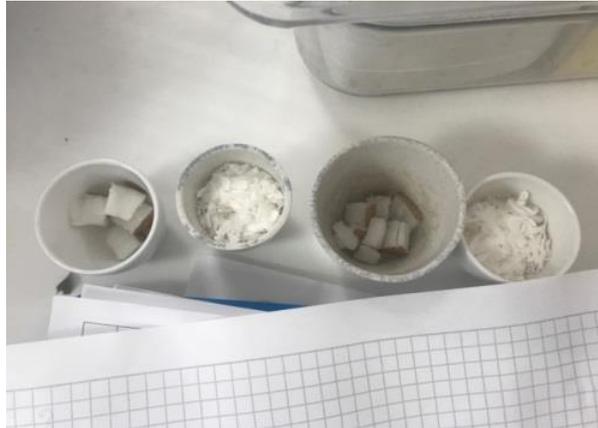


- Materia prima después de la prueba de humedad



ANEXO C
CENIZAS DE LA MATERIA PRIMA

- Materia prima inicial



- Cenizas de la materia prima



ANEXO D
RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DEL
DISEÑO DE EXPERIMENTOS

- **Materia prima: pulpa de coco**
Extracción: Manual
Reposo

Ensayo 1		
	Coco entero	800 g
Separación I	Coco (sin agua)	600 g
	Agua	200 g
Rompimiento		
Separación II	Corteza	200 g
	Pulpa	400 g
Licuado	Agua	500 mL
	Licuado	900 g
Separación Manual	Torta	185 g
	Leche de coco	715 g
Reposo	Tiempo	20h
Separación III	Aceite	170 g
	Agua	545 g
Calentamiento	Aceite	90 g
	Agua	60 g
	Pasta	20 g
% Masico de aceite		22,50%
Ensayo 2		
	Coco entero	660 g
Separación I	Coco (sin agua)	530 g
	Agua	130 g
Rompimiento		
Separación II	Corteza	160 g
	Pulpa	370 g
Licuado	Agua	500 mL
	Licuado	870 g
Separación Manual	Torta	190 g
	Leche de coco	680 g
Reposo	Tiempo	20h
Separación III	Aceite	250 g
	Agua	430 g
Calentamiento	Aceite	79 g
	Agua	153 g
	Pasta	18 g
% Masico de aceite		21,35%

- **Materia prima: Pulpa de coco**
Extracción: Manual
Enfriamiento

Ensayo 3		
Coco entero		670 g
Separación I	Coco (sin agua)	440 g
	Agua	230 g
Rompimiento		
Separación II	Corteza	130 g
	Pulpa	310 g
Licuado	Agua	500 mL
	Licuado	810 g
Separación Manual	Torta	240 g
	Leche de coco	570g
Enfriamiento	Tiempo	5h
Separación III	Aceite	258 g
	Agua	312 g
Calentamiento	Aceite	47 g
	Agua	196 g
	Pasta	15 g
% Masico de aceite		15,16%
Ensayo 4		
Coco entero		550 g
Separación I	Coco (sin agua)	450 g
	Agua	100 g
Rompimiento		
Separación II	Corteza	160 g
	Pulpa	290 g
Licuado	Agua	500 mL
	Licuado	790 g
Separación Manual	Torta	190 g
	Leche de coco	600 g
Enfriamiento	Tiempo	5h
Separación III	Aceite	159 g
	Agua	441 g
Calentamiento	Aceite	60 g
	Agua	87 g
	Pasta	12 g
% Masico de aceite		20,68%

- **Materia prima: Pulpa de coco**
Extracción: Prensado
Reposo

Ensayo 5		
Coco entero		598 g
Separación I	Coco (sin agua)	428 g
	Agua	170 g
Rompimiento		
Separación II	Corteza	28 g
	Pulpa	400 g
Licuado	Agua	500 mL
	Licuado	900 g
Prensado	Torta	162 g
	Leche de coco	738 g
Reposo	Tiempo	20h
Separación III	Aceite	202 g
	Agua	536 g
Calentamiento	Aceite	84 g
	Agua	80 g
	Pasta	38 g
% Masico de aceite		21,00%
Ensayo 6		
Coco entero		620 g
Separación I	Coco (sin agua)	435 g
	Agua	185 g
Rompimiento		
Separación II	Corteza	190 g
	Pulpa	390 g
Licuado	Agua	500 mL
	Licuado	890 g
Separación Manual	Torta	150 g
	Leche de coco	740 g
Reposo	Tiempo	20h
Separación III	Aceite	201 g
	Agua	539 g
Calentamiento	Aceite	46 g
	Agua	144 g
	Pasta	11 g
% Masico de aceite		11,79%

