



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

#### **“DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE DETERGENTE LÍQUIDO MEDIANTE LA EXTRACCIÓN DE SAPONINA EXTRAÍDA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*), CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*) Y CABUYA (*Sisalana perrine*)”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

**Para optar por el título de:**

**INGENIERA QUIMICA**

**AUTORAS: ARCOS GUAMAN TALIA MANUELA**

**CAUJA MOYON LOURDES MARIA**

**TUTOR: ING. MARIO VILLACRES**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2017**

**©2017, Talía Manuela Arcos Guamán y Lourdes María Cauja Moyón**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos por cualquier medio o procedimientos, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: el presente trabajo de titulación “DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE DETERGENTE LÍQUIDO MEDIANTE LA EXTRACCIÓN DE SAPONINA EXTRAÍDA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*), CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*) Y CABUYA (*Sisalana perrine*)” tipo de trabajo de titulación: proyectos técnicos, de responsabilidad de: sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de titulación, quedando autorizada así su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Mario Villacrés Álvarez

.....

.....

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

Ing. Cristina Calderón Tapia

.....

.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotras, Talía Manuela Arcos Guamán y Lourdes María Cauja Moyón, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autoras, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 20 de Diciembre del 2017

Talía Manuela Arcos Guamán  
060486138-5

Lourdes María Cauja Moyón  
060549497-0

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a Dios por guiarme, bendecirme y demostrarme su amor infinito. A mis padres: Manuel Arcos y Zoila Guamán por ser mis guías en el camino, darme la fuerza, e incentivo para seguir adelante con este objetivo sin dudar ni un solo momento de mí capacidad.

A C.C por su apoyo, paciencia durante mi vida estudiantil.

Talía Arcos

Todo el esfuerzo invertido en el siguiente proyecto de titulación lo dedico con todo el corazón a Dios por darme la capacidad, inteligencia y guiarme en todo momento.

A mi madre Teresa Moyón y mis hermanos Raúl, Alberto, Blanca, Armando y Sandra por poner toda su confianza en mí y apoyarme siempre.

A la familia Moreno Cifuentes por ser un soporte en los momentos más difíciles de mi vida e impulsarme para llegar a ser una buena profesional.

A papá Luchito mi abuelito amado que siempre será un ejemplo de lucha y perseverancia, y que ahora es mi ángel de la guarda.

A una persona muy especial que siempre ha estado a mi lado desde el principio de esta experiencia.

Lourdes Cauja

## AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento eterno a Dios por habernos concedido la dicha de nacer en hogares llenos de amor y de su presencia, por tener unos padres que han sabido inculcarnos valores y darnos ejemplo con sus vidas.

Al Lic. Fausto Tapia (DON GATITO) por ser una persona que nos ha dado ánimo durante el desarrollo de nuestro proyecto de titulación, porque hemos encontrado en él a un amigo incondicional en todo momento y un corazón de inmensa bondad.

A la Ing. Mónica Andrade por la ayuda recibida y por ser una excelente docente que ha sabido impartirnos sus conocimientos en las aulas.

A nuestro director Ing. Mario Villacrés y miembro del tribunal Ing. Cristina Calderón, por ayudarnos en la redacción y parte técnica de nuestro proyecto de titulación.

Al Ing. Romel Palaguachi un gran amigo que nos ha brindado su apoyo y conocimientos para el desarrollo de nuestro proyecto.

Por ultimo a nuestros familiares, amigos y demás personas que colaboraron de manera directa o indirecta para el desenvolvimiento de nuestro proyecto de titulación.

Lourdes & Talía

## TABLA DE CONTENIDO

**RESUMEN**..... xxii

**ABSTRACT**..... xxiii

### CAPÍTULO I

1.	<b>DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	1
1.1	<b>Identificación del problema</b> .....	1
1.2	<b>Justificación del proyecto</b> .....	2
1.3	<b>Línea base del proyecto</b> .....	2
1.3.1	<b>Diagnóstico</b> .....	2
1.3.2	<i>Propuesta de cambio</i> .....	3
1.3.3	<i>Variables de logro</i> .....	3
1.3.4	<i>Metas</i> .....	3
1.4	<b>Marco conceptual</b> .....	4
1.4.1	<i>Quinoa</i> .....	4
1.4.2	<i>Chocho</i> .....	5
1.4.3	<i>Cabuya</i> .....	7
1.4.4	<i>Saponina</i> .....	8
1.4.5	<i>Detergente</i> .....	8
1.4.6	<i>Detergente biodegradable</i> .....	9
1.5	<b>Beneficiarios directos e indirectos</b> .....	10

### CAPÍTULO II

2.	<b>OBJETIVOS DEL PROYECTO</b> .....	11
----	-------------------------------------	----

2.1	<b>Objetivo General</b> .....	11
2.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	11

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>ESTUDIO TÉCNICO</b> .....	12
3.1	<b>Localización del proyecto</b> .....	12
3.2	<b>Ingeniería del proyecto</b> .....	14
3.2.1	<i>Recolección de chocho y cabuya método aleatorio</i> .....	14
3.2.2	<i>Tipo de estudio</i> .....	16
3.2.3	<i>Métodos</i> .....	16
3.2.4	<i>Técnicas</i> .....	18
3.2.4.1	<i>Determinación de pH</i> .....	18
3.2.4.2	<i>Determinación de la densidad</i> .....	19
3.2.4.3	<i>Determinación de la viscosidad</i> .....	20
3.2.5	<b>Procedimiento a nivel de laboratorio</b> .....	21
3.2.5.1	<i>Obtención de saponina del zumo de cabuya</i> .....	21
3.2.5.2	<i>Obtención de saponina de la quinua escarificada</i> .....	22
3.2.5.3	<i>Obtención de saponina de chocho</i> .....	23
3.2.5.4	<i>Obtención del detergente</i> .....	24
3.2.6	<b>Datos</b> .....	25
3.2.6.1	<i>Saponina</i> .....	25
3.2.6.2	<i>Extrusor de rodillos</i> .....	25
3.2.6.3	<i>Filtro prensa</i> .....	26
3.2.6.4	<i>Datos para los cálculos del destilador</i> .....	26
3.2.6.5	<i>Sistema de agitación</i> .....	28
3.2.6.6	<i>Envasadora</i> .....	29
3.3	<b>Proceso de producción</b> .....	29
3.3.1	<b>Operaciones unitarias del proceso</b> .....	29

3.3.2	<b>Variables de proceso</b>	30
3.3.3	<b>Diagrama del proceso</b>	31
3.3.3.1	<i>Descripción del proceso para la elaboración del detergente líquido</i>	32
3.3.4	<b>Balance de masa y energía</b>	34
3.3.4.1	<i>Extrusor</i>	34
3.3.4.2	<i>Filtro prensa</i>	35
3.3.4.3	<i>Tanque de almacenamiento de zumo de cabuya con etanol</i>	36
3.3.4.4	<i>Destilador simple</i>	37
3.3.4.5	<i>Agitador del detergente</i>	40
3.3.4.6	<i>Agitador de aditivos</i>	41
3.3.5	<b>Cálculos</b>	42
3.3.5.1	<i>Diseño del extrusor de rodillos</i>	42
3.3.5.2	<i>Diseño de un tanque contenedor de zumo de cabuya</i>	46
3.3.5.3	<i>Diseño de un filtro prensa</i>	48
3.3.5.4	<i>Tanque de almacenamiento de zumo de cabuya con etanol</i>	52
3.3.5.5	<i>Diseño de una torre de destilación</i>	54
3.3.5.6	<i>Tanque contenedor de saponina</i>	72
3.3.5.7	<i>Agitador del detergente</i>	75
3.3.5.8	<i>Cálculos para el agitador de aditivos</i>	81
3.3.5.9	<i>Tanque contenedor de texapón</i>	88
3.3.5.10	<i>Tanque contenedor de ácido sulfónico</i>	90
3.3.5.11	<i>Diseño de una envasadora</i>	92
3.3.5.12	<i>Cálculo de la banda transportadora</i>	93
3.3.6	<b>Resultados de cálculos del diseño</b>	98
3.4	<b>Requerimientos de equipos y maquinaria</b>	102
3.4.1	<b>Inversión fija</b>	102
3.4.1.1	<i>Equipos</i>	102
3.4.1.2	<i>Estructura de la planta</i>	102
3.4.1.3	<i>Servicios básicos</i>	103

3.4.2	<b><i>Inversión de operación</i></b> .....	103
3.4.2.1	<i>Recursos humanos</i> .....	103
3.4.3	<b><i>Recursos totales</i></b> .....	105
3.5	<b>Análisis de costo/beneficio del proyecto</b> .....	105
3.5.1	<b><i>Ingresos anuales</i></b> .....	105
3.5.2	<b><i>Egresos anuales</i></b> .....	106
3.5.3	<b><i>Flujo efectivo neto</i></b> .....	106
3.5.4	<b><i>Cálculo del VAN y TIR</i></b> .....	106
3.5.4.1	<i>Calculo de VAN</i> .....	106
3.5.4.2	<i>Calculo del TIR</i> .....	107
3.5.5	<b><i>Índice de rentabilidad costo-beneficio</i></b> .....	107
3.6	<b>Cronograma de ejecución del proyecto</b> .....	110
 <b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....		111
<b>CONCLUSIONES</b> .....		113
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		114
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Plantación de quinua ( <i>Chenopodium quinoa Willd</i> ).....	4
<b>Figura 2-1:</b> Plantación de chocho ( <i>Lupinus mutabilis Sweet</i> ).....	5
<b>Figura 3-1:</b> Plantación de cabuya ( <i>Sisalana perrine</i> ) .....	7
<b>Figura 4-1:</b> Estructura química de la saponina .....	8
<b>Figura 1-3:</b> Macro localización del proyecto .....	12
<b>Figura 2-3:</b> Micro localización del proyecto.....	13
<b>Figura 3-3:</b> Diagrama del proceso .....	31
<b>Figura 4-3:</b> Número de platos teóricos en la gráfica de Mc CABE – THIELE .....	57
<b>Figura 5-3:</b> Sistema de agitación.....	77
<b>Figura 6-3:</b> Número de potencia & número de Reynolds .....	80
<b>Figura 7-3:</b> Sistema de agitación .....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b> Composición química de quinua escarificada.....	5
<b>Tabla 2-1</b> Composición química del chocho.....	6
<b>Tabla 3-1</b> Composición química de la planta de agave sisalana .....	7
<b>Tabla 1-3</b> Recolección de la materia prima.....	14
<b>Tabla 2-3</b> Recolección de quinua.....	15
<b>Tabla 3-3</b> Determinación de pH.....	18
<b>Tabla 4-3</b> Determinación de la densidad.....	19
<b>Tabla 5-3</b> Determinación de la viscosidad.....	20
<b>Tabla 6-3</b> Datos obtenidos de la saponina.....	25
<b>Tabla 7-3</b> Datos del extrusor de rodillos .....	25
<b>Tabla 8-3</b> Datos de un filtro prensa.....	26
<b>Tabla 9-3</b> Datos para el destilador.....	26
<b>Tabla 10-3</b> Datos para etanol- agua.....	27
<b>Tabla 11-3</b> Datos adicionales .....	27
<b>Tabla 12-3</b> Proporciones geométricas de un sistema de agitación estándar.....	28
<b>Tabla 13-3</b> Anchos de bandas normalizadas .....	29
<b>Tabla 14-3</b> Temperatura promedio de la columna .....	58
<b>Tabla 15-3</b> x & y .....	58
<b>Tabla 16-3</b> Resultados de los cálculos de ingeniería.....	98
<b>Tabla 17-3</b> Valor de los equipos que intervienen en el proceso.....	102
<b>Tabla 18-3</b> Inversión inicial .....	102
<b>Tabla 19-3</b> Pago de servicios básicos.....	103
<b>Tabla 20-3</b> Recursos humanos para el ensamblaje de la planta .....	103
<b>Tabla 21-3</b> Recursos humanos para el proceso de producción.....	103
<b>Tabla 22-3</b> Costo de elaboración del detergente líquido en 500mL.....	104
<b>Tabla 23-3</b> Valor mensual del detergente líquido .....	105
<b>Tabla 24-3</b> Recursos totales .....	105
<b>Tabla 25-3</b> Ingresos anuales.....	105
<b>Tabla 26-3</b> Egresos anuales.....	106
<b>Tabla 27-3</b> Flujo efectivo neto .....	106
<b>Tabla 28-3</b> Resultados del VAN y TIR.....	107
<b>Tabla 29-3</b> Índice de rentabilidad costo-beneficio.....	107

<b>Tabla 30-3</b> Período de recuperación de lo invertido .....	108
<b>Tabla 31-3</b> Presupuesto y viabilidad del proyecto .....	109

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-3:</b> Masa de cabuya (Kg/día) .....	34
<b>Ecuación 2-3:</b> Caudal de salida del lodo (m <sup>3</sup> /h) .....	35
<b>Ecuación 3-3:</b> Caudal entrante (m <sup>3</sup> /h) .....	35
<b>Ecuación 4-3:</b> Mezcla de cabuya-etanol (m <sup>3</sup> ) .....	36
<b>Ecuación 5-3:</b> Alimentación (kg/h) .....	37
<b>Ecuación 6-3:</b> Destilado (kg/h) .....	37
<b>Ecuación 7-3:</b> Calor del condensador (kcal/h) .....	38
<b>Ecuación 8-3:</b> Calor suministrado (kcal/h) .....	38
<b>Ecuación 9-3:</b> Entalpia de alimentación (kcal/h) .....	39
<b>Ecuación 10-3:</b> Entalpia de residuo (kcal/h) .....	39
<b>Ecuación 11-3:</b> Volumen del detergente (m <sup>3</sup> ) .....	40
<b>Ecuación 12-3:</b> Volumen de la mezcla (m <sup>3</sup> ) .....	41
<b>Ecuación 13-3:</b> Porcentaje de fibra de cabuya .....	42
<b>Ecuación 14-3:</b> Diámetro de los rodillos (m) .....	43
<b>Ecuación 15-3:</b> Carga fibrosa del molino (kgm <sup>2</sup> ) .....	43
<b>Ecuación 16-3:</b> Carga de alimentación (kgm <sup>3</sup> ) .....	44
<b>Ecuación 17-3:</b> Potencia consumida por la compresión del bagazo (Hp) .....	44
<b>Ecuación 18-3:</b> Potencia consumida por el rozamiento (Hp) .....	45
<b>Ecuación 19-3:</b> Potencia consumida por el movimiento que se da a los conductores intermedios (Hp) .....	45
<b>Ecuación 20-3:</b> Potencia total del molino (Hp) .....	46
<b>Ecuación 21-3:</b> Volumen de seguridad (m <sup>3</sup> ) .....	46
<b>Ecuación 22-3:</b> Volumen total del tanque (m <sup>3</sup> ) .....	47
<b>Ecuación 23-3:</b> Diámetro del tanque (m) .....	47
<b>Ecuación 24-3:</b> Altura del tanque (m) .....	47
<b>Ecuación 25-3:</b> Altura total (m) .....	48
<b>Ecuación 26-3:</b> Diámetro total (m) .....	48
<b>Ecuación 27-3:</b> Volumen del lodo que va a se deshidratado en el filtro m <sup>3</sup> h .....	48
<b>Ecuación 28-3:</b> Número de placas y marcos que tendrá el filtro .....	49
<b>Ecuación 29-3:</b> Volumen de la torta que se forma en el filtro (pies <sup>3</sup> ) .....	49
<b>Ecuación 30-3:</b> Paradas que realizarán los filtros prensa .....	50
<b>Ecuación 31-3:</b> Volumen de lodo a encapsular(m <sup>3</sup> ) .....	51

<b>Ecuación 32-3:</b> Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) .....	51
<b>Ecuación 33-3:</b> Suma de volúmenes (m <sup>3</sup> ).....	52
<b>Ecuación 34-3:</b> Capacidad calorífica específica (kcal/KgC).....	54
<b>Ecuación 35-3:</b> Capacidad calorífica para un cambio de fase (kcal/kg) .....	55
<b>Ecuación 36-3:</b> Número de moles de vapor que se produce en la zona de rectificación.....	55
<b>Ecuación 37-3:</b> Recta de rectificación .....	56
<b>Ecuación 38-3:</b> Recta de alimentación.....	56
<b>Ecuación 39-3:</b> Reflujo total .....	57
<b>Ecuación 40-3:</b> Temperatura promedio de la columna .....	58
<b>Ecuación 41-3:</b> Volatilidad relativa .....	59
<b>Ecuación 42-3:</b> Fluidez (rhe).....	59
<b>Ecuación 43-3:</b> Viscosidad.....	59
<b>Ecuación 44-3:</b> Eficiencia de los platos .....	60
<b>Ecuación 45-3:</b> Plato de alimentación.....	61
<b>Ecuación 46-3:</b> Masa molecular media (kg/kgmol) .....	61
<b>Ecuación 47-3:</b> Masa destilado (Kg/h) .....	62
<b>Ecuación 48-3:</b> Flujo de estilado (Kg/h).....	62
<b>Ecuación 49-3:</b> Caudal de vapor (Kg/h) .....	62
<b>Ecuación 50-3:</b> Densidad de vapor (kg/m <sup>3</sup> ).....	63
<b>Ecuación 51-3:</b> Flujo del gas (kg/hm <sup>2</sup> ).....	64
<b>Ecuación 52-3:</b> Área (m <sup>2</sup> ).....	64
<b>Ecuación 53-3:</b> Diámetro de la columna en la zona de rectificación (m) .....	65
<b>Ecuación 54-3:</b> Masa de alimentación .....	66
<b>Ecuación 55-3:</b> Flujo de alimentación (kg/h) .....	66
<b>Ecuación 56-3:</b> Vapor medio (kg/h) .....	67
<b>Ecuación 57-3:</b> Diámetro promedio (m) .....	69
<b>Ecuación 58-3:</b> Longitud de la torre (m).....	70
<b>Ecuación 59-3:</b> Rendimiento de la columna .....	70
<b>Ecuación 60-3:</b> Calor perdido (kcal/h).....	70
<b>Ecuación 61-3:</b> Calor total del combustible (kcal/h).....	71
<b>Ecuación 62-3:</b> Calor gastado (kcal/h) .....	71
<b>Ecuación 63-3:</b> Eficiencia del equipo .....	72
<b>Ecuación 64-3:</b> Longitud del brazo (m) .....	78
<b>Ecuación 65-3:</b> Diámetro del agitador (m) .....	78
<b>Ecuación 66-3:</b> Distancia entre el fondo del tanque y el rodete (m).....	78
<b>Ecuación 67-3:</b> Altura del líquido (m) .....	79

<b>Ecuación 68-3:</b> Ancho del agitador (m) .....	79
<b>Ecuación 69-3:</b> Número de Reynolds .....	80
<b>Ecuación 70-3:</b> Potencia del agitador (Hp) .....	81
<b>Ecuación 71-3:</b> Suma de aditivos para el detergente (m3) .....	82
<b>Ecuación 72-3:</b> Longitud del cilindro (m).....	92
<b>Ecuación 73-3:</b> Masa que soportara la banda.....	94
<b>Ecuación 74-3:</b> Número de envases .....	95
<b>Ecuación 75-3:</b> Área de la banda transportadora .....	95
<b>Ecuación 76-3:</b> Longitud de la banda transportadora .....	96
<b>Ecuación 77-3:</b> Velocidad de la banda transportadora (m/s) .....	96
<b>Ecuación 78-3:</b> Revoluciones del motor (rad/s).....	97
<b>Ecuación 79-3:</b> Diámetro de la polea (m) .....	97
<b>Ecuación 80-3:</b> VAN.....	106
<b>Ecuación 81-3:</b> TIR.....	107

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Plano de distribución de planta
- ANEXO B:** Diagrama general del proceso para la obtención de detergente líquido a partir de la saponina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) y cabuya (*Sisalana perrine*)
- ANEXO C:** Esquema de equipos
- ANEXO D:** Diagrama P&I del proceso para la obtención de detergente líquido a partir de la saponina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) y cabuya (*Sisalana perrine*)
- ANEXO E:** Proceso experimental para extraer saponina a partir de quínoa, chocho y cabuya
- ANEXO F:** Resultados del detergente líquido CQC
- ANEXO G:** Resultados del detergente CQC2
- ANEXO H:** Proforma de los equipos
- ANEXO I:** NTE INEN 847
- ANEXO J:** NTE INEN 1233
- ANEXO K:** Viscosidad de líquidos
- ANEXO L:** Calor latente de los líquidos
- ANEXO M:** Gráfica de O`CONNEL
- ANEXO N:** Gráfica de BROWN SOUDERS

## ABREVIATURAS

$\phi_{\text{agot.}}$  = Diámetro de la zona de agotamiento (m)

$\phi_{\text{med}}$  = Diámetro promedio (m)

$\phi_{\text{rect.}}$  = Diámetro de la zona de rectificación (m)

$\phi_t$  = Diámetro total del tanque (m)

$A_o$  = Area de la banda transportadora(m<sup>2</sup>)

$B$  = Ancho de la placa deflectora

$B_b$  = Ancho estandarizado de la banda(m)

$C$  = Distancia entre platos (m)

$C_p$  = Capacidad calorífica (Kcal/KgC)

$C_{pi}$  = Capacidad calorífica del agua (kcal/KgC)

$C_{p\text{medio}}$  = Capacidad calorífica específica (kcal/KgC)

$D_A$  = Diámetro del agitador

$D_C$  = Diámetro de los cilindros (m)

$D_f$  = Destilado(kg/h)

$D_T$  = Diámetro del tanque agitador

$E$  = Distancia del fondo del tanque hasta el rodete

$E_o$  = Eficiencia de los platos

$F$  = Masa de alimentación (kg/h)

$f$  = Número de moles de vapor que se produce en la zona de rectificación

$\mathcal{F}$  = Porcentaje de fibra de cabuya

$f_s$  = Factor de seguridad

$G$  = Flujo del gas (kg/hm<sup>2</sup>)

$g_c$  = Factor gravitacional de conservación (kg/Ns<sup>2</sup>)

$H$  = altura del líquido

$h$  = altura del tanque (m)

$h_t$  = Altura total del tanque (m)

$K$  = Espesor mínimo de bagazo comprimido (m)

$k$  = Constante de Kirsschbraun

$L$  = Largo de los cilindros (m)

$L_b$  = Longitud del brazo (m)

$L_b$  = Longitud de la banda (m)

$L_t$  = Longitud de la torre (m)

$m$  = Masa de cabuya (kg)

$M_d$  = Masa destilada(Kg/h)

$m_{\text{envasar}}$  = Cantidad de detergente a envasar (Kg)

$m_{\text{envase}}$  = Cantidad de detergente por cada envase(Kg/gal)

$M_f$  = Masa de alimentación) (kg/kgmol)

$M_{\text{media}}$  = Masa molecular media (kg/kgmol)

$M_{\text{media}}$  = Masa molecular media (kg/kgmol)

$m^0$  = Carga de alimentación

$m_1$  = Masa que soportará la banda transportadora(Kg)

$n$  = Velocidad de rotación de los cilindros en rpm

$N$  = Velocidad rotacional (rps)

$N_{p0}$  = Número de potencia

$N_R$  = Número de platos reales

$N_{Re}$  = Número de Reynolds

$N_T$  = Número de platos teóricos

$P$  = potencia requerida (Hp)

$P_{cb}$  = potencia consumida por la compresión del bagazo (Hp)

$P_{cmci}$  = Potencia consumida por el movimiento que se da a los conductores intermedios (Hp)

$P_{cr}$  = Potencia consumida por el rozamiento (Hp)

$PM_A$  = Masa molecular del agua (kg/kgmol)

$PM_e$  = Masa molecular del etanol (kg/kgmol)

$P_{molino}$  = Potencia el molino (Hp)

$q$  = Carga fibrosa del molino (kg/m<sup>2</sup>)

$Q$  = Calor perdido (kcal/h)

$Q_B$  = Calor suministrado (kcal/h)

$Q_C$  = Calor del condensador (kcal/h)

$Q_G$  = Calor gastado (kcal/h)

$Q_{TC}$  = Calor total del combustible (kcal/h)

$r$  = Radio (m)

$R$  = Constante de los gases

$RD$  = Reflujo mínimo

$S$  = Separación entre agitadores

$T_b$  = Temperatura de ebullición medio (C)

$T_f$  = Temperatura de alimentación (C)

$v$  = velocidad de la banda transportadora (m/s)

$V$  = Volumen del destilado

$V_{cabuya}$  = Volumen de cabuya (m<sup>3</sup>)

$V_{etanol}$  = Volumen de etanol (m<sup>3</sup>)

$V_M$  = Volumen asumido (m<sup>3</sup>)

$V_{med}$  = Caudal de vapor medio (kg/h)

$V_T$  = Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

$W$  = Ancho del agitador de paletas

$w$  = Revoluciones del motor(rad/s)

$x$  = Volumen (m<sup>3</sup>)

$X_D$  = Fracción del destilado

$X_{DA}$  = Fracción molar del agua

$X_{De}$  = Fracción molar del etanol

$X_f$  = Fracción molar de la alimentación

$x_i$  = Fracción molar

$\lambda_{GLP}$  = Calor latente del GLP(kcal/kg)

$\lambda_{med F}$  = Calor latente medio (Kcal/KgC)

$\mu_m$  = 0,13 Coeficiente de fricción entre acero – acero

$\rho_{mc}$  = Densidad de la mezcla de cabuya y alcohol ( $kg/m^3$ )

$\rho_v$  = Densidad de vapor( $kg/m^3$ )

$\emptyset$  = Diámetro (m)

$\Delta T$  = Variación de temperatura a la entrada y salida(C)

$\delta$  = Densidad del bagazo comprimido

$\lambda_{medio}$  = Capacidad calorífica para un cambio de fase (kcal/kg

$\mu_A$  = Viscosidad del agua(cP)

$\mu_E$  = Viscosidad del etanol(cP)

$\Sigma T_i$  = Sumatoria de las temperaturas geométrica y aritmética (C)

$\zeta$  = Carga de alimentación ( $kg/m^3$ )

## RESUMEN

Se diseñó un proceso para la obtención de detergente líquido mediante la extracción de saponina extraída de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) y cabuya (*Sisalana perrine*) en el laboratorio de: Química Instrumental e Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Se realizó la extracción por: el método de Soxhlet y extracción simple utilizando como solvente etanol al 96% de pureza, donde se determinó que el método más eficiente para la obtención de saponina fue por el método de extracción simple. La extracción de saponina consta de las siguientes operaciones unitarias: extrusión, filtración y destilación. Seguido se procedió a la caracterización de la saponina determinando las propiedades físico-químicas: densidad 1,11g/mL; temperatura 20,2°C; pH 6,64; IR 1,372; °Brix 25 y viscosidad 386,8 cP. Finalmente se elaboró el detergente líquido y se realizó los análisis correspondientes a la Norma NTE INEN 0847 (2009), obteniendo los siguientes resultados: Materia grasa 3,28%; Alcalinidad libre (NaOH) 0%; Materia activa 36,12%; Fosfatos 0,08% y Biodegradabilidad 94%. Por esta razón, es un producto comercial sus parámetros están dentro del rango y es libre de los principales componentes que son contaminantes aportando con la conservación ecológica del planeta. El diseño de la elaboración del detergente líquido consta de las siguientes operaciones unitarias: agitación, mezclado y envasado. Se tomó en cuenta las variables de proceso necesarios para el dimensionamiento de los equipos como: velocidad de agitación comprendida entre 20 y 150 rpm, tiempo de agitación estimado para la elaboración total del detergente líquido está entre 45-60 min, flujo másico de 194,93Kg/h y flujo volumétrico de 189,25L/h. Mediante el cálculo de los indicadores financieros con valores de: VAN \$174.074,21; TIR 87%; I. Rentabilidad \$ 2,82 y periodo de recuperación de 1 año y dos meses son resultados que indican que el proyecto es totalmente viable.

**Palabras clave:** <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*) >, <CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*)>, <CABUYA (*Sisalana perrine*)>, <EXTRACCIÓN>, <SAPONINA>, <DETERGENTE LÍQUIDO>, < ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO>.

## ABSTRACT

It was designed a process to obtain liquid detergent through the extraction of saponin from quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) and agave (*Sisalana Perrine*) in the Instrumental and Research Chemistry Laboratory of the Science Faculty of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. It performed the soxhlet extraction and simple extraction using as solvent ethanol to 96% of purity, where it was determined that the most efficient method to obtain saponin was the simple extraction method. The saponin extraction consists of the following unit operations: extrusion, filtration, and distillation. Then it proceeded with the characterization of the saponin determining physical-chemical properties: density 1,11g/mL; temperature 20,2 °C; pH 6,64; IR 1,372; °Brix 25 and viscosity 386,8 Cp. Finally it was developed the liquid detergent and the respective analysis was developed based on NTE INEN 0847 (2009) standard getting the following results: fatty matter 3,28 %; free alkalinity (NaOH) 0%; active matter 36,12%; phosphate 0,08%; biodegradability 94%. For this reason, it is a commercial product its standards are within the range and it is free of the main contaminant components providing the ecological conservation of the world. The design of the liquid detergent development consists of the following unit operations: agitation, mixed, and packaging. It was considered the variables of the process that are needed to the equipment dimensioning as agitation speed between 20 and 150 rpm, the agitation time estimated to the total elaboration of the liquid detergent it is between 45-60 min, the mass flow of 194,93 Kg/h and the volumetric flow of 189,25 L/h. Through estimate of the financial indicators with values of: VAN \$174.074,21; TIR 87%; I. Profitability \$ 2,82 and recovery period of a year and two months are results that show the project is totally viable.

**Key Words:** Engineering and Chemical Technology, Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), agave (*Sisalana Perrine*), Extraction, Saponin, Liquid Detergent, Physical and Chemical Analysis.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1 Identificación del problema

La problemática de los detergentes es su formulación, la cual incluye intercambiadores de iones, álcalis (carbonato de sodio), silicatos de sodio anticorrosivos, estabilizadores de espuma de amida, carboxi metil celulosa para la formación de suspensiones de partículas de suelo, blanqueadores, suavizantes de tejidos, enzimas, abrillantadoras ópticas, fragancias y sulfato de sodio como diluyente (Gonzales et al., 2003: p.101).

Los primeros detergentes tenían cadenas alquílicas altamente ramificadas y eran extremadamente resistentes al ataque microbiano. Su falta de biodegradabilidad dio lugar a la formación de espumas en ríos y lagos. Para evitar esto, se ha realizado investigaciones las cuales demuestran que una de las maneras de reducir el impacto ambiental producido por este producto es sustituir la cadena lateral (**R**) que es una cadena lineal ramificada, la cual sería biodegradable. Para lo cual hemos podido conocer que las saponinas están constituidas principalmente por moléculas orgánicas (esteroides o triterpenos), unidas a una o varios azúcares, elementos necesarios para emulsionar la grasa: una parte lipofílica, que es el esteroide o triterpeno, por medio del cual se unirá a la grasa, la parte hidrofílica, que es el azúcar se unirá al agua y la parte Lipofílica que es el esteroide o triterpeno se unirá a la grasa. Al poseer estas características será un detergente degradable contribuyendo a la disminución de la contaminación producida por los detergentes. (Stephen et al., 1988: p.706)

## **1.2 Justificación del proyecto**

De acuerdo con DOMINGUEZ (2015) en la actualidad nuestro planeta está atravesando un problema crítico de contaminación que es irreversible, es por ello que se están realizando investigaciones que ayuden a crear productos que sean biodegradables de tal manera que se contribuya a la disminución del impacto y poder vivir en un ambiente propicio para la salud humana.

Por estos antecedentes y como una alternativa a este problema se obtendrá un detergente líquido económico y amigable con el ambiente además podría tener gran aceptación dentro de la industria y el mercado.

Para la elaboración del detergente líquido se utiliza como materia prima el residuo que queda del lavado de la quinua antes de ser industrializada, de la misma manera que el chocho y se lo combina con una planta muy común de la serranía en especial de la provincia de Chimborazo como es la cabuya por presentar grandes cantidades de saponina.

En estudios realizados desde el 2013 hasta el 2015 por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) se conoce que el agua contaminada es enviada muchas veces directamente a ríos sin tratamiento alguno, por lo que al poner en marcha este proyecto se lograría optimizar este residuo, utilizándola como materia prima para la elaboración de otros productos que ayudarían a las empresas productoras generando un ingreso favorable a las mismas.

## **1.3 Línea base del proyecto**

### ***1.3.1 Diagnóstico***

Desde la aparición de la industria, así como obtenemos productos de mejor uso, también experimentamos cambios que perjudican nuestros recursos hídricos, suelo o aire. Un ejemplo muy claro de ello es la presencia de tensoactivos que al ser eliminados después de su uso a nuestros ríos elimina gran parte de vida acuática. Debido a la naturaleza de los detergentes,

forman una capa de grasa en la superficie evitando el paso del oxígeno hacia el interior, provocando la muerte de las especies acuáticas, y sus restos al descomponerse emanan olores fuertes. Con las grasas y detergentes aumenta la multiplicación de algas generando una variación de pH, al tener elevadas concentraciones de fosfatos y nitratos (Gonzales et al., 2003: pp.102-104).