- **Materia prima: Pulpa de coco**
Extracción: Prensado
Enfriamiento

Ensayo 7		
	Coco entero	641 g
Separación I	Coco (sin agua)	479 g
	Agua	162 g
Rompimiento		
Separación II	Corteza	169 g
	Pulpa	310 g
Licuado	Agua	500 mL
	Licuado	810 g
Prensado	Torta	219 g
	Leche de coco	591 g
Enfriamiento	Tiempo	5h
Separación III	Aceite	170 g
	Agua	421 g
Calentamiento	Aceite	56 g
	Agua	100,5 g
	Pasta	13,5 g
% Masico de aceite		18,06%
Ensayo 8		
	Coco entero	608 g
Separación I	Coco (sin agua)	463 g
	Agua	145 g
Rompimiento		
Separación II	Corteza	173 g
	Pulpa	290 g
Licuado	Agua	500 mL
	Licuado	790 g
Separación Manual	Torta	202 g
	Leche de coco	588g
Enfriamiento	Tiempo	5h
Separación III	Aceite	140 g
	Agua	448 g
Calentamiento	Aceite	58 g
	Agua	64 g
	Pasta	18 g
% Masico de aceite		20,00%

- **Materia prima: Coco rallado deshidratado**
Extracción: Manual
Reposo

Ensayo 9		
Coco rallado		400g
Licuado	Agua	1 L
	Licuado	1400 g
Separación Manual	Torta	518 g
	Leche de coco	882g
Reposo	Tiempo	20h
Separación III	Aceite	404 g
	Agua	478 g
Calentamiento	Aceite	136 g
	Agua	242 g
	Pasta	26 g
% Masico de aceite		34,00%
Ensayo 10		
Coco rallado		370 g
Licuado	Agua	1 L
	Licuado	1370 g
Separación Manual	Torta	712 g
	Leche de coco	658 g
Reposo	Tiempo	20h
Separación III	Aceite	220 g
	Agua	438 g
Calentamiento	Aceite	88 g
	Agua	118 g
	Pasta	14 g
% Masico de aceite		23,78%

- **Materia prima: Coco rallado deshidratado**
Extracción: Manual
Enfriamiento

Ensayo 11		
Coco rallado		310 g
Licuado	Agua	1 L
	Licuado	1310 g
Separación Manual	Torta	550 g
	Leche de coco	760 g
Enfriamiento	Tiempo	5h
Separación III	Aceite	220 g
	Agua	540 g
	Aceite	98 g
Calentamiento	Agua	106 g
	Pasta	16 g
% Masico de aceite		31,61%
Ensayo 12		
Coco entero		290 g
Licuado	Agua	1 L
	Licuado	1290 g
Separación Manual	Torta	510 g
	Leche de coco	780 g
Enfriamiento	Tiempo	5h
Separación III	Aceite	170g
	Agua	610g
	Aceite	78 g
Calentamiento	Agua	74 g
	Pasta	18 g
% Masico de aceite		26,90%

- **Materia prima: Coco rallado deshidratado**
Extracción: Prensado
Reposo

Ensayo 13		
	Coco rallado	400g
Licuado	Agua	1 L
	Licuado	1303 g
Prensado	Harina	562 g
	Leche de coco	741 g
Reposo	Tiempo	20h
Extracción 2	Aceite	400 g
	Agua	341 g
Calentamiento	Aceite	132 g
	Agua	244 g
	Pasta	24 g
% Masico de aceite		33,00%
Ensayo 14		
	Coco rallado	370 g
Licuado	Agua	1 L
	Licuado	1187 g
Separación Manual	Harina	497 g
	Leche de coco	690 g
Reposo	Tiempo	20h
Extracción 2	Aceite	405 g
	Agua	285 g
Calentamiento	Aceite	114 g
	Agua	263 g
	Pasta	28 g
% Masico de aceite		30,81%