### **1.3.2 Propuesta de cambio**

Es por ello por lo que se planteó una alternativa amigable con el medio ambiente como es el “Diseño de un proceso para la obtención de detergente líquido mediante la extracción de saponina extraída de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) y cabuya (*Sisalana perrine*)”.

Se utilizó materias primas que en la industria son catalogadas como residuos: quinua escarificada, chocho molido y zumo de la cabuya que no tiene beneficio alguno por lo que es eliminado en gran cantidad por la industria de cuerdas de fibra de cabuya.

### **1.3.3 Variables de logro**

La elaboración de este proyecto se basó en un cronograma para disminuir errores y pasatiempos que no permitan cubrir con los objetivos planteados, con ayuda bibliográfica se determinó la metodología más apropiada para la extracción de saponina. En condiciones y medio apropiados, para obtener una materia prima de características óptimas, con una densidad de 1,11g/ml; viscosidad 386,8cP. Se recupera el solvente utilizado en la extracción simple.

### **1.3.4 Metas**

Para evaluar los resultados obtenidos se realizó una comparación con parámetros obtenidos de otros detergentes según bibliografía, en el cual se hace el análisis de la Biodegradabilidad de cuatro detergentes comerciales de nuestro país obteniendo el valor más alto de un 55%. (Cevallos, 2005)

Según la norma NTE INEN 847 el contenido de materia activa mínima debe ser del 10%; la alcalinidad máxima debe ser del 0,5% y el contenido máximo de fosfatos 10%.

Mientras que nuestro detergente CQC obtiene un valor de Biodegradabilidad del 94% que es mayor al determinado según bibliografía; 36,12 % de materia activa; 0% de alcalinidad y 0,08% de fosfatos. Siendo valores bajos. Por lo tanto, se puede decir que se obtuvieron mejores resultados de los esperados por lo que muestran claramente el beneficio que se puede obtener y disminuir los costos por tratamientos de aguas contaminadas por tensoactivos tales como: homogenización aireada, coagulación- floculación, adición de bacterias específicas entre otros, recuperando el medio acuático.

## 1.4 Marco conceptual

### 1.4.1 Quinoa



**Figura 1-1:** Plantación de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)

**Fuente:** INIAP, 2009

Es un pseudo cereal originario de países Andinos. Los centros de producción de mayor importancia por su frecuencia y superficie se ubican en provincias de: Chimborazo, Cotopaxi e Imbabura. Contiene una elevada cantidad de saponinas que se caracterizan por ser amargas, emulsificantes y espumantes. Las cuales pueden ser eliminadas del grano a través de procesos vía: húmeda (lavado), seca (escarificado) o combinados (escarificado y lavado). El escarificado se realiza a través de medios mecánicos abrasivos que permite un constante raspado de los granos de quinoa contra las paredes de las mallas lo que genera un polvillo el cual pasa a través de la malla y es separado por gravedad o mediante uso de succionadores de aire (Meyhuay, 2003, pp. 2-3)

## Características de *Chenopodium quinoa Willd*

La quinua presenta una amplia variabilidad genética que a continuación enunciaremos según los parámetros más importantes (Rojas et al., 2001).

- En la etapa de floración la planta puede presentar una tonalidad verde, púrpura y/o rojo.
- En el periodo de maduración la planta de quinua presenta colores intermedios (blanco, crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, café y negro).
- El ciclo de vida de la quinua esta entre 110 a 210 días.
- Generalmente por cada planta se estima un rendimiento de 48 a 250g.
- El diámetro del grano de quinua se encuentra en un rango de 1,36 a 2,66mm.

**Tabla 1-1** Composición química de quinua escarificada

Composición	Porcentaje
Humedad	11,2
Ceniza	2,42
Fibra	3,4
Grasa	8,11
Saponinas	1,08

Fuente: Archivos latinoamericanos de nutrición, 2013.

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

### 1.4.2 Chocho



**Figura 2-1:** Plantación de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*)

Fuente: Manual Agrícola de granos Andinos, 2012

Hace muchos años las civilizaciones Andinas domesticaron varias especies de plantas, el chocho es una de ellas, se considera una leguminosa muy nutritiva debido a las características bromatológicas que posee, y mediante estudios de agronomía aplicado para la cosecha y pos cosecha se ha logrado fortalecer la producción, mejorar la productividad, el uso y conocimiento del valor nutritivo (Peralta, 2009: pp. 2-8).

### **Características de *Lupinus mutabilis Sweet***

Según Peralta (2009):

- Se adapta fácilmente a cualquier tipo de suelo por ser una planta herbácea.
- Su raíz puede alcanzar una profundidad de 2m
- Aproximadamente son producidos 50g de nódulos por planta.
- Generalmente su tallo tiene una altura de 0,50cm y su color dependiendo de la formación de su tejido leñoso va de gris a castaño.
- La tonalidad de la corola de sus flores puede variar por la presencia de antocianinas y flavonas desde blanco, crema, amarillo, púrpura, azul-púrpura, rosado.
- El tamaño de las vainas se estima de 5 a 12cm, las cuales contienen hasta 9 semillas.
- Las semillas presentan una amplia gama de colores que va desde blanco puro hasta negro e incluso colores intermedios como amarillo, bayo, pardo, gris, etc.

**Tabla 2-1** Composición química del chocho

<b>Composición</b>	<b>Porcentaje</b>
Humedad	11-12
Proteínas	35-48
Fibra	6-20
Grasa	15-24.
Saponinas	0,83

**Fuente:** Norma NTE INEN 2389.

**Realizado por:** Arcos; Cauja. 2017

### 1.4.3 Cabuya



**Figura 3-1:** Plantación de cabuya (*Sisalana perrine*)

**Fuente:** INPN, 1838

Esta planta posee la habilidad de crecer en terrenos áridos por lo que se la considera una planta sumamente rústica. La fibra que proviene de las hojas de la planta es empleada para el trenzado y fabricación de cuerdas (Espinosa, 2015).

**Tabla 3-1** Composición química de la planta de agave sisalana

Composición	Porcentaje
Humedad	65
Carbohidratos	25
Fibra y Médula	10
Sales Minerales	2,5
Otros (Proteínas, Saponinas, Etc.)	2,5

**Fuente:** Botánica de los Cultivos Tropicales, 2012.

**Realizado por:** Arcos; Cauja. 2017

### **Características de la planta de Agave Sisalana**

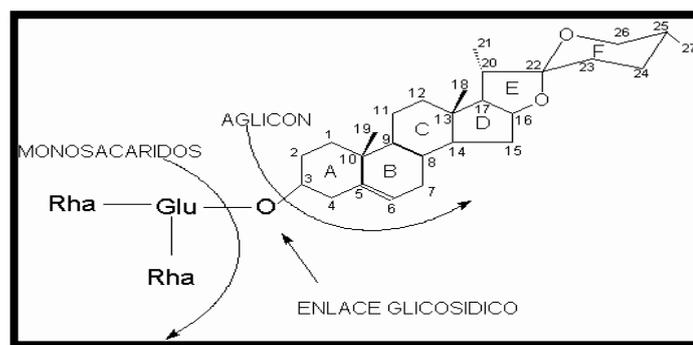
Según Guillot Ortíz, Daniel; & Der Meer, Piet (2009).

- La longitud de la hoja varía de 75 a 150 cm y el ancho de 10 a 15 cm.
- Al presentar gran cantidad de fibras son rígidas y dirigidas hacia arriba.
- Presentan espinas pequeñas y curvadas en el borde de 1 a 3 cm de longitud las cuales le ofrecen protección.
- Pueden tener de 15 a 20 hojas (pencas).

#### 1.4.4 Saponina

La saponina desde muchos años atrás llamaba la atención por su poder espumante siendo este el indicador más efectivo para determinar la cantidad de saponina existente en las plantas. Su nombre se deriva de la palabra “saponis” que en latín significa jabón (Wade, 2004: p. 1075).

Las saponinas son metabolitos secundarios, constituidos por azúcares en forma de acetales. Los cuales constan de un núcleo lipofílico que se denomina aglicón, este puede ser esteroide o triterpenoide que poseen una o más cadenas de carbohidratos, el núcleo lipofílico está enlazado a un átomo de carbono anomérico, es decir que está enlazado a dos oxígenos, o a un oxígeno y cualquier otro heteroátomo como el nitrógeno (Wade L, 2004 pág. 1077).



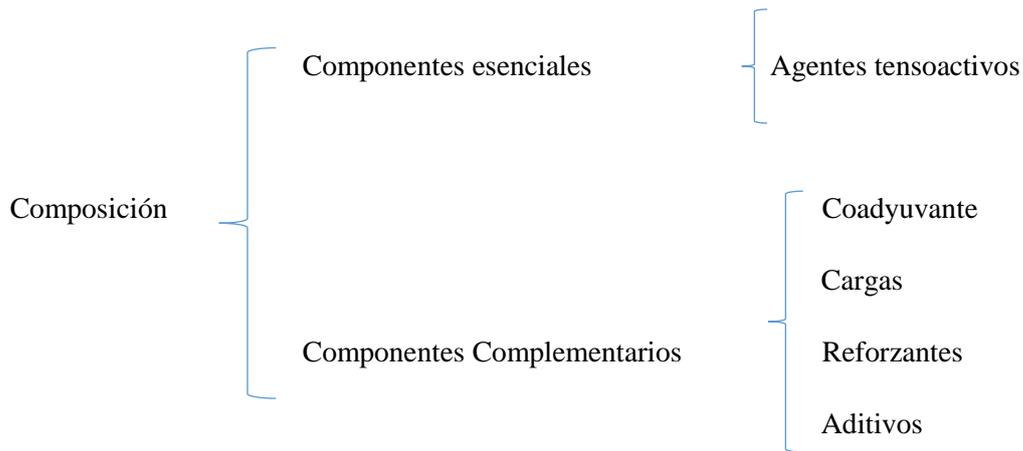
**Figura 4-1:** Estructura química de la saponina

Fuente: Monte Fértil S.A.C, 2013

#### 1.4.5 Detergente

Según el Manual de Limpieza y puesta a punto de pisos y zonas comunes en alojamientos (2009), es una sustancia química que deshace o separa la suciedad presente en la superficie de un objeto sin dañarlo ni corroerlo. Se caracterizan principalmente por tres propiedades:

- **Poder Humectante.** - ayuda a que la solución penetre más fácilmente
- **Dispersión.** - acaba con la suciedad muy compacta y la reduce a partículas muy finas.
- **Suspensión.** - emulsiona la suciedad.



**Fuente:** Manual de Limpieza y puesta a punto de pisos y zonas comunes en alojamientos, 2009.

#### ***1.4.6 Detergente biodegradable***

La facilidad con que un tensoactivo se degrade por acción de organismos presentes en el medio generalmente bacterias y la acción de reincorporarse a la tierra o al agua, este proceso es lo que se conoce como Biodegradabilidad, por lo tanto, es una alternativa ecológica ya que el tiempo de degradación será menor (Bailey, Philip; & Bailey, Christina, 1998: p. 487).

#### **Características que debe tener un detergente biodegradable**

Según Bailey, Philip; & Bailey, Christina (1998), para que un detergente se considere biodegradable debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Los tensoactivos que formaran parte del detergente deben ser derivados del aceite de coco, saponina, etc.
- Debe tomarse en cuenta principalmente sustancias de origen vegetal.
- No debe contener enzimas.
- Debe contener perfumes y colores naturales.
- Debe utilizarse ingredientes que su composición sea altamente biodegradable.
- Su coste energético debe ser lo más reducido posible.

## **1.5 Beneficiarios directos e indirectos**

**Beneficiarios Directos:** Las microempresas procesadoras de estos granos andinos (chocho, quinua) existentes en el Ecuador principalmente en la zona Sierra. Según investigaciones se utiliza 30000 L diarios de agua aproximadamente para realizar el lavado de la quinua antes de ser industrializada, por lo tanto se puede optimizar recursos e incluso podría ser el inicio de una microempresa.

**Beneficiarios Indirectos:** Los beneficiarios indirectos serían la población de la ciudad de Riobamba al disminuir la contaminación producida por los detergentes

## **CAPÍTULO II**

### **2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **2.1 Objetivo General**

Diseñar un proceso para la obtención de detergente líquido, a partir de la saponina extraída de quínoa, chocho y cabuya.

#### **2.2 Objetivos Específicos**

- Definir el proceso experimental para extraer saponina a partir de quínoa, chocho y cabuya, que involucre la caracterización inicial de la materia prima.
- Obtener datos experimentales a escala de laboratorio para elaborar un detergente biodegradable e innovador para el mercado.
- Escalar los datos obtenidos a nivel de laboratorio para el diseño de un proceso a nivel industrial, considerando sus variables de proceso.
- Validar el diseño de ingeniería para el proceso de obtención de un detergente líquido, sustentado en la caracterización final del producto.



## Micro Localización



**Figura 2-3:** Micro localización del proyecto

Fuente: Google Maps

### 3.2 Ingeniería del proyecto

La parte experimental se realizará en los Laboratorios de Química Instrumental e Investigación de la Facultad de Ciencias, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El proyecto será efectuado de la manera siguiente:

- Para realizar la extracción de saponina del chocho, quinua y cabuya se realizará la recolección de la materia prima requerida.

La recolección de materia prima debe realizarse de acuerdo con la técnica establecida en la norma NTE INEN 1233 (1995): Para muestreo de granos y cereales.

#### 3.2.1 Recolección de chocho y cabuya método aleatorio

**Tabla 1-3** Recolección de la materia prima

Muestras de Chocho			
Fecha	Semana I	Semana II	Semana III
Días	D1	D1	D1
# Muestras	1	1	1
Lugar	Parroquia Tixán		
Muestras de Cabuya			
Fecha	Semana I	Semana II	Semana III
Días	D1	D1	D1
# Muestras	1	1	1
Lugar	Parroquia San Gerardo		

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

Dónde:

# Muestras: número de veces que se va a recolectar materia prima

La muestra de quinua se tomó de la industria Maquita, la cual se dedica a la industrialización de la quinua y el escarificado de la misma.

**Tabla 2-3** Recolección de quinua

Muestras de Quinua		
Fecha	Mes I	MES II
Días	D1	D1
# Muestras	1	1
Lugar	Industria Maquita	

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

Dónde:

# *Muestras*: número de veces que se va a recolectar materia prima

Para la cabuya se necesitó una penca para cada experimentación de aproximadamente 1000g en peso.

- Luego de la recolección de la materia prima procedemos al proceso de arrastre de los componentes de la saponina del chocho y de quinua dejando en reposo en etanol. A diferencia de la cabuya que se obtuvo el zumo con la ayuda de un molino casero.
- Se procede con la extracción de la saponina del chocho, quinua y cabuya para lo cual realizamos un experimento entre el método soxhlet y destilación simple utilizando como solvente etanol al 96%. Determinando que la mayor eficiencia obtenida es por el método de extracción simple, incluso se evita que haya un reflujo del solvente por lo que al ocurrir esto la muestra se daña en su totalidad.
- Luego se realizó la caracterización de la saponina determinando pH, viscosidad, Brix e índice de refracción.
- Para finalmente realizar un detergente biodegradable. La validación del proceso se lo realiza mediante la caracterización fisicoquímica del detergente líquido a través de la norma NTE INEN 0847.

### **3.2.2 Tipo de estudio**

El estudio realizado para nuestro proyecto es experimental debido a que nos permite la manipulación de las variables hasta poder encontrar el punto de mayor eficiencia posible, ya que podemos observar las reacciones que ocurren durante el proceso, también se puede decir que es un estudio exploratorio ya que existen pocos antecedentes con respecto al estudio de la saponina y por ende su elaboración era realizar formulaciones hasta encontrar la adecuada tanto para extraer la saponina como también la elaboración del detergente líquido.

Para poder llevar a cabo todo nuestro proyecto fue necesario una exhaustiva investigación que nos permitiera obtener los resultados más eficientes posibles y sobre todo cumplir con los objetivos planteados, superando las expectativas esperadas.

### **3.2.3 Métodos**

Los proyectos de diseño se caracterizan porque se utiliza tanto la parte: teórica y práctica para obtener los datos necesarios y alcanzar los objetivos propuestos con la finalidad de tomar decisiones que mejoraran un proceso. Los métodos que se utilizaron son los siguientes:

- **Método deductivo**

Para llevar a cabo este proyecto se utilizó conocimientos adquiridos en las aulas como: operaciones unitarias, análisis instrumental, cálculos básicos, química orgánica, para el diseño de tanques de almacenamiento, extrusor, torre de destilación, tanque agitador, filtro prensa, que permiten un adecuado funcionamiento del proceso.

- **Método experimental**

Este método es totalmente visible debido a los datos obtenidos en el laboratorio para poder realizar los cálculos pertinentes partiendo desde la materia prima hasta el producto final que es el detergente líquido.

Para determinar los pesos de la materia prima se utilizó balanzas analíticas que permitan mayor exactitud en el pesaje.

Se determinó de temperatura, tiempo de extracción, al igual que el rendimiento obtenido de este proceso en conjunto.

Se realizó análisis fisicoquímicos para determinar los parámetros de cada materia prima utilizada para la elaboración de detergente líquido.

### 3.2.4 Técnicas

Las técnicas que se utilizaron son las siguientes:

#### 3.2.4.1 Determinación de pH

**Tabla 3-3** Determinación de pH

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>El pH determina el grado de basicidad o acidez de una solución acuosa.</p> <p>En determinadas disoluciones indica la concentración de iones hidrógeno <math>[H]^+</math> presentes.</p> <p>El pH neutro es 7, si es menor es ácida y si es mayor es básica.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• pH-metro</li><li>• Agua destilada</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Limpiar la sonda del medidor con agua destilada</li><li>• Sumergir la sonda en la solución patrón esperar que el medidor se estabilice, para que en la lectura dé pH 7.</li><li>• Sumergir una vez más la sonda y sumergir la sonda en la solución patrón esperar que el medidor se estabilice, para que en la lectura dé pH 4.</li><li>• Colocar la sonda en el líquido de muestra. Esperar que el medidor se estabilice.</li><li>• Leer el pH de la muestra.</li><li>• Limpiar la sonda del medidor con agua destilada y colocarla en la solución de almacenamiento,</li></ul>

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

### 3.2.4.2 Determinación de la densidad

**Tabla 4-3** Determinación de la densidad

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
La densidad muestra la relación existente entre la masa y el volumen de una sustancia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Picnómetro 10 mL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encender la balanza analítica. Esperar que se calibre y proceder a tarar.</li> <li>• Pesar el picnómetro vacío, con agua destilada y con la muestra.</li> <li>• Apagar la balanza</li> </ul>	$\rho_{liq} = \frac{m_{picnometro+liq} - m_{picnómetro}}{m_{picnometro+agua} - m_{picnómetro}}$ <p>Dónde:</p> <p><math>\rho_{liq}</math> = densidad del líquido (g/ mL)</p> <p><math>m_{picnometro+liq}</math> = masa del picnómetro + líquido (g)</p> <p><math>m_{picnometro+agua}</math> = masa del picnómetro + agua (g)</p> <p><math>m_{picnómetro}</math> = masa del picnómetro (g)</p>

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

### 3.2.4.3 Determinación de la viscosidad

**Tabla 5-3** Determinación de la viscosidad

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>La viscosidad en un fluido indica su resistencia a una deformación gradual originada por tensiones de tracción o cortantes</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viscosímetro digital de rotación</li> <li>• Vaso de precipitación de 100 ml.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar la muestra en el vaso de precipitación.</li> <li>• Comprobar que el equipo este nivelado</li> <li>• Seleccionar e instalar el usillo en el tornillo de unión</li> <li>• Encender el equipo y escogerla velocidad de rotación</li> <li>• Girar el mando de soporte para que</li> <li>• Descender el husillo del viscosímetro girando el mando de soporte. La superficie del líquido tiene que encajar con la marca del nivel del husillo.</li> <li>• Presionar el botón de inicio del viscosímetro, el cual hará que el husillo inicie a girar. Esperar que se estabilice en indique un valor.</li> <li>• Apretar el botón de parada del viscosímetro para iniciar la limpieza.</li> <li>• Apagar el equipo y guardar el usillo limpio.</li> </ul>

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

### 3.2.5 *Procedimiento a nivel de laboratorio*

#### 3.2.5.1 *Obtención de saponina del zumo de cabuya*

##### **Sustancias y Reactivos:**

- Agua destilada
- Alcohol etílico al 96% de pureza
- Zumo clarificado de cabuya

##### **Materiales y Equipos:**

- Papel filtro
- 2 vasos de precipitación de 150 mL
- Toallas de cocina
- Probeta de 25 mL
- Probeta de 100 mL
- Balón esmerilado de 500 mL
- Tapón con un orificio
- Termómetro
- Reverbero
- Equipo de destilación simple

##### **Procedimiento:**

- Colocar en la probeta de 100 mL, 75 mL de zumo de cabuya y aforarlo con 25 mL de alcohol etílico.
- Armar el equipo para destilación.
- El tiempo de destilación es de 90 min, se debe tener cuidado evitando que la temperatura suba a más de 100°C.
- Medir el volumen y colocar en un recipiente estéril.

### 3.2.5.2 *Obtención de saponina de la quinua escarificada*

#### **Sustancias y Reactivos:**

- Agua destilada
- Alcohol etílico al 96% de pureza
- Quinua escarificada

#### **Materiales y Equipos:**

- Papel filtro
- 2 vasos de precipitación de 150 mL
- Toallas de cocina
- Probeta de 25 mL
- Probeta de 100 mL
- Balón esmerilado de 250 mL
- Tapón con un orificio
- Termómetro
- Reverbero
- Equipo de destilación simple

#### **Procedimiento:**

- Remojar la quinua escarificada durante tres días con alcohol etílico en un recipiente estéril. Comprobar que en el transcurso de los días siga manteniendo un volumen adecuado de alcohol etílico.
- Escurrir y reservar la mezcla.
- Colocar en la probeta de 100 mL de la mezcla obtenida de quinua con alcohol.
- Armar el equipo para destilación.
- El tiempo de destilación es de 60 min, se debe tener cuidado evitando que la temperatura suba a más de 100°C.
- Una vez realizada la destilación se filtra para eliminar los residuos de grasa que se forman.
- Medir el volumen y colocar en un recipiente estéril.

### 3.2.5.3 *Obtención de saponina de chocho*

#### **Sustancias y Reactivos:**

- Agua destilada
- Alcohol etílico al 96% de pureza
- Chocho triturado

#### **Materiales y Equipos:**

- Papel filtro
- 2 vasos de precipitación de 150 mL
- Toallas de cocina
- Probeta de 25 mL
- Probeta de 100 mL
- Balón esmerilado de 250 mL
- Tapón con un orificio
- Termómetro
- Reverbero
- Equipo de destilación simple

#### **Procedimiento:**

- Triturar el chocho.
- Remojar el chocho triturado durante tres días con alcohol etílico en un recipiente estéril. Comprobar que en el transcurso de los días siga manteniendo un volumen adecuado de alcohol etílico.
- Escurrir y reservar la mezcla.
- Colocar en la probeta de 100mL de la mezcla obtenida de quinua con alcohol.
- Armar el equipo para destilación.
- El tiempo de destilación es de 60 min, se debe tener cuidado evitando que la temperatura suba a más de 100°C.
- Una vez realizada la destilación se filtra para eliminar los residuos de grasa que se forman.

- Medir el volumen y colocar en un recipiente estéril.

#### 3.2.5.4 *Obtención del detergente*

##### **Sustancias y Reactivos:**

- Agua destilada
- Ácido Sulfónico
- Vinagre

##### **Materiales y Equipos:**

- Saponina de cabuya
- Texapón
- Bicarbonato
- Conservante
- Aroma
- Color
- Envase de 500 mL
- Vaso de precipitación de 1000 mL
- Vaso de precipitación de 250 mL
- Vaso de precipitación de 150 mL
- Paleta de madera
- Una cuchara sopera
- Balanza analítica

##### **Procedimiento:**

- Colocar en el vaso de precipitación de 1000 mL el Texapón y agitar con la paleta de madera durante 15 a 20min.
- Añadir la saponina de chocho, quinua y cabuya sobre el Texapón y continuar agitando durante otros 15min.
- Aforar a 500 mL con agua destilada.

- Añadir el vinagre, bicarbonato, conservante y color al gusto y agitar vigorosamente.
- Realizar el envasado del detergente líquido

### 3.2.6 Datos

#### 3.2.6.1 Saponina

**Tabla 6-3** Datos obtenidos de la saponina

Saponina	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad (kg/ms)
Cabuya	1,110	386,8
Chocho	1,112	387,8
Quinoa	1,113	387,8

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

#### 3.2.6.2 Extrusor de rodillos

**Tabla 7-3** Datos del extrusor de rodillos

Parámetro	Valor	Unidad
Dimensiones (L*W*H)	500 * 360 * 565	cm
Capacidad	1501 – 2000	mL
Salida	350 – 400	Kg/h

Fuente: Costa López, J; et al. Curso de Ingeniería Química.

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

### 3.2.6.3 Filtro prensa

**Tabla 8-3** Datos de un filtro prensa

Parámetros	Valor	Unidades
Q	0.11	m <sup>3</sup> /h
Horas trabaj	10	h/d
T deshidrat	1.5	h
L	0.8	m
A	0.8	m
E	0.025	m
Capacidad	5	pies <sup>3</sup> torta/h
Altura	0.3	m
Ancho	1	m

Fuente: PERRY.R., Manual del Ingeniero Químico.

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

### 3.2.6.4 Datos para los cálculos del destilador

**Tabla 9-3** Datos para el destilador

Temperatura	Líquido	Vapor	X	Y
109,43	0	0	0	0
106,9	5	6,3	0.019	0.17
101,79	15	17,6	0.0721	0.3891
97,45	25	26,4	0.0966	0.4375
88,28	30	42,5	0.1238	0.4704
82,94	33	54,7	0.1661	0.5089
78,44	35	63,5	0.2337	0.548
74,95	40	69,4	0.2608	0.558
72,38	45	73,8	0.3273	0.583
70,38	50	77,6	0.3965	0.6122
68,78	55	80,6	0.5079	0.6564
67,19	60	83	0.5198	0.6599
65,67	65	85	0.5732	0.6841
64,39	70	86,7	0.6763	0.7385
63,32	75	88,3	0.7472	0.7815
62,24	85	89,8	0.8954	0.8954
60,33	95	91,3	0.93	0.92

59,5	97	92,8	0,97	0,96
	100	100	1,00	1,00

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

Fuente: PERRY.R., Manual del Ingeniero Químico.

**Tabla 10-3** Datos para etanol- agua

Parámetros	Metanol	Agua	Unidades
Cp	0,68	1	cal/g C
$\lambda$	25,8	80	cal/g C
Tb	78,6	100	C
PM	46	18	g/mol
M	1,2	1	c P
P	789	1000	kg/m <sup>3</sup>
fracción	0,4	0,45	
RD	3,5		

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

Fuente: PERRY.R., Manual del Ingeniero Químico.

**Tabla 11-3** Datos adicionales

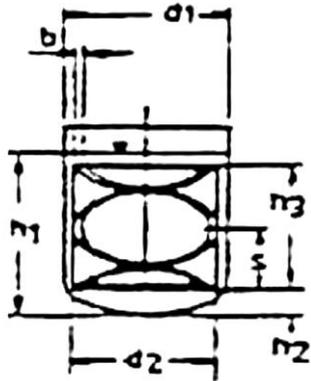
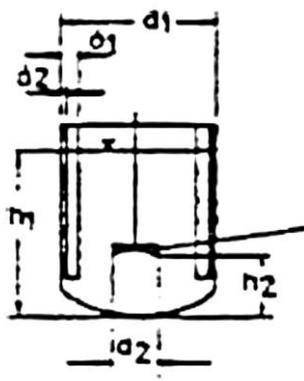
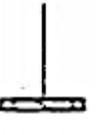
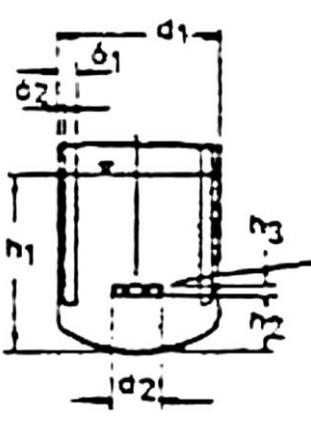
Parámetros	Valor	Unidades
K	2	Adimensional
P	0,71	At
R	0,08202	L*at/Kmol*K
T	293	K
Distancia entre platos	0.1	m
$\Pi$	3,1416	Adimensional
V	10	mL
XW	0,15	
XF	0,75	
XD	0,85	
F	100	mL

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

Fuente: PERRY.R., Manual del Ingeniero Químico.

3.2.6.5 Sistema de agitación

**Tabla 12-3** Proporciones geométricas de un sistema de agitación estándar

DENOMINACIÓN	SÍMBOLO	GEOMETRÍA
Agitador helicoidal		 $h_1/d_1 = 1,0$ $d_2/d_1 = 0,98$ $b/d_2 = 0,1$ $h_3/d_2 = 1,0$ $s/d_2 = 0,5$ $h_2/d_1 = 0,01$
Agitador de hélice		 $h_1/d_1 = 1,0$ $d_2/d_1 = 0,33$ $h_2/d_1 = 0,33$ $\alpha = 25^\circ$ $\delta_1/d_1 = 0,1$ $\delta_2/d_1 = 0,01$
Agitador con palas planas inclinadas		 $h_1/d_1 = 1,0$ $d_2/d_1 = 0,337$ $h_2/d_1 = 0,17 - 0,34$ $h_3/d_2 = 0,177$ $\alpha = 45^\circ$ $\delta_1/d_1 = 0,1$ $\delta_2/d_1 = 0,02$

Fuente: PERRY.R., Manual del Ingeniero Químico.

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

### 3.2.6.6 Envasadora

**Tabla 13-3** Anchos de bandas normalizadas

ANCHOS DE BANDAS NORMALIZADOS											
400	500	600	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

Fuente: PERRY.R., Manual del Ingeniero Químico.

## 3.3 Proceso de producción

### 3.3.1 Operaciones unitarias del proceso

Una operación unitaria es una actividad básica, en un proceso implica: adecuación, transporte y/o transformación de la materia prima (López et al., 1991: pág.36)

En el proceso se determinó las siguientes operaciones unitarias:

#### **Molienda**

La molienda no altera la naturaleza de la materia, solo sucede una transformación física. Su principal objetivo es producir partículas pequeñas a partir de otras más grandes (Warren et al., 1991: p.890)

#### **Destilación**

La destilación consiste en separar dos o más componentes de una mezcla líquida por diferencia de temperatura. Mediante la ebullición de la mezcla se desprenderán vapores ricos en componentes volátiles y se denominarán destilado, los componentes menos volátiles quedarán en el residuo. Si la mezcla a destilar posee solo dos componentes se manifiesta una destilación Binaria, y si abarca más recibe el nombre de destilación Multicomponente (Ocon García, Joaquín & Tojo Barreiro, Gabriel, 1993: p.280).

## **Agitación**

La agitación es una operación mecánica que consiste en crear movimientos irregulares y violentos con la finalidad de obtener una mezcla homogénea. Los líquidos se agitan generalmente en tanques o recipientes de forma cilíndrica y equipada de un eje vertical: si se genera corrientes paralelas al agitador se los llama agitadores de tipo Axial y los que originan corrientes en dirección tangencial se los llama agitadores de tipo Radial (Warren et al., 1991: p.242).

## **Mezclado**

El término mezcla, mezclado se refiere al grado de uniformidad entre dos o más componentes al conseguir la máxima interposición entre materiales, que pueden ser miscible o no miscible (Warren et al., 1991: p.242).

## **Envasado**

El envasado garantiza el transporte, almacenamiento y entrega segura de un producto al consumidor. El envasado utiliza una gran variedad de materiales, tales como: vidrio, plásticos, papel, cartón, etc. (Wilkinson et al., 1990: p.941).

### **3.3.2 Variables de proceso**

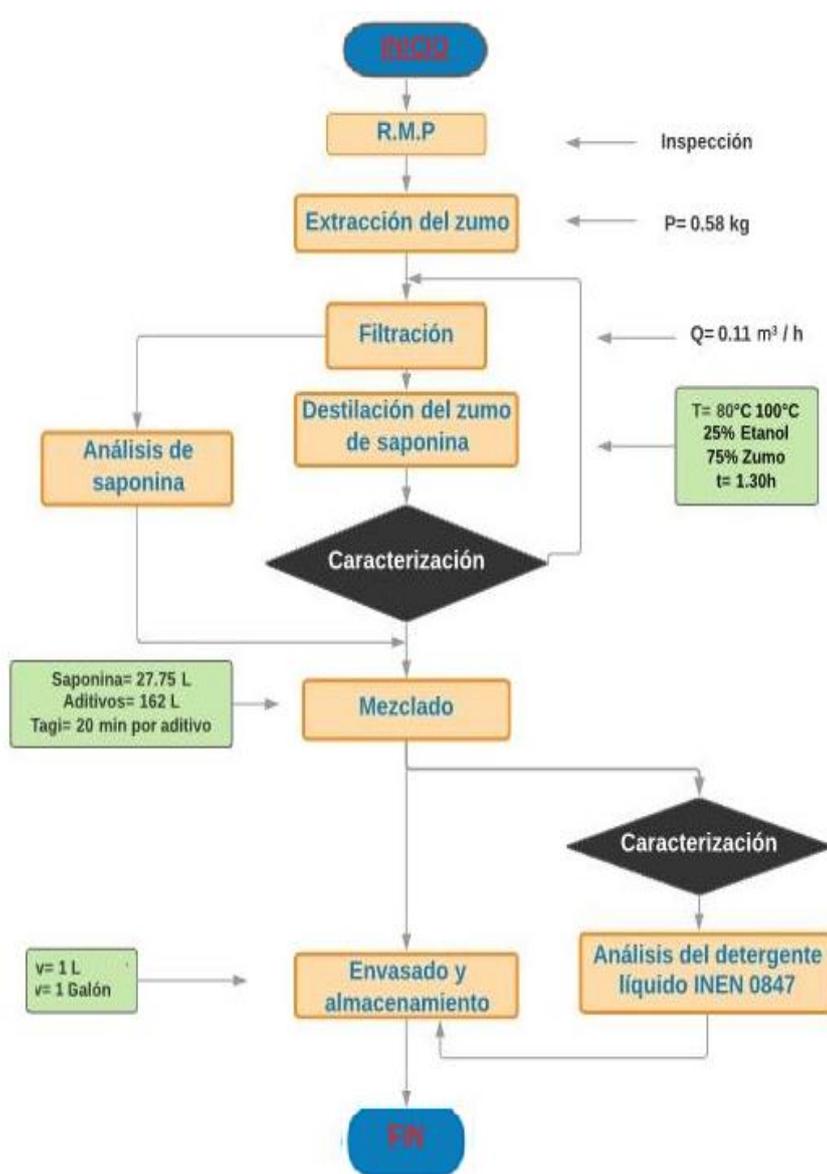
Durante el desarrollo de nuestro proyecto se pudo determinar las variables que intervienen y son de gran importancia estos son:

- El grado de molienda de la penca de cabuya debido a que de esto depende aprovechar al máximo la cantidad de zumo.
- La porosidad de los filtros de manera especial para el zumo de cabuya ya que necesitamos eliminar todos los residuos sólidos para evitar que en el proceso de extracción se quemara la muestra.
- La temperatura de destilación no debe sobrepasar de los 100°C, debido a que si esto ocurre la saponina se desestabiliza y empieza a burbujear produciendo una turbulencia en el

condensador y puede producir una ruptura del equipo debido a la presión con que se expande la saponina.

- El tiempo de extracción de la saponina es de 1:30 horas.
- La fuente de calor debe ser constante para que no exista un desfase en el tiempo de extracción.
- El grado de agitación debe ser vigoroso ya que de ello depende que se produzca una adecuada mezcla de los componentes del detergente.

### 3.3.3 Diagrama del proceso



**Figura 3-3:** Diagrama del proceso

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

### 3.3.3.1 *Descripción del proceso para la elaboración del detergente líquido*

#### **Recepción de la materia prima**

La materia prima para nuestro proceso es la cabuya la cual debe ingresar en condiciones óptimas, es decir: debe ser libre de plagas, se requiere que sea totalmente fresca caso contrario sufre un proceso acelerado de fermentación. Se debe evitar que la cabuya se golpee durante el traslado hacia la fábrica. Una vez que haya ingresado a la planta se procede a un lavado profundo para eliminar toda la cantidad de tierra o impurezas.

#### **Extracción del zumo**

Luego de haber realizado la limpieza de la materia prima se procede a la extrusión de la cabuya, este punto es muy importante porque de ello depende obtener la mayor cantidad de zumo posible, se recomienda que en esta parte del proceso evitemos el contacto del zumo con la piel debido a que es un líquido irritante.

#### **Filtración**

La etapa de filtración nos garantiza que no haya partículas sólidas, en el zumo de cabuya se produce una torta con un espesor considerable por lo cual hacemos uso de un filtro prensa, debido a que su aspecto es como lodo que se forma en un tratamiento de agua, luego de esta filtración se obtendrá un zumo clarificado, es muy importante tener en cuenta esta fase, para que posteriormente en la etapa de filtración no se quemé la muestra y produzca pérdidas de materiales y económicos.

#### **Destilación del zumo de cabuya para obtener saponina**

En la etapa de destilación se tiene en cuenta la temperatura a la que debe ebulir el zumo, dado que si sobrepasa los 100°C existe un desequilibrio de la saponina, este empieza a burbujear y la presión que se forma hace que la saponina suba hacia el condensador perdiendo de esta manera

la materia prima para la elaboración del detergente. El tiempo estimado experimentalmente es de una hora y treinta minutos, aunque se puede disminuir el tiempo aumentando la cantidad de calor, pero con el riesgo de que se desestabilice la muestra. En esta fase además se recupera el solvente utilizado de tal manera que podemos reutilizar este solvente.

### **Segunda Filtración**

La segunda filtración puede ser opcional debido a que depende de la composición de la cabuya hay veces que después del destilado se forma una capa de grasa en el que se recomienda realizar una filtración previa para evitar complicaciones posteriores (aparición de grumos en el detergente), pero en otras ocasiones esto no es necesario.

### **Análisis de saponina**

Para determinar si la saponina está en óptimas condiciones se procede a su caracterización obteniendo las siguientes propiedades: densidad, temperatura, pH, IR, °Brix.

### **Mezclado**

En esta fase como podemos darnos cuenta se procede a la mezcla de los aditivos que contendrá nuestro detergente, se recomienda que la agitación sea vigorosa para obtener mejores resultados, el tiempo de agitación se recomienda que sea de 20 minutos por cada aditivo utilizado para que la homogenización se total.

### **Análisis del detergente**

Para ofrecer un buen producto se realiza los respectivos análisis fisicoquímicos del detergente líquido los cuales son materia activa, materia grasa, alcalinidad total, fosfatos, pH, Biodegradabilidad.

## Envasado y almacenamiento

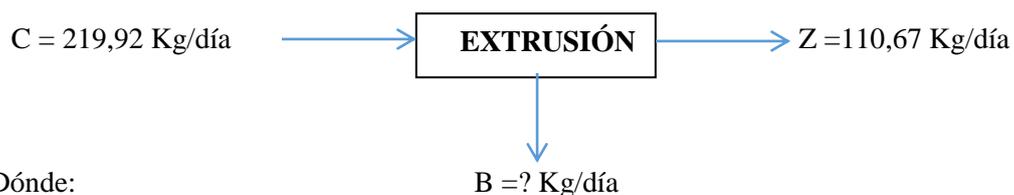
Finalmente llega la etapa de envasado en el cual por estrategia de marketing se ha decidido utilizar envases de 1 litro y 1 galón, ya que son las presentaciones más comunes que están en el mercado. Una vez envasado saldrá al área de almacenamiento y posteriormente se realizará la distribución a los distintos puntos de venta.

### 3.3.4 Balance de masa y energía

Un balance de materia está basado en la ley de conservación de la Materia la cual manifiesta que la masa que entra al sistema debe ser igual a la que sale más la acumulada en el proceso. De igual manera un balance de energía está basado en la ley de conservación de la Energía la cual manifiesta que toda la energía que entra al proceso debe ser igual a la que sale más la que queda en el proceso (Geankopolis, 1998 pág. 66).

Se realizará un balance de masa para cada operación unitaria con los datos obtenidos a escala de laboratorio.

#### 3.3.4.1 Extrusor



Dónde:

C = Masa de Cabuya (Kg/día)

Z = Masa del zumo de cabuya (Kg/día)

B = Masa de Bagazo de la cabuya (Kg/día)

**Ecuación 1-3:** Masa de cabuya (Kg/día)

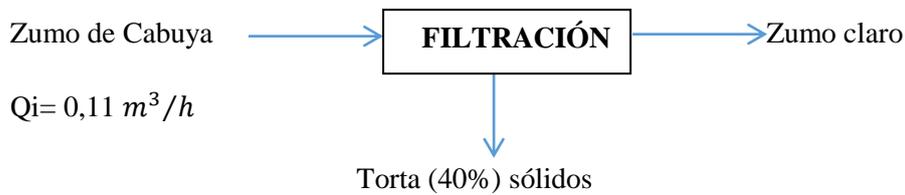
$$C = Z + B$$

$$B = C - Z$$

$$B = 219,92 \text{ kg/día} - 110,67 \text{ kg/día}$$

$$B = 109,24 \text{ Kg/día}$$

### 3.3.4.2 Filtro prensa



- **Cálculo del caudal de salida del lodo**

**Ecuación 2-3:** Caudal de salida del lodo ( $m^3/h$ )

$$Q_1 = Q_{x_i} - Q_{1_{x_1}}$$

Dónde:

$Q$  = Caudal de entrada del zumo cabuya ( $m^3/h$ )

$X_i$  = Fracción molar alimentación

$Q_1$  = Caudal de salida de lodo ( $m^3/h$ )

$X_i$  = Fracción molar salida

$$Q_1 = \frac{0,022}{0,40}$$

$$Q_1 = 0,055 \frac{m^3}{h}$$

- **Zumo clarificado queda**

**Ecuación 3-3:** Caudal entrante ( $m^3/h$ )

$$Q_e = Q_{T_1} + Q_{T_a}$$

Dónde:

$Q_e$  = Caudal entrante ( $m^3/h$ )

$Q_{T1}$  = Caudal de salida ( $m^3/h$ )

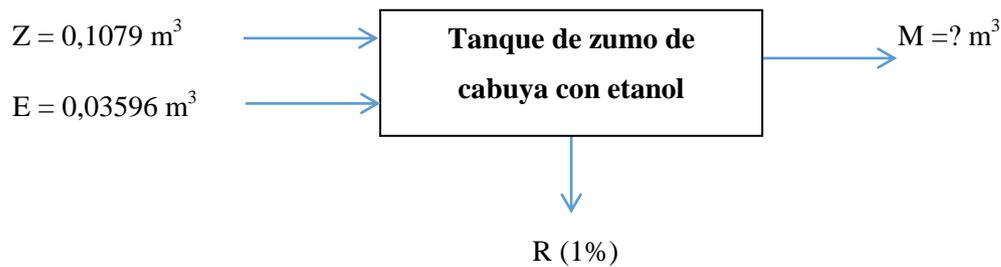
$Q_{Ta}$  = Caudal de zumo clarificado ( $m^3/h$ )

$$Q_{Ta} = 0,11 - 0,05$$

$$Q_{Ta} = 0,055 \frac{m^3}{h}$$

El valor obtenido concuerda con lo antes mencionado experimentalmente que el volumen de lodo que se forma es del 40-50%.

### 3.3.4.3 *Tanque de almacenamiento de zumo de cabuya con etanol*



Dónde:

$Z$  = Volumen de zumo de cabuya ( $m^3$ )

$E$  = Volumen de etanol ( $m^3$ )

$M$  = Mezcla de cabuya-etanol ( $m^3$ )

$R$  = Volumen de residuo ( $m^3$ )

**Ecuación 4-3:** Mezcla de cabuya-etanol ( $m^3$ )

$$Z + E = M + R$$

$$M = Z + E - R$$

$$M = 0,1079 + 0,03596 - 0,1$$

$$M = 0,044 m^3$$

#### 3.3.4.4 Destilador simple

- **Balance de masa**

**Ecuación 5-3:** Alimentación (*kg/h*)

$$F = D + W$$

Dónde:

F = Alimentación (*kg/h*)

D = Destilado (*kg/h*)

W = Residuo (*kg/h*)

$$100 = D + W$$

$$W = 100 - D$$

#### **Balance de masa parcial**

Se realiza al alcohol etílico debido a que es más volátil

**Ecuación 6-3:** Destilado (*kg/h*)

$$FX_{FT} = DX_{DT} + WX_{WT}$$

Dónde:

F = Alimentación (*kg/h*)

$x_{FT}$  = Fracción de etanol en la alimentación

D = Destilado(*kg/h*)

$x_{DT}$  = Fracción del destilado del etanol

W = Residuo (*kg/h*)

$x_{WT}$  = Fracción del residuo

$$(100)(0,75) = (0,85D) + (100 - D)(0,15)$$

$$75 = 0,85D + 15 - 0,15D$$

$$D = 85,71 \text{ ml/h}$$

Reemplazando el valor de D de la Ecuación 5-3 se tiene:

$$W = 100 - 85,71$$

$$W = \frac{14,29 \text{ mL}}{\text{h}}$$

- **Balance de energía**

### **Balance del condensador**

**Ecuación 7-3:** Calor del condensador (*kcal/h*)

$$Q_C = V * \lambda_m$$

Dónde:

$Q_C$  = Calor del condensador (*kcal/h*)

$V$  = Caudal de vapor (*kcal/h*)

$\lambda_m$  = Calor latente de la mezcla (*kcal/kg*)

$$Q_C = 0,63(0,85 * 25,8) + (15 * 80)$$

$$Q_C = 769,82 \text{ Kcal/h}$$

- **Cálculo del calor suministrado**

**Ecuación 8-3:** Calor suministrado (*kcal/h*)

$$Q_B + H_F = Q_C + H_D + H_W$$

Dónde:

$Q_B$  = Calor (*kcal/h*)

$H_F$  = Entalpía de alimentación (*kcal/h*)

$Q_C$  = Calor del condensador (*kcal/h*)

$H_D =$  Entalpía del destilado (kcal/h)

$H_W =$  Entalpía del residuo (kcal/h)

- **Cálculo de la entalpía de alimentación**

**Ecuación 9-3:** Entalpía de alimentación (kcal/h)

$$H_F = m * C_{Pmed} * \Delta T$$

Dónde:

$H_F =$  Entalpía de alimentación (kcal/h)

$m =$  Masa de la alimentación(kcal/h)

$C_{Pmed} =$  Capacidad calorífica específica(kcal/kgC)

$\Delta T =$  Variación de la temperatura (C)

$$H_F = 0,079 * 0,72 * (78 - 20)$$

$$H_F = 3,30Kcal/h$$

- **Cálculo de la entalpía del residuo**

**Ecuación 10-3:** Entalpía de residuo (kcal/h)

$$H_W = m * C_{PAmed} * \Delta T$$

Dónde:

$H_W =$  Entalpía del residuo (kcal/h)

$m =$  Masa del agua en el residuo(kcal/h)

$C_{Pmed} =$  Capacidad calorífica específica del agua (kcal/kgC)

$\Delta T =$  Variación de la temperatura (C)

$$H_W = 0,095 * 1 * (100 - 20)$$

$$H_W = 7,6Kcal/h$$

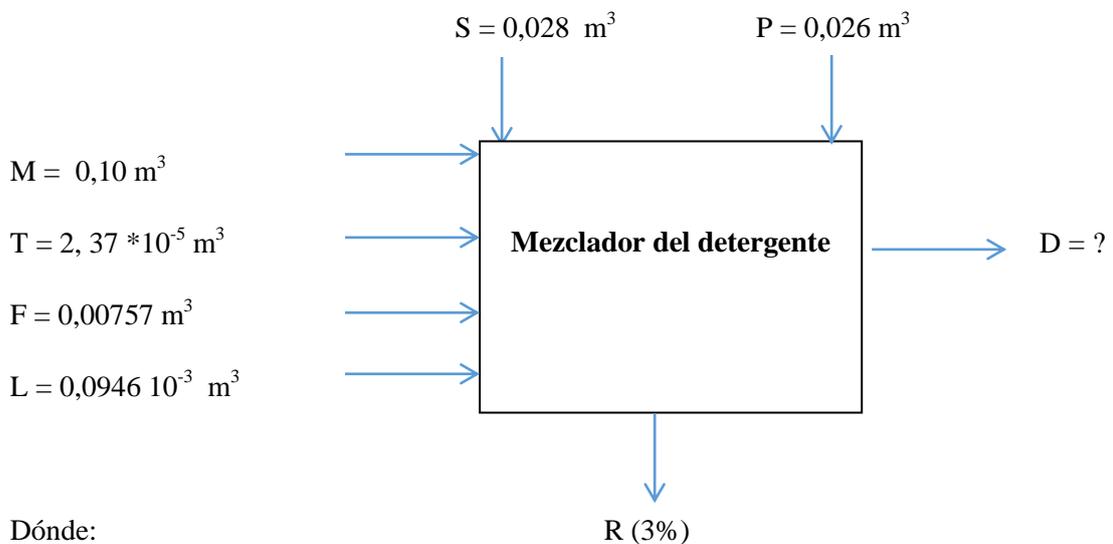
Reemplazando en la Ecuación 8-3 se tiene:

$$Q_B = Q_C + H_W - H_F$$

$$Q_B = 769,82 + 7,6 - 3,30$$

$$Q_B = 774,12 \text{Kcal/h}$$

### 3.3.4.5 Agitador del detergente



Dónde:

M = Volumen de la mezcla de agua, conservante, vinagre, bicarbonato ( $\text{m}^3$ )

T = Volumen de aromatizante ( $\text{m}^3$ )

F = Volumen de ácido sulfónico ( $\text{m}^3$ )

P = Volumen de texapón ( $\text{m}^3$ )

S = Volumen de saponina ( $\text{m}^3$ )

L = Volumen de colorante ( $\text{m}^3$ )

R = Volumen de residuo ( $\text{m}^3$ )

D = Volumen del detergente ( $\text{m}^3$ )

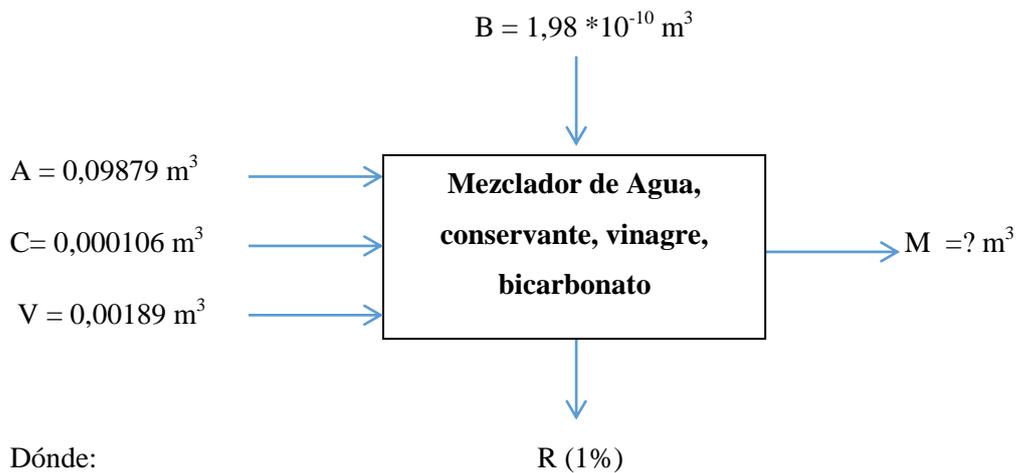
**Ecuación 11-3:** Volumen del detergente ( $\text{m}^3$ )

$$D = M + T + F + P + S + L - R$$

$$D = 0,10 + 2,37 * 10^{-5} + 0,00757 + 0,0946 * 10^{-3} + 0,028 + 0,026 - 0,0048$$

$$D = 0,155 \text{ m}^3$$

### 3.3.4.6 Agitador de aditivos



A = Volumen de agua ( $\text{m}^3$ )

C = Volumen de conservante ( $\text{m}^3$ )

V = Volumen de vinagre ( $\text{m}^3$ )

B = Volumen de bicarbonato ( $\text{m}^3$ )

M = Volumen de la mezcla ( $\text{m}^3$ )

**Ecuación 12-3:** Volumen de la mezcla ( $\text{m}^3$ )

$$A + C + V + B = R + M$$

$$M = A + C + V + B - R$$

$$M = 0,09879 + 0,000106 + 0,00189 + 1,98 * 10^{-10} - 0,00099$$

$$M = 0,10 \text{ m}^3$$

### 3.3.5 Cálculos

#### 3.3.5.1 Diseño del extrusor de rodillos

En esta máquina tres rodillos girarán uno hacia al otro. La cabuya quedará atrapada y arrastrada entre los rodillos y sufrirá una fuerza de compresión que permite su trituración.

- **Carga de alimentación ( $m^0$ )**

Permite determinar la carga de materia prima a utilizarse en la entrada del proceso de producción (trituración), lo cual indica el peso y el tiempo según lo especificado.

$$m^0 = 219,92 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * \frac{\text{día}}{24\text{h}} = 9,16 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$
$$m^0 = 9,16 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} * \frac{\text{hora}}{60 \text{ min}} = 0,153 \frac{\text{kg}}{\text{minuto}}$$

- **Porcentaje de fibra de la cabuya**

**Ecuación 13-3:** Porcentaje de fibra de cabuya

$$\mathcal{F} = \frac{\text{Bagazo en 219,92 kg de cabuya}}{10} - 0,4$$

Dónde:

$\mathcal{F}$  = Fibra de la cabuya

$$\mathcal{F} = \frac{109,24}{10} - 0,4$$

$$\mathcal{F} = 10,52$$

- **Potencia total requerida (P)**

### **Número de rodillos**

El número de establecido es de tres rodillos por recomendación bibliográfica, serán ubicados uno con respecto al otro formando un triángulo equilátero lo que permitirá que la trituración de la cabuya se de en una forma suave y progresiva

### **Diámetro de los rodillos**

**Ecuación 14-3:** Diámetro de los rodillos (m)

$$L = 1,5 * D$$

Dónde:

L = Largo de los cilindros (m)

D<sub>C</sub> = Diámetro de los cilindros (m)

$$D_C = \frac{L}{1.5}$$

$$D_C = \frac{0,17}{1.5}$$

$$D_C = 0,11 \text{ m}$$

### **Carga Fibrosa del Molino**

**Ecuación 15-3:** Carga fibrosa del molino ( $kg/m^2$ )

$$q = K * \delta * \mathcal{F}$$

Dónde:

q = Carga Fibrosa del molino ( $kg/m^2$ )

K = Espesor Mínimo de bagazo comprimido (m)

δ = Densidad del bagazo comprimido

$\mathcal{F}$  = Fibra de la cabuya

$$q = 0,003 * 1026 * 0,1052$$

$$q = 0,003 * 1026 * 0,1052$$

$$q = 0,324 \text{ kg/m}^2$$

### **Carga Fibrosa específica**

**Ecuación 16-3:** Carga de alimentación ( $\text{kg/m}^3$ )

$$\zeta = \frac{q}{D}$$

Dónde:

$\zeta$  = Carga de alimentación ( $\text{kg/m}^3$ )

$D_C$  = Diámetro de los cilindros (m)

$$\zeta = \frac{0,324}{0,11}$$

$$\zeta = 2,95 \text{ kg/m}^3$$

### **Potencia consumida por la compresión del bagazo**

**Ecuación 17-3:** Potencia consumida por la compresión del bagazo (Hp)

$$P_{cb} = 0,5 * m^0 * N * D_C * \sqrt{\frac{\zeta}{\delta * \mathcal{F}}}$$

Dónde:

$P_{cb}$  = Potencia consumida por la compresión del bagazo (Hp)

$L$  = Largo de los cilindros (m)

$D_C$  = Diámetro de los cilindros (m)

$n$  = Velocidad de rotación de los cilindros en rpm

$\zeta$  = Carga Fibrosa Específica (kg/m<sup>3</sup>)

$\delta$  = Densidad del bagazo comprimido

$$P_{cb} = 0,5 * 0,023 * 12 * 0,11 * \sqrt{\frac{2,95}{1026 * 0,1052}}$$

$$P_{cb} = 0,0025 \text{ Hp}$$

### **Potencia consumida por la fricción entre los ejes y los soportes**

**Ecuación 18-3:** Potencia consumida por el rozamiento (Hp)

$$P_{cr} = 0,7 * \mu_m * m^0 * D$$

Dónde:

$P_{cr}$  = Potencia consumida por el rozamiento (Hp)

$\mu_m$  = 0,13 Coeficiente de fricción entre acero - acero

$D$  = Diámetro de los cilindros (m)

$m^0$  = Carga de alimentación (ton)

$$P_{cr} = 0,7 * 0,13 * 0,56 * 0,11$$

$$P_{cr} = 0,0057 \text{ Hp}$$

### **Potencia consumida por el movimiento que se da a los conductores intermedios**

**Ecuación 19-3:** Potencia consumida por el movimiento que se da a los conductores intermedios (Hp)

$$P_{cmci} = 1,9 \ln D$$

Dónde:

$P_{cmci}$  = Potencia consumida por el movimiento que se da a los conductores intermedios (Hp)

$D$  = Diámetro de los cilindros (m)

$$P_{cmci} = 1,9 \ln 0,11$$

$$P_{cmci} = 1,82 \text{ Hp}$$

### Potencia total del molino

**Ecuación 20-3:** Potencia total del molino (Hp)

$$P_{\text{molino}} = P_{cmci} + P_{cr} + P_{cb}$$

$$P_{\text{molino}} = 1,82 + 0,0025 + 0,0057$$

$$P_{\text{molino}} = 1,83 \text{ Hp} \approx 1363,09 \text{ W}$$

Se utiliza un factor de seguridad del 10%

$$P = 2 \text{ Hp}$$

#### 3.3.5.2 *Diseño de un tanque contenedor de zumo de cabuya*

$V_{\text{cabuya}}$  = Volumen de cabuya ( $\text{m}^3$ )

$m$  = Masa de cabuya (kg)

$\rho$  = Densidad de la mezcla de cabuya y alcohol ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$$V_{\text{cabuya}} = 0,1079 \text{ m}^3 \approx 107,873 \text{ l}$$

**Ecuación 21-3:** Volumen de seguridad ( $\text{m}^3$ )

$$x = V_T * 0,15$$

Dónde:

$x$  = Volumen de seguridad ( $\text{m}^3$ )

$V_T$  = Volumen del tanque ( $\text{m}^3$ )

$fs = 0,15$  factor de seguridad

$$x = 0,0162\text{m}^3$$

- **Volumen total del tanque**

**Ecuación 22-3:** Volumen total del tanque ( $\text{m}^3$ )

$$V = V_T + x$$

$$V = 0,1079 + 0,0162$$

$$V = 0,124 \text{ m}^3$$

- **Diámetro del tanque**

**Ecuación 23-3:** Diámetro del tanque (m)

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{4 * V}{1,2 * \pi}}$$

Dónde:

V = Volumen del tanque ( $\text{m}^3$ )

r = Radio (m)

$\phi$  = Diámetro (m)

$$\phi = \sqrt[3]{0,176}$$

$$\phi = 0,51\text{m}$$

- **Altura del tanque**

**Ecuación 24-3:** Altura del tanque (m)

$$h = 1,2 \phi$$

Dónde:

h = altura del tanque (m)

$\emptyset$  = Diámetro (m)

$$h = 1,2 * 0,56$$

$$h = 0,61 \text{ m}$$

### **Altura y diámetro total**

**Ecuación 25-3:** Altura total (m)

$$h_t = h + 0,025$$

$$h_t = 0,61 + 0,025$$

$$h_t = 0,64 \text{ m}$$

**Ecuación 26-3:** Diámetro total (m)

$$\emptyset_t = \emptyset + 0,05$$

$$\emptyset_t = 0,5 + 0,05$$

$$\emptyset_t = 0,56 \text{ m}$$

#### 3.3.5.3 *Diseño de un filtro prensa*

### **Cálculo del volumen de lodo a deshidratar**

Con los cálculos de los equipos anteriores sabemos que tenemos un caudal de entrada de 0,11 m<sup>3</sup>/h. Mediante los análisis en laboratorio se determinó que se produce un 40% - 50% en volumen de lodo, concentrándose los sólidos a la entrada del filtro del 20% - 30% por lo que el volumen sería:

**Ecuación 27-3:** *Volumen del lodo que va a se deshidratado en el filtro (m<sup>3</sup>/h)*

$$\text{Volumen} = Q_{\text{entrada}} * \% \text{lodo}$$

Dónde:

Volumen = Volumen del lodo que va a se deshidratado en el filtro ( $m^3/h$ )

%lodo = Porcentaje del lodo retenido en el filtro

Volumen =  $0,11 * 0,5$

Volumen =  $0,055m^3/h$

Volumen =  $0,055 * 0,30$

Volumen =  $0,017m^3/h$

- **Cálculo del número de placas y marcos**

Comercialmente se puede adquirir un filtro de capacidad 5  $pies^3$ torta/h similar a la cantidad de nuestro volumen. Cuyas placas y marcos son de 80\*80cm y con un espesor de 2,5cm una vez obtenido estos datos podemos calcular el volumen de torta.