- **Materia prima: Coco rallado deshidratado**
Extracción: Prensado
Enfriamiento

Ensayo 15		
Coco rallado		310 g
Licuado	Agua	1 L
	Licuado	1170 g
Prensado	Harina	428 g
	Leche de coco	742 g
Enfriamiento	Tiempo	5h
Extracción 2	Aceite	300 g
	Agua	442 g
Calentamiento	Aceite	114 g
	Agua	164 g
	Pasta	22 g
% Masico de aceite		36,77%
Ensayo 16		
Coco rallado		290 g
Licuado	Agua	1 L
	Licuado	1138 g
Separación Manual	Harina	428 g
	Leche de coco	710 g
Enfriamiento	Tiempo	5h
Extracción 2	Aceite	258 g
	Agua	452 g
Calentamiento	Aceite	115 g
	Agua	121 g
	Pasta	22 g
% Masico de aceite		39,66%

ANEXO E EXPERIMENTACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

- Materiales e insumos



- Licuado de pulpa de coco



- Prensado en frio o filtración manual



- Tarta de coco



- Leche de coco



- Leche de coco en reposo

-



- Pasta de coco



- Aceite de coco en estado líquido



- Aceite de coco en estado sólido



- Sólidos finales



ANEXO F
RESULTADOS DE LA EXTRACCIÓN POR SOLVENTE

- **Éter de petróleo, pulpa de coco (Primera prueba)**

Extracción	
PESO PULPA (g)	5,4849
VOLUMEN SOLVENTE (mL)	130
TEMPERATURA (°C)	50-55
CICLOS	6
TIEMPO (Horas)	6
VASO (g)	101,4811
PESO FINAL MEZCLA + VASO (g)	101,5762
ACEITE (g)	0,0951
EXTRACCIÓN (%)	1,73385112

Rotavaporación	
TIEMPO (Minutos)	10
TEMPERATURA (°C)	36,8-40
PRESIÓN (mbar)	734
RPM	80

- **Éter de petróleo, pulpa de coco (Segunda prueba)**

-

Extracción	
PESO PULPA (g)	5,0561
VOLUMEN SOLVENTE (mL)	130
TEMPERATURA (°C)	52-54
CICLOS	6
TIEMPO (Horas)	6
VASO (g)	32,0924
PESO FINAL MEZCLA + VASO (g)	32,1866
ACEITE (g)	0,0942
EXTRACCIÓN (%)	1,86309606

Rotavaporación	
TIEMPO (Minutos)	20
TEMPERATURA (°C)	40-50
PRESIÓN (mbar)	734
RPM	80

- Éter de petróleo, coco rallado deshidratado (Primera prueba)

Extracción	
PESO PULPA (g)	5,4828
VOLUMEN SOLVENTE (mL)	180
TEMPERATURA (°C)	50-55
CICLOS	6
TIEMPO (Horas)	6
VASO (g)	26,979
PESO FINAL MEZCLA + VASO (g)	30,0294
ACEITE (g)	3,0504
EXTRACCIÓN (%)	55,6358065

Rotavaporación	
TIEMPO (Minutos)	10
TEMPERATURA (°C)	36,8-40
PRESIÓN (mbar)	734
RPM	80

- Éter de petróleo, coco rallado deshidratado (Segunda prueba)

Extracción	
PESO PULPA (g)	5
VOLUMEN SOLVENTE (mL)	130
TEMPERATURA (°C)	50-56
CICLOS	6
TIEMPO (Horas)	6
VASO (g)	35,0127
PESO FINAL MEZCLA + VASO (g)	37,5807
ACEITE (g)	2,568
EXTRACCIÓN (%)	51,36

Rotavaporación	
TIEMPO (Minutos)	20
TEMPERATURA (°C)	40-50
PRESIÓN (mbar)	734
RPM	80

- **Acetona, pulpa de coco (Primera prueba)**

Extracción	
PESO PULPA (g)	5,1286
VOLUMEN SOLVENTE (mL)	130
TEMPERATURA (°C)	46-49
CICLOS	6
TIEMPO (Horas)	6
VASO (g)	29,994
PESO FINAL MEZCLA + VASO (g)	30,1877
ACEITE (g)	0,1937
EXTRACCIÓN (%)	3,77685918

Rotavaporación	
TIEMPO (Minutos)	15
TEMPERATURA (°C)	55
PRESIÓN (mbar)	770
RPM	80

- **Acetona, pulpa de coco (Segunda prueba)**

Extracción	
PESO PULPA (g)	5,142
VOLUMEN SOLVENTE (mL)	130
TEMPERATURA (°C)	45-48
CICLOS	6
TIEMPO (Horas)	6
VASO (g)	31,8539
PESO FINAL MEZCLA + VASO (g)	32,02013
ACEITE (g)	0,16623
EXTRACCIÓN (%)	3,2327888

Rotavaporación	
TIEMPO (Minutos)	20
TEMPERATURA (°C)	55
PRESIÓN (mbar)	770
RPM	80

- **Acetona, coco rallado deshidratado (Primera prueba)**

Extracción	
PESO PULPA (g)	5,0286
VOLUMEN SOLVENTE (mL)	130
TEMPERATURA (°C)	46-49
CICLOS	6
TIEMPO (Horas)	6
VASO (g)	32,4905
PESO FINAL MEZCLA + VASO (g)	35,8014
ACEITE (g)	3,3109
EXTRACCIÓN (%)	65,8413873

Rotavaporación	
TIEMPO (Minutos)	15
TEMPERATURA (°C)	55
PRESIÓN (mbar)	770
RPM	80

- **Acetona, coco rallado deshidratado (Segunda prueba)**

Extracción	
PESO PULPA (g)	5,1366
VOLUMEN SOLVENTE (mL)	180
TEMPERATURA (°C)	43-50
CICLOS	6
TIEMPO (Horas)	6
VASO (g)	34,5105
PESO FINAL MEZCLA + VASO (g)	37,5755
ACEITE (g)	3,065
EXTRACCIÓN (%)	59,6698205

Rotavaporación	
TIEMPO (Minutos)	20
TEMPERATURA (°C)	55
PRESIÓN (mbar)	770
RPM	80

- Etanol, pulpa de coco (Primera prueba)

Extracción	
PESO PULPA (g)	5,0904
VOLUMEN SOLVENTE (mL)	130
TEMPERATURA (°C)	60-67
CICLOS	1
TIEMPO (Horas)	6
VASO (g)	34,5045
PESO FINAL MEZCLA + VASO (g)	35,156
ACEITE (g)	0,6515
EXTRACCIÓN (%)	12,7986013

Rotavaporación	
TIEMPO (Minutos)	21
TEMPERATURA (°C)	74
PRESIÓN (mbar)	175
RPM	80

- Etanol, pulpa de coco (Segunda prueba)

Extracción	
PESO PULPA (g)	5,0725
VOLUMEN SOLVENTE (mL)	180
TEMPERATURA (°C)	63-67
CICLOS	1
TIEMPO (Horas)	6
VASO (g)	31,8545
PESO FINAL MEZCLA + VASO (g)	32,557
ACEITE (g)	0,7025
EXTRACCIÓN (%)	13,8491868

Rotavaporación	
TIEMPO (Minutos)	21
TEMPERATURA (°C)	74
PRESIÓN (mbar)	175
RPM	80

- Etanol, coco rallado deshidratado (Primera prueba)

Extracción	
PESO PULPA (g)	5,0278
VOLUMEN SOLVENTE (mL)	130
TEMPERATURA (°C)	60-64
CICLOS	6
TIEMPO (Horas)	6
VASO (g)	31,8564
PESO FINAL MEZCLA + VASO (g)	34,7433
ACEITE (g)	2,8869
EXTRACCIÓN (%)	57,4187517

Rotavaporación	
TIEMPO (Minutos)	25
TEMPERATURA (°C)	74
PRESIÓN (mbar)	175
RPM	80

- Etanol, coco rallado deshidratado (Segunda prueba)

Extracción	
PESO PULPA (g)	5,0625
VOLUMEN SOLVENTE (mL)	180
TEMPERATURA (°C)	61-66
CICLOS	6
TIEMPO (Horas)	6
VASO (g)	35,0123
PESO FINAL MEZCLA + VASO (g)	37,6882
ACEITE (g)	2,6759
EXTRACCIÓN (%)	52,857284