**Ecuación 28-3:** *Número de placas y marcos que tendrá el filtro*

$$\#placas\ y\ marcos = \frac{C_{filtro}}{V_{torta}}$$

Dónde:

#placas y marcos = Número de placas y marcos que tendrá el filtro

$C_{filtro}$  = Capacidad del filtro ( $pies^3$ )

- **Cálculo del volumen de la torta**

**Ecuación 29-3:** *Volumen de la torta que se forma en el filtro ( $pies^3$ )*

$$V_{torta} = L * A * e$$

Dónde:

$V_{torta}$  = Volumen de la torta que se forma en el filtro ( $pies^3$ )

L = Largo de las placas (m)

A = Ancho de las placas (m)

e = Espesor de las placas (m)

$$V_{\text{torta}} = 0,80 * 0,80 * 0,025$$

$$V_{\text{torta}} = 0,016 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{torta}} = 0,57 \text{ pies}^3$$

Reemplazando en la Ecuación 28-3 tenemos:

$$\# \text{placas y marcos} = \frac{5}{0,57}$$

$$\# \text{placas y marcos} = 9$$

- **Encapsulado de lodos**

Para el diseño de la mampostería para el encapsulado se realizó los siguientes cálculos:

### **Cálculo del número de paradas**

**Ecuación 30-3:** *Paradas que realizarán los filtros prensa*

$$\# \text{de paradas} = \frac{t}{t_{\text{deshidratacion}}}$$

Dónde:

#de paradas = Paradas que realizarán los filtros prensa

t = Tiempo de operación de los filtros (h/día)

$t_{\text{deshidratacion}}$  = Tiempo necesario para eliminar el zumo (h)

$$\# \text{de paradas} = \frac{10}{1,5}$$

$$\# \text{de paradas} = 7$$

### **Cálculo del volumen para el encapsulado**

**Ecuación 31-3:** *Volumen de lodo a encapsular (m<sup>3</sup>)*

$$V_{\text{encapsulado}} = \text{Volumen} * \#\text{filtro} * t_{\text{desh.}} * \#\text{paradas}$$

Dónde:

Volumen = Volumen de lodo a encapsular (m<sup>3</sup>)

#filtro = filtros prensa que estarán en funcionamiento

t<sub>deshidratacion</sub> = Tiempo necesario para eliminar el zumo (h)

#de paradas = Paradas que realizarán los filtros prensa

$$V_{\text{encapsulado}} = 0,017 * 1 * 1,5 * 7$$

$$V_{\text{encapsulado}} = 0,18\text{m}^3$$

Factor de seguridad 1.5

$$V_{\text{encapsulado}} = 0,27\text{m}^3$$

### **Cálculo del lado del recipiente**

Comercialmente podemos conseguir recipientes de 0,3m de altura y 1m de ancho

**Ecuación 32-3:** *Volumen del recipiente (m<sup>3</sup>)*

$$V_{\text{recip}} = * L * A * a$$

$$L = \frac{V}{A * a}$$

Dónde:

V = Volumen del recipiente (m<sup>3</sup>)

A = Ancho sugerido para el recipiente (m)

a = Altura del recipiente (m)

$$L = \frac{0,27}{1 * 0,3}$$

$$L = 0,45\text{m}$$

#### 3.3.5.4 *Tanque de almacenamiento de zumo de cabuya con etanol*

$V_{\text{cabuya}}$  = Volumen de cabuya ( $\text{m}^3$ )

$m$  = Masa de cabuya (kg)

$\rho$  = Densidad de la mezcla de cabuya y alcohol ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$$V_{\text{cabuya}} = 0,1079 \text{ m}^3 \approx 107,873 \text{ l}$$

$V_{\text{etanol}}$  = Para un volumen de  $0,1079 \text{ m}^3$  se necesitan  $0,190 \text{ m}^3$  de solvente

**Ecuación 33-3:** Suma de volúmenes ( $\text{m}^3$ )

$$V_{\text{TA}} = V_{\text{cabuya}} + V_{\text{etanol}}$$

$$V_{\text{TA}} = 0,1079 + 0,03596$$

$$V_{\text{TA}} = 0,144 \text{ m}^3$$

Se requiere un volumen total de  $0,03596 \text{ m}^3$  y este valor se multiplica por un factor de seguridad de 0,15 para evitar del desbordamiento

Se utilizó la **Ecuación 21-3**

$$x = V_{\text{T}} * 0,15$$

Dónde:

$x$  = Volumen de seguridad ( $\text{m}^3$ )

$V_{\text{T}}$  = Volumen del tanque ( $\text{m}^3$ )

$fs = 0,15$  factor de seguridad

$$x = 0,144 * 0,15$$

$$x = 0,022\text{m}^3$$

- **Volumen total del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 22-3**

$$V = V_T + x$$
$$V = 0,144 + 0,022$$
$$V = 0,166 \text{ m}^3$$

- **Diámetro del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 23-3**

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{4 * V}{1,2 * \pi}}$$

Dónde:

V = Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

r = Radio (m)

$\emptyset$  = Diámetro (m)

$$\emptyset = \sqrt[3]{0,176}$$

$$\emptyset = 0,56\text{m}$$

- **Altura del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 24-3**

$$h = 1,2 \emptyset$$

Dónde:

h = altura del tanque (m)

$\emptyset$  = Diámetro (m)

$$h = 1,2 * 0,56$$

$$h = 0,67 \text{ m}$$

### **Altura y diámetro total**

Se utilizó la **Ecuación 25-3**

$$h_t = h + 0,025$$

$$h_t = 0,67 + 0,025$$

$$h_t = 0,70 \text{ m}$$

Se utilizó la **Ecuación 26-3**

$$\phi_t = \phi + 0,05$$

$$\phi_t = 0,56 + 0,05$$

$$\phi_t = 0,610 \text{ m}$$

#### 3.3.5.5 *Diseño de una torre de destilación*

- **Cálculo del Cpmedio**

**Ecuación 34-3:** *Capacidad calorífica específica (kcal/KgC)*

$$Cp_{\text{medio}} = \sum x_i * C_{pi}$$

Dónde:

$Cp_{\text{medio}}$  = Capacidad calorífica específica (kcal/KgC)

$x_i$  = Fracción molar

$C_{pi}$  = Capacidad calorífica del agua (kcal/KgC)

$$Cp_{\text{medio}} = (0,4 * 0,68) * (0,45 * 1)$$

$$Cp_{\text{medio}} = 0,72 \text{ Kcal/KgC}$$

- **Cálculo del calor latente medio ( $\lambda_{\text{medio}}$ )**

**Ecuación 35-3:** *Capacidad calorífica para un cambio de fase (kcal/kg)*

$$\lambda_{\text{medio}} = \sum x_i * C_{pi}$$

Dónde:

$\lambda_{\text{medio}}$  = Capacidad calorífica para un cambio de fase (kcal/kg)

$x_i$  = Fracción molar

$C_{pi}$  = Capacidad calorífica (cal/Kg)

$$\lambda_{\text{medio}} = (0,4 * 25,8) * (0,45 * 80)$$

$$\lambda_{\text{medio}} = 46,32 \text{Kcal/Kg}$$

- **Cálculo del parámetro f**

**Ecuación 36-3:** *Número de moles de vapor que se produce en la zona de rectificación*

$$f = - \frac{C_p(T_b - T_f)}{\lambda_{\text{med F}}}$$

Dónde:

$T_b$  = Temperatura de ebullición medio (C)

$T_f$  = Temperatura de alimentación (C)

$C_p$  = Capacidad calorífica (Kcal/KgC)

$\lambda_{\text{med F}}$  = Calor latente medio (Kcal/KgC)

$$f = - \frac{0,72(78,6 - 20)}{46,32}$$

$$f = -0,83$$

- **Curva de rectificación**

**Ecuación 37-3:** Recta de rectificación

$$y_r = \frac{XD}{1 + RD}$$

Dónde:

XD = Fracción del destilado

RD = Reflujo mínimo

$$y_r = \frac{0.85}{1 + 3,5}$$

$$y_r = 0,19$$

- **Curva de alimentación**

**Ecuación 38-3:** Recta de alimentación

$$y = -\frac{(1 - f)}{f}x + \frac{Xf}{f}$$

Dónde:

f = Número de moles de vapor que se produce en la zona de rectificación por cada mol de alimentación

Xf = Fracción molar de la alimentación

$$y = \frac{Xf}{f}$$

$$y = \frac{0,25}{-0,83}$$

$$b = -0,30$$

- **Cálculo de RT**

El cálculo del reflujo total nos indica el número mínimo de platos para obtener la separación deseada de la saponina.

**Ecuación 39-3:** Reflujo total

$$RT = k * RDmin$$

Dónde:

k = Constante de Kirsschbraun

RDmin = Reflujo mínimo

$$RT = 2 * 0,19$$

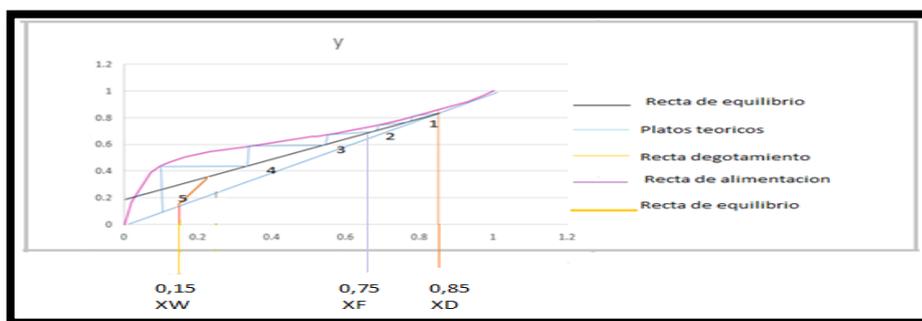
$$RT = 0,38$$

- **Trazo de la curva de agotamiento en la gráfica de Mc CABE-THIELE**

Para obtener la recta de agotamiento se une los puntos de Xw y se intercepta con las rectas de alimentación y rectificación.

**Trazo del número de platos teóricos en la gráfica de Mc CABE-THIELE**

Una vez trazado las rectas tanto de agotamiento como de rectificación se procede a trazar los platos teóricos y además se determina en que plato se realizará la alimentación



**Figura 4-3:** Número de platos teóricos en la gráfica de Mc CABE – THIELE

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

- **Cálculo de la temperatura promedio de la columna**

**Tabla 14-3** Temperatura promedio de la columna

<b>X</b>	<b>Media</b>	<b>Temperatura (C)</b>
0-30	Aritmética	100,77
33-45	Geométrica	77,08
50-65	Aritmética	68
70-97	Geométrica	61,93

**Fuente:** Arcos; Cauja. 2017

**Realizado por:** Arcos; Cauja. 2017

**Ecuación 40-3:** Temperatura promedio de la columna

$$T = \frac{\sum Ti}{4}$$

Dónde:

$\sum Ti$  = Sumatoria de las temperaturas geométrica y aritmética (C)

$$T = \frac{100,77 + 77,08 + 68 + 61,93}{4}$$

$$T = 76,95^{\circ}\text{C}$$

- **Cálculo de la volatilidad relativa**

Con la temperatura promedio obtenida de la tabla de equilibrio se tiene:

**Tabla 15-3** x & y

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
76,95	0,24	0,55

**Realizado por:** Arcos; Cauja. 2017

**Fuente:** Arcos; Cauja. 2017

**Ecuación 41-3:** Volatilidad relativa

$$\alpha = \frac{y(1-x)}{y(1-y)}$$
$$\alpha = \frac{0,55(1-0,24)}{0,24(1-0,55)}$$
$$\alpha = 3,87$$

- **Cálculo de la fluidez**

**Ecuación 42-3:** Fluidez (*rhe*)

$$\varphi = \frac{1}{\mu_E} * x + \frac{1}{\mu_A} * y$$

Dónde:

$\mu_E$  = Viscosidad del etanol(cP)

$\mu_A$  = Viscosidad del agua(cP)

$$\varphi = \frac{1}{1,2} * 0,24 + \frac{1}{1} * 0,55$$

$$\varphi = 0,2 + 0,55$$

$$\varphi = 0,75rhe$$

- **Cálculo de la viscosidad**

Este nos sirve para determinar la viscosidad con la que se obtiene el destilado final.

**Ecuación 43-3:** Viscosidad

$$\mu = \frac{1}{\varphi}$$

Dónde:

$\varphi$  = Fluidez del destilado(rhe)

$$\mu = \frac{1}{0,75}$$

$$\mu = 1,33$$

Este valor multiplicamos por la volatilidad relativa.

$$\alpha * \mu$$

$$3,87 * 1,33$$

$$\mu = 5,14$$

Este valor se utiliza para determinar la eficiencia mediante la gráfica de O`CONNEL

- **Cálculo de los platos reales**

La eficiencia obtenida mediante la tabla de O`CONNEL se tiene un valor de 34%. Este cálculo nos sirve para determinar el número de platos necesarios para el diseño de la torre.

**Ecuación 44-3:** Eficiencia de los platos

$$E_0 = \frac{N_T}{N_R}$$

Dónde:

$E_0$  = Eficiencia de los platos

$N_T$  = Número de platos teóricos

$N_R$  = Número de platos reales

$$N_R = \frac{N_T}{E_0}$$

$$N_R = \frac{5}{0,34}$$

$$N_R = 14,70$$

- **Cálculo del plato de alimentación**

Se grafican los platos teóricos y luego el plato de alimentación

**Ecuación 45-3:** Plato de alimentación

$$P_{\text{alimentación}} = \frac{P_A}{E_0}$$

Dónde:

$P_A$  = Interpolación de la gráfica Mc Cabe – Thiele

$E_0$  = Eficiencia de los platos

$$P_{\text{alimentación}} = \frac{2,5}{0,34}$$

$$P_{\text{alimentación}} = 7,35$$

- **Cálculo del diámetro de la columna**

**Zona de rectificación**

**Cálculo de la masa molecular media**

**Ecuación 46-3:** Masa molecular media (*kg/kgmol*)

$$M_{\text{media}} = PM_e * X_{De} + PM_A * X_{DA}$$

Dónde:

$M_{\text{media}}$  = Masa molecular media (kg/kgmol)

$PM_e$  = Masa molecular del etanol (kg/kgmol)

$X_{De}$  = Fracción molar del etanol

$PM_A$  = Masa molecular del agua (kg/kgmol)

$X_{DA}$  = Fracción molar del agua

$$M_{\text{media}} = 46 * 0,85 + 18 * 0,15$$

$$M_{\text{media}} = 41,8\text{Kg/Kgmol}$$

### **Cálculo de la masa destilado**

**Ecuación 47-3:** Masa destilado (Kg/h)

$$M_d = \rho * V$$

Dónde:

$M_d$  = Masa destilado(Kg/h)

$V$  = Volumen del destilado

$$M_d = 7,89 \times 10^{-4} * 85,71$$

$$M_d = 0,067 \text{Kg/h}$$

### **Cálculo del flujo de destilado**

**Ecuación 48-3:** Flujo de destilado (Kg/h)

$$D_f = M_d * M_{\text{media}}$$

Dónde:

$M_d$  = Masa del destilado (Kg/h)

$M_{\text{media}}$  = Masa molecular media (kg/kgmol)

$$D_f = 0,067 * 41.8$$

$$D_f = 2,80 \text{Kg/h}$$

$$D_f = \frac{2,80}{0,789}$$

$$D_f = 3,54 \text{L/h}$$

### **Cálculo del caudal de vapor**

**Ecuación 49-3:** Caudal de vapor (Kg/h)

$$V = D_f(1 + R)$$

Dónde:

V = Volumen de la solución (kg/h)

$D_f$  = Destilado(kg/h)

R = Constante de los gases

$$V = 0,46(1 + 0,38)$$

$$V = 0,63 \text{ Kg/h}$$

### **Cálculo de la densidad de vapor**

**Ecuación 50-3:** Densidad de vapor ( $kg/m^3$ )

$$\rho_v = \frac{M_{media} * P}{R * T}$$

Dónde:

$\rho_v$  = Densidad de vapor ( $kg/m^3$ )

$M_{media}$  = Masa molecular media (kg/kgmol)

P = Presión atmosférica (at)

R = Constante de los gases ( $L * \frac{at}{Kmol} * K$ )

T = Temperatura ambiente (K)

$$\rho_v = \frac{41,8 * 0,71}{0,082 * 293}$$

$$\rho_v = 1,24 \text{ Kg/m}^3$$

### **Cálculo del flujo del gas**

Con una distancia de 0.10 m interpolando en el diagrama de BROWN SOUDERS se tiene un valor de 46.

**Ecuación 51-3:** Flujo del gas ( $kg/hm^2$ )

$$G = C(\rho_v (\rho_L - \rho_v))^{1/2}$$

Dónde:

G = Flujo del gas ( $kg/hm^2$ )

C = Distancia entre platos (m)

$\rho_l$  = Densidad del líquido ( $kg/m^3$ )

$\rho_v$  = Densidad del vapor ( $kg/m^3$ )

$$G = 46(1,24(789 - 1,24))^{1/2}$$

$$G = 143,77Kg/hm^2$$

**Cálculo del área**

**Ecuación 52-3:** Área ( $m^2$ )

$$A = \frac{V}{G}$$

Dónde:

A = Area ( $m^2$ )

V = Volumen ( $kg/h$ )

G = Flujo del gas ( $kg/hm^2$ )

$$A = \frac{0,63}{143,77}$$

$$A = 0,0044m^2$$

### **Cálculo del diámetro de la columna en la zona de rectificación**

**Ecuación 53-3:** Diámetro de la columna en la zona de rectificación (m)

$$\phi = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

Dónde:

$\phi$  = Diámetro (m)

A = Area (m)

$$\phi = \sqrt{\frac{4 * 0,0044}{\pi}}$$

$$\phi = 0,075 \text{ m}$$

### **Zona de agotamiento**

### **Cálculo de la masa molecular media**

Se utilizó la **Ecuación 46-3**

$$M_{\text{media}} = PM_e * X_{De} + PM_A * X_{DA}$$

Dónde:

$M_{\text{media}}$  = Masa molecular media (kg/kgmol)

$PM_e$  = Masa molecular del etanol (kg/kgmol)

$X_{De}$  = Fracción molar del etanol

$PM_A$  = Masa molecular del agua (kg/kgmol)

$X_{DA}$  = Fracción molar del agua

$$M_{\text{media}} = 46 * 0,95 + 18 * 0,85$$

$$M_{\text{media}} = 59\text{Kg/Kgmol}$$

### **Cálculo de la masa de alimentación**

**Ecuación 54-3:** Masa de alimentación

$$M_f = \rho * V$$

Dónde:

$M_f$  = Masa de alimentación) (kg/kgmol)

$\rho$  = Densidad (kg/m<sup>3</sup>)

$V$  = Volumen (kg/h)

$$M_f = 7,89 \times 10^{-4} * 100$$

$$M_f = 0,079 \text{Kg/h}$$

### **Cálculo del flujo de alimentación**

**Ecuación 55-3:** Flujo de alimentación (kg/h)

$$F = M_f * M_{\text{media}}$$

Dónde:

$F$  = Flujo de alimentación (kg/h)

$M_f$  = Masa de alimentación(kg/h)

$M_{\text{media}}$  = Masa molecular media (kg/h)

$$F = 0,079 * 59$$

$$F = 4,66 \text{Kg/h}$$

$$F = \frac{4,66}{1,041}$$

$$F = 4,48 \text{L/h}$$

### Cálculo del caudal de vapor medio

**Ecuación 56-3:** Vapor medio (kg/h)

$$V_{\text{med}} = V - f * F$$

Dónde:

$V_{\text{med}}$  = Caudal de vapor medio (kg/h)

$V$  = Volumen (kg/h)

$f$  = Número de moles de vapor que se produce en la zona de rectificación

$F$  = Alimentación (kg/h)

$$V_{\text{med}} = 0,63 - (-0,83 * 3,52)$$

$$V_{\text{med}} = 3,55 \text{ Kg/h}$$

### Cálculo de la densidad de vapor

Se utilizó la **Ecuación 50-3**

$$\rho_v = \frac{M_{\text{media}} * P}{R * T}$$

Dónde:

$\rho_v$  = Densidad de vapor (kg/m<sup>3</sup>)

$M_{\text{media}}$  = Masa molecular media (kg/kmol)

$P$  = Presión atmosférica (at)

$R$  = Constante de los gases ( $L * \frac{\text{at}}{\text{Kmol}} * K$ )

$T$  = Temperatura ambiente (K)

$$\rho_v = \frac{44,6 * 0,71}{0,082 * 293}$$

$$\rho_v = 1,32 \text{ Kg/m}^3$$

### Cálculo del flujo del gas

Con una distancia de 0.10 m interpolando en el diagrama de BROWN SOUDERS se tiene un valor de 46.

Se utilizó la **Ecuación 51-3**

$$G = C(\rho_v (\rho_L - \rho_v))^{1/2}$$

Dónde:

G = Flujo del gas (kg/hm<sup>2</sup>)

C = Distancia entre platos (m)

$\rho_L$  = Densidad del líquido (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_v$  = Densidad del vapor (kg/m<sup>3</sup>)

$$G = 46(1,32(789 - 1,24))^{1/2}$$

$$G = 148,33\text{Kg/hm}^2$$

### Cálculo del área

Se utilizó la **Ecuación 52-3**

$$A = \frac{V}{G}$$

Dónde:

A = Area(m<sup>2</sup>)

V = Volumen (kg/h)

G = Flujo del gas (kg/hm<sup>2</sup>)

$$A = \frac{3,55}{148,33}$$

$$A = 0,024\text{m}^2$$

### Cálculo del diámetro de la columna en la zona de agotamiento

Se utilizó la **Ecuación 53-3**

$$\phi = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

Dónde:

$\phi$  = Diámetro (m)

A = Area (m)

$$\phi = \sqrt{\frac{4 * 0.024}{\pi}}$$

$$\phi = 0,17\text{m}$$

### Cálculo del diámetro promedio

**Ecuación 57-3:** Diámetro promedio (m)

$$\phi_{\text{med}} = \frac{\phi_{\text{rect.}} + \phi_{\text{agot.}}}{2}$$

Dónde:

$\phi_{\text{med}}$  = Diámetro promedio (m)

$\phi_{\text{rect.}}$  = Diámetro de la zona de rectificación (m)

$\phi_{\text{agot.}}$  = Diámetro de la zona de agotamiento (m)

$$\phi_{\text{med}} = \frac{0,075 + 0,17}{2}$$

$$\phi_{\text{med}} = 0,12\text{m}$$

Factor de seguridad

$$\phi_{\text{med}} = 0,18\text{m}$$

### **Cálculo de la longitud**

**Ecuación 58-3:** Longitud de la torre (m)

$$L = (N - 1)d + 1,5 * d + 2 * d$$

Dónde:

L = Longitud de la torre (m)

N = Número de platos reales

d = Diámetro (m)

$$L = (15 - 1)0,10 + 1,5 * 0,10 + 2 * 0,10$$

$$L = 1,75\text{m}$$

- **Cálculo del rendimiento de la columna**

**Ecuación 59-3:** Rendimiento de la columna

$$\text{Rendimiento} = \frac{V_s}{V_e} * 100\%$$

Dónde:

Rendimiento = Rendimiento de la columna de destilación(%)

$V_s$  = Volumen del destilado (ml/h)

$V_e$  = Volumen de la alimentación (ml/h)

$$\text{Rendimiento} = \frac{8500}{10000} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = 85\%$$

- **Cálculo del calor perdido**

**Ecuación 60-3:** *Calor perdido (kcal/h)*

$$Q = Q_{TC} - Q_G$$

Dónde:

$Q$  = Calor perdido (kcal/h)

$Q_{TC}$  = Calor total del combustible (kcal/h)

$Q_G$  = Calor gastado (kcal/h)

- **Cálculo del calor total del combustible**

**Ecuación 61-3:** Calor total del combustible (kcal/h)

$$Q_{TC} = m * \lambda_{GLP}$$

Dónde:

$Q_{TC}$  = Calor total de combustible (kcal/h)

$m$  = Masa del GLP(Kg)

$\lambda_{GLP}$  = Calor latente del GLP(kcal/kg)

$$Q_{TC} = 7,3 * 4000$$

$$Q_{TC} = 29200 \text{ Kcal/h}$$

- **Cálculo del calor gastado**

**Ecuación 62-3:** Calor gastado (kcal/h)

$$Q_G = m_{\text{agua}} * C_{\text{Pagua}} * \Delta T$$

Dónde:

$Q_G$  = Calor gastado (kcal/h)

$m_{\text{agua}}$  = Masa del agua gastada (kcal/kgC)

$\Delta T$  = Variación de temperatura a la entrada y salida(C)

$$Q_G = m_{\text{agua}} * C_{\text{Pagua}} * \Delta T$$

$$Q_G = 65,7 * 1 * (65,5 - 19)$$

$$Q_G = 3055,05 * 9$$

$$Q_G = 27495,45 \text{Kcal/h}$$

Reemplazando

$$Q = Q_{TC} - Q_G$$

$$Q = Q_{TC} - Q_G$$

$$Q = 29200 - 27495,45$$

$$Q = 1704,55 \text{Kcal/h}$$

- **Cálculo de la eficiencia del equipo**

**Ecuación 63-3:** Eficiencia del equipo

$$\text{Eficiencia} = \frac{Q_B + Q_C}{Q} * 100\%$$

Dónde:

$Q_B$  = Calor suministrado (kcal/h)

$Q_C$  = Calor del condensador (kcal/h)

$Q$  = Calor perdido (kcal/h)

$$\text{Eficiencia} = \frac{774,12 + 769,82}{1704,55} * 100\%$$

$$\text{Eficiencia} = 91\%$$

### 3.3.5.6 *Tanque contenedor de saponina*

$$V_{\text{saponina}} = 0,027 \text{ m}^3 \approx 27,24 \text{ l}$$

El volumen total de saponina es de  $0,027 \text{ m}^3$  y este valor se multiplica por un factor de seguridad de 0,15 para evitar del desbordamiento

Se utilizó la **Ecuación 21-3**

$$x = V_T * 0,15$$

Dónde:

$x$  = Volumen de seguridad ( $m^3$ )

$V_1$  = Volumen del tanque (m)

$fs = 0,15$  factor de seguridad

$$x = 0,027 * 0,15$$

$$x = 0,0041 m^3$$

- **Volumen total del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 22-3**

$$V = V_T + x$$

$$V = 0,027 m^3 + 0,041 m^3$$

$$V = 0,031 m^3$$

- **Diámetro del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 23-3**

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{4 * V}{1,2 * \pi}}$$

Dónde:

$V$  = Volumen del tanque ( $m^3$ )

$r$  = Radio (m)

$\emptyset$  = Diámetro (m)

$h$  = altura del tanque (m)

$$\phi = \sqrt[3]{0,033}$$

$$\phi = 0,32\text{m}$$

- **Altura del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 24-3**

$$h = 1,2 \phi$$

Dónde:

h = altura del tanque (m)

$\phi$  = Diámetro (m)

$$h = 1,2 * 0,32$$

$$h = 0,38 \text{ m}$$

### **Altura y diámetro total**

Se utilizó la **Ecuación 25-3**

$$h_t = h + 0,025$$

$$h_t = 0,38 + 0,025$$

$$h_t = 0,40 \text{ m}$$

Se utilizó la **Ecuación 26-3**

$$\phi_t = \phi + 0,05$$

$$\phi_t = 0,32 + 0,05$$

$$\phi_t = 0,37 \text{ m}$$

### 3.3.5.7 Agitador del detergente

- **Volumen del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 21-3**

$$x = V_M * 0,15$$

Dónde:

$$x = \text{Volumen (m}^3\text{)}$$

$$V_M = \text{Volumen asumido (m}^3\text{)}$$

0,15 = factor de seguridad

$$x = 0,18925 * 0,15$$

$$x = 0,028 \text{ m}^3$$

#### **Volumen total del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 22-3**

$$V_{TM} = V_M + x$$

$$V_{TM} = 0,18925 + 0,028$$

$$V_{TM} = 0,22 \text{ m}^3$$

- **Diámetro del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 23-3**

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{4 * V}{1,2 * \pi}}$$

Dónde:

$$V = \text{Volumen del tanque (m}^3\text{)}$$

$$r = \text{Radio (m)}$$

$\emptyset$  = Diámetro (m)

$$\emptyset = \sqrt[3]{0,233}$$

$$\emptyset = 0,62 \text{ m}$$

- **Altura del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 24-3**

$$h = 1,2 \emptyset$$

Dónde:

h = altura del tanque (m)

$\emptyset$  = Diámetro (m)

$$h = 1,2 * 0,62$$

$$h = 0,74 \text{ m}$$

### **Altura y diámetro total**

Se utilizó la **Ecuación 25-3**

$$h_{tM} = h + 0,025$$

$$h_{tM} = 0,74 + 0,025$$

$$h_{tM} = 0,77 \text{ m}$$

Se utilizó la **Ecuación 26-3**

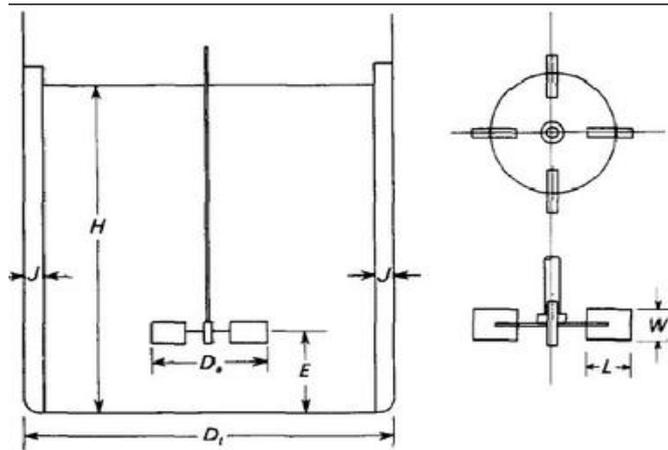
$$\emptyset_{tM} = \emptyset + 0,05$$

$$\emptyset_{tM} = 0,62 + 0,05$$

$$\emptyset_{tM} = \mathbf{0,67 \text{ m}}$$

- **Sistema de agitación**

Se escoge un agitador eficaz de palas planas inclinadas para facilitar la homogenización, gira a velocidades comprendidas entre 20 y 150 rpm. Consiste en una serie de brazos horizontales montados sobre un eje (Geankopolis, 1998).



**Figura 5-3:** Sistema de agitación

Fuente: PERRY.R., Manual del Ingeniero Químico

Dónde:

$D_T$  = Diámetro del tanque

$H$  = Altura del líquido

$D_A$  = Diámetro del agitador

$B$  = Ancho de la placa deflectora

$E$  = Distancia del fondo del tanque hasta el rodete

$S$  = Separación entre agitadores

$W$  = Ancho de las aspas de la turbina o agitador de paletas

### **Longitud del brazo**

**Ecuación 64-3:** Longitud del brazo (m)

$$L_b = \frac{5}{8} * \emptyset$$

Dónde:

$L_b$  = Longitud del brazo (m)

$D_T$  = Diámetro del tanque (m)

$$L_b = \frac{5}{8} * 0,62$$

$$L_b = 0,42 \text{ m}$$

### **Diámetro del agitador**

**Ecuación 65-3:** Diámetro del agitador (m)

$$D_A = \frac{3}{4} * D_t$$

Dónde:

$D_A$  = Diámetro del agitador (m)

$D_T$  = Diámetro del tanque (m)

$$D_A = \frac{3}{4} * 0,62$$

$$D_A = 0,50 \text{ m}$$

### **Distancia entre el fondo del tanque y el rodete**

**Ecuación 66-3:** Distancia entre el fondo del tanque y el rodete (m)

$$E = \frac{1}{3} * D_T$$

Dónde:

E: Distancia del fondo del tanque hasta el rodete

$D_A$ : Diámetro del agitador

$$E = \frac{1}{3} * 0,62$$

$$E = 0,20 \text{ m}$$

### **Altura del líquido**

**Ecuación 67-3:** Altura del líquido (m)

$$H = D_T$$

Dónde:

H = altura del líquido (m)

$D_T$  = Diámetro del tanque (m)

$$H = 0,62$$

### **Ancho del agitador**

**Ecuación 68-3:** Ancho del agitador (m)

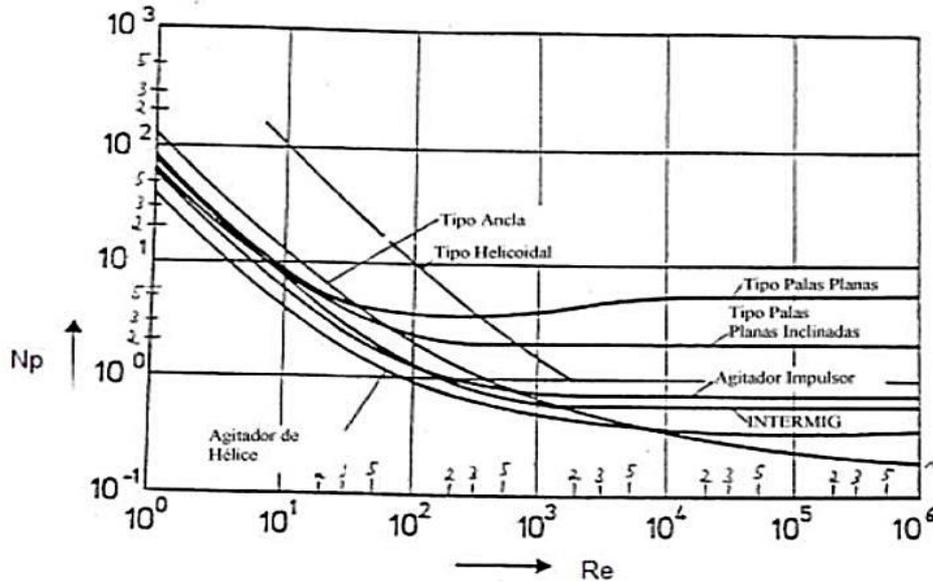
$$W = \frac{1}{5} * D_A$$

$$W = \frac{1}{5} * 0,39$$

$$W = 0,078 \text{ m}$$

- **Potencia del agitador**

La potencia requerida está en función de la densidad del fluido ( $\rho$ ), velocidad de rotación ( $N$ ), número de potencia ( $N_{p0}$ ), diámetro del agitador ( $D_A$ ), factor gravitacional ( $g_c$ ).



**Figura 6-3:** Número de potencia & número de Reynolds

Fuente: PERRY.R., Manual del Ingeniero Químico.

Utilizando la **Figura 6-3**, calculamos el Número de Potencia en función del Número de Reynolds y el tipo de agitador en nuestro caso tipo palas planas inclinadas.