Rotavaporación	
TIEMPO (Minutos)	25
TEMPERATURA (°C)	74
PRESIÓN (mbar)	175
RPM	80

ANEXO G EXTRACCIÓN POR SOLVENTE

- Materia prima



- Montaje de extracción Soxhlet



- Rotavaporador



- Muestra de aceite obtenida por método Soxhlet



ANEXO H ÍNDICE DE HUMEDAD DEL PRODUCTO

- Muestras de aceite antes de la prueba



- Muestras de aceite después de la prueba



ANEXO I.
CENIZAS DEL PRODUCTO

- Muestra de cenizas obtenidas



ANEXO J ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

- **KOH en solución alcohólica al 0,5 N**

Para poder prepararla se necesita recordar unos aspectos:

- El KOH se disocia en K⁺ y OH⁻, así que tiene un factor de 1.
- El peso molecular del KOH es de 56.1 g/mol.
- El KOH está al 85%
- Etanol está al 96%

Es decir que el factor de Normalidad del KOH es de 1 y en un litro de solvente debe haber 56,1g.

Es decir que para preparar la solución a 0,5 N:

$$0,5 N = \frac{56,1 g}{1 N} = 28,05 g / L$$

Pero para la prueba solo se prepararon 100 mL de solución, por lo que en gramos se necesitó:

$$100 mL = \frac{28,05 g}{1000 mL} = 2,805 g$$

- **HCl (37%) al 0,5 M**

Para poder prepararla se necesita recordar unos aspectos:

- El HCl se disocia en H⁺ y Cl⁻, así que tiene un factor de 1.
- El peso molecular del HCl es de 36,5 g/mol.

Es decir que el factor de Normalidad del HCl es de 1 y en un litro de solvente debe haber 36,5g.

Es decir que para preparar la solución a 0,5 N:

$$0,5 N = \frac{36,5 g}{1 N} = 18,25 g / L$$

Como la solución está al 37%, el peso de la solución es:

$$\frac{18,25 \text{ g}}{37\%} = 49,32 \text{ g de solución de HCl al } 37\%/L$$

Pero para la prueba solo se prepararon 100 mL de solución, por lo que en gramos se necesitó:

$$100 \text{ mL} = \frac{49,32 \text{ g}}{1000 \text{ mL}} = 4,932 \text{ g HCl}$$

- Montaje de índice de saponificación



- Solución sin titular



- Solución con titular



ANEXO K ÍNDICE DE YODO

- **Yoduro de potasio al 15%**

Si se preparó una solución de 100 g, solución se debe tener en cuenta que el 15% de la solución debe tener yoduro de potasio:

$$100 \text{ g} * 15\% = 15 \text{ g de KI}$$

Teniendo eso, se debe calcular lo que corresponde al agua destilada:

$$100 \text{ g} - 15 \text{ g} = 85 \text{ g de agua destilada}$$

Para hallar el volumen exacto de agua que se debe usar, se emplea la ecuación 6 despejada, usando la densidad calculada para el agua destilada (Tabla 32):

$$V(\text{mL}) = \frac{m(\text{g})}{\rho\left(\frac{\text{g}}{\text{mL}}\right)} = \frac{85 \text{ g}}{1,069 \text{ g/mL}} = 79,52 \text{ mL}$$

Sin embargo, a la hora de pesar el yoduro de potasio se fueron 15,0406 g. Por lo que se debió ajustar el volumen, dando como resultado 84,9594 mL y en masa 79,48g.

- **Almidón al 1%**

Si se preparó una solución de 100 g, solución se debe tener en cuenta que el 1% de la solución debe tener almidón soluble:

$$100 \text{ g} * 1\% = 1 \text{ g de almidón}$$

Teniendo eso, se debe calcular lo que corresponde al agua destilada:

$$100 \text{ g} - 1 \text{ g} = 99 \text{ g de agua destilada}$$

Para hallar el volumen exacto de agua que se debe usar, se emplea la ecuación 6 despejada, usando la densidad calculada para el agua destilada (Tabla 32):

$$V(\text{mL}) = \frac{m(\text{g})}{\rho\left(\frac{\text{g}}{\text{mL}}\right)} = \frac{99 \text{ g}}{1,069 \text{ g/mL}} = 92,61 \text{ mL}$$

10 mL de esos 92,61 mL de agua destilada se usa para disolver el gramo de almidón al inicio. El resto se debe calentar y agregar cuando la preparación inicial este totalmente disuelta. Agitar constantemente.