### Número de Reynolds

**Ecuación 69-3:** Número de Reynolds

$$N_{Re} = \frac{D_A^2 * N * \rho}{\mu}$$

Dónde:

$D_A$  = Diámetro del agitador (m)

$N$  = Velocidad de rotación (rps)

$\rho$  = Densidad del fluido ( $kg/m^3$ )

$\mu$  = Viscosidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>)

$$N_{Re} = \frac{(0,50)^2 * 1,17 * 1050}{0,6007}$$

$$N_{Re} = 511,28 \text{ Flujo laminar}$$

### Cálculo de la potencia del agitador

**Ecuación 70-3:** Potencia del agitador (Hp)

$$P = \frac{N_{p0}}{gc} * \rho * N^3 * \phi_r^5$$

$N_{p0}$  = Número de Potencia obtenido 5

$N$  = 1, 17 rps

$gc$  = 1 kg m/N s<sup>2</sup>

$$P = \frac{2}{1} * 1050 * 1,17^3 * 0,50^5$$

$$P = 105,11 \text{ W}$$

Se utiliza un factor de seguridad del 10 %

$$105,11 \text{ W} * \frac{1 \text{ Hp}}{746 \text{ W}} = 0,15 \text{ Hp}$$

$$P = 0,25 \text{ Hp}$$

#### 3.3.5.8 Cálculos para el agitador de aditivos

$$V_{\text{agua}} = 0,09879 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{conservante}} = 0,000106 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{vinagre}} = 0,00189 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{bicarbonato}} = 1,98 * 10^{-10} \text{ m}^3$$

**Ecuación 71-3:** Suma de aditivos para el detergente ( $m^3$ )

$$V_{\text{total}} = V_{\text{agua}} + V_{\text{conservante}} + V_{\text{vinagre}} + V_{\text{bicarbonato}}$$

$$V_{\text{total}} = 0,09879 + 0,000106 + 0,000189 + 1,98 * 10^{-10}$$

$$V_{\text{total}} = 0,100 \text{ m}^3$$

Se utilizó la **Ecuación 21-3**

$$x = V_T * 0,15$$

Dónde:

$$x = \text{Volumen (m}^3\text{)}$$

$$V_M = \text{Volumen asumido (m}^3\text{)}$$

0,15 = factor de seguridad

$$x = 0,100 * 0,15$$

$$x = 0,015 \text{ m}^3$$

- **Volumen total del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 22-3**

$$V_{TM} = V_{\text{Total}} + x$$

$$V_{TM} = 0,100 + 0,015$$

$$V_{TM} = 0,116 \text{ m}^3$$

- **Diámetro del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 23-3**

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{4 * V}{1,2 * \pi}}$$

Dónde:

V = Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

r = Radio (m)

∅ = Diámetro (m)

$$\emptyset = \sqrt[3]{0,123}$$

$$\emptyset = 0,50 \text{ m}$$

- **Altura del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 24-3**

$$h = 1,2 \emptyset$$

Dónde:

h = altura del tanque (m)

∅ = Diámetro (m)

$$h = 1,2 * 0,50$$

$$h = 0,60 \text{ m}$$

**Altura y diámetro total**

Se utilizó la **Ecuación 25-3**

$$h_{tM} = h + 0,025$$

$$h_{tM} = 0,60 + 0,025$$

$$h_{tM} = 0,63 \text{ m}$$

Se utilizó la **Ecuación 26-3**

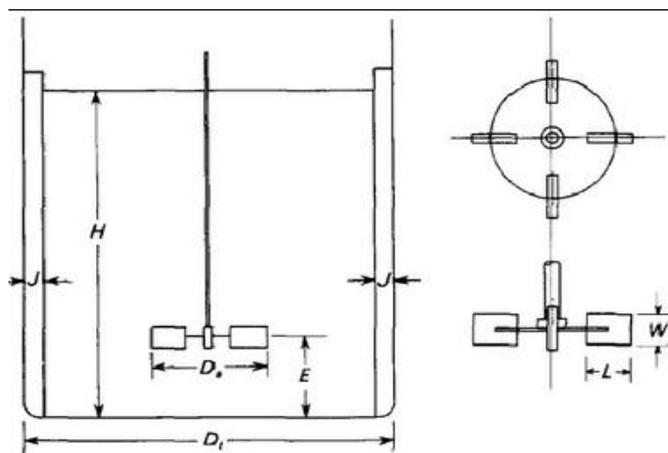
$$\emptyset_{tM} = \emptyset + 0,05$$

$$\emptyset_{tM} = 0,50 + 0,05$$

$$\phi_{tM} = 0,55 \text{ m}$$

- **Sistema de agitación**

Se escoge un agitador eficaz de palas planas para facilitar la homogenización, gira a velocidades comprendidas entre 20 y 150 rpm. Consiste en una serie de brazos horizontales montados sobre un eje (Geankopolis, 1998).



**Figura 7-3:** Sistema de agitación

Fuente: PERRY.R., Manual del Ingeniero Químico

Dónde:

$D_T$  = Diámetro del tanque

H = Altura del líquido

$D_A$  = Diámetro del agitador

B = Ancho de la placa deflectora

E = Distancia del fondo del tanque hasta el rodete

S = Separación entre agitadores

W = Ancho de las aspas de la turbina o agitador de paletas

### **Longitud del brazo**

Se utilizó la **Ecuación 64-3**

$$L_b = \frac{5}{8} * D_T$$

Dónde:

$L_b$  = Longitud del brazo (m)

$D_T$  = Diámetro del tanque (m)

$$L_b = \frac{5}{8} * 0,50$$

$$L_b = 0,36 \text{ m}$$

### **Diámetro del agitador**

Se utilizó la **Ecuación 65-3**

$$D_A = \frac{3}{4} * D_T$$

Dónde:

$D_A$  = Diámetro del Agitador (m)

$D_T$  = Diámetro del tanque (m)

$$D_A = \frac{1}{4} * 0,50$$

$$D_A = 0,38 \text{ m}$$

### **Distancia entre el fondo del tanque y el rodete**

Se utilizó la **Ecuación 66-3**

$$E = \frac{1}{3} * D_T$$

Dónde:

E = Distancia del fondo del tanque hasta el rodete (m)

$D_A$  = Diámetro del Agitador (m)

$$E = \frac{1}{3} * 0,50$$

$$E = 0,17 \text{ m}$$

### **Altura del líquido**

Se utilizó la **Ecuación 67-3**

$$H = D_T$$

Dónde:

H = Altura del líquido (m)

$D_T$  = Diámetro del tanque (m)

$$H = 0,50 \text{ m}$$

### **Ancho de la paleta**

Se utilizó la **Ecuación 68-3**

$$W = \frac{1}{5} * D_A$$

Dónde:

W = Ancho de la paleta (m)

$D_T$  = Diámetro del tanque (m)

$$W = \frac{1}{5} * 0,36$$

$$W = 0,072 \text{ m}$$

- **Potencia del agitador**

La potencia requerida está en función de la densidad del fluido ( $\rho$ ), velocidad de rotación(N), número de potencia ( $N_{p0}$ ), diámetro del agitador ( $D_A$ ), factor gravitacional (gc).

Utilizando la **Figura 6-3**, calculamos el Número de Potencia en función del Número de Reynolds y el tipo de agitador en nuestro caso tipo palas planas.

### **Número de Reynolds**

Se utilizó la **Ecuación 69-3**

$$N_{Re} = \frac{D_A^2 * N * \rho}{\mu}$$

Dónde:

$D_A$  = Diámetro del agitador (m)

N = Velocidad de rotación (rps)

$\rho$  = Densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = Viscosidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>)

$$N_{Re} = \frac{(0,38)^2 * 1,67 * 1010}{0,00184}$$

$$N_{Re} = 205709,02 \text{ Flujo turbulento}$$

### **Cálculo de la potencia del agitador**

Se utilizó la **Ecuación 70-3**

$$P = \frac{N_{p0}}{gc} * \rho * N^3 * D_A^5$$

Dónde:

$N_{p0}$  = Número de Potencia obtenido 5

$N = 2,083$  rps

$g_c = 1$  kg m/N s<sup>2</sup>

$$P = \frac{5}{1} * 1010 * 2,083^3 * 0,38^5$$

$$P = 361,64 \text{ W}$$

Se utiliza un factor de seguridad del 10 %

$$0323,70 \text{ W} * \frac{1 \text{ Hp}}{746 \text{ W}} = 0,48 \text{ Hp}$$

$$P = 0,5 \text{ Hp}$$

### 3.3.5.9 *Tanque contenedor de texapón*

Se utilizó la **Ecuación 21-3**

$$x = V_{TX} * 0,15$$

Dónde:

$x$  = Volumen (m<sup>3</sup>)

$V_{TX}$  = Volumen del texapón (m<sup>3</sup>)

0,15 = factor de seguridad

$$x = 0,0265 * 0,15$$

$$x = 0,00398 \text{ m}^3$$

- **Volumen total del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 22-3**

$$V_T = V_{TX} + x$$

$$V_{TM} = 0,026 + 0,0398$$

$$V_{TM} = 0,030\text{m}^3$$

- **Diámetro del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 23-3**

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{4 * V}{1,2 * \pi}}$$

Dónde:

V = Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

r = Radio (m)

ϕ = Diámetro (m)

$$\phi = \sqrt[3]{0,032}$$

$$\phi = 0,32 \text{ m}$$

- **Altura del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 24-3**

$$h = 1,2 \phi$$

Dónde:

$h$  = altura del tanque (m)

$\emptyset$  = Diámetro (m)

$$h = 1,2 * 0,32$$

$$h = 0,38 \text{ m}$$

### **Altura y diámetro total**

Se utilizó la **Ecuación 25-3**

$$h_{tM} = h + 0,025$$

$$h_{tM} = 0,38 + 0,025$$

$$h_{tM} = 0,40 \text{ m}$$

Se utilizó la **Ecuación 26-3**

$$\emptyset_{tM} = \emptyset + 0,05$$

$$\emptyset_{tM} = 0,32 + 0,05$$

$$\emptyset_{tM} = \mathbf{0,37 \text{ m}}$$

#### *3.3.5.10 Tanque contenedor de ácido sulfónico*

Se utilizó la **Ecuación 21-3**

$$x = V_M * 0,15$$

Dónde:

$x$  = Volumen ( $\text{m}^3$ )

$V_M$  = Volumen asumido ( $\text{m}^3$ )

0,15 = factor de seguridad

$$x = 0,00757 * 0,15$$

$$x = 0,0011 \text{ m}^3$$

- **Volumen total del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 22-3**

$$V_{TM} = V_M + x$$

$$V_{TM} = 0,00757 + 0,0011$$

$$V_{TM} = 0,009 \text{ m}^3$$

- **Diámetro del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 23-3**

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{4*V}{1,2*\pi}}$$

Dónde:

V = Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

r = Radio (m)

$\emptyset$  = Diámetro (m)

$$\emptyset = \sqrt[3]{0,0095}$$

$$\emptyset = 0,21 \text{ m}$$

- **Altura del tanque**

Se utilizó la **Ecuación 24-3**

$$h = 1,2 \emptyset$$

Dónde:

$h$  = altura del tanque (m)

$\emptyset$  = Diámetro (m)

$$h = 1,2 * 0,21$$

$$h = 0,25 \text{ m}$$

### **Altura y diámetro total**

Se utilizó la **Ecuación 25-3**

$$h_{tM} = h + 0,025$$

$$h_{tM} = 0,25 + 0,025$$

$$h_{tM} = 0,28 \text{ m}$$

Se utilizó la **Ecuación 26-3**

$$\emptyset_{tM} = \emptyset + 0,05$$

$$\emptyset_{tM} = 0,21 + 0,05$$

$$\emptyset_{tM} = \mathbf{0,24 \text{ m}}$$

#### 3.3.5.11 *Diseño de una envasadora*

- **Cálculo de la longitud del cilindro de carga y descarga del detergente de 1 galón**

**Ecuación 72-3:** Longitud del cilindro (m)

$$L = \frac{V}{\pi r^2}$$

Dónde:

L = Longitud del cilindro (m)

V = Volumen del detergente (cm<sup>3</sup>)

r = Radio del cilindro(cm)

$$L = \frac{3780}{3,14 * 7^2}$$

$$L = 24,57\text{cm}$$

$$L = 0,2457\text{m}$$

- **Cálculo de la longitud del cilindro de carga y descarga del detergente de 1 litro**

Se utilizó la **Ecuación 72-3**

$$L = \frac{V}{\pi r^2}$$

Dónde:

L = Longitud del cilindro (m)

V = Volumen del detergente (cm<sup>3</sup>)

r = Radio del cilindro(cm)

$$L = \frac{1000}{3,14 * 4^2}$$

$$L = 19,91\text{cm}$$

$$L = 0,1991\text{m}$$

### 3.3.5.12 *Cálculo de la banda transportadora*

Se diseñará por motivo de comodidad 4 envases en cada descarga de 1L y 1Galón respectivamente, con una densidad de 1,05g/cm<sup>3</sup>.

- **Masa a soportar para envases de 1L**

**Ecuación 73-3:** Masa que soportara la banda

$$m_1 = \rho * V$$

Dónde:

$m_1$  = Masa que soportará la banda transportadora(Kg)

$\rho$  = Densidad del detergente ( $g/cm^3$ )

$V$  = Volumen del detergente( $cm^3$ )

$$m_1 = 1,05 * 4000$$

$$m_1 = 4200g$$

$$m_1 = 4,2Kg$$

- **Masa a soportar para envases de 1 Galón**

Se utilizó la **Ecuación 73-3**

$$m_2 = \rho * V$$

Dónde:

$m_2$  = Masa que soportará la banda transportadora(Kg)

$\rho$  = Densidad del detergente ( $g/cm^3$ )

$V$  = Volumen del detergente( $cm^3$ )

$$m_2 = 1,05 * 15120$$

$$m_2 = 15876g$$

$$m_2 = 15,88Kg$$

- **Cálculo de la longitud de la banda transportadora**

### **Cálculo del número de envases**

**Ecuación 74-3:** Número de envases

$$\#galones = \frac{m_{\text{envasar}}}{m_{\text{envase}}}$$

Dónde:

$m_{\text{envasar}}$  = Cantidad de detergente a envasar (Kg)

$m_{\text{envase}}$  = Cantidad de detergente por cada envase(Kg/gal)

$$\#galones = \frac{158,76}{3,97}$$

$$\#galones = 40 \text{ gal}$$

### **Cálculo del área**

**Ecuación 75-3:** Área de la banda transportadora

$$A = \pi * r^2$$

Dónde:

A = Area de la banda transportadora(m<sup>2</sup>)

r<sup>2</sup> = Radio del galón (m)

$$A = \pi * 0,07^2$$

$$A = 0,015\text{m}^2$$

Se escoge el ancho de la banda según tabla de anchos normalizados para bandas transportadoras:

$$B_b = 400\text{mm} = 0,4\text{m}$$

$$A_o = 0,015 * 40$$

$$A_o = 0,60\text{m}^2$$

### **Cálculo de la longitud de la banda transportadora**

**Ecuación 76-3:** Longitud de la banda transportadora

$$A_o = A_b = \frac{L_b * B_b}{2}$$

Dónde:

$A_o$  = Area de la banda transportadora(m<sup>2</sup>)

$L_b$  = Longitud de la banda (m)

$B_b$  = Ancho estandarizado de la banda(m)

$$A_o = A_b = \frac{L_b * B_b}{2}$$

$$0,60 = \frac{L_b * 0,40}{2}$$

$$L_b = 3m$$

- **Cálculo de la velocidad de la banda transportadora**

**Ecuación 77-3:** Velocidad de la banda transportadora (m/s)

$$v_b = \frac{L_b}{t_{segundos}}$$

Dónde:

$L_b$  = Longitud de la banda (m)

$t_{segundos}$  = Tiempo equivalente a 1 segundo(s)

$$v_b = \frac{3}{60}$$

$$v_b = 0,05 \text{ m/s}$$

Corrigiendo el valor de la velocidad como factor de seguridad

$$v_b = 0,05 + 0,05$$

$$v_b = 0,10 \text{ m/s}$$

- **Potencia del motor de la banda transportadora**

Por efecto de diseño se recomienda que la potencia necesaria para el motor de la banda transportadora sea de 0,5Hp.

- **Cálculo del diámetro de la polea**

Se conoce que el motor tiene 1600 rpm y el i es de 40

**Ecuación 78-3:** Revoluciones del motor (rad/s)

$$w = \frac{1600}{40}$$

$$w = 40 \text{ rpm}$$

$$w = 0,7 \text{ rad/s}$$

**Ecuación 79-3:** Diámetro de la polea (m)

$$\theta_{\text{polea}} = \frac{v}{w}$$

Dónde:

v = velocidad de la banda transportadora (m/s)

w = revoluciones del motor(rad/s)

$$\theta_{\text{polea}} = \frac{0,10}{0,7}$$

$$\theta_{\text{polea}} = 0,14 \text{ m}$$

### 3.3.6 Resultados de cálculos del diseño

**Tabla 16-3** Resultados de los cálculos de ingeniería

Equipo	Parámetro	Valor	Unidades	
<b>Extrusor de Rodillos</b>	Carga de alimentación	9,160	kg/h	
	Número de Rodillos	3	---	
	Diámetro de los rodillos	0,110	m	
	Potencia	2	hp	
	Material	AISI 304		
<b>Tanque contenedor de zumo de Cabuya</b>	Volumen total	0,124	m <sup>3</sup>	
	Altura	0,610	m	
	Diámetro	0,510	m	
	Material	AISI 304	--	
<b>Filtro Prensa</b>	L	0,800	m	
	A	0,800	m	
	E <sub>placas</sub>	0,025	m	
	Capacidad	5	pies <sup>3</sup> torta/h	
	Caudal de entrada	0,110	m <sup>3</sup> /h	
	V <sub>torta</sub>	0,016	m <sup>3</sup> /h	
	#placas y marcos	9	Adimensional	
	<b>Mampostería</b>			
	H	0,300	m	
	A	1	m	
	Lados	0,450	m	
	Material	AISI 304	--	
	<b>Tanque de almacenamiento de zumo de Cabuya con etanol</b>	Volumen total	0,166	m <sup>3</sup>
Altura		0,700	m	
Diámetro		0,6100	m	
Material		AISI 304	--	

<b>Torre de destilación</b>	Flujo de alimentación (F)	4,480	L/h
	Flujo del destilado (D)	3,540	L/h
	Flujo del residuo (W)	0,940	L/h
	Fracción alimentación (XF)	0,750	Adimensional
	Fracción destilado (XD)	0,850	Adimensional
	Fracción residuo (XW)	0,150	Adimensional
	Diámetro de la columna ( $\emptyset$ )	0,180	m
	Longitud de la columna (z)	1,750	m
	Distancia entre platos	0,100	m
	Número de platos	15	Adimensional
	Plato de alimentación	8	Adimensional
	Temperatura promedio De la columna (T)	76,945	C
	Fluidez ( $\phi$ )	0,750	Rhe
	Viscosidad ( $\mu$ )	1,333	cP
	<b>Zona de agotamiento</b>		
	Área (A)	0,024	m <sup>2</sup>
	Flujo del gas (G)	148,330	Kg/hm <sup>2</sup>
	Volumen (V)	3,550	Kg/h
	<b>Zona de rectificación</b>		
	Área (A)	0,004	m <sup>2</sup>
Flujo del gas (G)	143,770	Kg/hm <sup>2</sup>	
Volumen (V)	0,649	Kg/h	
Material	AISI 304	--	
<b>Tanque contenedor de saponina</b>	Volumen total	0,031	m <sup>3</sup>
	Altura	0,400	m
	Diámetro	0,370	m
	Material	AISI 304	--

<b>Agitador del detergente</b>	Volumen total	0,220	m <sup>3</sup>
	Altura	0,770	m
	Diámetro	0,670	m
	Material	AISI 304	--
	<b>Sistema de agitación</b>		
	Longitud del brazo	0,420	m
	Diámetro del agitador	0,500	m
	Distancia entre el fondo del tanque y el rodete	0,200	m
	Altura del líquido	0,620	m
	Ancho de la paleta	0,078	m
	Número de Reynolds	511,280	Adimensional
	Potencia del agitador	0,200	Hp
	Número de paletas	2	---
	<b>Agitador de aditivos</b>	Volumen total	0,116
Altura		0,630	m
Diámetro		0,550	m
Material		AISI 304	--
<b>Sistema de Agitación</b>			
Longitud del brazo		0,360	m
Diámetro del agitador		0,380	m
Distancia entre el fondo del tanque y el rodete		0,170	m
Altura del líquido		0,500	m
Ancho de la paleta		0,072	m
Número de Reynolds		205709,076	Adimensional
Potencia del agitador		0,500	Hp
Número de paletas		2	--

<b>Tanque contenedor de Texapón</b>	Volumen	0,030	m <sup>3</sup>
	Diámetro	0,370	m
	Altura	0,400	m
	Material	AISI 304	--
<b>Tanque contenedor de ácido Sulfónico</b>	Volumen	0,009	m <sup>3</sup>
	Diámetro	0,280	m
	Altura	0,240	m
	Material	AISI 304	--
<b>Envasadora</b>	<b>Envase de 1L y 1gal</b>		
	L <sub>cilindro carga y descarga</sub> 1L	0,199	m
	r <sub>cilindro</sub>	0,040	m
	L <sub>cilindro carga y descarga</sub> 1gal	0,2457	m
	r <sub>cilindro</sub>	0,070	m
	Material	AISI 304	--
	<b>Banda transportadora</b>		
	m <sub>soporta la banda por carga</sub> env1L	4,200	Kg
	m <sub>soporta la banda por carga</sub> env1gal	15,880	Kg
	t <sub>trayectoria</sub>	10	s
	v <sub>trayectoria</sub>	0,100	m/s
	L <sub>banda</sub>	0,720	m
	P <sub>motor</sub>	0,500	Hp
	D <sub>polea</sub>	0,140	m

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

### 3.4 Requerimientos de equipos y maquinaria

#### 3.4.1 Inversión fija

##### 3.4.1.1 Equipos

**Tabla 17-3** Valor de los equipos que intervienen en el proceso

Maquinaria	Cantidad	Valor Unitario(\$)	Valor Total(\$)
Extrusor	1	1850	1850
Filtro prensa	1	4200	4200
Tanque almacena.	2	450	900
Torre destilación	1	12000	12000
Tanque contenedor	3	200	600
Mezclador	2	1500	3000
Envasadora	1	550	550
Banda transportadora	1	2200	2200
Mesa acero inox.	1	250	250
Bomba 1 Hp	2	380	760
<b>TOTAL</b>			<b>26310</b>

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

##### 3.4.1.2 Estructura de la planta

**Tabla 18-3** Inversión inicial

Factor	Costo (\$)
Requerimiento de estructura física	59959,12
Terreno 300m <sup>2</sup> (Ubicado en San Gerardo \$ 15 m <sup>2</sup> )	4800
Total	64459,12

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

### 3.4.1.3 Servicios básicos

**Tabla 19-3** Pago de servicios básicos

<b>Servicio</b>	<b>Costos anuales\$</b>
Luz	1200
Agua	1000
Teléfono	600
<b>TOTAL</b>	<b>2800</b>

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

### 3.4.2 Inversión de operación

#### 3.4.2.1 Recursos humanos

**Tabla 20-3** Recursos humanos para el ensamblaje de la planta

<b>Denominación</b>	<b>Costo (dólares)</b>
Mano de obra para montaje de la planta	2000
Mano de obra para adecuaciones de planta	1000
Asesoría de planta	1000
<b>TOTAL</b>	<b>4000</b>

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

**Tabla 21-3** Recursos humanos para el proceso de producción

<b>Sueldos</b>	<b>Semanal/Dólares</b>	<b>Mensual/Dólares</b>	<b>Total/Dólares</b>
Ing. Químico para control del proceso.	250	1000	1000
Analista para control de calidad de materia prima y producto final.	250	1000	1000
Operario para envasado y almacenamiento	93,75	375	375
Operario para desinfección	93,75	375	375

de equipos			
Transportación del producto	20	80	80
Mano de obra directa (limpieza, instalac.)	15	60	60
Mano de obra indirecta (selecc. Cabuya)	15	60	60
<b>TOTAL</b>	737,5	2950	3687,5

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

**Tabla 22-3** Costo de elaboración del detergente líquido en 500mL

ITEMS	Cantidad gr.	Valor unitario(\$)	Valor total(\$)
Sap. Cabuya	36,91	0,018	0,660
Texapón	70	0,004	0,300
Ac. Sulfónico	20	0,025	0,500
Vinagre	5	0,002	0,010
Bicarbonato	1,14	0,020	0,023
Conservante	0,28	0,014	0,004
agua destilada	260	0,001	0,260
Aroma	1,25	0,005	0,006
Color	1,25	0,005	0,006
Envase	1	0,100	0,100
Etiqueta	1	0,005	0,005
<b>TOTAL</b>			1,874
Precio de venta al público			2,883

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

**Nota:** Para establecer los costos del detergente líquido se consideró solo la saponina de cabuya, debido a su bajo costo de obtención en comparación con la de quinua y chocho.

Para establecer un precio al público se utilizó un 35% de utilidad.

**Tabla 23-3** Valor mensual del detergente líquido

<b>Producción mensual máxima (L)</b>	<b>Valor unitario por litro de detergente \$</b>	<b>Valor mensual\$</b>
2271	5,766	13094,586

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

### 3.4.3 Recursos totales

**Tabla 24-3** Recursos totales

<b>Denominación</b>	<b>Costo (dólares)</b>
Recursos Humanos	7687,500
Recursos materiales	93569,120
Subtotal	101256,620
Imprevistos (8%)	8100,529
<b>TOTAL</b>	<b>109357,149</b>

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

## 3.5 Análisis de costo/beneficio del proyecto

### 3.5.1 Ingresos anuales

**Tabla 25-3** Ingresos anuales

<b>Año</b>	<b>Valor \$</b>
1	157135,032
2	162075,885
3	169779,980
<b>TOTAL</b>	<b>488990,897</b>

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

**Nota:** El índice poblacional para año 2017 es de 1,56%.

### 3.5.2 Egresos anuales

**Tabla 26-3** Egresos anuales

<b>Año</b>	<b>Valor \$</b>
1	47050
2	48436,580
3	50738,958
<b>TOTAL</b>	<b>146225,538</b>

**Fuente:** Arcos; Cauja. 2017

**Realizado por:** Arcos; Cauja. 2017

### 3.5.3 Flujo efectivo neto

**Tabla 27-3** Flujo efectivo neto

<b>Año</b>	<b>Valor \$</b>
1	110085,032
2	113639,305
3	119041,022

**Fuente:** Arcos; Cauja. 2017

**Realizado por:** Arcos; Cauja. 2017

### 3.5.4 Cálculo del VAN y TIR

#### 3.5.4.1 Calculo de VAN

Para el cálculo del van se utilizará la siguiente formula:

**Ecuación 80-3:** VAN

$$\text{VAN} = \text{BNA} - \text{INVERSION INICIAL}$$

Dónde:

BNA: Beneficio neto actualizado.

$$VNA = -A + \frac{Q_1}{(1+k)^1} + \frac{Q_1}{(1+k)^2} + \frac{Q_1}{(1+k)^3} + \dots \dots \dots \frac{Q_1}{(1+k)^n}$$

Dónde:

$Q_1$  = flujos de caja

K= interés

A= inversión

$$VAN = \$174.074,21$$

### 3.5.4.2 *Calculo del TIR*

Para el cálculo del TIR se utiliza la siguiente formula:

**Ecuación 81-3:** TIR

TIR = (Flujos n- inversión inicial)

**Tabla 28-3** Resultados del VAN y TIR

<b>VAN=</b>	\$174.074,21
<b>TIR=</b>	87%

**Fuente:** Arcos; Cauja. 2017

**Realizado por:** Arcos; Cauja. 2017

### 3.5.5 *Índice de rentabilidad costo-beneficio*

**Tabla 29-3** Índice de rentabilidad costo-beneficio

<b>Año</b>	<b>Valor \$</b>	<b>Tasa descuento\$ 10%</b>
0	-109357,149	-109357,149
1	110085,032	99076,529
2	113639,305	102275,375
3	119041,022	107136,919
Sumatoria de los flujos descontados \$		308488,823
Inversión en valor absoluto \$		109357,149
Índice de rentabilidad \$		2,821

**Fuente:** Arcos; Cauja. 2017

**Realizado por:** Arcos; Cauja. 2017

Número de años= 3  
 Porcentaje de descuento= 10%  
 Inversión inicial= 109357,149

**Interpretación:** Por cada dólar que se invierte en el proyecto se va a recuperar ese dólar y nos va a quedar una ganancia de 1,82 ctvs.

**Tabla 30-3** Período de recuperación de lo invertido

Año	Tasa descuento \$ 10%	Acumulado \$
0	-109357,149	-109357,149
1	-109357,149	-10280,621
2	99076,5288	91994,754
3	102275,375	146586,659

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

$$\text{Periodo de recuperación} = \text{ultimo flujo negativo} + \frac{\text{ultimo acumulado negativo}}{\text{Flujo no acumulado del año siguiente}}$$

$$\text{Periodo de recuperación} = 1 + \frac{10280,621}{99076,5288}$$

$$\text{Periodo de recuperación} = 1,2 \text{ años}$$

**Interpretación:** El tiempo de recuperación de lo invertido será de 1 año y 2 meses.

**Tabla 31-3** Presupuesto y viabilidad del proyecto

INVERSIÓN INICIAL 77751,5									
Σ Costo por quipos	Recursos humanos	Estructura física	Servicios básicos	Año de Operación	Ingresos Totales	Egresos Totales	Flujo Efectivo Neto	Tasa de Descuento 10%	Acumulado
26310	7687,500	93569,120	2800	1	157135,032	47050	110085,032	99076,529	-10280,621
				2	162075,885	48436,580	113639,305	102275,375	91994,754
				3	169779,980	50738,958	119041,022	107136,919	146586,659
				<b>TOTAL</b>	488990,897	146225,538	342765,359	308488,823	228300,792
<b>INDICADORES FINANCIEROS</b>									
<b>VAN</b>						\$174.074,21	VAN > 0 Rentable		Se Acepta
<b>TIR</b>						87%			Se Acepta
<b>ÍNDICE DE RENTABILIDAD</b>						2,821			Se Acepta
<b>PERÍODO DE RECUPERACIÓN</b>						1,2 años			

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

### Interpretación de los indicadores financieros

**VAN** (Valor Actual Neto) **\$174.074,21** el cual al ser mayor a cero nos indica que el proyecto se acepta. La Tasa Interna de Retorno al implementar este proyecto sería del **87%**. Respecto al **Índice de rentabilidad costo – beneficio \$ 2,82** esto nos indica que por cada dólar que se invierte en el proyecto se recuperará ese dólar y se obtendrá una ganancia de 1,82 ctvs, siendo un valor muy considerable de ganancia y el **Periodo de recuperación de lo invertido será de 1 año con dos meses**.

### 3.6 Cronograma de ejecución del proyecto

ACTIVIDADES	TIEMPO																							
	PRIMER MES				SEGUNDO MES				TERCER MES				CUARTO MES				QUINTO MES				SEXTO MES			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Recopilación de información	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Muestreo de los productos (chochos, quinua, cabuya)				■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Reposo de la quinua y chocho con etanol al 96%				■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Obtención de la saponina a nivel de laboratorio					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Caracterización de la saponina en el laboratorio									■	■	■	■	■	■	■	■								
Determinación del proceso de obtención del detergente líquido													■	■	■	■								
Identificación de las variables del proceso													■	■	■	■								
Diseño del proceso para la obtención de detergente líquido													■	■	■	■	■	■	■	■				
Caracterización fisicoquímica del producto													■	■	■	■	■	■	■	■				
Validación del proceso																	■	■	■	■	■	■	■	■
Elaboración del trabajo final																	■	■	■	■	■	■	■	■
Correcciones del trabajo final																					■	■	■	■
Defensa del trabajo final																								■

Fuente: Arcos; Cauja. 2017

Realizado por: Arcos; Cauja. 2017

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En nuestro proyecto se realizó la extracción de saponina por dos métodos, extracción por soxhlet y destilación simple, llegando a concluir que el método más eficaz para obtener saponina es por destilación simple descartando el otro método debido a la recirculación que se da en este sistema lo cual nos genera una gran desventaja al dañar nuestra muestra.

En el proceso de obtención de la saponina a escala de laboratorio se pudo determinar el rendimiento obtenido por cada materia prima. En el caso de la quinua fue necesario 120g de materia prima con 200mL de disolvente para conseguir un volumen de 16,9mL de saponina. Para el chocho fue necesario 83g con 200mL de disolvente para obtener un volumen de 13,58mL. Mientras que para la cabuya fue necesario 300mL de zumo con 100mL de disolvente para conseguir un volumen de 41,52mL. De esta manera se puede decir que el mayor rendimiento de saponina proviene de la cabuya por lo que se considera el diseño. La saponina al no tener una normativa vigente en la actualidad su caracterización se basó en un componente que tiene características similares, en este caso tomamos la hoja de seguridad del Texapón N70A. Donde los parámetros y valores obtenidos de la saponina son los siguientes: densidad 1,11g/mL; temperatura 20,2°C; pH 6,64; IR 1,372; °Brix 25 y viscosidad 386,8 cP. Estos parámetros están dentro de rango.

Se realizó la caracterización final del detergente líquido biodegradable conforme a la norma NTE INEN 0847 el cual nos sirve para la validación de nuestro diseño de ingeniería obteniendo los siguientes valores: Materia grasa:3,28% ; Alcalinidad libre (NaOH): 0% ; Ph (20°C): 1,34 : Materia activa: 36,12% : Fosfatos: 0,08% : Biodegradabilidad: 94%. En base a los resultados obtenidos el detergente líquido cumple con las características necesarias para ayudar al medio ambiente, donde el principio activo es claramente la saponina debido a que al ser procedente de un producto natural es totalmente biodegradable. El contenido de saponina en el detergente es muy importante debido a que varían las propiedades de la misma. Durante el análisis de laboratorio se experimentó variando la concentración de saponina donde una muestra de 500ml tenía 72 mL de saponina obteniéndose un porcentaje de materia activa del 36,12% y fosfatos: 0,08%. Mientras que otra muestra contenía 60 mL de saponina y se obtuvieron los siguientes resultados: materia activa: 31,77% y fosfatos: 0,07%. Podemos observar que la concentración en materia activa es considerable mientras que la de fosfatos es muy baja. Es por ello que se escogió el de mayor cantidad de saponina ya que su rendimiento es mayor. Consideramos que al no haber detergentes con características similares en nuestro país, y al estar en una época donde

la reutilización y creación de productos biodegradables está en su auge este detergente sería un gran aporte para la humanidad y el planeta.

Se realizó un análisis financiero para verificar si este proyecto es viable o no, se hace uso del cálculo de los indicadores financieros, VAN (Valor Actual Neto) **\$174.074,21** el cual al ser mayor a cero se acepta el proyecto. La Tasa Interna de Retorno al implementar este proyecto sería del **87%**. **I. Rentabilidad \$ 2,82** esto nos indica que por cada dólar que se invierte en el proyecto se recuperará ese dólar y se obtendrá una ganancia de 1,82 ctvs., siendo un valor muy considerable de ganancia y el Periodo de recuperación de lo invertido será de 1 año con dos meses. **Como podemos darnos cuenta este proyecto financieramente es viable.**

La distribución de los equipos debido a la movilización que se requiere se tomó de 1.2 m entre equipo y equipo que cumplen con lo recomendado de manera general según el Manual del ingeniero químico.

## CONCLUSIONES

- El proceso de extracción de saponina a partir de quinua, chocho y cabuya se efectuó por destilación simple utilizando como solvente etanol al 96% de pureza, para ello la materia prima pasara por pre- tratamientos, para el caso de la quinua y chocho se deja reposar durante dos días en etanol para posteriormente filtrar, mientras que para la cabuya se extrae el zumo y se filtra. Complementariamente la caracterización inicial de la saponina esta dado en base a los siguientes parámetros: densidad 1,11g/mL; temperatura 20,2°C; pH 6,64; IR 1,372; °Brix 25; viscosidad 386,8 cP.
- Se obtuvieron a nivel experimental datos sobre el proceso de elaboración del detergente biodegradable que involucra básicamente las variables siguientes: velocidad de agitación para una total homogenización, gira a velocidades comprendidas entre 20 y 150 rpm, tiempo de agitación estimado para la elaboración total del detergente liquido está entre 45-60 min, flujo másico de 194,93Kg/h y flujo volumétrico de 189,25L/h.
- Una vez que se han identificado los procesos a escala de laboratorio se procedió al diseño de ingeniería que en la metodología corresponde a: cálculos técnicos, dimensionamiento, capacidad de la planta, tipo de materiales, controles y finalmente requerimiento presupuestario. Mediante el cálculo de los indicadores financieros con valores de **VAN** (Valor Actual Neto) **\$174.074,21** el cual al ser mayor a cero se acepta el proyecto. La Tasa Interna de Retorno al implementar este proyecto sería del **87%**. **Índice de Rentabilidad \$ 2,82** esto nos indica que por cada dólar que se invierte en el proyecto se recuperará ese dólar y se obtendrá una ganancia de 1,82 ctvs, siendo un valor muy considerable de ganancia y el **Periodo de recuperación de lo invertido será de 1 año con dos meses**, determinando que este proyecto financieramente es viable.
- La caracterización final según la norma NTE INEN 0847 (2009) valida nuestro diseño de ingeniería para la producción de un detergente biodegradable a partir de saponina de quinua, chocho y cabuya obteniendo los siguientes parámetros y valores: **Materia grasa 3,28%**; **Alcalinidad libre (NaOH) 0%**; **Ph (20°C) 1,34**; **Materia activa 36,12%**; **Fosfatos 0,08%** y **Biodegradabilidad 94%**. Por lo tanto es un producto totalmente comercial ya que sus parámetros no solo están dentro del rango sino que también está libre de los principales componentes que son contaminantes para nuestras aguas.

## RECOMENDACIONES

Para la elaboración del detergente líquido se tiene las siguientes recomendaciones de manera general:

- Garantizar un buen abastecimiento de la materia prima, para lo cual se debería tener un centro de cultivo.
- Para una posible implementación de este proyecto se recomienda utilizar solo cabuya para obtener la saponina debido a su alto rendimiento.
- Las muestras de materia prima se debe realizar lo más fresca posible para evitar una fermentación como es el caso de la cabuya.
- Cortar las espinas de la penca para evitar lastimarse.
- Para la molienda de la cabuya se recomienda evitar contacto directo del zumo con la piel para evitar irritaciones en la misma.
- Tener cuidado al momento de la extracción de la saponina que no sobrepase los 100°C para evitar un desequilibrio y por ende una ruptura o explosión del equipo.
- La fuente de calor debe ser lo suficientemente necesario como para mantener en ebullición la mezcla de 80-100°C.
- Realizar la agitación vigorosa y durante 20 minutos por cada aditivo para que la mezcla del detergente sea homogéneo.
- Tener mucho cuidado al momento de manipular el zumo de cabuya, se recomienda el uso de guantes.

## **BIBLIOGRAFIA**

**Bailey, P.; & Bailey, C.** *Química Orgánica, Conceptos y aplicaciones*. 5ta ed. México: Prentice Hall Hispanoamérica, S.A., 1998, pp. 487-489.

**Costa López, J; et al.** *Curso de Ingeniería Química*. Barcelona : REVERTE, S.A, 1991, pp.36-40, pp.36- 40.

**Domínguez, Carolina.** *La contaminación ambiental, un tema con compromiso social* [en línea], 2015, (Colombia) vol.(10), pp.9-21. [Consulta: 20 agosto 2017]. ISSN 1909-0455. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552015000100001](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100001)

**Ecuador. Instituto Nacional Ecuatoriano De Normalización. (1995).** *Procedimiento para la Toma de Muestras de Granos y Cereales*.

**Ecuador. Instituto Nacional Ecuatoriano De Normalización. (1982).** *Requisitos que debe Cumplir el Detergente Líquido Destinado al Uso Doméstico*

**Espinosa, Laura.** *Generalidades e importancia de los agaves en México* [en línea], 2015, (México), vol. (7), pp.161-164. [Consulta: 10 agosto 2017]. ISSN 2395-8790. Disponible en: [http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde\\_Herbario/2015/2015-10-22-Espinosa\\_Barrera-Generalidades\\_e\\_importancia\\_de\\_los\\_agaves\\_en\\_Mexico.pdf](http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2015/2015-10-22-Espinosa_Barrera-Generalidades_e_importancia_de_los_agaves_en_Mexico.pdf)

**Geankopolis, C. J. 1998.** *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. México : Contiental, S.A., 1998, p. 161.

**Gender Cevallos, Kelvin; & Arnao Ramírez, Juan .** *Estudio de la biodegradación de los detergentes comerciales domésticos de nuestro país* [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pre grado) Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Ingeniería Química.

Guayaquil, Ecuador. 2005. pp. 42-46. [Consulta: 6 de Agosto de 2017]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/414/1/TESIS%20952.pdf>.

**Gozáles, M., Barrenetexea, C., Pérez, J., Rodríguez, B.** *Contaminación ambiental: una visión desde la química*. España : Paraninfo, 2003, pp 101-102

**Guillot Ortiz, Daniel; & Der Meer, Piet.** *Agave sisalana Perr.ex Engelm. y sus cultivares en España* [en línea], 2009, (España) vol. (6), pp.72-75. [Consulta: 19 agosto 2017]. ISSN 1988-4257. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3096678.pdf>

*Manual de Limpieza y puesta a punto de pisos y zonas comunes en alojamientos*. Málaga : Vértice, 2009 pp. 84-87.

**Meyhuay, Magno. Quinoa: Operaciones de Pos cosecha** [en línea]. Perú: AGSI/FAO, 2013. Introducción, pp.1-2. [Consulta: 15 septiembre 2017]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/018/ar364s/ar364s.pdf>

**Ocon García, Joaquín & Tojo Barreiro, Gabriel.** *Problemas de Ingeniería Química Operaciones Básicas Tomo I*. Madrid : Aguilar, 1963, pp.280-282

**Peralta, E; et al.** *Manual Agrícola de Granos Andinos Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco* [en línea]. *Tercera Edición*. Quito- Ecuador: Eduardo Peralta, 2012. Chocho, pp: 2-8. [Consulta: 10 septiembre 2017]. Disponible en: <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/MANUAL%20AGRICOLA%20GRANOS%20ANDINOS%202012.pdf>

**Stephen, J; et al.** *Química Orgánica* [en línea]. Baelona-España: Reverte, 1988, p. 706.

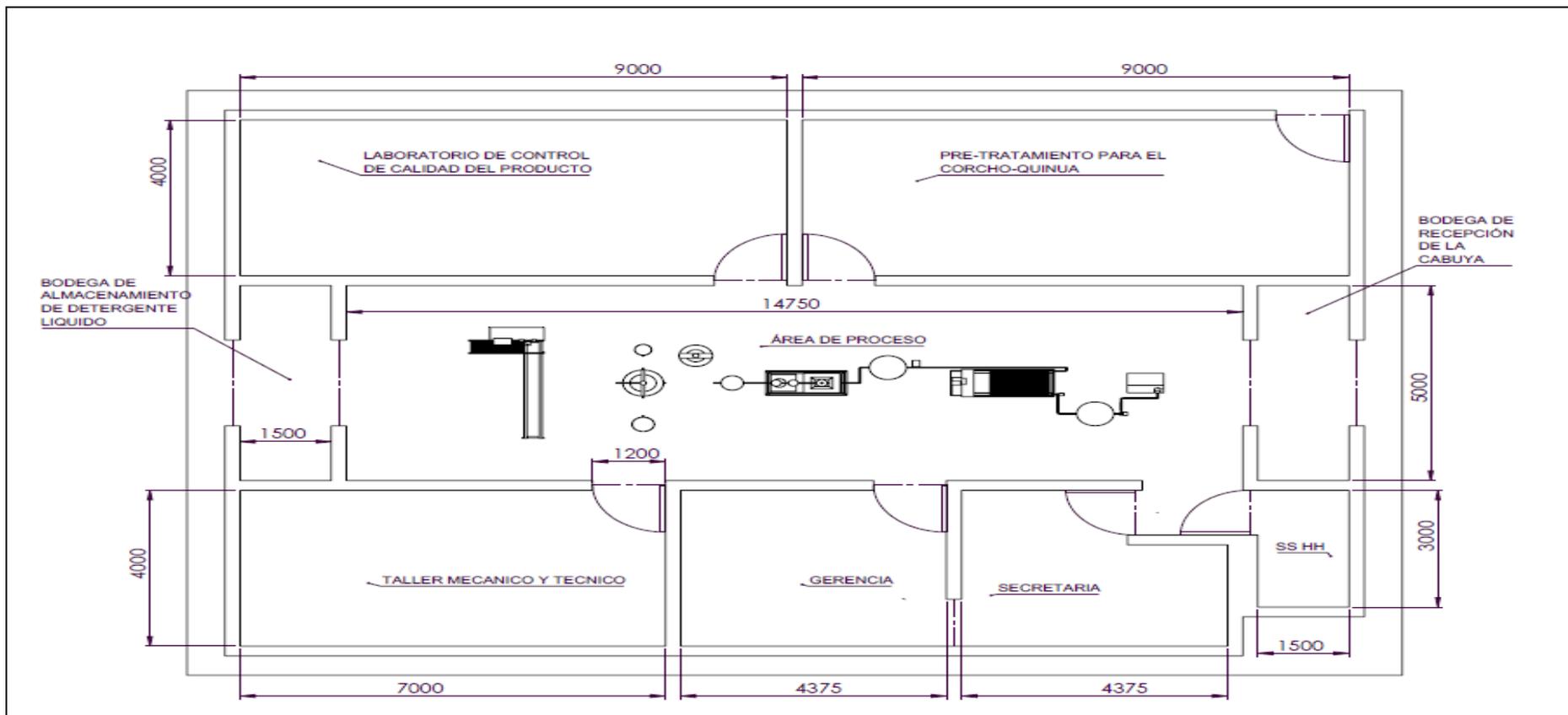
**Wade L, Jr. 2004.** *Química Orgánica*. Madrid : Pearson Education, S.A., 2004. pp: 1075-1077.

**Warren L, McCabe, Smith, Julian C y Harrion , Peter. 1991.** *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química.* España : McGraw-Hill, 1991, p. 242 ; p. 890.

**Wilkinson, J. B. y Moore, R. J. 1990.** *Cosmetología de Harry.* Madrid : Edigrafos, S. A., 1990, p. 941

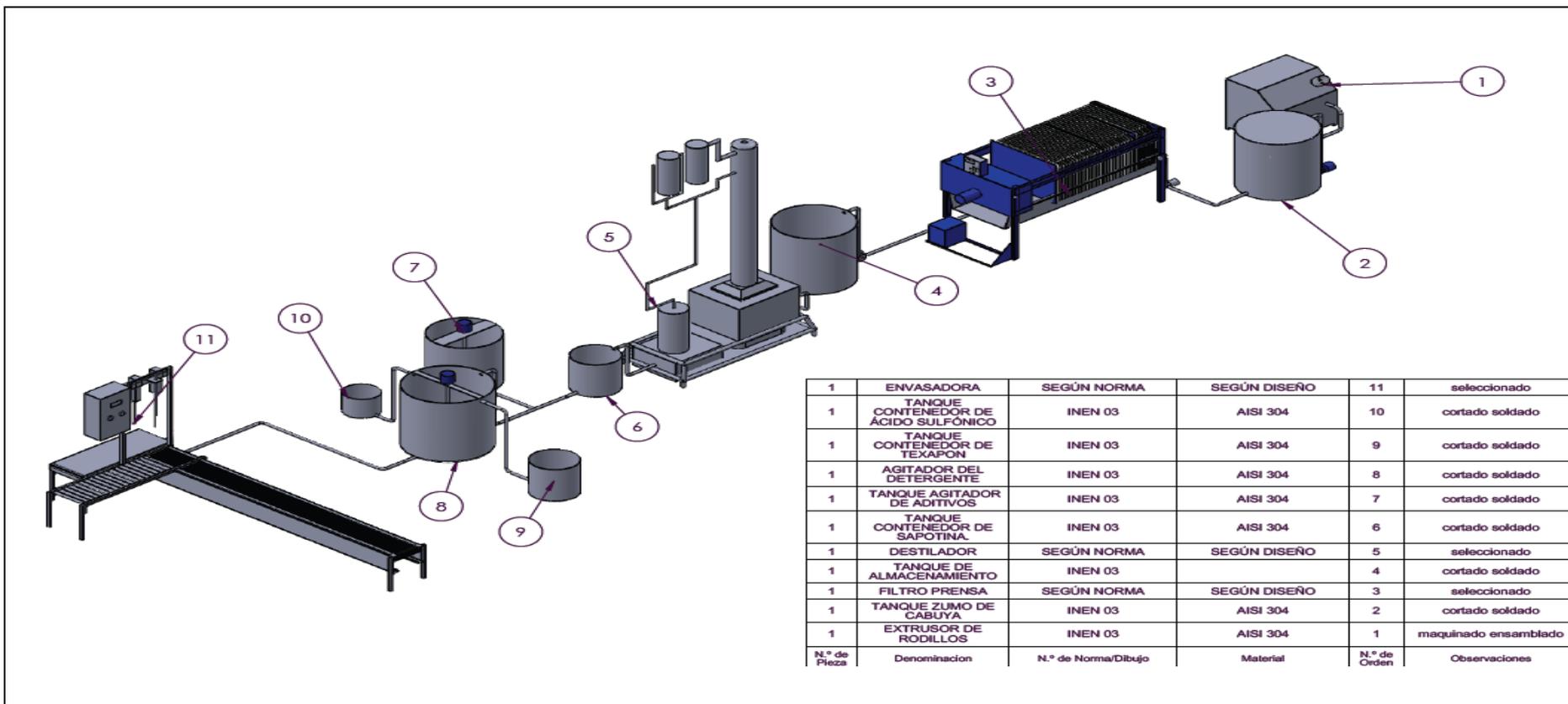
# ANEXOS

## ANEXO A: Plano de distribución de planta



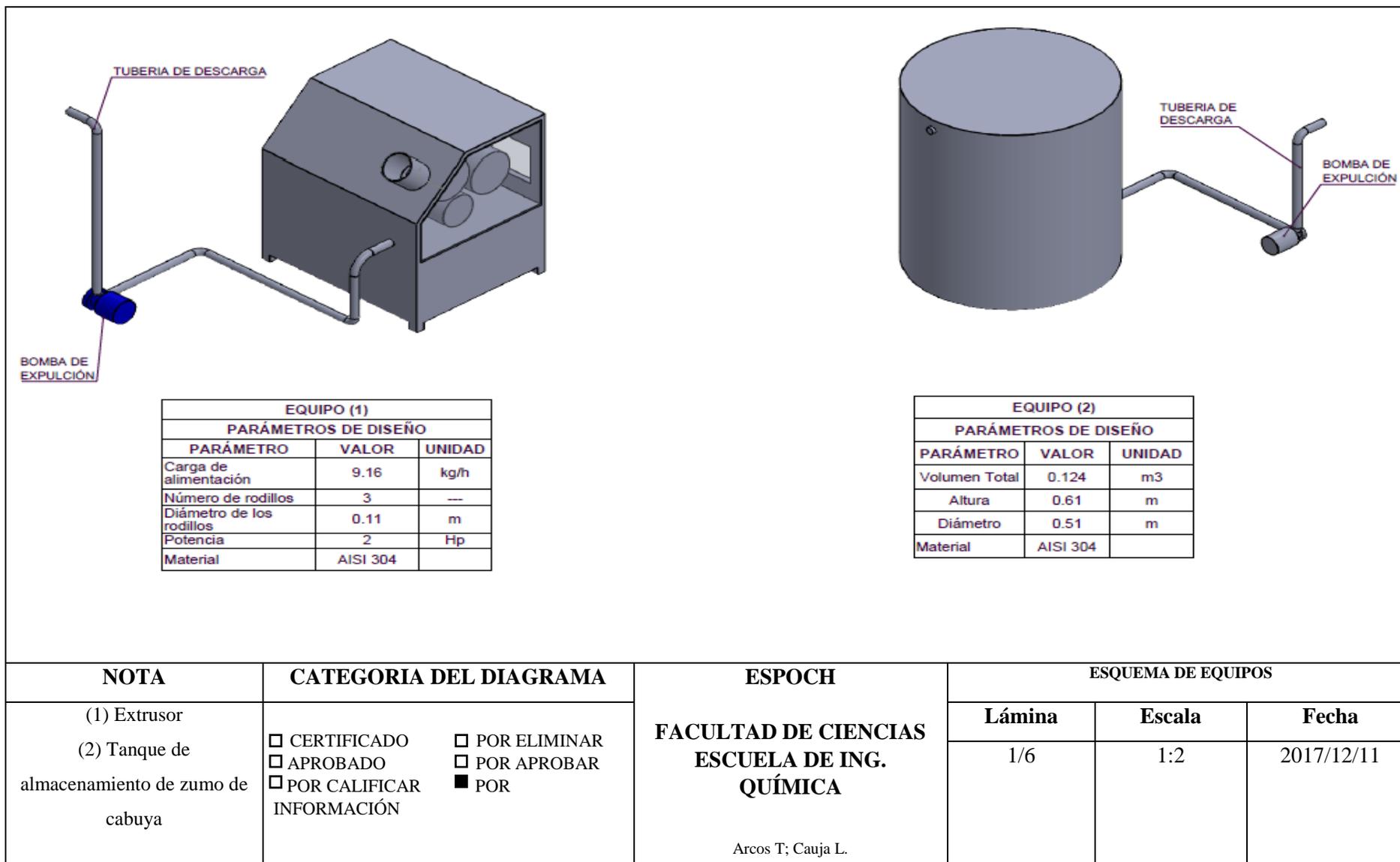
NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PLANO DE PLANTA		
			Lámina	Escala	Fecha
Diagrama de la planta	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR INFORMACIÓN	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	1/1	1:2	2017/12/11

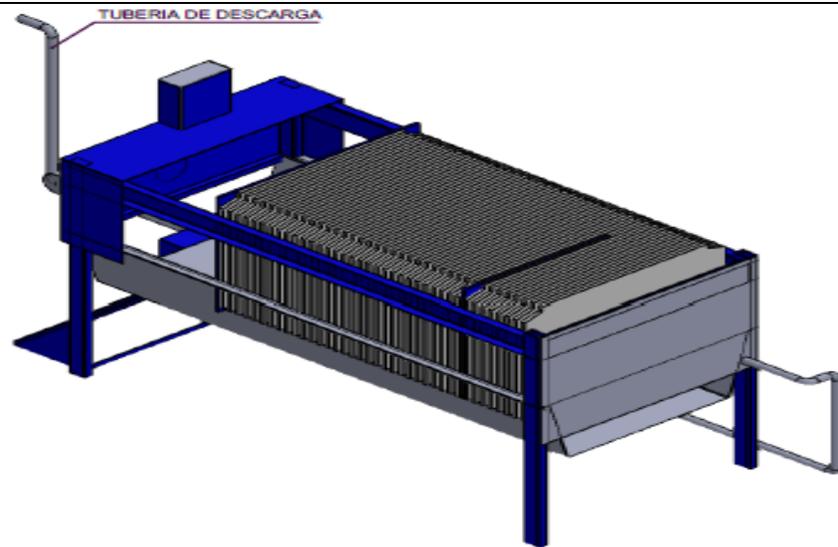
**ANEXO B:** Diagrama general del proceso para la obtención de detergente líquido a partir de la saponina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) y cabuya (*Sisalana perrine*)



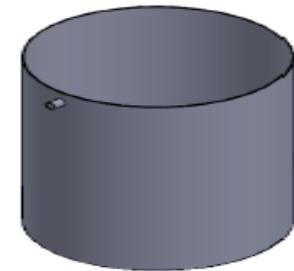
NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PLANO DE DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO		
			Lámina	Escala	Fecha
Diagrama general del proceso para la obtención de detergente líquido	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR INFORMACIÓN <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	1/1	1:2	2017/12/11

ANEXO C: Esquema de equipos



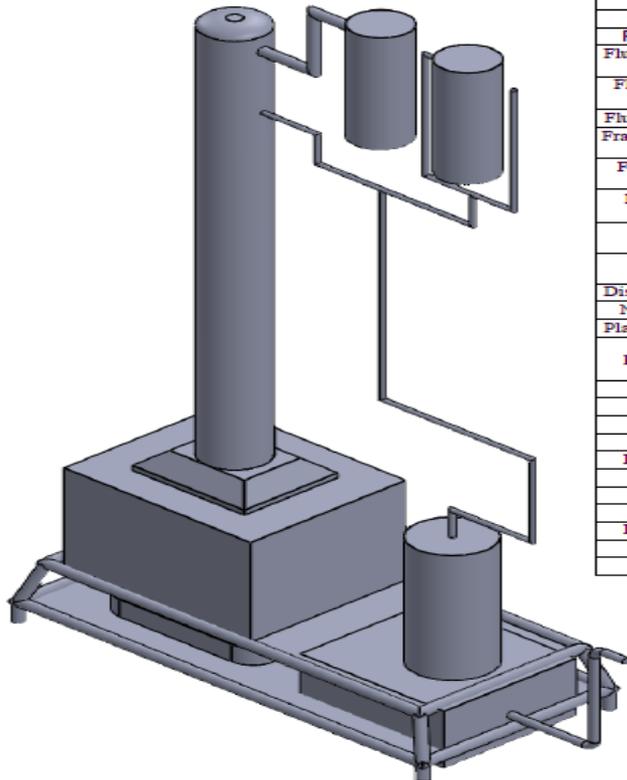


EQUIPO (3)		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
PARÁMETROS	VALOR	UNIDAD
L	0.8	m
A	0.8	m
E placas	0.025	m
Capacidad	5	pies <sup>3</sup> torta/h
Caudal de entrada	0.11	m <sup>3</sup> /h
V torta	0.016	m <sup>3</sup> /h
# placas y marcos	9	---
Mampostería		
H	0.3	m
A	1	m
Lados	0.45	m
Material	AISI 304	---

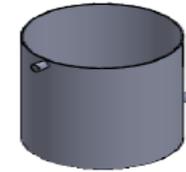


EQUIPO (4)		
PARÁMETROS DE DISEÑO		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Volumen Total	0.166	m <sup>3</sup>
Altura	0.7	m
Diámetro	0.61	m
Material	AISI 304	---

NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ESQUEMA DE EQUIPOS		
			Lámina	Escala	Fecha
(3) Filtro Prensa	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> POR INFORMACIÓN	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	2/6	1:2	2017/12/11
(4) Tanque de almacenamiento de zumo de cabuya con etanol					

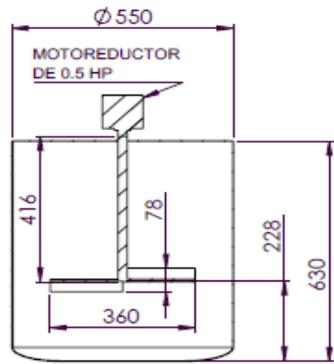


EQUIPO (5)		
PARÁMETROS DE DISEÑO		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Flujo de alimentación (F)	4.48	L/h
Flujo del destilado (D)	3.54	L/h
Flujo del residuo (W)	0.94	L/h
Fracción alimentación (XF)	0,75	---
Fracción destilado (XD)	0,85	---
Fracción residuo (XW)	0,15	---
Diámetro de la columna (Ø)	0,18	m
Longitud de la columna (z)	1,75	m
Distancia entre platos	0,1	m
Número de platos	15	--
Plato de alimentación	8	--
Temperatura promedio De la columna (T)	76,945	C
Fluidez ( $\omega$ )	0,75	Rhe
Viscosidad ( $\mu$ )	1,333	cP
<b>Zona de agotamiento</b>		
Área (A)	0,0239	m <sup>2</sup>
Flujo del gas (G)	148,33	Kg/hm <sup>2</sup>
Volumen (V)	3,55	Kg/h
<b>Zona de rectificación</b>		
Área (A)	0,0045	m <sup>2</sup>
Flujo del gas (G)	143,77	Kg/hm <sup>2</sup>
Volumen (V)	0,649	Kg/h
Material	AISI 304	---



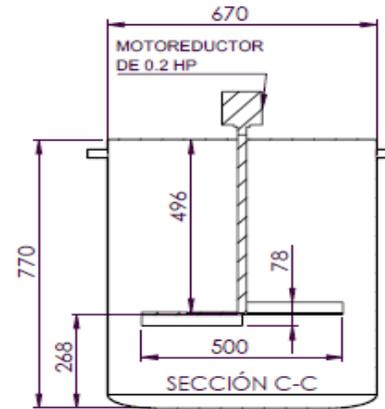
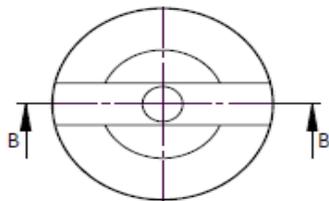
EQUIPO (6)		
PARÁMETROS DE DISEÑO		
Parámetro	Valor	Unidad
Volumen total	0.31	m <sup>3</sup>
Altura	0.40	m
Diámetro	0.37	m
Material	AISI 304	---

NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ESQUEMA DE EQUIPOS		
			Lámina	Escala	Fecha
(5) Torre de destilación (6) Tanque de almacenamiento de saponina	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR INFORMACIÓN <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING.</b> <b>QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	3/6	1:2	2017/12/11



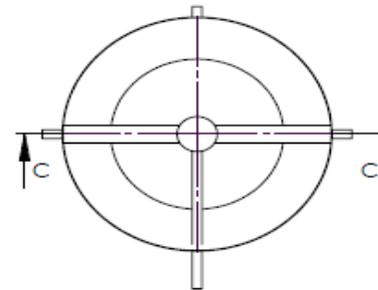
SECCIÓN B-B

EQUIPO (7)		
PARÁMETROS DE DISEÑO		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Volumen total	0.116	m <sup>3</sup>
Material	AISI 304	---
SISTEMA DE AGITACIÓN		
Número de Reynolds	205709.076	---
Número de Paletas	2	---

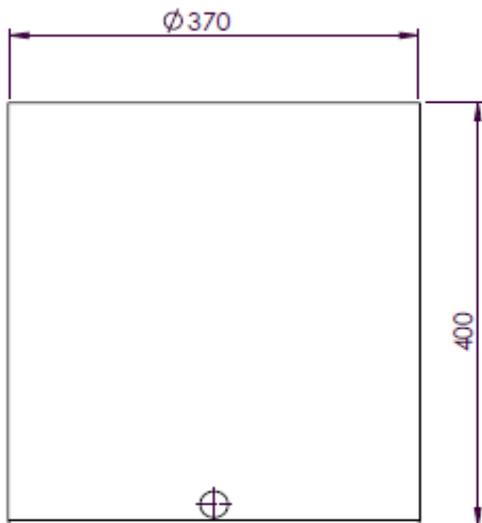


SECCIÓN C-C

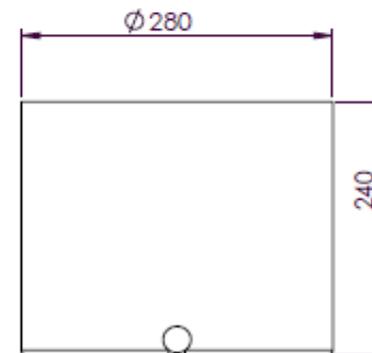
EQUIPO (8)		
PARÁMETROS DE DISEÑO		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Volumen total	0.22	m <sup>3</sup>
Material	AISI 304	---
SISTEMA DE AGITACIÓN		
Número de Reynolds	511.28	---
Número de Paletas	2	---



NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PLANO DE DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO		
			Lámina	Escala	Fecha
(7) Agitador del Detergente	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR INFORMACIÓN	<b>FACULTAD DE CIENCIAS            ESCUELA DE ING.            QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	4/6	1:2	2017/12/11
(8) Agitador de Aditivos			<input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR		

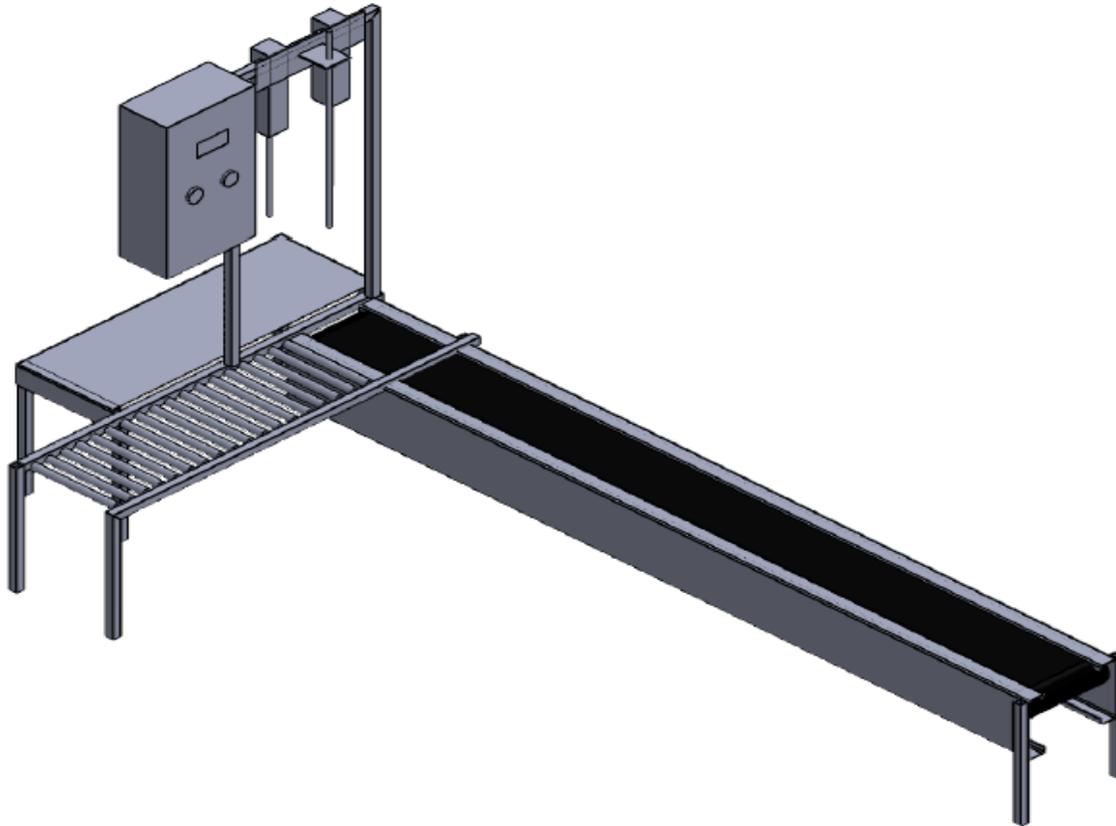


EQUIPO (9)		
PARÁMETROS DE DISEÑO		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Volumen	0.03	m <sup>3</sup>
Material	AISI 304	--