NOTA: Proteger la solución del aire.

- **Tiosulfato de sodio al 0,1 N**

-

Para la preparación de este reactivo primero se debe realizar una estandarización, debido a que no es un patrón primario (no se conoce su concentración). Para ello se tuvo en cuenta el siguiente procedimiento⁶⁹:

- I. Preparar una disolución de tiosulfato sódico 0.1N. Prepararla disolviendo, aproximadamente, 25 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada recién hervida y aforar a 1 litro.
- II. Preparar una disolución de dicromato potásico 0.1N. Prepararla disolviendo 4.9036 g de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, secados a 110°C , en agua destilada y aforar a 1 litro.
- III. Pesar 2 g de yoduro potásico sólido.
- IV. Medir 8 mL de ácido clorhídrico concentrado.
- V. Prepara una disolución de almidón al 1%.
- VI. Pipetear 25.00 ml de la disolución de dicromato en un matraz Erlenmeyer de 250 ml.
- VII. Agregar 2 g de yoduro potásico y 8 ml de ácido clorhídrico concentrado.
- VIII. Mezclar bien y valorar rápidamente con la disolución de tiosulfato, Para ello, primero se deben agregar 2 mL de la solución de tiosulfato y después agregar 2 mL de almidón. Después seguir normalmente con la titulación hasta que el color vire a verde claro.
- IX. Anotar el volumen $V(\text{ml})$ gastado y calcular el factor F de la disolución:

$$F = \frac{25 * 0,1}{V * 0,1}$$

- X. Calcular la incertidumbre del factor de la solución, IF , mediante la siguiente expresión:

⁶⁹ Estandarización de disoluciones valorantes. Disponible en: <http://www.ciens.ucv.ve:8080/generador/sites/lfqf/archivos/estandarizacion.pdf>. Citado el 30 de octubre de 2017.

$$If = \frac{1}{V} * \sqrt{Ip^2 + Iv^2 * \left(\frac{25}{V}\right)^2}$$

Siendo:

Ip= incertidumbre del volumen de patrón (suponer 0.05 ml).

Iv= incertidumbre del volumen gastado en la valoración (suponer 0.1 ml).

XI. Repetir la valoración y calcular de nuevo el factor y su incertidumbre.

XII. Calcular la normalidad exacta de la disolución:

$$N = 0,1 * F$$

Siendo F el valor medio de los factores calculados.

XIII. Dando como resultados:

Primera repetición:

V	25
F	1
Ip	0,05
Iv	0,1
If	0,00447214

Segunda repetición:

V	25,03
F	0,99880144
Ip	0,05
Iv	0,1
If	0,00446249

Resultados:

F	0,99940072
N	0,09994007

Es decir que la concentración real preparada de Tiosulfato, es de 0,0999N. Por lo que para preparar una solución más exacta al 0,1N, se necesita:

$$0,1 N * \frac{25 \frac{g}{L}}{0,09994007 N} = 25,015 \frac{g}{L}$$

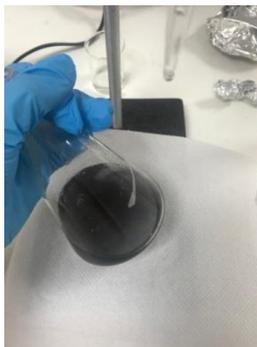
- **Reactivo Wijs**

Para la preparación de este reactivo se utilizó un manual de preparación de reactivos, disponible en línea⁷⁰:

Pesar aproximadamente 3 g de yodo, colocarlos en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Agregar 200 ml de ácido acético glacial (100%) y calentar en un baño de agua hasta que el yodo se disuelva; filtrar la solución a través de papel filtro y guardar en un frasco ámbar con tapón esmerilado. Cubrir con aluminio para que no le dé la luz solar.