EQUIPO (11)		
PARÁMETROS DE DISEÑO		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Volumen	0.009	m <sup>3</sup>
Material	AISI 304	--

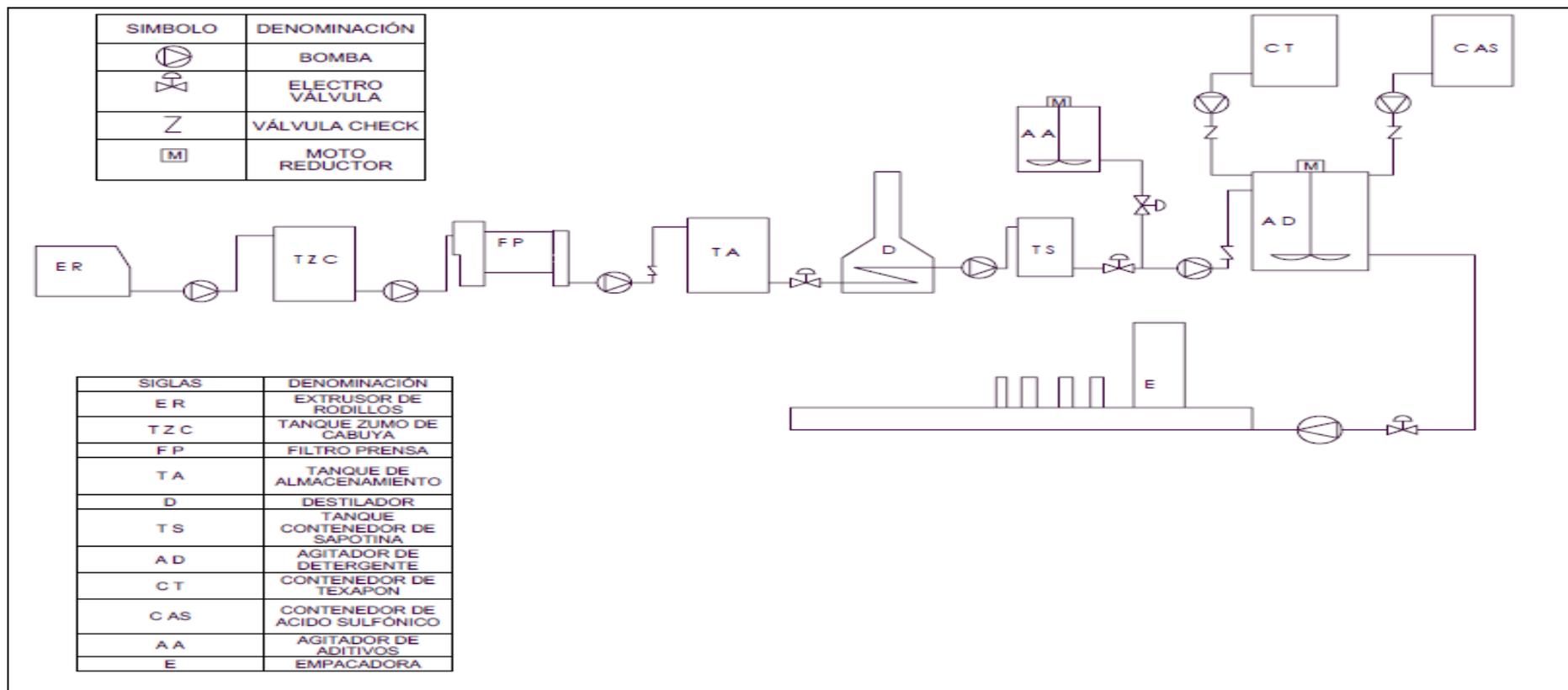
NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ESQUEMA DE EQUIPOS		
			Lámina	Escala	Fecha
(9) Tanque contenedor de Texapón	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR INFORMACIÓN	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	5/6	1:2	2017/12/11
(10) Tanque contenedor de Ácido Sulfónico					



EQUIPO (11)		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
ESPECIFICACIÓN	VALOR	UNIDAD
L cilindro carga y descargalL	0,1991	m
r cilindro	0.04	m
L cilindro carga y descargalgal	0.2457	m
r cilindro	0.07	m
Material	AISI 304	--
Banda transportadora		
m soporta la banda por cargaenvlL	4,2	kg
m soporta la banda por cargaenvl gal	15,88	kg
t trayectoria	10	S
v trayectoria	0,10	m/s
L banda	0,72	m
P motor	0,5	Hp
D polea	0,14	m

NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ESQUEMA DE EQUIPOS		
			Lámina	Escala	Fecha
(11) Envasadora de 11 y 1gal	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR INFORMACIÓN <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING.</b> <b>QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	6/6	1:2	2017/12/11

**ANEXO D:** Diagrama P&I del proceso para la obtención de detergente líquido a partir de la saponina de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) y cabuya (*Sisalana perrine*)



NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DIAGRAMA P&I DEL PROCESO		
			Lámina	Escala	Fecha
Diagrama P&I del proceso del proceso para la obtención de detergente líquido	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR INFORMACIÓN	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	1/1	1:2	2017/12/11

**ANEXO E:** Proceso experimental para extraer saponina a partir de quínoa, chocho y cabuya



a.



b.

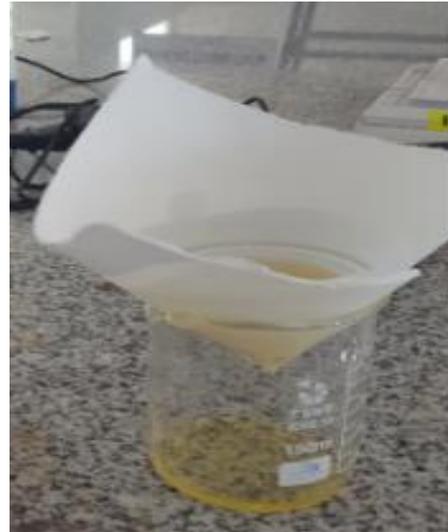


c.

NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PROCESO EXPERIMENTAL		
			Lámina	Escala	Fecha
a. Quinoa con etanol al 96 %	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR INFORMACIÓN	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	1/7	1:2	2017/12/11
b. Chocho con etanol al 96 %					
c. Extrusión de la Cabuya					



d.



e.



f.

NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PROCESO EXPERIMENTAL		
d. Filtración de la Quinoa e. Filtración del Chocho f. Extrusión de la Cabuya	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> POR INFORMACIÓN	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			2/7	1:2	2017/12/11



g.



h.



i.



j.

NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PROCESO EXPERIMENTAL			
			Lámina	Escala	Fecha	
g. Quinoa filtrada	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> POR INFORMACIÓN	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	3/7	1:2	2017/12/11	
h. Chocho filtrado						
i. Zumo de Cabuya filtrada						
j. Mezcla de Zumo de cabuya- etanol						



k.



l.



m.

NOTA		CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PROCESO EXPERIMENTAL		
k.	Destilación Simple de la Quinua	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> POR INFORMACIÓN	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
l.	Destilación Simple del Chocho			4/7	1:2	2017/12/11
m.	Destilación Simple de la Cabuya					



n.

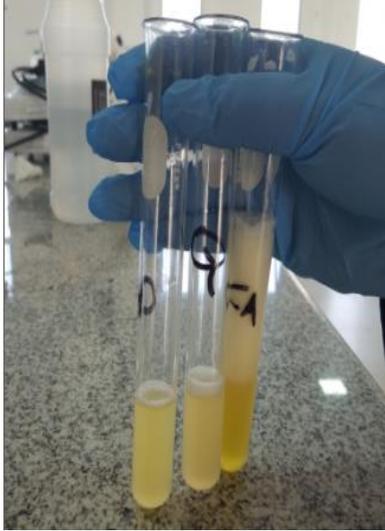


o.



p.

NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PROCESO EXPERIMENTAL		
			Lámina	Escala	Fecha
n. Saponina obtenida de la Quinoa	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR INFORMACIÓN	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	5/7	1:2	2017/12/11
o. Saponina obtenida del Chocho					
p. Saponina obtenida de la Cabuya					



q.



r.

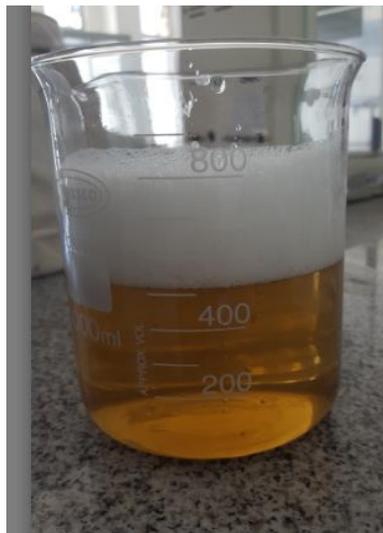


s.



t.

NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PROCESO EXPERIMENTAL		
<p>q. Prueba de espuma para la Saponina obtenida de la Quinoa, Chocho y Cabuya</p> <p>r. Mezcla de Saponina - Texapón</p> <p>s. Adición de Conservante</p> <p>t. Adición de ácido Sulfónico</p>	<p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO      <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR</p> <p><input type="checkbox"/> APROBADO        <input type="checkbox"/> POR APROBAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR    <input checked="" type="checkbox"/> POR INFORMACIÓN</p>	<p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b></p> <p>Arcos T; Cauja L.</p>	<p><b>Lámina</b></p>	<p><b>Escala</b></p>	<p><b>Fecha</b></p>
			<p>6/7</p>	<p>1:2</p>	<p>2017/12/11</p>



u.



v.



w.

NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PROCESO EXPERIMENTAL		
			Lámina	Escala	Fecha
u. Detergente Líquido	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> POR INFORMACIÓN	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>  Arcos T; Cauja L.	7/7	1:2	2017/12/11
v. Adición de Aroma y Color al Detergente					
w. Detergente CQC 1-0CQC 2					

## ANEXO F: Resultados del detergente líquido CQC

# LABOLAB

ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 175242  
Página 1 de 1

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Jose Manuel Arcoz  
**DIRECCIÓN:** Sucre y Garcia Moreno  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 8 de septiembre del 2017  
**MUESTRA:** Detergente CQC  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Líquido color verde  
**ENVASE:** Frasco de polietileno  
**FECHA DE ELABORACIÓN:** 15 de agosto del 2017  
**FECHA VENCIMIENTO:** ---  
**LOTE:** ---  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 08 - 21 de septiembre del 2017  
**REFERENCIA:** 175242  
**MUESTREO:** Por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 24.5 °C 39% HR

### ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	METODO	RESULTADO
Materia grasa (%)	INEN 823	3.28
Alcalinidad libre (% NaOH)	INEN 821	0.00
pH (20 °C)	INEN ISO 4316	1.34
Materia activa (%)	INEN 833	36.12
Fosfatos (%)	Espectrofotométrico	0.08

  
Dra. Cecilia Llerenas  
LABOLAB

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

### INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACIÓN SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, instrumental de: Alimentos, aguas, suelos, materiales plásticos, aditivos, cosméticos, pesticidas, aceites, metales pesados y otros.  
Fco. Andrade Narro E/23 y Diego de Almagre Telf.: 2343-223 / 2591-700 / 3238-863 / 3238-304 Cel.: 833-255-3412 / 999-944-7153 / 099-760-1401  
Email: [secciv@labolab.com.ec](mailto:secciv@labolab.com.ec) / [www.labolab.com.ec](http://www.labolab.com.ec) / [www.ecoanalisis.com.ec](http://www.ecoanalisis.com.ec) / [informes@labolab.com.ec](http://informes@labolab.com.ec)

[www.labolab.com.ec](http://www.labolab.com.ec)

QUITO - Ecuador



ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 173242  
Hoja 1 de 1

NOMBRE DEL CLIENTE: Jose Manuel Arcas  
DIRECCIÓN: Sucre y Garcia Moreno  
FECHA DE RECEPCIÓN: 8 de septiembre del 2017  
MUESTRA: Detergente CQC  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Líquido color verde  
ENVASE: Frasco de polietileno  
FECHA DE ELABORACIÓN: 15 de agosto del 2017  
FECHA VENCIMIENTO: ---  
LOTE: ---  
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 08 de septiembre – 2 de octubre del 2017  
REFERENCIA: 173242  
MUESTREO: Por el cliente  
CONDICIONES AMBIENTALES: 24.5 °C 39% HR

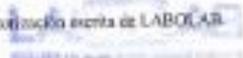
#### ANÁLISIS QUÍMICO:

MUESTRA	8 de septiembre DQO (mg/l)	22 de septiembre DQO (mg/l)	2 de octubre DQO (mg/l)
Directo	2664	1066	169

NOTA: Al vigésimo quinto día se degrada el 94%

  
Dra. Cecilia Enríquez  
GERENTE GENERAL

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.



#### INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACIÓN SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, sensorial y de alimentos, aguas, heces, materias primas, balanceados, cosméticos, servicios, sueros, aceites primos y de  
Fic. Av. General María Elvira y Diego de Almagro, Tel.: 3363-225 / 3361-354 / 3228-923 / 3228-384 Cel.: 099-505-9412 / 099-844-2133 / 011-798-154  
Correo: laboratorio@labolab.com.ec / informacion@labolab.com.ec / reclutamiento@labolab.com.ec / contacto@labolab.com.ec

laboratorio@labolab.com.ec

Quito - Ecuador

## ANEXO G: Resultados del detergente CQC2

# LABOLAB

ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 174939  
Hoja 1 de 1

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Jose Manuel Arcos  
**DIRECCIÓN:** Sucre y Garcia Moreno  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 24 de agosto del 2017  
**MUESTRA:** Detergente CQC2  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Líquido turbio color verde  
**ENVASE:** Frasco de polietileno  
**FECHA DE ELABORACIÓN:** 15 de agosto del 2017  
**FECHA VENCIMIENTO:** ---  
**LOTE:** ---  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 24 - 30 de agosto del 2017  
**REFERENCIA:** 174939  
**MUESTREADO:** Por el cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 24 °C 38% HR

### ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	METODO	RESULTADO
Materia activa (%)	INEN 833	31.77
Fosfatos (%)	Espectrofotométrico	0.07

  
Dra. Cecilia Luzuriaga  
GERENTE GENERAL

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

FORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

de fósforo, químicos, microbiológicos, serotipología de alimentos, aguas, bebidas, dietas, dietas bajas en grasas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados, etc.  
Avenida Mariscal Sucre y Diego de Almagra, Telf.: 2543-225 / 2545-358 / 3238-583 / 3238-584 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2151 / 858 738  
E-mail: [seccionregulacion@labolab.com.ec](mailto:seccionregulacion@labolab.com.ec) / [serviciocliente@labolab.com.ec](mailto:serviciocliente@labolab.com.ec) / [cecilia.luzuriaga@labolab.com.ec](mailto:cecilia.luzuriaga@labolab.com.ec) / [informes@labolab.com.ec](mailto:informes@labolab.com.ec)

[www.labolab.com.ec](http://www.labolab.com.ec)

Quito - Ecuador

ANEXO H: Proforma de los equipos

**CONDO FAUSTO LEONIDAS** **PROFORMA**

**OMEGA** **Nº 000116**

Dirección: Km. 1 1/2 vía a Chambo Innomada s/n  
 Teléfono: 2522 246 - Cel.: 098014385  
 RIOBAMBA - ECUADOR  
 R.U.C.: 0602908691001



**OMEGA**  
Maquinaria y Equipo

DIA	MES	AÑO
10	10	2017

Sr.(es): Talia Arias

Dirección: Sue y Genia Herano

R.U.C./C.I.: 060481134-5 Teléfono: 2450022

CANT.	DETALLE	V/UNIT.	V/TOTAL
7	Rebrotador de agua caliente para uso residencial con sistema de calefacción eléctrica	1.320	7.320
7	Panel solar fotovoltaico conectado en serie de 200W y 12V con regulador de carga y batería de 12V 100Ah	1.756	12.292
7	Panel de agua caliente con calefacción y sistema de calefacción eléctrica	220	1.540
7	Enchufes estándar a norm de alto voltaje a 220V con cableado en PVC	484	3.388
7	Botón de calefacción conectado en 220V 20A capacidad de 20A	10060	70.420
1	Botón de calefacción conectado en 220V 20A capacidad de 20A	1625	1.625
7	Botón de calefacción conectado en 220V 20A capacidad de 20A	176	1.232
<b>SUBTOTAL \$</b>			<b>76.524</b>
<b>T. Gravado IVA Tarifa 0% \$</b>			
<b>T. Gravado IVA Tarifa 12% \$</b>			
<b>Importe del IVA \$</b>			<b>1.958,68</b>
<b>TOTAL \$</b>			<b>14.305,12</b>

**OMEGA** 

TEL: 032822246 - CEL: 098014385  
 Km. 1 1/2 VÍA A CHAMBO RESPONSABLE

**VALIDO HASTA 15 DIAS DE SU EMISION**

EMPRESA "OUTTENBERG" - Julio Anibal Amador Sánchez - R.U.C. 0600791220001 - AUT. SIN 1392

CONDO FAUSTO LEONIDAS

PROFORMA



**OMEGA**

Nº 000117

Dirección: Km. 1 1/2 vía a Chambo Innominada s/n  
 Teléfono: 2622 246 - Cel.: 098014386  
 RIOBAMBA - ECUADOR  
 R.U.C.: 0602908691001

DIA	MES	AÑO
10	10	2017

Sr.(es): *Tania Arcos*

Dirección: *Sucre y García Moreno*

R.U.C./C.I.: *060486138-5* Teléfono: *2930022*

CANT.	DETALLE	V/UNIT.	V/TOTAL
1	Tanque de almacenamiento para zumo de coliflor capacidad para 1000 construido en acero inoxidable AISI 304 grado alimenticio ondulado a 3 patas autosustentables salida de	396	396
2	Bombas tapa de 1HP a 220V	334,4	668,8
1	Filtro prensa construido en acero inoxidable AISI 304 grado alimenticio en medidas largo 0,8m, ancho 0,6m ondulado de 1 y	3696	3696
	ondulado a 2" Sistema de placas en malla Mesh 3m, 2mm, 1mm, Bombas de 1HP a 220V		
1	Tanque de almacenamiento de zumo de coliflor con claral para 1000 construido en acero inoxidable AISI 304 grado alimenticio ondulado a 3 patas autosustentable. Salida de 1" con tapa.	396	396
2	Tanque contenedor de capacidad para 1000 construido en acero inoxidable AISI 304 grado alimenticio ondulado a 3 patas autosustentable salida de 2" con tapa.	176	352
1	Robo de leche a 2500 cc con motor a 110W con sistema de refrigeración por enfriamiento	1.320	1.320
		SUBTOTAL \$	6.828,8
		T. Gravado IVA Tarifa 0% \$	
		T. Gravado IVA Tarifa 12% \$	
		Importe del IVA \$	1.198,32
		TOTAL \$	17.944,88

OMEGA Maquinaria y Equipos

TEL.F.: 032622246 - CEL.: 098014386

Km. 1 1/2 VIA A CHAMBO

RESPONSABLE

VALIDO HASTA 15 DIAS DE SU EMISION

IMPRESA "GUTENBERG" • Julio Anibal Jiménez Sánchez • R.U.C. 0600719272001 • AUT. SRI 1392



Servicio Ecuatoriano de Normalización

Quito – Ecuador

**NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA**

**NTE INEN 847**

Primera revisión  
2015-07

**AGENTES TENSOACTIVOS. DETERGENTE LÍQUIDO DE USO  
DOMÉSTICO. REQUISITOS**

**SURFACE ACTIVE AGENTS. LIQUID DETERGENT OF HOUSEHOLD USE. REQUIREMENTS**

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p>	<p>AGENTES TENSOACTIVOS DETERGENTE LÍQUIDO DE USO DOMÉSTICO REQUISITOS</p>	<p>NTE INEN 847:2015 Primera revisión 2015-07</p>
---	--	---

## 1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el detergente líquido.

## 2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma aplica al detergente líquido está destinado al uso doméstico general.

## 3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos en su totalidad o en parte son referidos y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 816, *Agentes tensoactivos. Determinación de la materia insoluble en agua*

NTE INEN 821, *Agentes tensoactivos. Determinación de alcalinidades libre y total*

NTE INEN 823, *Agentes tensoactivos. Determinación de materia grasa total*

NTE INEN 830, *Agentes surfactantes. Determinación de fosfatos*

NTE INEN 833, *Agentes tensoactivos. Determinación de la materia activa por titulación con Namina*

NTE INEN-ISO 862, *Agentes de superficie. Vocabulario*

NTE INEN-ISO 2859-1, *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote*

NTE INEN-ISO 4316, *Agentes tensoactivos. Determinación del pH de soluciones acuosas. Método potenciométrico*

NTE INEN-ONML R 87, *Cantidad de producto en envase (ONML R 87:2004 + Erratum (2008.06.16), IDT)*

ASTM D2667-05 (2008), *Standard test method for biodegradability of alkylbenzene sulfonates*

## 4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN-ISO 862 y las que a continuación se detallan:

4.1 Detergente líquido. Tensoactivo sintético (o una mezcla que contiene uno o más tensoactivos) que tienen propiedades de limpieza. Su apariencia común es la de una sustancia homogénea y translúcida, en forma de dispersión o solución acuosa.

4.2 **Detergente líquido combinado.** Detergente cuyo componente activo está constituido por tensoactivos y sales alcalinas (inorgánicas, orgánicas o sus mezclas) de ácidos grasos, ácidos grasos libres, en proporciones tales que permitan obtener un producto de características adecuadas para su uso específico.

4.3 **Materia activa valorable (m.a.).** También llamados tensoactivos no jabonosos. Es la suma de todos los agentes tensoactivos, excluyendo las sales alcalinas de ácidos grasos.

4.4 **Materia grasa total (MGT).** Contenido porcentual de los componentes solubles en éter etílico, en medio ácido.

4.5 **Coadyuvante.** Componente de acción complementaria, tales como sales inorgánicas (carbonatos, fosfatos, sulfatos, boratos, perboratos, silicatos, etc.), compuestos orgánicos, sequestrantes, abrasivos, zeolitas, etc.

4.6 **Biodegradación.** Proceso causado por la actividad biológica de microorganismos como bacterias, hongos y algas, lo cual conduce a un cambio de la estructura química originándose de forma natural productos metabólicos como agua, dióxido de carbono, metano y una nueva biomasa celular.

## 5. REQUISITOS

El detergente líquido debe presentarse en forma de soluciones, y permanecer estable en condiciones normales de uso y almacenamiento.

El producto debe estar constituido por una mezcla uniforme de agentes tensoactivos diversos y coadyuvantes que le den aptitud de limpieza; pueden contener perfumes, pigmentos, colorantes y antioxidantes.

Debe estar libre de materias extrañas a su composición, pudiendo contener aditivos que completen su acción y eficiencia limpiadora.

El detergente puede producir espuma durante su uso.

El detergente líquido ensayado de acuerdo con las normas correspondientes debe cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos fisicoquímicos de detergente líquido de uso doméstico

Requisitos	Simple		Concentrado		Combinado		Método de ensayo
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
Materia activa valorable, % <sup>a</sup>	10	--	20	--	10	--	NTE INEN 833
Materia grasa total, % <sup>b</sup>	--	--	--	--	3	--	NTE INEN 823
Alcalinidad libre como NaOH, % <sup>a</sup>	--	0,5	--	0,5	--	0,5	NTE INEN 821
Materia insoluble en agua <sup>c</sup> , % <sup>a</sup>	--	1,5	--	1,5	--	1,5	NTE INEN 816
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , % <sup>a</sup>	--	10	--	10	--	10	NTE INEN 830
pH <sup>a</sup>	--	11	--	11	--	11	NTE INEN-ISO 4318
Biodegradabilidad del tensoactivo, % <sup>a</sup>	90	--	90	--	90	--	ASTM D2667

NOTA. En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados en la tabla, estos deben ser oficiales. En el caso de no ser un método oficial, este debe ser validado.

<sup>a</sup> % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

<sup>b</sup> Este valor puede ser superior siempre y cuando el componente que lo origine tenga un propósito determinado y sea seguro para la piel.

<sup>c</sup> Solución al 1%.

## 6. MUESTREO

El muestreo para la evaluación de la conformidad de los requisitos del detergente líquido debe realizarse de acuerdo con los planes de muestreo indicados en la NTE INEN-ISO 2859-1, con un plan de muestreo simple para la inspección normal, nivel general de inspección II.

## 7. MARCADO, ETIQUETADO Y EMBALAJE

Para envasar el detergente líquido debe utilizarse materiales adecuados, que garanticen la conservación de las características del producto.

Cada envase de detergente líquido debe presentar caracteres indelebles, fácilmente legibles y visibles, que incluya la información mínima siguiente:

- a) Nombre o razón social de (l) (los) fabricante(s) o de(l) (los) comercializador(es),
- b) Denominación del producto y marca comercial,
- c) Identificación del lote respectivo,
- d) Contenido neto al envasar de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades, según lo establecido en la NTE INEN-ONML R 87,
- e) Número de la Notificación Sanitaria Obligatoria,
- f) Instrucciones de uso,
- g) Composición básica cualitativa.

APÉNDICE Z  
BIBLIOGRAFÍA

ISO 893:2010, *Surface active agents. Technical alkane sulfonates. Methods of analysis*

ISO 672: 2010, *Soaps. Determination of moisture and volatile matter content. Oven method*

ASTM D459:2009, *Standard terminology relating to soaps and other detergents*

NTC 1130:1997, *Jabones y detergentes. Detergentes líquidos*

NTC 6604:2008, *Métodos de ensayo para la toma de muestras y el análisis fisicoquímico de jabones, productos de jabón y detergentes*

IRAM 5558: 2013, *Jabón de lavar. Requisitos*

IRAM 25532:1987, *Detergentes sintéticos con enzimas*

COVENIN 1360: 1995, *Detergentes Sintéticos para uso doméstico*

AATCC (2010) *A Glossary of AATCC Standard Terminology*. Disponible en: <http://www.aatcc.org/testingresources/documents/Monograph103.pdf>

Decisión 706 Armonización de legislaciones en materia de productos de higiene doméstica y productos absorbentes de higiene personal

### INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: **TÍTULO: AGENTES TENSOACTIVOS. DETERGENTE LÍQUIDO** Código ICS:  
**NTE INEN 847 DE USO DOMÉSTICO. REQUISITOS** 71.100.40  
Primera revisión

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación por Consejo Directivo 1982-02-04  Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo Ministerial No. 155 del 1982-02-28 publicado en el Registro Oficial No. 199 del 1982-03-11  Fecha de iniciación del estudio: 2014-04-09
--	---

Fechas de consulta pública: Del 2014-05-02 al 2014-05-15

Comité Técnico de: Agentes tensoactivos

Fecha de iniciación: 2014-10-20

Fecha de aprobación: 2015-03-02

Integrantes del Comité:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

BOF. Luis Alberto Contreras (Presidenta)

AGENCIA NACIONAL DE REGULACIÓN,  
CONTROL Y VIGILANCIA SANITARIA  
JABONERÍA WILSON

Quím. Juan José Velásquez

JABONERÍA WILSON

Ing. Alexandra Calipa

PRODUCTOS FAMILIA SANCELA

Ing. Silvana Dávila

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

Dr. Juan Carlos Lliquín

DANEC

Ing. Rosa Tipán

Quím. Eugenia Yagual

COLGATE PALMOLIVE

Q.F. Ana Lucía Vinuesa

UNILEVER ANDINA ECUADOR

Ing. Gabriela Mora Constante (Secretaría Técnica)

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN - INEN

Otros trámites: Esta NTE INEN 847:2015 (Primera revisión) reemplaza a la NTE INEN 847:1982.

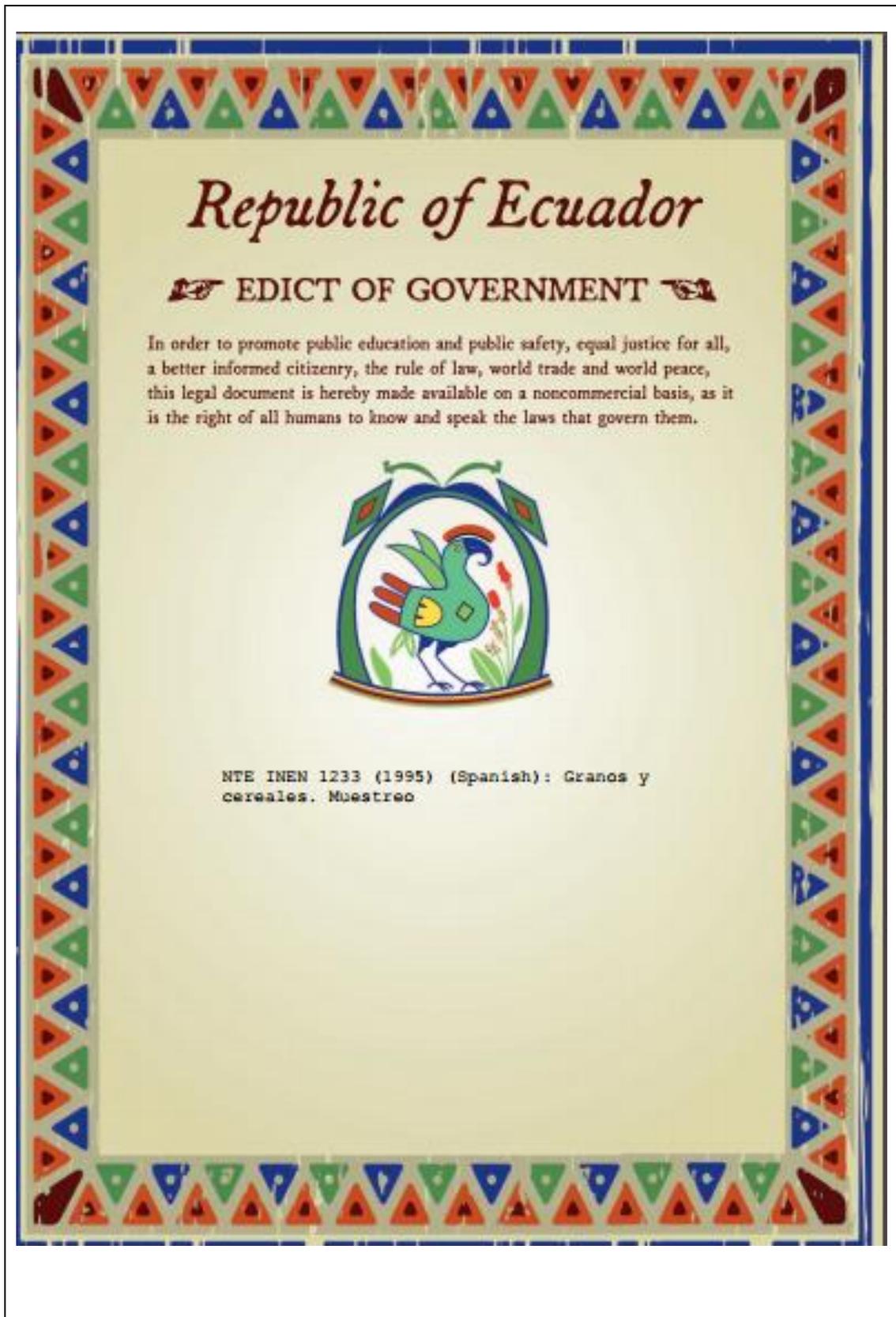
La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria  
Registro Oficial No. 539 de 2015-07-09

Por Resolución No. 15209 de 2015-06-10

---

Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno 09-09 y Av. 6 de Diciembre  
Calle 17-01-3999 - Telf: (593 2) 2 501885 al 2 501891  
Dirección Ejecutiva: E-Mail: [direccion@normalizacion.gob.ec](mailto:direccion@normalizacion.gob.ec)  
Dirección de Normalización: E-Mail: [consultanormalizacion@normalizacion.gob.ec](mailto:consultanormalizacion@normalizacion.gob.ec)  
Dirección Zonal Guayaquil: E-Mail: [inenguaya@normalizacion.gob.ec](mailto:inenguaya@normalizacion.gob.ec)  
Dirección Zonal Azuay: E-Mail: [inencuenca@normalizacion.gob.ec](mailto:inencuenca@normalizacion.gob.ec)  
Dirección Zonal Chimborazo: E-Mail: [inenchimbora@normalizacion.gob.ec](mailto:inenchimbora@normalizacion.gob.ec)  
[URL:www.normalizacion.gob.ec](http://www.normalizacion.gob.ec)





# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1 233:95**

---

## **GRANOS Y CEREALES. MUESTREO.**

Primera Edición

GRANS AND CEREALS SAMPLING

First Edition

---

DESCRITORES: Productos agrícolas. Granos y cereales. Muestreo  
AG 05.04-201  
COE: 833.1  
ORL: 3512  
ICS: 67.060

Norma Técnica  
Ecuatoriana  
Obligatoria

**GRANOS Y CEREALES.  
MUESTREO**

**NTE INEN  
1 233:95  
(Primera revisión)  
1995-10**

## 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el procedimiento para la toma de muestras de granos y cereales, con excepción de los granos destinados a utilizarse como semillas.

## 2. DEFINICIONES

2.1 Lote. Es la cantidad específica de material con características similares, o que es fabricada bajo condiciones de producción uniformes, que se somete a inspección como un conjunto unitario.

2.2 Muestra. Es un grupo de unidades extraído de un lote, que sirve para obtener la información necesaria que permite apreciar una o más características de ese lote, lo cual servirá de base para tomar una decisión sobre dicho lote o sobre el proceso que lo produjo.

2.3 Muestra elemental. Es la cantidad de grano o cereal tomada de una sola vez y de un solo punto del lote determinado.

2.4 Muestra global o total. Es el conjunto de las muestras elementales.

2.5 Muestra reducida (porción). Es la cantidad de grano o cereal que se obtiene al reducir de tamaño la muestra global.

2.6 Muestra de laboratorio. Es la cantidad de grano o cereal obtenida de la muestra reducida, que está en condiciones de ser enviada al laboratorio, para en ella efectuar los ensayos correspondientes.

2.7 Muestra de ensayo. Es la parte de la muestra de laboratorio destinada a un análisis o ensayo.

2.8 Nivel de calidad aceptable (AQL). Es el máximo porcentaje defectuoso, o el mayor número de defectos en 100 unidades, que debe tener el producto para que el plan de muestreo de por resultado la aceptación de la mayoría de lotes sometidos a inspección.

2.9 Nivel de inspección. Es el número que identifica la relación entre el tamaño del lote y el tamaño de la muestra.

2.10 Envase. Es el recipiente que contiene granos o cereales y que está destinado a protegerlo del deterioro, contaminación y a facilitar su manipulación.

2.11 Sacamuestras. Instrumento que se utiliza para extraer el producto de un embalaje.

2.12 Producto granel. El que no está envasado.

2.13 Muestra húmeda. Grano o cereal cuyo contenido de humedad es superior al máximo permitido en la variedad, híbrido, etc., que se está considerando.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Productos agrícolas. Granos y cereales. Muestreo.

### 3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Se deberá tomar todo tipo de precauciones para evitar la contaminación del material durante el muestreo.

3.2 Las muestras serán identificadas consecutivamente según hayan sido tomadas.

3.3 Las muestras se protegerán contra los cambios en su composición, pérdidas y contaminación por impurezas, suciedad, etc.

### 4. MUESTREO

#### 4.1 Toma de muestras.

4.1.1 Si el material que se va a muestrear se presenta en envases de distintos tamaños se deberá agrupar en lotes de acuerdo con la capacidad de los envases, es decir en cada lote deberá haber envases de una misma capacidad.

4.1.2 El número de muestras elementales extraídas completamente al azar, estarán en función de lo indicado en la tabla 1, y serán tomadas en gramos.

4.1.3 Las muestras elementales que en conjunto forman la muestra global, podrán ser de aproximadamente 70 a 1 000 gramos, las mismas que serán divididas de acuerdo a lo indicado en el numeral 4.4.1, hasta obtener una muestra reducida de 1500 gramos.

4.1.4 Las muestras en los lotes para producto envasado o empacado se obtendrán: realizando un muestreo al azar, para lo cual: se enumerarán las unidades del lote, se utilizarán los números aleatorios, y el número de muestras según lo establecido en la tabla 1.

En los sacos la muestra se obtendrá introduciendo el calador (Ejemplo Figs.1 y 2) en un solo punto, este deberá penetrar por lo menos hasta la mitad diagonal del saco; y por lo menos en tres puntos seleccionados al azar, cuando se utilice uno de los caladores que se indican como ejemplo en las Figs. 3a&B.

Cuando por condiciones del sitio de almacenamiento no sea posible movilizar el producto se podrá muestrear las caras visibles del lote. Cuando las partes interesadas consideren conveniente se hará un corte longitudinal el mismo que deberá llegar hasta el fondo del lote, con lo cual se tendrá dos caras adicionales para muestrear. Siempre se utilizará un sistema de muestreo aleatorio, para lo cual el número de muestras elementales establecidos en la tabla 1, serán divididas para el número de caras visibles del lote

4.1.5 Para muestreo de productos a granel y para obtener una muestra verdaderamente representativa, este deberá efectuarse en el lugar y momento adecuado, que será de preferencia en el momento de la carga, descarga o empaque del producto; cuando no se pueda aplicar los criterios anteriormente indicados las muestras elementales serán tomadas en forma aleatoria o completamente al azar y a diferentes profundidades, y con uno de los caladores que se indican como ejemplo en las figuras 1, 2, 7, 8. El lote de productos a granel se reducirán matemáticamente a sacos de (n) kilogramos, dependiendo del tipo de producto que se comercialice y se aplicará la tabla 1.

(Continúa)

4.1.6 Cuando el producto esté en movimiento, durante la fase final del proceso de fabricación o durante las operaciones de carga y descarga, la toma de unidades de muestreo se hará a base del tiempo que va a durar el producto en movimiento, y se dividirá dicho tiempo para el número de muestras elementales que se deben tomar de acuerdo a lo establecido en la tabla 1. El resultado indica la frecuencia de la extracción. En la figura 9 se indica un ejemplo de muestreador para productos en movimiento. El lote de productos a granel se reducirá matemáticamente a sacos de (n) kilogramos dependiendo del tipo de producto que se comercialice y se aplicará la tabla 1.

TABLA 1. Número de muestras elementales de granos y cereales.

N*	n**	N*	n**	N*	n**
10	todo	1 601...1 681	41	4 901...5 041	71
11...100	10	1 682...1 764	42	5 042...5 184	72
101...121	11	1 765...1 819	43	5 185...5 329	73
122...144	12	1 820...1 936	44	5 330...5 476	74
145...169	13	1 937...2 025	45	5 477...5 625	75
170...195	14	2 036...2 116	46	5 626...5 776	76
196...225	15	2 117...2 209	47	5 777...5 929	77
226...256	16	2 210...2 304	48	5 930...6 084	78
257...289	17	2 305...2 401	49	6 085...6 241	79
290...324	18	2 402...2 500	50	6 242...6 400	80
325...361	19	2 501...2 601	51	6 401...6 561	81
362...400	20	2 602...2 704	52	6 562...6 724	82
401...441	21	2 705...2 809	53	6 725...6 889	83
442...484	22	2 810...2 916	54	6 890...7 058	84
485...529	23	2 917...3 025	55	7 057...7 225	85
530...576	24	3 026...3 136	56	7 226...7 396	86
577...625	25	3 137...3 249	57	7 397...7 569	87
626...676	26	3 250...3 364	58	7 570...7 744	88
677...729	27	3 365...3 481	59	7 745...7 921	89
730...784	28	3 482...3 600	60	7 922...8 100	90
785...841	29	3 601...3 721	61	8 101...8 281	91
842...900	30	3 722...3 844	62	8 282...8 464	92
901...961	31	3 845...3 969	63	8 465...8 649	93
962...1 024	32	3 970...4 096	64	8 650...8 836	94
1 025...1 089	33	4 097...4 225	65	8 837...9 025	95
1 090...1 156	34	4 226...4 356	66	9 026...9 216	96
1 157...1 225	35	4 357...4 489	67	9 217...9 409	97
1 226...1 296	36	4 490...4 624	68	9 410...9 604	98
1 297...1 369	37	4 625...4 761	69	9 605...9 801	99
1 370...1 444	38	4 762...4 900	70		
1 445...1 521	39				
1 522...1 600	40				

N\* Número de sacos del lote

n\*\* Número de muestras elementales

\* Sacos de (n) kilogramos dependiendo del tipo de producto (grano o cereal).

\*\* Aproximadamente de 70 a 1 000 gramos por muestra elemental.

(Continúa)

Cuando el lote contenga más de 10.000 sacos o envases, se aplica la  $\sqrt{n}$ . (El tamaño de la muestra puede cambiar dependiendo del nivel de inspección acordado entre comprador y vendedor).

#### 4.2 Sacamuestras

Dependiendo de la forma de presentación se podrá utilizar:

Calador sacamuestras de compartimiento de doble tubo. Compuesto de dos tubos metálicos concéntricos, ambos con aberturas que coinciden entre sí. El diámetro del tubo interior es ligeramente menor al del tubo exterior, lo cual hace posible la rotación mediante el uso de la manivela. La forma y dimensiones del calador sacamuestras de compartimiento se indican en los ejemplos de las Figs. 1 y 2. Sacamuestras de los ejemplos de las figuras 3 a 8, y para productos en movimiento ejemplo figura 9.

#### 4.3 Divisores.

Divisor tipo boomer. Aparato constituido por un alimentador (A) una serie de tubos distribuidores (B) y un recipiente (C). Sirve para distribuir el producto, dividiendo la muestra en dos porciones representativas, y también para homogeneizar la muestra haciéndola pasar varias veces por el aparato ejemplo figura 10.

Cuarteador que consta en el ejemplo de la figura 11.

#### 4.4 Reducción por cuarteo.

4.4.1 Tanto para el cuarteo que se efectúe en forma manual o mecánicamente, la cantidad del producto de la recolección de las muestras elementales se mezclará muy bien para formar la muestra global, para luego dividirla en 4 partes iguales; se eliminarán dos porciones diagonalmente opuestas, las otras dos se mezclarán de nuevo y se repetirá sucesivamente la operación hasta obtener el tamaño requerido de muestra reducida (1 500 gramos) según lo establecido en el numeral 4.1.3.

#### 4.5 Condiciones posteriores al muestreo

4.5.1 La muestra reducida (1 500 gramos) se dividirá en tres muestras iguales, destinadas: una al vendedor, otra al comprador para destinarla al laboratorio de análisis y la tercera a la entidad que debe actuar en casos de discrepancia.

4.5.2 Las muestra reducida y dividida según se indica en el numeral anterior (4.5.1) se distribuirá en recipientes adecuados (envases plásticos, etc.), limpios y secos, que se cerrarán herméticamente, se le pondrá los sellos o firmas de las partes interesadas.

4.5.3 Se deberá suscribir un acta de muestreo que incluya la siguiente información:

- a) número de la Norma INEN de referencia: NTE INEN 1 233,
- b) dirección donde se realizó el muestreo,
- c) lugar y fecha donde se realizó el muestreo (Establecimiento, bodega, etc.)
- d) nombre de la compañía comercializadora del producto y nombre del comprador
- e) número de registro,
- f) nombre comercial del producto. (Clasificación-tipo, nombre, científico, color, grado).
- g) número de lote,
- h) capacidad de los envases y/o empaques del lote, o cantidad a granel,
- i) número de envases y/o empaques muestreados
- j) tamaño de la muestra en granos del producto muestreado,
- k) observaciones sobre condiciones en que se encuentra el producto,
- l) nombre y firma de la persona que realizó el muestreo.
- m) nombre y dirección de las partes interesadas.

(Continúa)

4.54 La muestra (500 gramos) destinada al análisis deberá enviarse al laboratorio tan pronto como se haya tomado, si no es posible hacer esto, se deberá guardar de tal modo que no se altere el producto, el tiempo que dure guardado no deberá ser mayor de 15 días. Las dos muestras restantes se almacenarán por el término de 30 días para efectos de discrepancia entre los interesados, y en condiciones que no afecte el material. En caso de producto húmedo (muestra húmeda) se guardará máximo siete días

#### FIGURA DE SACAMUESTRAS Y DIVISORES

FIGURA 1. Sacamuestras con compartimientos

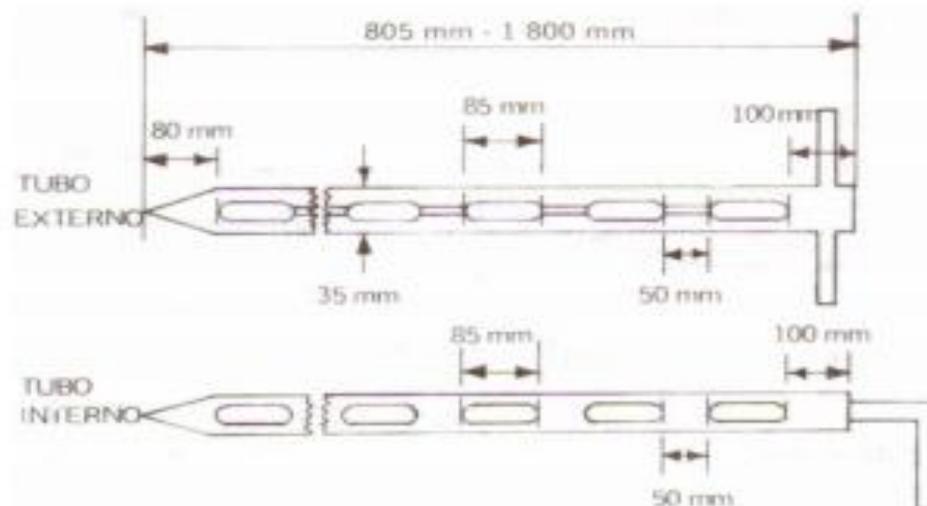


FIGURA 2. Sacamuestras con compartimiento



(Continúa)

FIGURA 3.

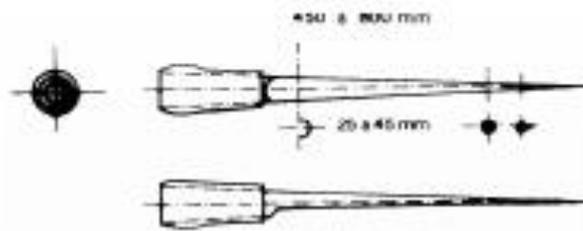


FIGURA 4. Calador abierto.

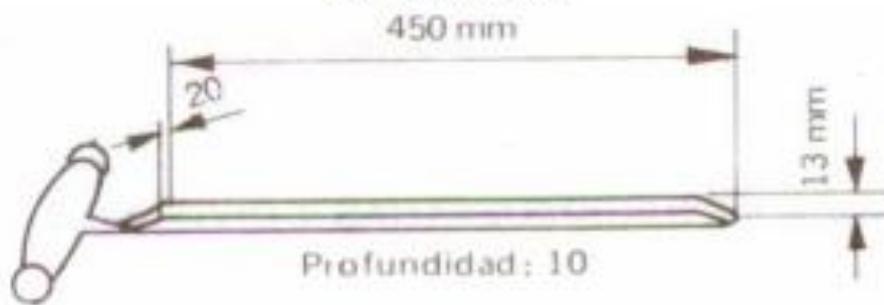


FIGURA 5. Sacamuestras abierto

FIGURA 6. Calador tipo.



FIGURA 7. Pala de mano

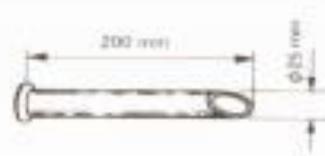


FIGURA 8. Calador tipo pelikano



(Continua)

FIGURA 9. Muestreador para producto en movimiento

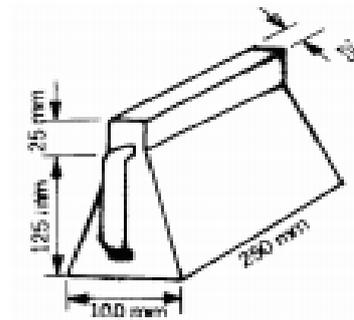


FIGURA 10. Divisor de muestras tipo boomer

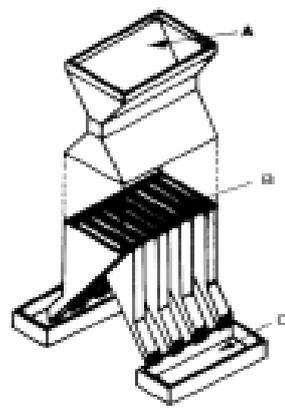
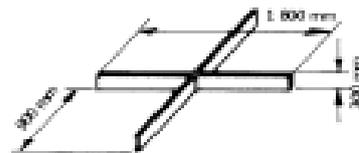


FIGURA 11. Cuarteador.



(Continua)

**APÉNDICE Z****Z. 1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

**Z.2 BASES DE ESTUDIO**

International Standard ISO 3951. *Sampling procedures and charts for inspection by variables for percent nonconforming*. Geneva 1989.

Norma Cubana NC 28-07: 1986 *Materia prima y productos terminados. Métodos de muestreo*. La Habana, 1986 International Standard ISO 950. *Cereals sampling*. Geneva 1979

Norma Colombiana ICONTEC 271. *Cereales. Muestreo (como grano)*. Bogotá 1976.

Norma Ecuatoriana INEN 255: 1976 *Control de Calidad. Procedimientos de muestreo y tablas para la inspección por atributos*. Quito, 1976.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 1233 Primera Revisión	<b>TÍTULO:</b> GRANOS Y CEREALES. MUESTREO	<b>Código:</b> AG.05.04-201
---	--	-----------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 1994-02-02	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1987-01-27 Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. 135 de 1987-02-17 publicado en el Registro Oficial No. 639 de 1987-03-09  Fecha de iniciación del estudio:
---	---

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

**Subcomité Técnico:** GRANOS Y CEREALES

Fecha de iniciación: 1994-06-17

Fecha de aprobación: 1994-10-27

**Integrantes del Subcomité Técnico:**

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Ing. César Cáceres (Presidente)  
 Sr. Jorge Vaca  
 Ing. César Mayorga

CÁMARA DE AGRICULTURA  
 MICIP  
 MAG - DIRECCIÓN NACIONAL  
 AGROPECUARIA

Ing. Juan Sánchez  
 Ing. Wilfredo Salazar

ECUAGRAN  
 MAG - SUBSECRETARÍA DE POLÍTICAS DE  
 INVERSIÓN

Ing. Santiago Crespo  
 Ing. Jorge Álvarez  
 Sr. Jorge Quintana  
 Dra. Blanca Núñez  
 Sr. Sergio Minelli  
 Sr. Víctor Tosta  
 Sr. Jorge Jasso  
 Ing. Ángel Ulloa

INIAP - PICHILINGUE  
 ALTRESA  
 ALMAGRÓ  
 MOLINOS CHAMPION  
 OLEICA S.A  
 MICIP  
 BOLSA DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS  
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS  
 UTA - AMBATO  
 INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE  
 MOLINOS CHAMPION  
 INEN

Dra. Meyra Manao  
 Dra. Elena Delgado  
 Ing. Guido Zarza Z. (Secretario Técnico)

Otros ítems: \* Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA** a **VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20. El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1995-07-04.

Oficializada como: OBLIGATORIA  
 Registro Oficial No. 793 de 1995-10-02

Por Acuerdo Ministerial No. 0251 de 1995-09-05

---

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, IEN - Baquería Moreno ES-29 y Av. 8 de Diciembre  
Calle 17-01-2000 - Tele: (099 3) 2 501880 al 2 501881 - Fax: (099 3) 2 507815**

**Dirección General: E-Mail: [general@ien.gov.ec](mailto:general@ien.gov.ec)**

**Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@ien.gov.ec](mailto:normalizacion@ien.gov.ec)**

**Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@ien.gov.ec](mailto:certificacion@ien.gov.ec)**

**Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@ien.gov.ec](mailto:verificacion@ien.gov.ec)**

**Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [servicios@ien.gov.ec](mailto:servicios@ien.gov.ec)**

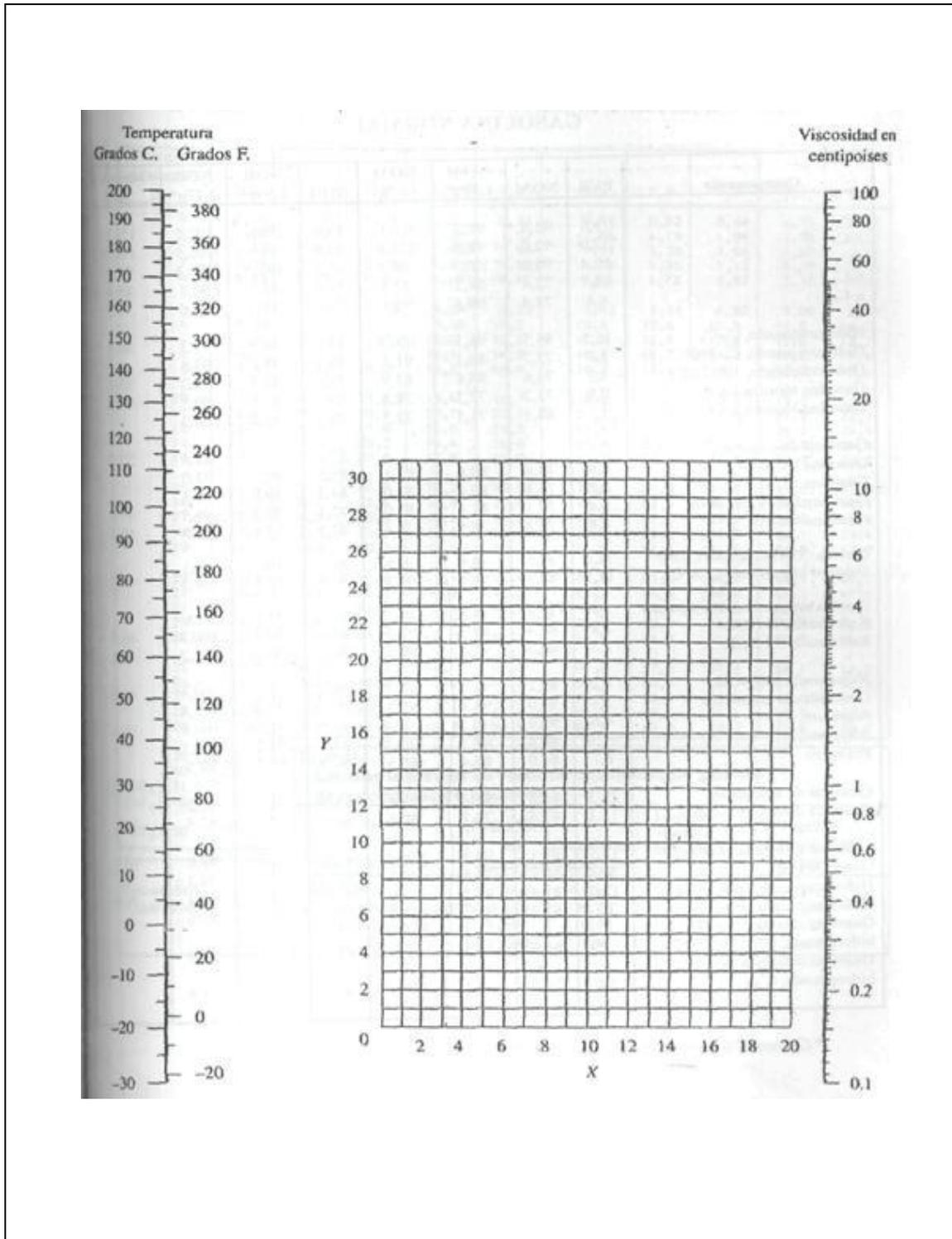
**Regional Guayaquil: E-Mail: [guayaquil@ien.gov.ec](mailto:guayaquil@ien.gov.ec)**

**Regional Azuay: E-Mail: [azuay@ien.gov.ec](mailto:azuay@ien.gov.ec)**

**Regional Chimborazo: E-Mail: [chimborazo@ien.gov.ec](mailto:chimborazo@ien.gov.ec)**

**[www.ien.gov.ec](http://www.ien.gov.ec)**

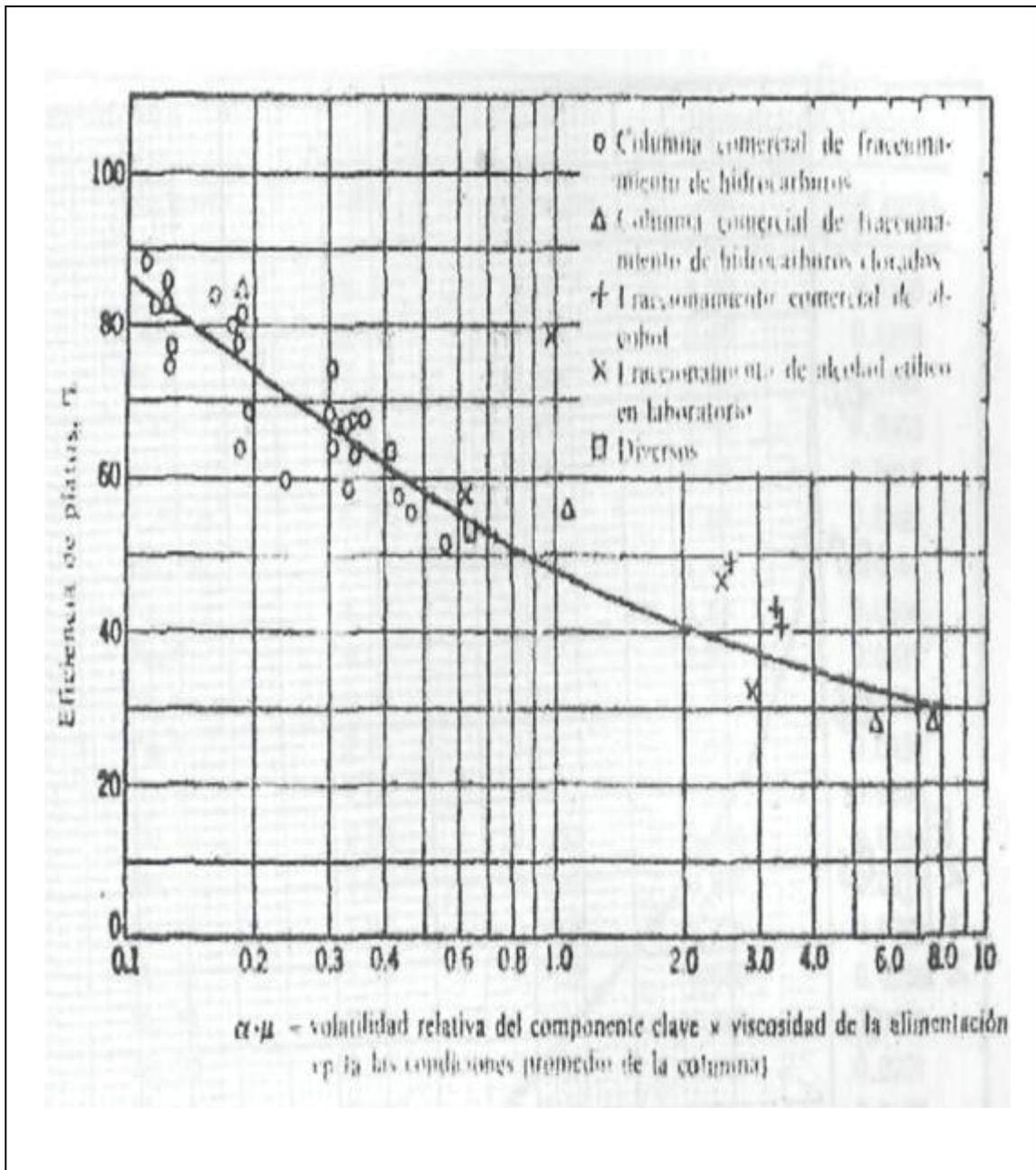
# ANEXO K: Viscosidad de líquidos



ANEXO L: Calor latente de los líquidos

Compuestos no hidrocarburos	Fórmula	Punto de fusión, °C	Calor de fusión cal/g	Compuestos no hidrocarburos	Fórmula	Punto de fusión, °C	Calor de fusión cal/g
Dibromobenceno (o)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Br <sub>2</sub>	1.8	12.78	fumarato	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	102	57.95
(m)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Br <sub>2</sub>	-6.9	13.38	oxalato	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	54.35	42.64
(p)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Br <sub>2</sub>	86	20.55	succinato	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	19.5	35.72
Dibromofenol (2,4)	C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> Br <sub>2</sub> O	12	13.97	Nafiamina (m)	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> N	50	22.34
Dicloroacetico, ácido	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-4(7)	14.21	Nafol (m)	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O	95.0	38.94
Diclorobenceno (o)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	-16.7	21.02	(p)	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O	120.6	31.30
(m)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	-34.8	20.55	Nitroureia (o)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	71.2	27.88
(p)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	53.13	29.67	(m)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	114.6	46.97
Difenilamina	C <sub>12</sub> H <sub>11</sub> N	51.98	25.23	(p)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	147.3	36.46
Dihidrobenceno (p-)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	104.3	49.40	Nitrobenzono	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	5.85	22.52
(m-)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	109.65	46.28	Nitrobenzoico (p-), ácido	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NO <sub>2</sub>	145.8	40.06
(p-)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	172.5	58.77	(m)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NO <sub>2</sub>	141.1	27.59
Dimetil (d,l), tartrato	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	87	55.12	(p)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NO <sub>2</sub>	239.2	52.98
Dimetilpropano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	49	21.56	Nitrofenol (o-)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NO <sub>2</sub>	45.13	26.76
Dinitrobenzoico (m-)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	132	56.14	Nitrosulato	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	56.7	25.44
(m-)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	116.93	52.25	Palmítico, ácido	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	61.82	39.18
(p-)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	89.7	34.70	Paralítico	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O <sub>2</sub>	10.5	25.02
Dinitrotolueno (2,4)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	173.5	59.99	Pelárgico (α) (β-1, ácido)	C <sub>6</sub> H <sub>9</sub> O <sub>2</sub>	.....	39.04
Dioxano	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	70.14	26.40	Peralgónico (α) (m-), ácido	C <sub>6</sub> H <sub>9</sub> O <sub>2</sub>	12.35	30.63
Diclorobenceno (o-)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	11.0	34.85	Propílico (m-), éter	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O	-126.1	20.66
(m-)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	23.4	10.15	Quitona	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	115.7	40.85
(p-)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	34.2	11.54	Succínico, anhídrido	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	119	46.74
Etílico, ácido	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	44.4	52.06	Succinonitrilo	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub>	54.5	11.71
Etáico, ácido	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	68.82	47.54	Tetracloroetileno (o-)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	86	21.62
Etilenglicol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	-11.5	43.26	(p-)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	95	22.10
Etileno dibromato	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>	10.012	13.52	Tenoil	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O	51.5	27.47
Etileno, acetato	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	83.8	28.43	Toleno	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	-39.4	14.11
Etileno, alcohol	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-114.4	25.76	Triacetato	C <sub>6</sub> H <sub>9</sub> O <sub>6</sub>	77	33.45
Etílico, éter	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	-116.3	23.54	Toluico (p-), ácido	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub>	103.7	35.40
Fenilacético, ácido	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub>	26.7	25.44	(m-)	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub>	108.75	27.59
Fenilhidraceto	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> N <sub>2</sub>	19.6	36.31	(p-)	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub>	179.6	39.90
Fenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	40.92	29.03	Toluénico (p)	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> N	43.3	39.90
Fórmico, ácido	CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	8.40	58.89	Tribromotolueno (2, 4, 6-)	C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> Br <sub>3</sub> O	93	13.38
Glicérol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	18.07	47.49	Tricloroacético, ácido	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	57.5	8.60
Glutárico, ácido	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	97.5	37.36	Triesteárico	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O <sub>4</sub>	70 & 54.5	45.63
Hidrazobenceno	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub>	134	22.89	Trimetilglicérol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.3	23.02
Hidroxiamino, ácido	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	48	28.14	Trietilglicérol (2, 4, 6-)	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O <sub>4</sub>	80.63	22.34
Hidroxisuccinilo	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	91.3	33.59	Urdacético (m-) (p-), ácido	C <sub>11</sub> H <sub>17</sub> O <sub>2</sub>	28.25	52.20
Isopropílico, alcohol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	-88.5	21.06	(β-) (m-)	C <sub>11</sub> H <sub>17</sub> O <sub>2</sub>	.....	42.91
Isopropílico, éter	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	-96.8	25.79	Ureaco	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> NO <sub>2</sub>	48.7	40.85
Láurico (m-), ácido	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	43.22	43.72	Verneol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	22.5	27.45
Levulínico, ácido	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	35	18.97	Xileno (p-), dibromato	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Br <sub>2</sub>	95	24.25
Mentel (l-)(o)	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	43.5	18.63	(m-)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Br <sub>2</sub>	77	21.45
Mentílico, ácido	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	53.86	47.49	Xileno (p-), diclorato	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	55	29.83
Mentílico, alcohol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	-97.8	23.7	(m-)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	34	26.64
Mentilo, nitrato	C <sub>10</sub> H <sub>17</sub> O <sub>2</sub>	36	26.53	(p-)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	100	32.73
fenilpicolito	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	18	22.86	Yodotolueno (p-)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> I	34	18.75

ANEXO M: Gráfica de O'CONNEL



ANEXO N: Gráfica de BROWN SOUDERS