- Solución con indicador



⁷⁰ *Preparación de reactivos* . [En línea] [Citado el: 23 de Octubre de 2017.] <http://organica1.org/1545/reactivos.pdf>.

ANEXO L EVALUACIÓN FINANCIERA

Localización del proyecto: el sitio donde se localizara la planta es lo que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital. De tal forma se van a detallar los principales factores que influyen sobre este.

Análisis de factores de localización del proyecto: los principales factores que se van a tener en cuenta a la hora de la selección del lugar hacer la disponibilidad de la materia, costo de los servicios, costo de los insumos, la cercanía a los clientes, el costo y la disponibilidad del terreno, y la mano de obra requerida.

Macrolocalización: para la macrolocalización del proyecto se va hacer mediante un método cualitativo por puntos de uno a cinco siendo uno deficiente y cinco óptimo. En este se tendrán los factores de localización y las ciudades de Medellín y Bogotá. Se explicara cada uno de los factores y después se mostrará la matriz.

- **Materia prima:** la materia prima que se va a utilizar es el coco rallado, el cual se es un alimento producido en Colombia, principalmente para exportación. Por ello se considera que la materia prima se conseguirá fácilmente. Por otra parte la calidad dependerá del proveedor, aunque en general es alta.
- **Costo de los servicios:** los servicios públicos básicos como el agua, energía y gas varían de acuerdo a la zona del país. Por lo cual se evidencia una diferencia mínima en estos valores en cada una de las ciudades elegidas. Por eso, cual se dio un valor diferente.
- **Costo de los insumos:** para hacer el análisis de los costos de insumos, en el que se incluyen los demás materiales que se necesitan para la obtención del aceite de coco, se tendrán en cuenta la facilidad de adquisición de la cantidad

de etiquetas y envases a utilizar por cada producción a realizar, teniendo en cuenta la mejor calidad y precio.

- **Cercanía a los clientes:** se evaluó según la cantidad de clientes que se tiene actualmente y lo conveniente que sería tener la planta cerca a los consumidores potenciales.
- **Costo y disponibilidad del terreno:** en cuanto a costos y disponibilidad de terreno, se encontró que es más económico encontrar un local que construir en un lote. Respecto al costo, es más económico el metro cuadrado en la ciudad de Medellín que en Bogotá.
- **Mano de obra:** en cuanto a mano de obra debido a que no es especializada no se tienen requisitos altos, por lo cual es sencillo encontrar los perfiles de trabajadores requeridos. Pero debido a que estos tienen que utilizar otro medio de transporte para salir de la ciudad se le pone una calificación de cuatro.

Matriz de macro localización.

Factor	Peso	Medellín		Bogotá	
		Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada
Materia Prima	0,25	5	1,25	5	1,25
Costo de los servicios	0,15	5	0,75	4	0,60
Costo de los insumos	0,10	5	0,50	5	0,50
Cercanía a los clientes	0,15	4	0,60	4	0,60
Costo y disponibilidad del terreno	0,25	5	1,25	3	0,75
Mano de obra	0,10	4	0,40	4	0,40
TOTAL	1	---	4,75	---	4,10

Según el análisis de los factores de localización se evidencia que Medellín es la ciudad más conveniente para la instalación de la planta.

Microlocalización: Para la microlocalización se van a tener en cuenta dos locales ubicados estratégicamente en Medellín, y serán denominadas propiedades A, B y C. Se va a elegir, revisando cual brinda mayores beneficios para la instalación de la planta y se van a apreciar mediante una tabla con las características de cada uno.

Matriz de micro localización.

Características	Propiedad A	Propiedad B	Propiedad C
Tipo de inmueble	Bodega industrial	Bodega industrial	Bodega industrial
Precio de arriendo (\$COP)	\$ 5.000.000	\$ 4.000.000	\$ 6.900.000
Precio de venta (\$COP)	\$ 1.095.000.000	---	\$ 1.250.000.000
Área construida (m²)	300	250	385
Niveles	2	2	1
Sector	Guayabal	Antioquia	Colombia
Estrato	5	6	6
Sistema contra incendios	No	No	No
Seguridad y vigilancia	Si	Si	Si
Servicios públicos (luz, agua, gas)	Si	Si	Si
Zona de parqueo	Si	No	Si
Zona de cargue	No	No	Si
Vías de acceso	Si	Si	No

Teniendo en cuenta esta tabla, se elegirá la propiedad A, la cual brinda los mayores beneficios debido a que presenta los mayores beneficios respecto a seguridad y zona de parqueo. En cuanto al precio de arriendo es razonable respecto a la propiedad C; y no varía mucho el precio con respecto a la propiedad B, teniendo en cuenta que es más grande también. Además, se tiene la posibilidad de compra.

Costos de instalación

Factor de costos de material y trabajo asociados a una pieza dada f_2 .

Tabla 2. Factores de instalación según el estado físico de las sustancias involucradas en los procesos.

		Procesos con líquidos y lodos		Procesos con sólidos Temperatura		Procesos sólido-gas Temperatura				Procesos con gases Temperatura			
		≤150 psig	>150 psig	<400° F	>400° F	<400°F		>400°F		<400°F		>400°F	
						≤150 psig	>150 psig	≤150 psig	>150 psig	≤150 psig	>150 psig	≤150 psig	>150 psig
Fundaciones	Material	0.05	0.06	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05
	Labor	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
Acero estructural	Material	0.04	0.05	0.04	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06
	Labor	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Edificios	Material	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04
	Labor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Aislamientos	Material	0.01	0.03	---	0.015	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03
	Labor	1.50	1.50	---	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Instrumentos	Material	0.06	0.07	0.06	0.06	0.02	0.07	0.07	0.08	0.06	0.07	0.07	0.06
	Labor	0.40	0.40	0.10	0.40	0.40	0.40	0.40	0.75	0.40	0.40	0.75	0.40
Eléctricos	Material	0.08	0.09	0.09	0.09	0.06	0.08	0.07	0.08	0.08	0.09	0.06	0.09
	Labor	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.40	0.75
Tubería	Material	0.30	0.35	0.05	0.05	0.35	0.40	0.40	0.40	0.45	0.40	0.40	0.30
	Labor	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Pintura	Material	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	Labor	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Misceláneos	Material	0.04	0.05	0.03	0.04	0.035	0.04	0.04	0.045	0.03	0.04	0.04	0.05
	Labor	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Total		1.03	1.24	0.57	0.64	1.00	1.21	1.25	1.37	1.25	1.25	1.22	1.16
Promedio, tipo de proceso		1.13		0.60		1.10		1.31		1.25		1.19	
Promedio global		0.87				1.21				1.22			
Promedio global		1.10											

Factor de ubicación (transporte, impuestos, aduanas, entre otros.) f_1 .

Tabla 3. Factores de ubicación de algunos equipos.

Equipo	Factor
Tolvas, chuters y otros equipos sin partes móviles	0.10
Clarificadores, decantadores, filtros, lavadores (scrubbers) sedimentadores, separadores, transportadores, alimentadores (feeders)	0.15
Absorbedores, centrífugas, condensadores, acondicionadores, ciclones, tanques, tamices; evaporadores, calentadores, intercambiadores de calor, mezcladores, regeneradores empacados, despojadores, vaporizadores	0.20
Fraccionadores, molinos de martillo, precipitadores, convertidores "shift", bombas, compresores, ventiladores	0.25
Molinos de bolas, trituradores, columnas de destilación, gasificadores, metanadores empacados, hornos.	0.30

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotras Angela María Becerra Sánchez y Monica Andrea Clavijo Sierra en calidad de titulares de la obra **Desarrollo de una Propuesta para la Tecnificación del Proceso de Obtención de Aceite de Coco para la Empresa Amanos Artesanal**, elaborada en el año 2017, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

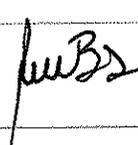
AUTORIZAMOS	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	X	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaremos, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		X

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá D.C, a los 14 días del mes de Febrero del año 2018.

LOS AUTORES:

Autor 1

Nombres	Apellidos
Angela María	Becerra Sanchez
Documento de identificación No	Firma
C.C 1020805956	

Autor 2

Nombres	Apellidos
Monica Andrea	Clavijo Sierra
Documento de identificación No	Firma
C.C 1016072192	Monica A. Clavijos.